

Modulare Gaschromatografie

mit dem

AK GC 15

auch für

Schülerübungen



Betriebsanleitung

Stand: 1.06.2015

Inhalt

1. Die Bestandteile des modularen Gaschromatografen	04
2. Auspacken und Bestandsaufnahme	06
3. Die Funktionsweise des Schüler - Gaschromatografen	
a) Prinzip der Gaschromatografie	07
b) Realisierung mit dem Schüler-Gaschromatografen	08
4. Arbeiten mit dem Grundmodul und schuleigenem Wasserstoff	09
5. Die Classic-Variante mit Aquarienpumpe und Birnchen-WLD Betriebstest	12
6. Das erste Gaschromatogramm von Feuerzeuggas (ohne Computer)	13
vorbereitete Wertetabelle	09
vorbereiteter Graph	10
7. Vergleich der Protokollier- und Auswertarbeiten: GCs „per Hand“ - mit Computer oder mit Teacher's Helper	16
8. Komfort - Gaschromatogramm von Feuerzeuggas mit Computer/Analytik11	
Versuchsaufbau / Vorbereitung	17
Durchführung	17
Identifizierung der Komponenten	19
Korrektur der Basislinie	19
Integration / Korrektur der Peakflächen	20
Endgültige Analyse	
9. Alternative: Gaschromatogramm von Feuerzeuggas mit Teacher's Helper	
Versuchsaufbau / Vorbereitung	21
Durchführung	22
Identifizierung der Komponenten	23
Korrektur der Basislinie	24
Integration / Korrektur der Peakflächen	24
Endgültige Analyse	25

10. Alkohol- Untersuchung der Atemluft nach Genuss einer Praline mit Dualmodul: Sehr empfindlicher Gassensor mit Analytik 11	26
11. Alternative: Alkohol- Untersuchung der Atemluft mit Teacher's Helper	28
12. Erweiterungen	30
Anwendungsbeispiele	31
13. Fehlerquellen und Fehlerbeseitigung	32
14. Anhang Technische Daten	34
Explosionszeichnung des Gaschromatografen	35
15. Gaschromatographie im Internet bei www.kappenberg.com Hinführende Experimente, Videos, Hinweise zum Selbstbau, viele weitere Experimente.....	36

1. Die Bestandteile des modularen Gaschromatografen

Der modulare Gaschromatograf ist die logische Weiterentwicklung der ganzen Reihe der Low-Cost- Gaschromatografen des Arbeitskreises Kappenberg.

Das Grundmodul: LowCost- Gaschromatograf, mit dem man die Prinzipien der GC zeigen kann.

<p>Probe: Gasfeuerzeug aus Nachfüllflasche* Mobile Phase: Wasserstoff aus der Sammlung Injektion: mit Spritze (Medizintechnik) Trennsäule: Hochwertiges belegtes Chromosorb Detektor: Augen beobachten die Flamme</p> <p>*Aus Sicherheitsgründen nicht im Lieferumfang</p>	
--	--

Classic+ Modul: Klassischer Gaschromatograf - wie der GC11 - mit einigen Extras – ermöglicht quantitative Gaschromatografie

<p>Grundmodul – wie oben - erweitert mit</p> <ul style="list-style-type: none">- Aquarienpumpe: Luft als Trägergas- Birnchen WLD als Detektor- Elektronik GC 15 für zwei unterschiedliche Sensoren: WLD/TGS- "Birnchenknacker"	
---	---

Dualmodul: Gaschromatograf auch für Alkohol -Untersuchungen"

<p>Classic+Modul – wie oben - erweitert mit</p> <ul style="list-style-type: none">- Spezielle Gassensor- Trennsäule2, gelber Kabelbinder- 4 Insulinspritzen-	
---	--

Erweiterung 1: „Gasbar“: Reingase zur Identifizierung der Inhaltsstoffe

Träger mit 4 Spritzen aus der Medizintechnik
Abfüllfeinventil mit nötigem MT- Anschluss
Mögliche Reingase:
Wasserstoff*, Methan*, Ethan*, Propan*, Methylpropan*, n-Butan* etc.

*Aus Sicherheitsgründen nicht im Lieferumfang



Erweiterung 2: Wasserstoff aus Hydrostik als Ersatz für die schuleigene „Wasserstoffbombe“

- Leicht handhabbarer Metallhydridspeicher in Patronenform liefert bis zu 10L Wasserstoff*.
 - Automatischer Druckregler (sehr bequem)
 - Füllventil
- *Wasserstoff Sicherheitsgründen nicht im Lieferumfang



Erweiterung 3: Säulen, Gasbeutel und Blasenähler für weitere Anwendungen“

Zum Betrieb der Gaschromatografen mit anderen mobilen und stationären Phasen:

- Trennsäule 3
- Trennsäule 4
- Trennsäule 5
- Blasenähler
- Gasbeutel mit Einweghahn



Die Komplett-Version: Schul-Gaschromatograf – mit allem drum und drin

Hier ist alles drin!!



*Gase aus Sicherheitsgründen nicht im Lieferumfang

2. Auspacken und Bestandsaufnahme:

Bitte identifizieren und kontrollieren Sie beim Auspacken folgende Bestandteile:

Folgende Teile für den modularen GC sind auch einzeln lieferbar:

	Grund-modul	Classic+ Modul	Dual-Modul	Erw. 1 Gasbar	Erw. 2 Hydrostik	Erw. 3 Säulen	Komplett-Modul
Koffer komkpl.montiert	x	x	x				x
2 MT – Spritzen, 2 ml	x	x	x				x
4 Insulin-Spritzen			X				X
2 Kanülen	X	X	X				X
Siliconplatte	X	X	X				X
Ausstecher	X	X	X				X
F-Gas-Entnahmeventil	X	X	X				X
Brenndüse/komplett	X	X	X				X
5 Gasspritzen				X			X
5 DWH moniert				X			X
Euro-Abfüllventil				X			X
Hydrostik-Pro					X		X
Reduzierventil					X		X
Füllventil					X		X
Aquariumpumpe		X	X				X
WLD-Sensor		X	X				X
2 Birnchen		X	X				X
Birnchenknacker		X	X				X
Elektronik GC 15		X	X				X
USB-Kabel		X	X				X
TGS-Gassensor			X				X
Trennsäule 1, weißer KB.	X	X	X				X
Trennsäule 2, gelber KB.			X				X
Trennsäule 3, roter KB.						X	X
Trennsäule 4, schw.r KB.						X	X
Trennsäule 5, grüner KB.						X	X
Blasenzähler						X	X
Gasbeutel/ DWH						X	X

PC-Programm Analytik 11							
Teacher's Helper Original							
RaspberryPi 2 TH kpl.							
Programm auf SD-Karte							

3. Die Funktionsweise des Schüler - Gaschromatografen

a) Prinzip der Gaschromatografie

Bei der Gaschromatografie handelt es sich um ein Verfahren, welches zur Trennung von Stoffgemischen angewandt wird, die gasförmig vorliegen oder vollständig verdampft werden können. Aufgebracht wird das Stoffgemisch mit einer Injektionsspitze am Beginn der Trennsäule.

Es gibt zwei Phasen:

Erstens die "**stationäre Phase**". Hierbei handelt es sich z. B. um Paraffine, Siliconöle und Polymere, die auf einen Träger z. B. Kieselgel aufgebracht sind und sich in der Trennsäule befinden.

Zweitens eine sogenannte "**mobile Phase**", die die stationäre Phase durchströmt, ein Gas. Je nach Polarität des zu trennenden Stoffgemisches werden die einzelnen Komponenten des Stoffgemisches bei ihrem Weg durch die Säule unterschiedlich stark an der "stationären Phase" **adsorbiert** oder zwischen den Phasen **verteilt**. Somit sind ihre Verweilzeiten in der Trennsäule verschieden.

Wenn nun eine der Komponenten des Stoffgemisches die mit der "stationären Phase" gefüllte Säule durchlaufen hat, trifft sie auf einen Detektor.

Im einfachsten Fall sind die Augen, die eine Änderung der Flammenfarbe wahrnehmen, der Detektor.

Ein weiterer Detektor ist der Wärmeleitfähigkeitsdetektor. Dieser nutzt das unterschiedliche Wärmeleitfähigkeitsvermögen des Stoffes gegenüber dem Trägergas aus. Das Gas strömt an einer elektrisch beheizten Wendel vorbei. Sind nun im Gemisch Teilchen mit einer großen Wärmeleitfähigkeit vorhanden, so kühlen sie die Wendel stärker ab als das Trägergas. Die Folge ist ein größerer Strom. Diese Änderung hat nun zur Folge, dass nach elektrischer Verstärkung auf dem ebenfalls angeschlossenen Schreiber ein sogenannter "Peak" entsteht. Die Methode heißt Wärmeleitfähigkeitsdetektion (WLD).

Schließlich kann man noch Sensoren aus Gaswarngeräten als Detektor benutzen. Hierbei handelt es sich um eine Pille aus erwärmten Metalloxiden, die zum Metall reduziert werden, wenn sie mit oxidierbaren Stoffen in Berührung kommen. Dadurch nimmt die elektrische Leitfähigkeit stark zu. In dieser Schrift wird er als sehr empfindlicher Taguchi Sensor (TGS) geführt.

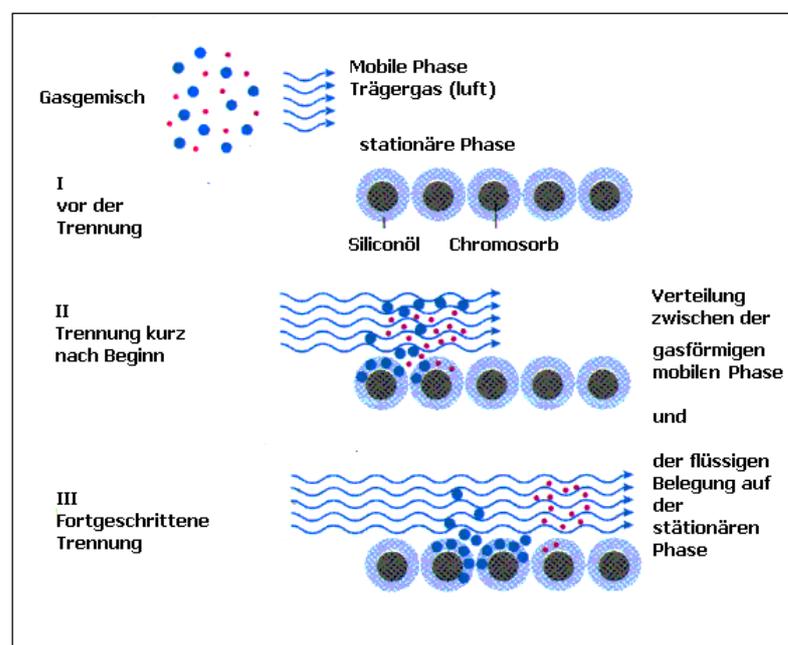


Abbildung: Versuch der Darstellung der Verteilungschromatografie

b) Realisierung mit dem Schüler-Gaschromatografen

Das Blockbild des Schüler-Gaschromatografen unterscheidet sich kaum von dem eines "normalen" Gaschromatografen (siehe Abbildung).

Als **Trägergas** wird **Luft** benutzt. Der Druck wird einfach mit einer **Aquarien(membran)pumpe** erzeugt. Eine Gefährdung durch zu hohen Druck oder gar durch explosive Trägergase ist also ausgeschlossen.

Als **Einspritzblock** zum Anschluss der Pumpe, der Säule und zur Aufnahme des Detektors dienen Präzisionsnormteile für Druckverbindungen aus Polyamid. Diese lassen sich mit der Hand leicht und schnell sogar mehrere hundertmal verschrauben, ohne dass Undichtigkeiten auftreten.

Ein Strömungsmesser ist nicht unbedingt erforderlich, da die Aquarienpumpe einen recht konstanten Luftstrom liefert.

Als **Trennsäule** wird ein einfaches etwa 1,20 m langes Polyamidrohr eingesetzt. Das PA-Rohr der Säule 1 ist mit Siliconöl OV101 (20%) auf Chromosorb WHP 80 - 100 gefüllt.

Als **Detektor** wird überwiegend ein kleines Glühbirnchen mit "geknacktem" Glaskolben als Wärmeleitfähigkeitsdetektor (WLD) eingesetzt. Damit der Sensor gegebenenfalls schnell und problemlos gewechselt werden kann, ist die Fassung für das Birnchen in die T-Verschraubung eingeklebt. Das Birnchen wird von einer kleinen Elektronik mit konstantem Strom versorgt. Gemessen wird hier letztendlich eine Spannung.

Die **USB bzw. USB-netzteilgespeiste Elektronik** enthält eine eigene serielle Computerschnittstelle. Das Messsignal kann mit einem Computer aufgezeichnet und ausgewertet werden.

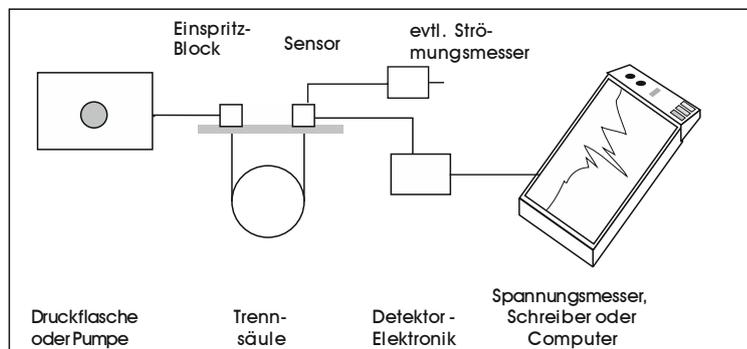


Abbildung: Schema eines Gaschromatografen

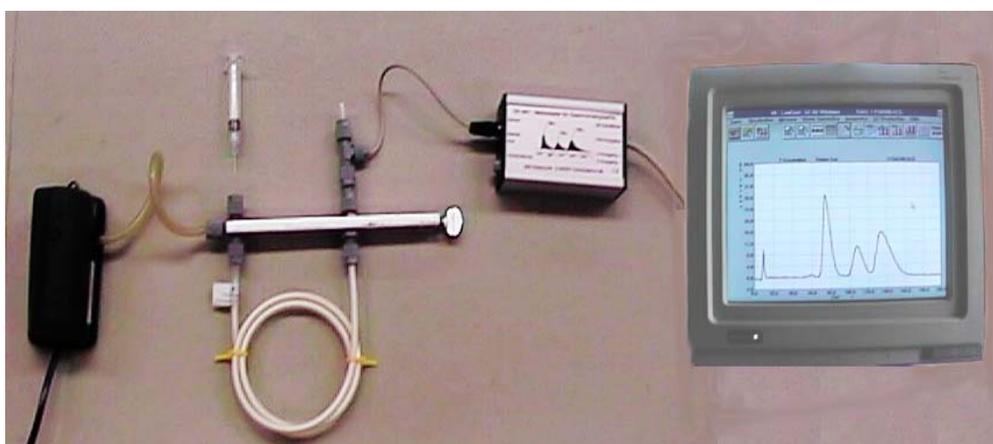
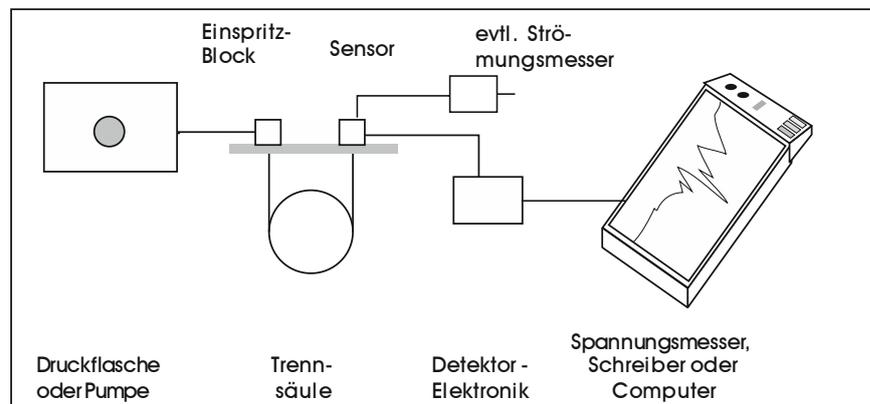


Abbildung: Bildmontage mit den Einzelheiten eines Gaschromatografen

4. Arbeiten mit dem Grundmodul und schuleigenem Wasserstoff

Alle Funktionsblöcke eines 'richtigen' Gaschromatografen sind vorhanden



Probe:	Feuerzeuggas, aus Gasfeuerzeug oder Nachfüllflasche
Mobile Phase:	Wasserstoff aus der Sammlung
Injektion:	Mit Spritze (Medizintechnik)
Trennsäule:	Hochwertiges belegtes Chromosorb
Detektor:	Die Augen beobachten die Flamme
Registrierung:	Uhr - oder ein Schüler zählt laut mit

Auf der nächsten Seite ist ein entsprechendes Arbeitsblatt abgedruckt.

Mit einer solchen Methode lassen sich natürlich nur Gase nachweisen, die die Wasserstoffflamme irgendwie farblich verändern. Bei den Alkanen färben die nicht vollständig verbrannten Gase, bzw. der bei unvollständiger Verbrennung entstehende Kohlenstoff, die Flamme sehr hell und weißlich ein!

Früher hat man so auch die halogenierten Kohlenwasserstoffe durch ihre Grünblaufärbung nachgewiesen. Der Einsatz in der Schule ist aber umstritten.

Eine Alkoholidentifizierung ist auf diese Weise nicht möglich!

Sinnvolle Erweiterungen:

a) Erweiterungsmodul1: "Gasbar"

Wenn man ein Gasmischung untersucht und in die Einzelkomponenten auftrennt, ist es besonders schön, wenn man die entsprechenden Reingase zur Verfügung hat. Dazu eignet sich die „Gasbar“ besonders: Der Lehrer kann die Gase aus den „kostbaren“ Druckdosen mit Hilfe des Gasventils in die einzelnen Spritzen füllen. Daraus können auch die Schüler ungefährlich Proben über Injekt-Stopfen entnehmen.

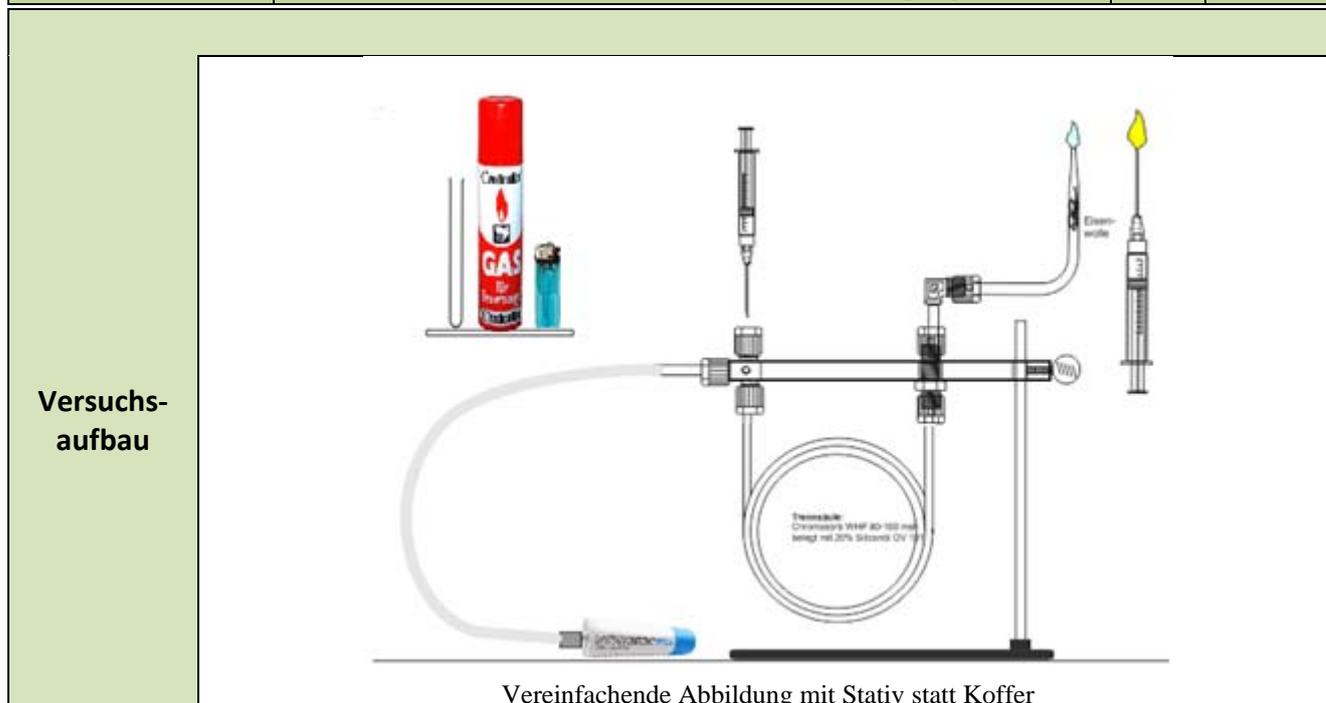
b) Erweiterungsmodul2: Alternativ zum schuleigenem Wasserstoff: Der Hydrostik

Die Arbeit mit der Wasserstoffdruckflasche erfordert ein gewisses Geschick: Man stellt den Vor-druck sehr klein (ca. 0,3 bar) ein und lässt das Gas durch die Apparatur strömen. Nach einer gewissen Zeit (Knallgasprobe!) drückt man mit dem Finger auf die Brenndüse und lässt dann das Gas frei. So erhält man schon einen Eindruck vom Gasdruck. Danach entzündet man den Wasserstoff an der Brenndüse und stellt auf eine Flammengröße von ca. 0,5 cm ein!

Die Übungen sind unnötig, wenn man den Wasserstoff aus dem Hydrostik bezieht und das (leider nicht ganz billige) Reduzierventil benutzt:

Man schließt an, wartet (Knallgasprobe) und entzündet den Wasserstoff.

AK Kappenberg	Prinzip der Chromatografie - Einführung Sehr einfache und elegante Möglichkeit für alle Funktion der Gaschromatographie	 K01C1
--------------------------------	--	---



Benötigte Geräte	Verwendete Chemikalien
<input type="checkbox"/> AK Modular-Gaschromatograf <input type="checkbox"/> Trennsäule 1 Chromosorb / Siliconöl OV101 weißer KB. <input type="checkbox"/> Brenndüse im T-Stück mit Eisenwolle	<input type="checkbox"/> Reagenzglas <input type="checkbox"/> Einmal-Spritze, 2-5 mL <input type="checkbox"/> Feuerzeug <input type="checkbox"/> Reduzierventil für Hydrostik <input type="checkbox"/> Entnahmeventil für F-Gas <input type="checkbox"/> Wasserstoff  aus Hydrostik <input type="checkbox"/> Feuerzeuggas 

Vorbereitung	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Den Koffer des modularen Gaschromatografen aufstellen. ▶ Statt des eigentlichen Detektors ein T-Stück mit einem mit etwas Stahlwolle als Rückschlagsicherung gefüllten Glasrohr als Brenndüse aufsetzen und festschrauben. ▶ Das Reduzierventil per Schlauch mit dem Chromatografen verbinden und nur lose auf die Wasserstoffquelle (Hydrostik Pro) aufschrauben.
---------------------	--

Durchführung	<p style="margin-left: 20px;">1. Farbe der Flamme von Wasserstoff bzw. Feuerzeuggas</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ Das Reagenzglas über die Brenndüse stülpen, die Gaszufuhr freigeben (Reduzierventil festschrauben) und auf den positiven Ausgang der Knallgasprobe warten. ▶ Den Wasserstoff an der Brenndüse entzünden. ▶ Eine Spritze mit etwa 0,3 mL Feuerzeuggas füllen. ▶ Das Gas in das T-Stück mit der Brenndüse injizieren.
---------------------	---

Beobachtung und Ergebnis	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Die Wasserstoffflamme ist nur schwach gefärbt. Die leicht gelbliche Farbe rührt vom glühenden Glasrand (Natrium) her. ▶ Im Gegensatz dazu leuchtet die Flamme des Feuerzeuggases kurzzeitig intensiv gelbweiß. Die Färbung entsteht durch glühenden, nicht vollständig verbrannten Kohlenstoff. ▶ Die Gase Wasserstoff und Feuerzeuggas lassen sich anhand der Flammenfarbe unterscheiden.
---------------------------------	--

2. Einspritzen von Feuerzeug - Gas (Trennsäule 1)	
Durchführung	▶ Ca. 2 mL Feuerzeug-Gas am Anfang der Trennsäule einspritzen.
Beobachtung und Ergebnis	<ul style="list-style-type: none"> • Nach einer gewissen Zeit (ca. 17 s) leuchtet die Wasserstoffflamme gelb auf. Das Aufleuchten wiederholt sich (meist) noch zweimal.(ca. 28 und ca. 33 s). • Die Belegung der Säule sorgt für eine Verteilungschromatografie. • Das Feuerzeug- Gas ist kein Reinstoff, sondern besteht (meist) aus mindestens 3 Komponenten. <p>Größe und Brenndauer der Flamme lassen schon Rückschlüsse auf die Zusammensetzung zu!</p>
Achtung:	 <p>Heute käufliche Feuerzeuge und Nachfüllpackungen für Feuerzeuggas enthalten überwiegend nur noch ein Gas, meist Isobutan. Dann sieht man natürlich nur einen Peak. Vorversuche sind unbedingt notwendig!</p>

3. Identifizierung der Gase: Einspritzen von Reingasen	
Durchführung	▶ Ca. 0,6 mL Reingas z.B. Propan, i-Butan oder n-Butan-Gas am Anfang der Trennsäule einspritzen.
Beobachtung und Ergebnis	<p>Die nachfolgenden Zeiten sind stark abhängig vom Gasstrom:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nach einer gewissen Zeit (Propan ca. 17 s) leuchtet die Wasserstoffflamme gelb auf. • Eine Wiederholung mit Methylpropan zeigt eine leuchtende Flamme nach 28 s. • Mit n-Butan leuchtet die Flamme nach 33 s auf.
Achtung:	 <p>Die positive Zuordnung über die Retentionszeiten ist eigentlich unzulässig und nur dann anwendbar, wenn man die einzelnen Komponenten kennt. Es können mehrere Gase dieselbe Retentionszeit haben. Die Negative Zuordnung ist eindeutiger: Tritt bei einer Retentionszeit keine Flamme auf, so ist das entsprechende Gas nicht in genügender Menge im Gemisch vorhanden</p>

Ist eine Trennsäule mit reinem Chromosorb vorhanden, kann man noch zeigen, dass die Trennwirkung bei gleichem Trägermaterial hauptsächlich auf der Belegung mit Siliconöl (Prinzip der Verteilung zwischen Gas und Flüssigkeit) beruht.

4. Einspritzen von Feuerzeug- Gas (Trennsäule: reines Chromosorb)			
Zusätzlich benötigte Geräte:			
☐ Trennsäule, Füllung: Chromosorb unbelegt.			
Durchführung	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Die mit Siliconöl belegte Säule gegen die Chromosorb-Säule(pur) austauschen. ▶ Ca. 2mL Feuerzeug- Gas werden am Anfang der Trennsäule in die vorgesehene Injektionsstelle eingespritzt. 		
Beobachtung und Ergebnis	<ul style="list-style-type: none"> • Man kann erkennen, wie die Wasserstoffflamme für eine gewisse Zeit durch das Feuerzeug-Gas eingefärbt wird. • Der Zeitpunkt der Flammeneinfärbung ist jedoch nicht beim Aufgeben sondern später, da das Gas erst die Säule durchlaufen muss. 		
Beachten:	 <table border="1" style="float: right;"> <tr> <td style="background-color: #d9ead3;">Entsorgung</td> <td>entfällt</td> </tr> </table>	Entsorgung	entfällt
Entsorgung	entfällt		
Literatur	K. Wedeking, S. Veltel und F. Kappenberg, Experimente für jugend forscht 1992		

5. Die Classic-Variante mit Aquarienpumpe und Birnchen-WLD

Betriebstest

- Den Luftschlauch des GC's mit dem Ausgang der **Aquarienpumpe / Membranpumpe (OUT)** verbinden.



Wichtiger Hinweis für manche Membranpumpen:

Der Anschluss in Gehäusefarbe ist der Auslass „OUT“ -->- Diesen benutzen!!!!
Der metallische Anschluss ist der Einlass „IN“

- Das USB-Steckernetzteil oder evtl. ein USB-Kabel vom PC mit dem **Messmodul AK GC 15** verbinden. Das USB-Steckernetzteil in die Netzsteckdose stecken.
- Die **grüne Leuchtdiode (LED)** des Verstärkermoduls muss jetzt leuchten. Die **rote Leuchtdiode** sollte blinken. Beim AK GC 15 sollte in der **unteren Zeile** der **Anzeige „Unterbr.“** in der **oberen Zeile** der Messwert des zweiten Sensors angezeigt werden.
- Verbinden Sie den Birnchen Sensor mit dem Messmodul AK LCGC 15. Die Rote LED erlischt! Es müsste im Normalmodus oben eine Spannung angezeigt werden.
- 0-Taste - Funktionstest: (= gleichzeitig Pegel für das Piep-Geräusch zurückstellen). Drücken Sie mit einem spitzeren Gegenstand (Kugelschreiber) kurz auf die **„0-Taste“**. Damit wird der **Zeitmodus** aktiviert. Es beginnt in der oberen Zeile hinten eine Stoppuhr zu laufen, vorne in der Zeile wird gleichzeitig der alte Spannungswert auf 0 V (= neue Nulllinie) gesetzt.
- Bei jedem weiteren kurzen Druck auf die **„0-Taste“** wird jeweils die Stoppuhr und die Spannung auf 0 zurückgesetzt
- Drücken Sie mit einem spitzeren Gegenstand länger (etwa 5 Sekunden) auf die **„0-Taste“**, so wird auf den **Normalmodus** (echte gemessene Spannung in der unteren Zeile) zurückgestellt.
- Drücken Sie mit einem spitzeren Gegenstand lange (etwa 10 Sekunden) auf die **„0-Taste“**, so wird der Piezo-Lautsprechermodus ein- oder ausgeschaltet.
Ist der Lautsprechermodus eingeschaltet, erscheint unten rechts ein **„S“**
Ist der Lautsprecher ausgeschaltet, erscheint ein: ein **„\$“**.
- Fehleranzeigen
Die **rote LED** darf nicht leuchten. In der Zeile mit der Spannungsanzeige darf keine der beiden Fehlermeldungen „Kurzschluss“ bzw. „Unterbrechung“ erscheinen.
Leuchtet die **rote LED** (Spannung > 4,5 V) dauerhaft, so ist in der Birne oder in der Zuleitung ein Kurzschluss. In der Spannungszeile erscheint **„Kurzschluss“**.
Blinkt **rote LED** (Spannung < 0,5 V), so ist der Glühdraht der **Sensorbirne durchgebrannt** oder die **Sensorbirne sitzt locker** in der Fassung oder der **Sensor ist nicht richtig eingesteckt**. In der Spannungszeile erscheint „Unterbrechung“.
- Einfacher Sensortest:
Schrauben Sie das komplette Sensor - T- Stück vom Gaschromatografen ab und wedeln es etwas durch die Luft. Die angezeigte Spannung müsste entsprechend stark schwanken. Wenn Sie das Messmodul auf Zeitmodus gestellt haben, entsteht gleichzeitig ein Piepton.
-
- **Vergewissern Sie sich, dass das Sensorkabel in der Elektronik steckt.**

6. Das erste Gaschromatogramm von Feuerzeuggas (ohne Computer)

Prinzip: Mit einem LowCost- Gaschromatografen ist es möglich, fast „professionelle“ Trennungen von Feuerzeuggas zu erzielen. Die Wertepaare werden auf dem Display des Messmoduls AK LCGC 15 abgelesen, Tabelle und Graph dabei „von Hand“ erstellt.

Versuchsaufbau:



Materialliste:

Geräte:

1	Modularer-Chromatograf	1	Säule1 (weißer Kabelbinder)	Gasfeuerzeug 
	AK LC GC 15 -USB-Kabel	1	Injektionsspritze, 2 ml	Feuerzeug- Nachfüll-Gas 
	Computer oder USB-Netzteil zur Stromversorgung	1	Stoppuhr	Camping-Gaz Kartusche 

Chemikalien:

Vorbereitung des Versuches:

Der LOW-COST- Gaschromatograf wird nach Abbildung aufgebaut, der AK LCGC15 über das USB-Kabel mit Strom versorgt und die Aquarienpumpe angestellt.

Durchführung des Versuches:

Man füllt ca. 0,5 ml des zu untersuchenden Gases in die Spritze und zieht noch 0,5 ml Luft auf. Die Spritze wird so tief wie möglich in die Einspritzöffnung gesteckt. Dabei wird der Kolben der Spritze mit dem Zeigefinger so gegen den Zylinder gedrückt, dass er sich nicht bewegen oder durch den Druck des Trägergases Gas herausgeschoben werden kann.

Ein Schüler startet die Stoppuhr im AK LCGC15 durch Drücken mit einem Kugelschreiber auf "0-Taste" Nach 10 Sekunden wird das Probengas zügig injiziert, die Spritze herausgezogen und nun die Zeit im 2 Sekunden -Takt und die Spannung abgelesen und diktiert. Der Partner trägt den entsprechenden Wert in die Wertetabelle ein. Beim Auftreten eines größeren Peaks ertönt ein Piepton.

Evtl. reicht auch eine Eintragung im Intervall von 4 Sekunden oder man notiert nur dann Werte, wenn sich der Messwert ändert.

Ändert sich die Spannung nur noch unwesentlich, kann man die Protokollierung abbrechen. Nach Skalierung der y-Achse kann der Graph auf der übernächsten Seite eingezeichnet werden.

Wertetabelle für ein Gaschromatogramm

Gas: _____

Datum: _____

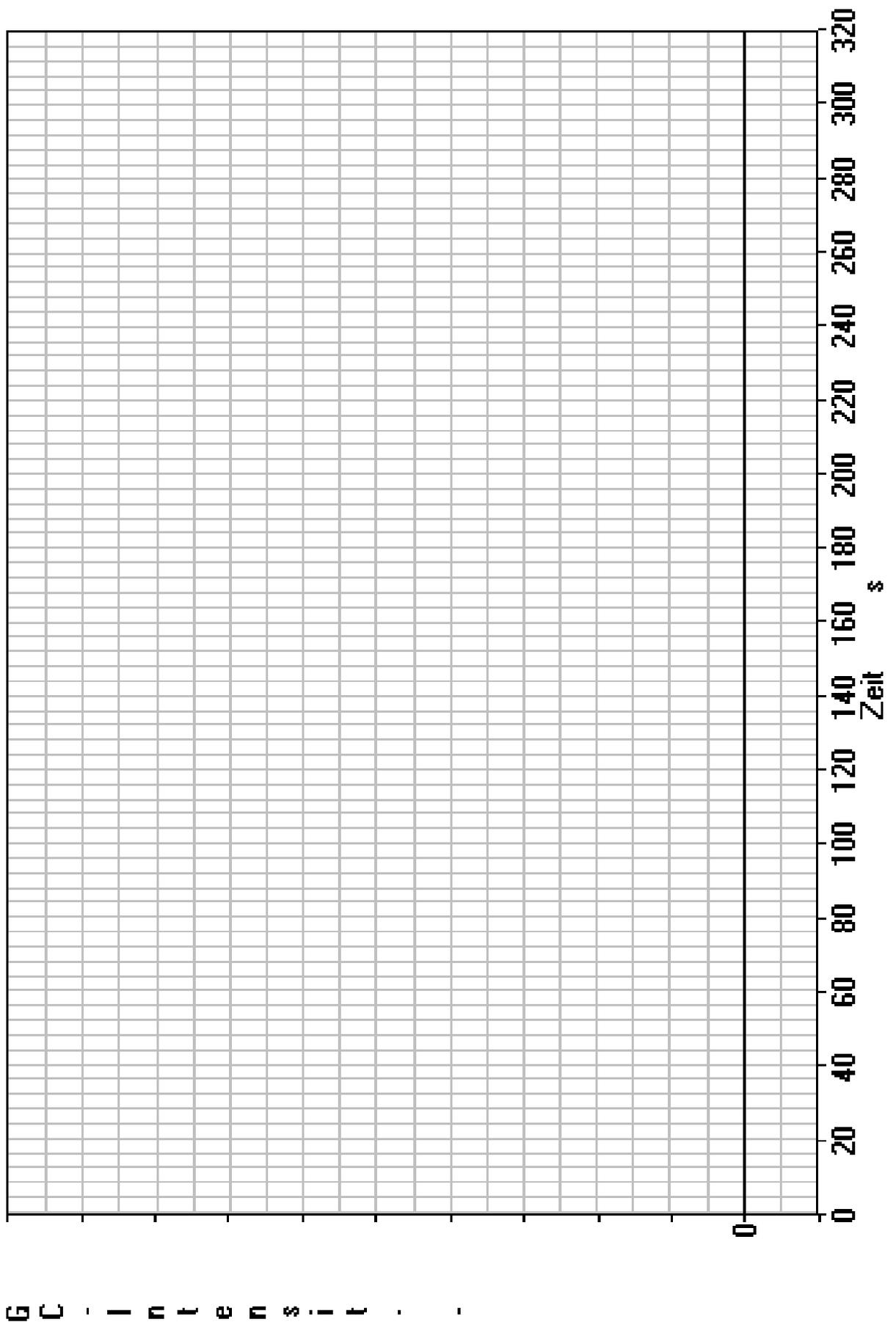
Zeit s	Spannung V (mV)
0	
2	
4	
6	
8	
10	
12	
14	
16	
18	
20	
22	
24	
26	
28	
30	
32	
34	
36	
38	
40	
42	
44	
46	
48	
50	
52	
54	
56	
58	
60	
62	
64	
66	
68	
70	
72	
74	
76	
78	
79	

Zeit s	Spannung V (mV)
80	
82	
84	
86	
88	
90	
92	
94	
96	
98	
100	
102	
104	
106	
108	
110	
112	
114	
116	
118	
120	
122	
124	
126	
128	
130	
132	
134	
136	
138	
140	
142	
144	
146	
148	
150	
152	
154	
156	
158	
159	

Zeit s	Spannung V (mV)
160	
162	
164	
166	
168	
170	
172	
174	
176	
178	
180	
182	
184	
186	
188	
190	
192	
194	
196	
198	
200	
202	
204	
206	
208	
210	
212	
214	
216	
218	
220	
222	
224	
226	
228	
230	
232	
234	
136	
238	
239	

Zeit s	Spannung V (mV)
240	
242	
244	
246	
248	
250	
252	
254	
256	
258	
260	
262	
264	
266	
268	
270	
272	
274	
276	
278	
280	
282	
284	
286	
288	
290	
292	
294	
296	
298	
300	
302	
304	
306	
308	
310	
312	
314	
316	
318	
319	

Mein erstes Gaschromatogramm:



7. Vergleich der Protokollier- und Auswertearbeiten bei der GC: „per Hand“, mit Computer oder mit Teacher's Helper

Gaschromatografie „per Hand“

- **Aufnahme der Daten:** Wie aus dem vorherigen Kapitel zu ersehen ist, müssen zwei Personen für die GC bereit stehen. Die eine gibt mündlich die am GC abgelesenen Daten an die andere weiter, die diese protokolliert. Dieses muss – besonders bei steilen Peaks – in sehr kurzen Zeitintervallen geschehen.
- **Erstellen des Gaschromatogramms:** Der zeitliche Aufwand für das Zeichnen auf Papier ist sehr groß. Für jedes Vergleichschromatogramm muss eine neue Zeichnung - zum Übereinanderlegen sogar auf Transparentpapier - angefertigt werden.
- **Quantitative Auswertung:** Eine Integration der Peakflächen mit mathematischen Hilfsmitteln kommt für Schüler nicht in Frage. Stattdessen müssten sie die einzelnen Peaks aus dem gezeichneten Chromatogramm ausschneiden, wiegen und schließlich den prozentualen Anteil der einzelnen Peaks berechnen.

Gaschromatografie mit Computer (evtl. mit Beamer) und Analytik 11

- **Aufnahme der Daten:** Die Datenübertragung von der GC-Elektronik zum Computer erfolgt innerhalb kurzer Zeit.
- **Erstellen des Gaschromatogramms:** Die Schüler können die Entwicklung der Peaks evtl. an der Projektionswand direkt mit verfolgen. Auch Vergleichschromatogramme als Identifizierung und Zuordnungshilfe können direkt darüber gelegt werden.
- **Quantitative Auswertung** Das Programm führt eine Integration der Peaks durch. Die Flächen können direkt in Konzentrationsangaben überführt werden, weil man Responsefaktoren zur Berücksichtigung der unterschiedlichen Wärmeleitfähigkeiten der Gase verwenden kann.
- **Analysenergebnisse** können mit zusätzlichen Informationen in eine Datenbank integriert werden.

Gaschromatografie mit Teacher's Helper und BYOD (Bring Your Own Device)

Teacher's Helper ist ein neues Konzept, jeden Schüler an einem quantitativen Experiment (direkt) teilhaben zu lassen. Die Messwerte werden per WLAN ins Klassenzimmer geschickt. Die Schüler müssen ihr eigenes WLAN-fähiges Gerät mitbringen:

Desktops, Laptops, Notebooks, Netbooks, Tablets, Smartphones

(=internetfähige Handys mit einer halbwegs guten Grafikauflösung - aber keine "Knochen" = Uralt-handys, mit denen man "nur" telefonieren kann)

Ein Schüler (oder der Lehrer) schließt den GC-Sensor an und führt z.B. vorne auf dem Demonstrationstisch das Experiment durch. Jeder Schüler

- muss sich mit seinem mitgebrachten Endgerät per WLAN verbinden
- muss eine bestimmte Adresse in den Browser eingeben
- lässt **ein Gaschromatogramm** aus den empfangenen Daten vom Gaschromatografen erstellen
- kann weitere **Vergleichschromatogramme** überlagern
- macht eine **quantitative Auswertung** des Chromatogramms mit Basislinienkorrektur unter Einbeziehung der Korrektur für die Wärmeleitfähigkeit
- kann auf Verlangen des Lehrers sein Ergebnis an das Whiteboard senden

Die Klasse diskutiert die Ergebnisse des Mitschülers.

8. Komfort- Gaschromatogramm von Feuerzeuggas Variante: mit Computer und AK Analytik 11

Prinzip: Mit einem LowCost-Gaschromatografen ist es möglich, fast „professionelle“ Trennungen von Feuerzeuggas zu erzielen. Die Werte erscheinen auf dem Display des Messmoduls **AK LCGC 15**. Ein Computer ist hervorragend geeignet, die lästigen Schreib- und Zeichenarbeiten bei gaschromatografischen Analysen zu übernehmen. Auch „Auswertungen“ werden unterstützt.

Materialliste:

Geräte:

- | | |
|-----------------------------|---------------------------|
| 1 LowCost-Chromatograf | 1 Rechner / Laptop |
| AK LCGC15 (im Koffer) | 1 Injektionsspritze, 2 mL |
| 1 Säule: weißer Kabelbinder | |

Chemikalien:

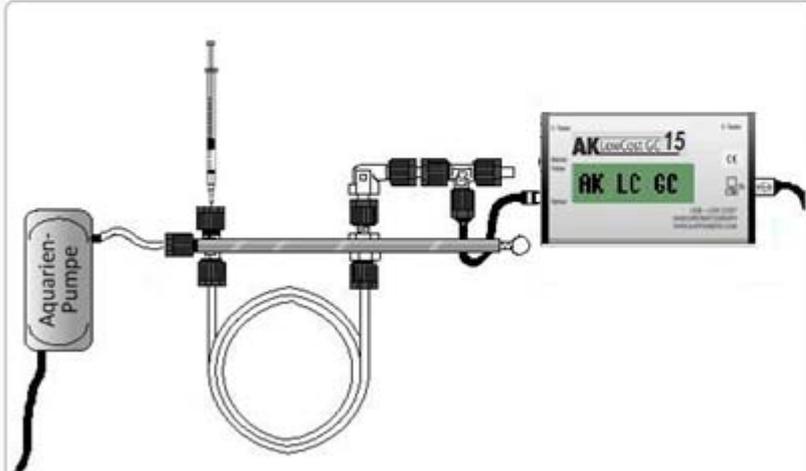
- | | |
|------------------------|---|
| Gasfeuerzeug |  |
| Feuerzeug- Nachfüllgas |  |
| Camping-Gaz Kartusche |  |

Vorbereitung am Computer: Programm starten: AK Analytik 11

			
⇒Messen	⇒mit Geräte-Schnellstarter App	⇒GC App	⇒GC15 Birne wählen

AK Labor: LowCost GC App
 Folgen Sie den Anweisungen auf dem Bildschirm um ein Gaschromatogramm aufzunehmen.

Typ wählen ▾ ▶ **Gerät anschließen** Gerät testen Messen



Arbeiten Sie die folgenden Schritte ab:

-  Verbinden Sie den AK LC GC 11/15 per USB Kabel mit Ihrem Computer
-  Die grüne LED 'Betrieb' leuchtet. Falls nicht: USB-Kabel überprüfen!
-  Pumpe: Schlauch bei 'OUT' aufstecken und Netzstecker in Steckdose!
-  GC-Sensor: Bei 'Sensor' in passenden Eingang der Elektronik eingesteckt?
-  !! Rote LED darf bei Birnchen nicht leuchten !!

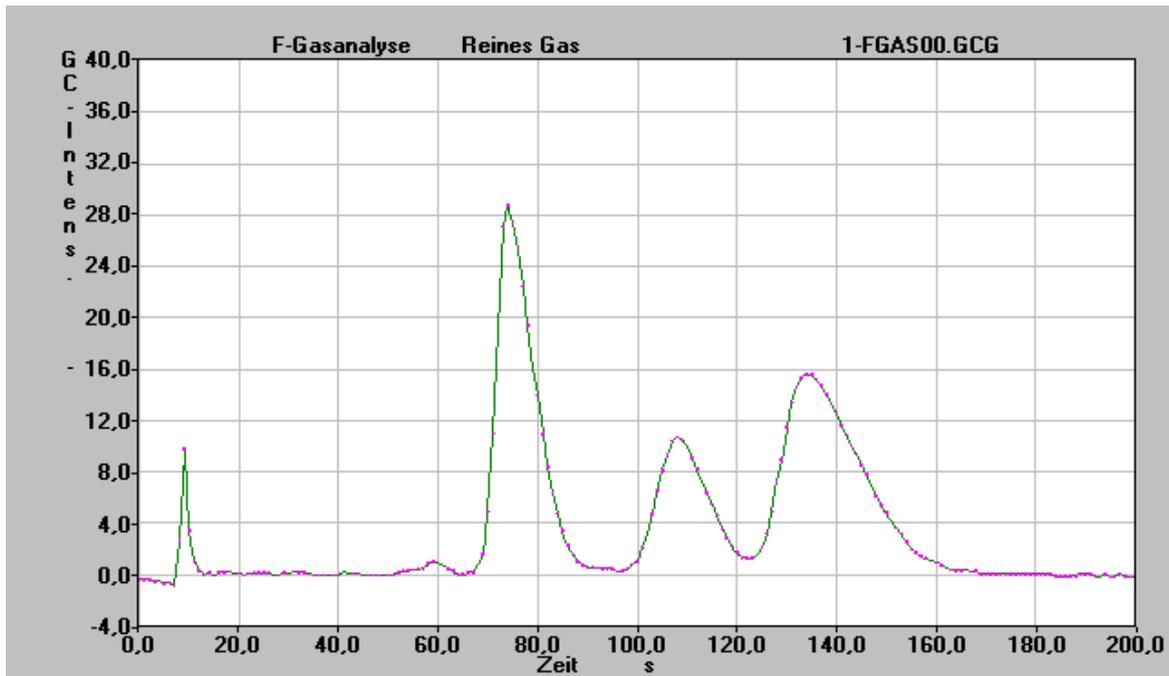
a) Falls rote Leuchtdiode blinkt, ist das Detektor-Birnchen nicht festgeschraubt oder durchgebrannt.

b) Falls rote LED konstant leuchtet, ist Kurzschluss in Birnchen oder Zuleitung

Haken Sie die einzelnen Punkte ab und klicken Sie auf "Weiter"

Durchführung des Versuches:

- ▶ **Testgas in die Spritze füllen, diese bis 0,5 mL entleeren und dann bis 1 mL Luft dazu aufziehen.**
- ▶ Evtl. Auf "0"(null) setzen 
- ▶ Spritze einführen -Stempel einklemmen- aber noch nicht das Gas injizieren!!!
- ▶ Mit Aufzeichnen  oder mit der 's'-Taste die Messwertspeicherung starten.
- ▶ Bei genau 10 s (linke Anzeige) das Gas zügig in den Chromatografen injizieren und die Spritze entfernen.
- ▶ Nach ca. 200 s Messung beenden 
- ▶ Projektnamen eingeben (hier: Beispiel) Mein erstes Projekt und Akzeptieren 



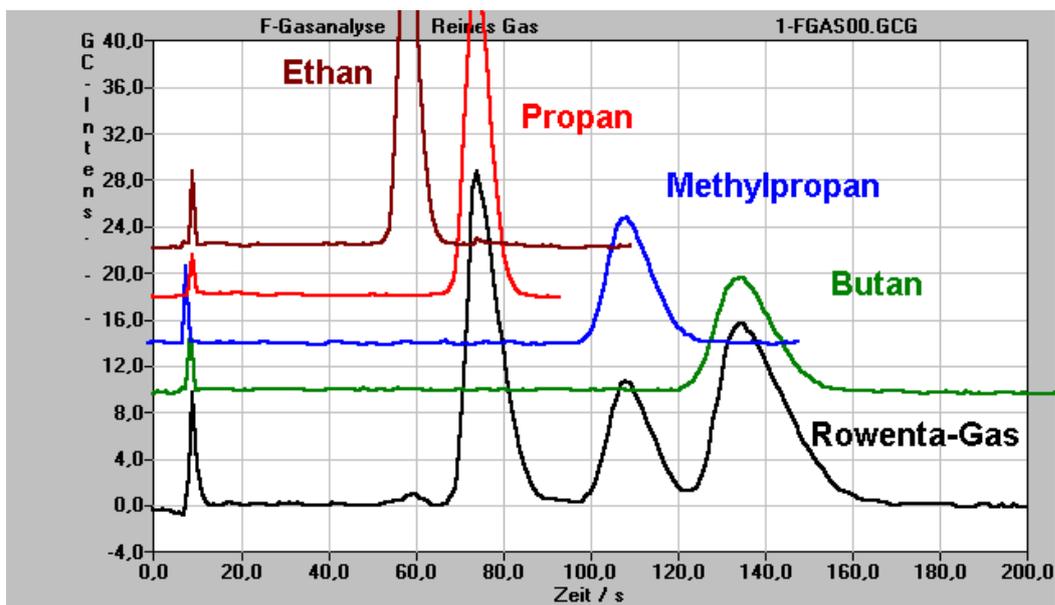
Auswertung: Identifizierung der einzelnen Komponenten

Zur exakten Zuordnung der einzelnen Peaks führen Sie Identifizierungsversuche durch. Wählen Sie die Stoffe anhand von aufgeführten Retentionszeiten oder verlassen sich auf Ihr chemisches Gefühl (kleinere kugelförmige Moleküle werden meist weniger stark adsorbiert als große langkettige; sie haben also kürzere Retentionszeiten).

Durchführung des Versuches:

Abschätzen der Einfüllmenge eines Vergleichsgases: Da ein einzelnes Gas im Beispielfall etwa einem Anteil von 1/3 am Gasgemisch hat, sollte man auch nur 1/3 von 0,5 mL aufziehen - also etwa **0,15 mL**. Sind später die entstehenden Flächen im Chromatogramm gleich, hat man direkt den Anteil des Gases bestimmt.

- evtl. wieder. Auf "0"(null) setzen und
- ca. 0,15 mL eines der ausgesuchten Vergleichsgases in die Spritze füllen und bis 1,0 mL Luft aufziehen
- die GC Aufnahme starten und injizieren wie beim ersten Mal (bei 10 s)
- usw.



Auswertung: Gehaltsermittlung

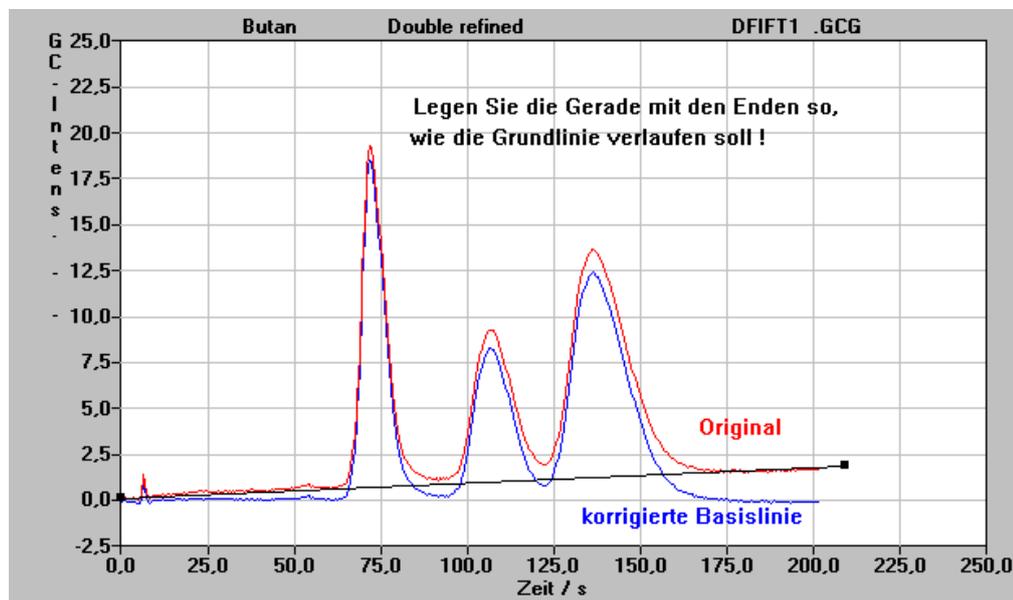
Hierzu ist es sinnvoll, die Vergleichsgase vom Bildschirm zu verbannen und nur mit dem zu analysierenden Gas zu arbeiten.

Dazu klickt man mit der rechten Maustaste auf den Graphen und entfernt in dem aufgehenden Kästchen durch Klicken die Häkchen bei den anderen Datenreihen

1. Basislinienkorrektur

Ist eine „Drift“ festzustellen, so muss zunächst die "Basislinie" grafisch korrigiert werden. Dazu zieht man eine **Linie**, die im korrigierten Graphen die **Parallele zur x-Achse mit $y=0$** werden soll, in das Chromatogramm.

- ▶ Hauptmenü: **AK Analytik 11** Start Messung Favoriten **Auswerten** Hinzufügen **GC - Basislinie** 
- ▶ Eine **Linie**, die im korrigierten Graphen die **Parallele zur x-Achse mit $y=0$** werden soll, in das Chromatogramm ziehen. **Weiter** 



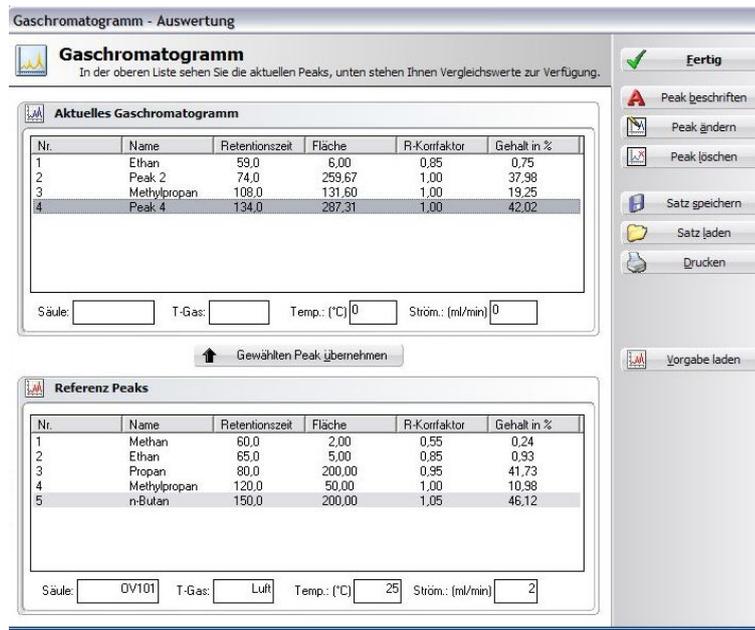
Danach werden Sie gefragt, ob Sie die alte Datenreihe mit den neuen Werten überschreiben (die alten Werte sind dann weg) oder einen neue Datenreihe anlegen wollen. Falls Sie alles richtig gemacht haben, wählen Sie: alte Datenreihe mit den neuen Werten überschreiben.

2. Integration (Ermittlung der Peakflächen)

Die Ermittlung der Peakflächen (ohne den Einspritzpeak) geschieht auf folgende Weise.

- ▶ Hauptmenü: **AK Analytik 11** Start Messung Favoriten **Auswerten** Hinzufügen **GC - Handintegration** 
- ▶ Den linken Rand des ersten Peaks (nicht Einspritzpeak) klicken und mit gedrückter Maustaste bis zum rechten Rand ziehen. Die Grenzen kann man nachträglich korrigieren mit Klick in die markierte Fläche des Peaks!
- ▶ Für jeden Peak nach rechts die Schritte wiederholen **Weiter** 

Es erscheint eine Tabelle. In dieser sind schon Retentionszeit, Fläche, Responsefaktor (=1.000) und Gehalt eingetragen.



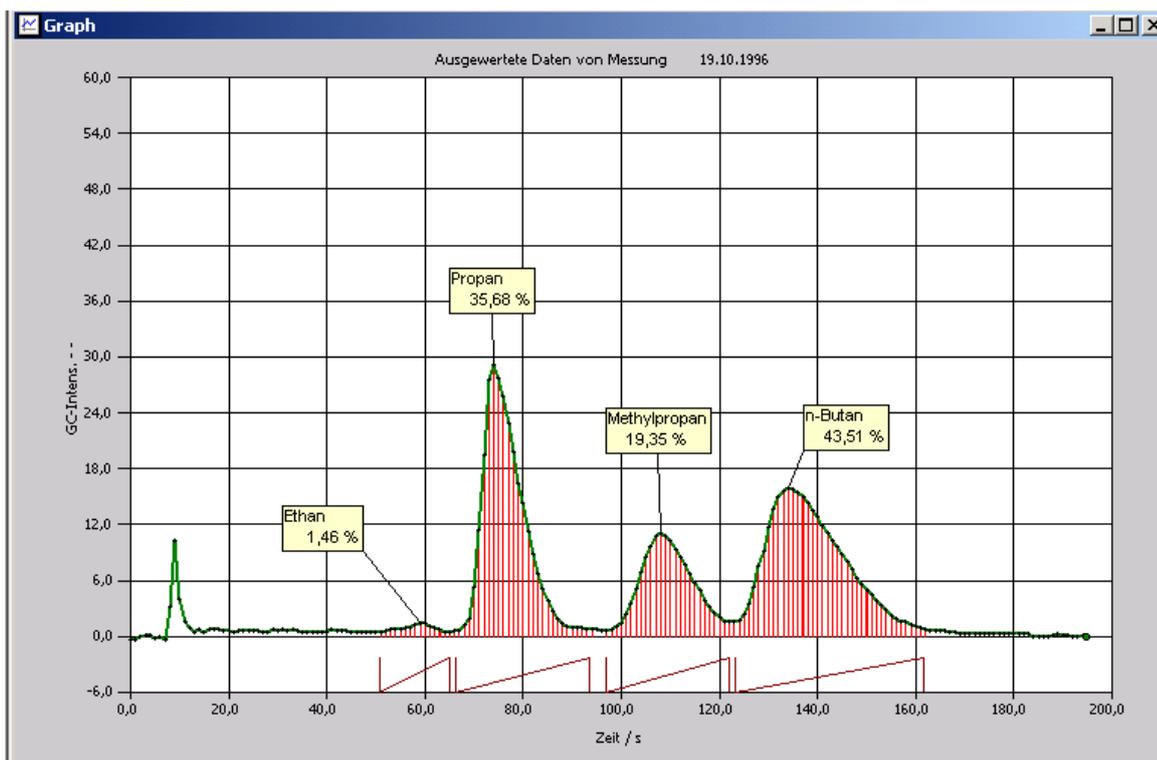
3. Korrektur der Flächen mit den Responsefaktoren

Der Gehalt ist allerdings nicht korrekt, weil die verschiedenen Gase unterschiedlich gut die Wärme von dem WLD ableiten und so ein verfälschtes Bild vortäuschen. Methan liefert etwa eine doppelt so große Fläche wie die gleiche Menge an n-Butan. Dieser Fehler wird mit den „Responsefaktoren“ korrigiert.

Um sie zu ermitteln, müsste man normalerweise "Verdünnungsreihen" für jeden Stoff aufnehmen, die entsprechenden Flächen ermitteln und ins Verhältnis zueinander setzen.

4. Zuordnung der Peaks

- ▶ Zur Zuordnung der Peaks jeweils eine Reihe in der oberen und eine entsprechende Reihe in der unteren Tabelle anklicken und dann auf **Gewählten Peak übernehmen** Der Computer trägt dann im oberen Teil den Namen und den Response-Faktor ein und berechnet sofort die neue prozentuale Zusammensetzung.
- ▶ Erst, wenn alle Responsefaktoren eingerechnet sind, den entsprechenden Stoff in der oberen Tabelle markieren, auf **Peak beschriften** und die Ergebnisse in der Grafik positionieren.



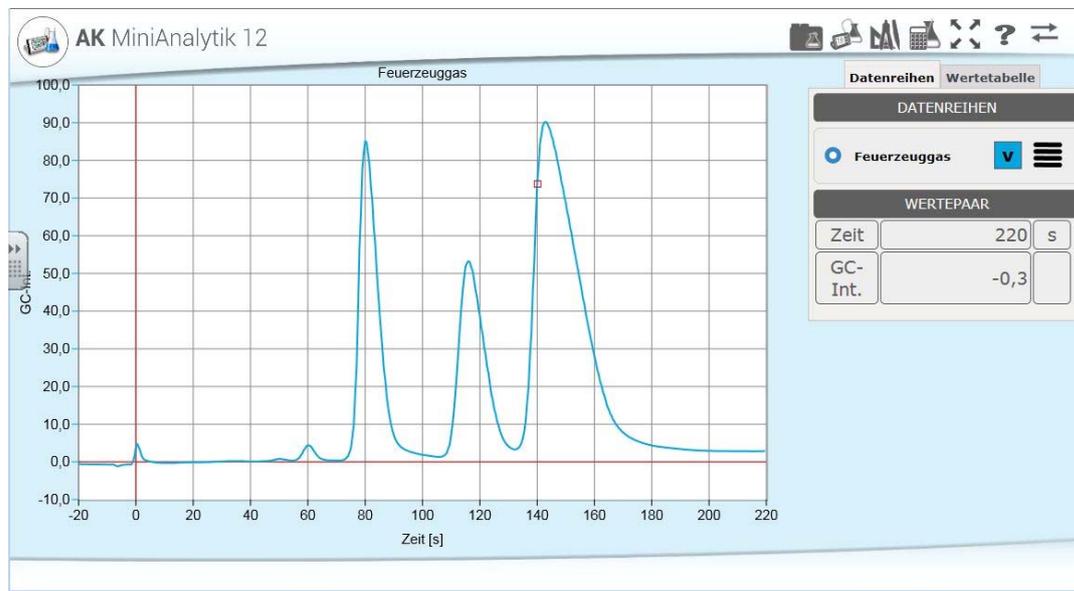
9. Komfort- Gaschromatogramm von Feuerzeuggas

Variante: Teacher's Helper -Alle Schüler mit BYODs können am Experiment teilnehmen

<p>—AK— Kappenberg</p>	<p>"LOW-COST"-Gaschromatografie Trennung von Feuerzeug-Gas Demonstrationsexperiment mit Teacher's Helper</p>			 K04xx T-Helper									
<p>Prinzip</p>	<p>Mit einem LowCost- Gaschromatografen ist es möglich, fast „professionelle“ Trennungen von Feuerzeug-gas zu erzielen. Die Werte erscheinen auf dem Display des Messmoduls AK LCGC 15. Ein Computer ist hervorragend geeignet, die lästigen Schreib- und Zeichenarbeiten bei gaschromatografischen Analysen zu übernehmen. Auch „Auswertungen“ werden unterstützt.</p>												
													
<p>Aufbau und</p>	<p>Verwendete Chemikalien</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td><input type="checkbox"/> LowCost- Chromatograf</td> <td><input type="checkbox"/> Netbook/Laptop/Tablet</td> <td><input type="checkbox"/> Gasfeuerzeug </td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> AK LCGC 15 im Koffer- Säule: weißer Kabelb.</td> <td><input type="checkbox"/> Teacher's Helper</td> <td><input type="checkbox"/> Feuerzeuggas-Kartusche </td> </tr> <tr> <td></td> <td><input type="checkbox"/> MT- Spritze, 2 mL</td> <td></td> </tr> </table>				<input type="checkbox"/> LowCost- Chromatograf	<input type="checkbox"/> Netbook/Laptop/Tablet	<input type="checkbox"/> Gasfeuerzeug 	<input type="checkbox"/> AK LCGC 15 im Koffer- Säule: weißer Kabelb.	<input type="checkbox"/> Teacher's Helper	<input type="checkbox"/> Feuerzeuggas-Kartusche 		<input type="checkbox"/> MT- Spritze, 2 mL	
<input type="checkbox"/> LowCost- Chromatograf	<input type="checkbox"/> Netbook/Laptop/Tablet	<input type="checkbox"/> Gasfeuerzeug 											
<input type="checkbox"/> AK LCGC 15 im Koffer- Säule: weißer Kabelb.	<input type="checkbox"/> Teacher's Helper	<input type="checkbox"/> Feuerzeuggas-Kartusche 											
	<input type="checkbox"/> MT- Spritze, 2 mL												
<p>Vorbereitung</p>	<p>Vorbereitung</p> <p><input type="checkbox"/> Koffer aufstellen und Teacher's Helper und Pumpe mit Strom versorgen.</p>												
<p>Vorbereitung an den Computern / Tablets (Clients)</p>													
<ul style="list-style-type: none"> ▶ Am Laptop / Tablet /Smartphone Einstellungen  mit WLAN eine Verbindung herstellen: ak.net anwählen und warten bis die Verbindung eingebucht ist. ▶ Browser z.B. Firefox/Safari aufrufen, in die Adresszeile (URL-Zeile) - nicht in der (Google-Suchzeile!!)  http://labor.ak eingeben. - Es erscheinen 4 Bildschirme ▶ AK MiniAnalytik wählen. Im Display können die Menüicons oben, neben- oder (bei kleinen Bildschirmen) links, untereinander angeordnet sein. ▶ GC Elektronik15 per USB mit Teacher's Helper verbinden. ▶ Icon 'Messen'  (2. Von links) und Mit Messgerät verbinden auswählen. ▶ Messgrößenauswahl: <input checked="" type="checkbox"/> GC Int WLD ▶ Konfiguration GC-Messung . y-Achse GC (WLD) Min  -20 - und Max  220 - Nachkomma  1 und Linie <input checked="" type="checkbox"/> ja  <p>Der Messbildschirm wird aufgebaut und Werte angezeigt.</p>													
<p> Bei kleinen Bildschirmen zur richtigen Darstellung wechseln von Hoch- in Querformat oder das 'ICON'  (Seitenleiste Ein- /Ausblenden) benutzen.</p>													

Durchführung

- ▶ Anweisungen auf dem Bildschirm abhaken
- ▶ GC Sensor mit ACM XX verbunden
- ▶ Pumpe: Schlauch bei "OUT" und mit Strom versorgt.
- ▶ **Zur Messung**
- ▶ **Testgas in die Spritze füllen, diese bis 0,5 mL entleeren und dann bis 1 mL Luft dazu aufziehen.**
- ▶ Evtl. **Auf Null setzen**
Spritze einführen und dabei den Stempel einklemmen, damit er sich nicht bewegt, aber noch nicht das Gas injizieren!!!
- ▶ Mit **Aufzeichnung Starten** die Messwertspeicherung starten.
- ▶ Bei genau 10 s (linke Anzeige) das Gas zügig in den Chromatografen injizieren und die Spritze entfernen.
- ▶ Nach ca. 200 s zum Beenden **Stoppen** drücken



Speichern

- ▶ Projekticon oben links  und **Speichern unter** wählen
 - ▶ Unter ‚Projekt Speichern‘ Projektnamen eingeben (hier: Beispiel)  **K04 user** und **OK**

Excel-Export

- ▶ Projekticon oben links  und **Datenreihen exportieren** wählen
- ▶ Unter "Datenreihen Speichern" Projekt **K04 user** auswählen und **Speichern**
- ▶ Je nach Gerät mit „Speichern unter“ noch Pfad aussuchen und bestätigen!

Öffnen bei Bedarf

- ▶ Ist der Teacher's Helper nicht mehr zu erreichen: Browser z.B. **Firefox/Safari** aufrufen, in die Adresszeile (URL-Zeile) - nicht in der (Google-Suchzeile!!)  **http://labor.ak** eingeben. Projekticon oben links  und **Laden** "Projekt Laden" **K04 user** direkt auswählen und → anklicken

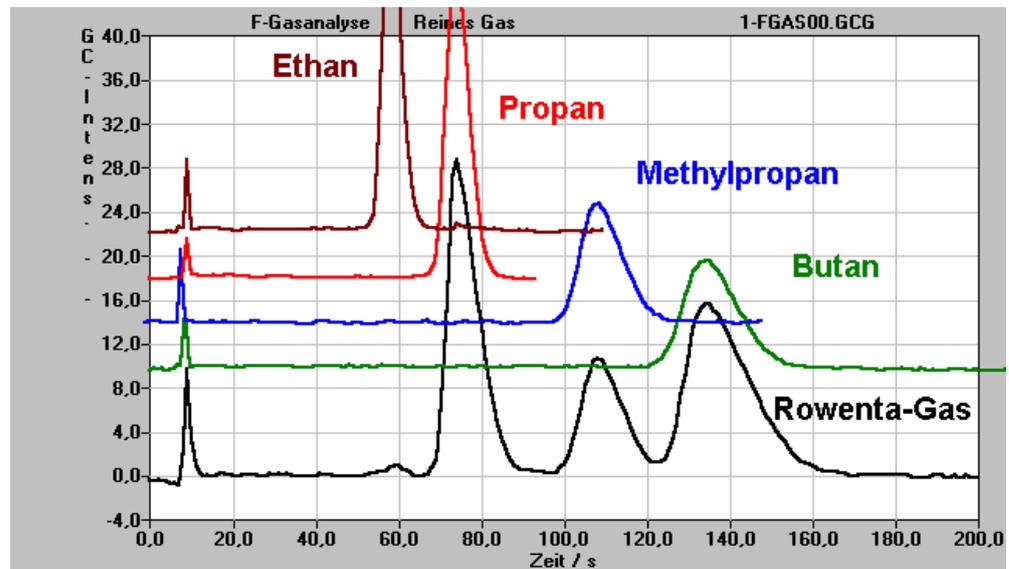
Auswertung

Auswertung:

Identifizierung der Komponenten - Aufnahme von GC's von Reingasen aus der Gasbar:

Abschätzen der Einfüllmenge eines Vergleichsgases: Da ein einzelnes Gas im Beispielfall nur etwa einem Anteil von 1/3 am Gasgemisch hat, sollte man auch nur 1/3 von 0,5 mL aufziehen, also etwa **0,15 mL**. Sind später die entstehenden Flächen im Chromatogramm gleich, hat man direkt den Anteil des Gases bestimmt.

- ▶ Evtl. **Auf Null setzen**
- ▶ Ca. 0,15 mL eines der ausgesuchten Vergleichsgase in die Spritze füllen und bis 1,0 mL Luft aufziehen.
- ▶ Spritze einführen, die GC Aufnahme starten und injizieren wie beim ersten Mal (bei 10 s).
- ▶ usw.



Beispielbild von K04 Vergleichsdiagramme mit Analytik 11

Die quantitative Auswertung des Gaschromatogramms (Gehaltsermittlung)

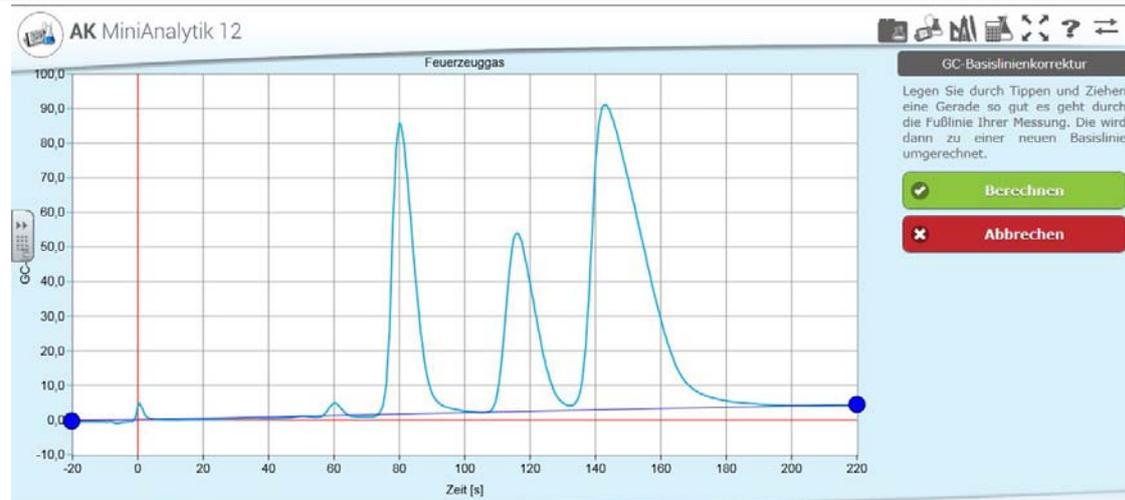
1. Basislinienkorrektur

Nach der Identifizierung verbannt man sinnvollerweise die Vergleichsgase vom Bildschirm und arbeitet nur mit dem zu analysierenden Gas.

Dazu entfernt man die Häkchen bei den anderen Datenreihen.

Ist eine „Drift“ festzustellen, so muss zunächst die "Basislinie" grafisch korrigiert werden.

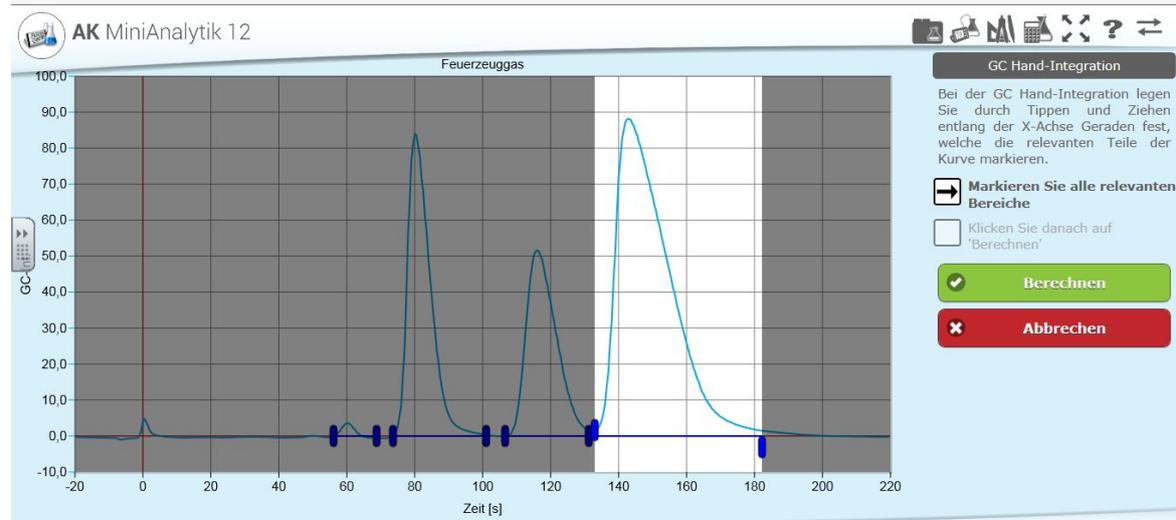
- ▶ Iconmenü Auswerten:  **GC - Basislinienkorrektur**
- ▶ Erläuterung, wie die Linie gelegt werden soll am Rand: Eine **Linie**, die im korrigierten Graphen die **Parallele zur x-Achse mit $y=0$** werden soll, in das Chromatogramm ziehen. **Berechnen**



2. Integration (Ermittlung der Peakflächen)

Die Ermittlung der Peakflächen (ohne den Einspritzpeak) geschieht auf folgende Weise:

- ▶ Iconmenü Auswerten:  **GC - Handintegration**
- ▶ Erläuterungstext auf Bildschirm
- ▶ Den linken Rand des ersten Peaks (nicht Einspritzpeak) tippen und mit gedrücktem Finger bis zum rechten Rand ziehen. Der nicht markierte Bereich wird dunkel eingefärbt. Die Grenzen kann man nachträglich korrigieren mit Klick in die markierte Fläche des Peaks!
- ▶ Für jeden Peak nach rechts die Schritte wiederholen **Berechnen**



Es erscheint eine Tabelle. In dieser sind schon Retentionszeit, Fläche, Responsefaktor und Gehalt eingetragen.

3. Berücksichtigung der unterschiedlichen Wärmeleitfähigkeiten

Der Gehalt ist allerdings nicht korrekt, weil die verschiedenen Gase unterschiedlich gut die Wärme von dem WLD ableiten und so ein verfälschtes Bild vortäuschen. Methan liefert etwa eine doppelt so große Fläche wie die gleiche Menge an n-Butan. Dieser Fehler wird mit den „Responsefaktoren“ korrigiert. Solche Responsefaktoren sind eigentlich in einer Art "Verdünnungsreihe der Reinsubstanzen" experimentell bestimmbar. Näherungsweise können die R-Faktoren auch den Vorschlägen in der Tabelle entnommen werden.

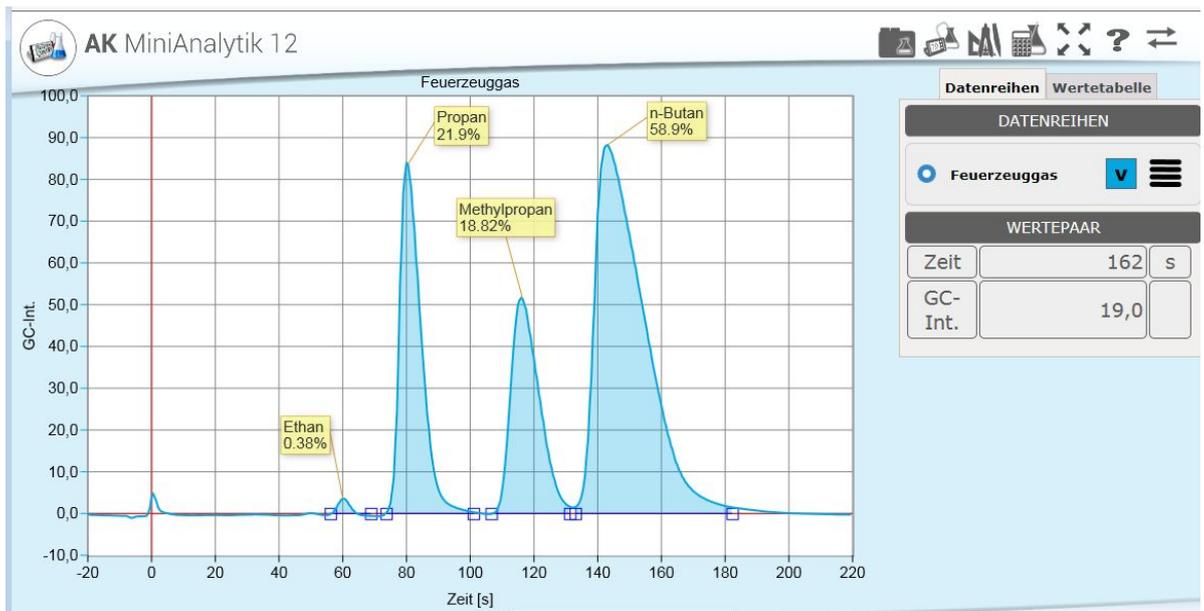
Zur exakten Zuordnung der einzelnen Peaks greifen Sie auf Ihre Identifizierungsversuche zurück, orientieren sich an den aufgeführten Retentionszeiten oder verlassen sich auf Ihr chemisches Gefühl (kleinere kugelförmige Moleküle werden meist weniger stark adsorbiert als große langkettige; sie haben kürzere Retentionszeiten).

- Iconmenü Auswerten: **GC - Tabelle**



- Zur Zuordnung der Peaks jeweils vorne eine Reihe in der oberen und eine entsprechende Reihe in der unteren Tabelle anklicken und dann auf **Peak Zuordnen**. Der Computer trägt daraufhin im oberen Teil den Namen und den Response-Faktor ein und berechnet sofort die neue prozentuale Zusammensetzung.

Fertig ist die eine komplette Gas-Analyse



Beachten:	Entsorgung entfällt
Literatur Wedeking, Veltel und Kappenberg	

10. Dualmodul: Einsatz des empfindlichen Gassensors - Untersuchung der Atemluft nach Pralinengenuss Variante mit Computer und AK Analytik 11

<p>AK Kappenberg</p>	<p>Alkohol in Lebensmittel Halb-quantitative Alkohol –Atem-Analysen nach Genuss von MON CHERIE</p>		 K08bGS
<p>Prinzip Versuch, den durch Genuss einer „Praline“ aufgenommenen Alkohol „halbquantitativ“ abzuschätzen.</p>			

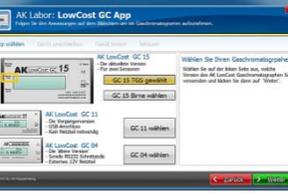


<p>Benötigte Geräte</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Modularer LowCost-GC <input type="checkbox"/> TGS Gassensor! <input type="checkbox"/> Säule 2: Chromosorb OV 101 5%, 0,4 m, gelber Kabelbinder <input type="checkbox"/> Computer <input type="checkbox"/> Insulinspritze, 50 /0,5 mL <input type="checkbox"/> Zahnbürste/Zahncreme 	<p>Verwendete Chemikalien</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> z.B: MON CHERIE
---	---

Vorbereitung des Versuchs

- ▶ Koffer aufklappen

Vorbereitung am Computer AK Analytik 11 Starten

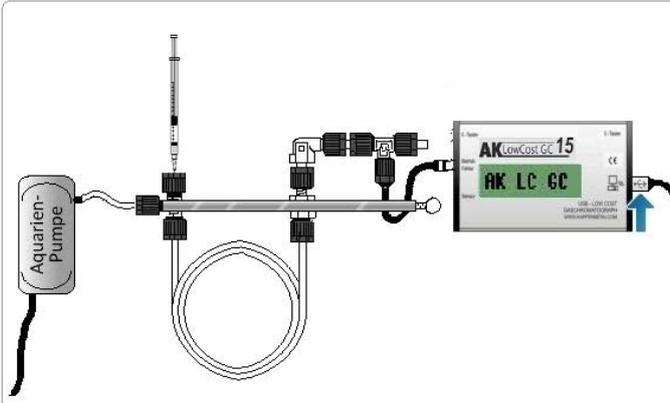
			
<p>⇒Messen</p>	<p>⇒mit Geräte-Schnellstarter App</p>	<p>⇒GC App</p>	<p>⇒GC15 TGS wählen</p>



AK Labor: LowCost GC App

Folgen Sie den Anweisungen auf dem Bildschirm um ein Gaschromatogramm aufzunehmen.

Typ wählen ▾ ▶ Gerät anschließen Gerät testen Messen



Arbeiten Sie die folgenden Schritte ab:

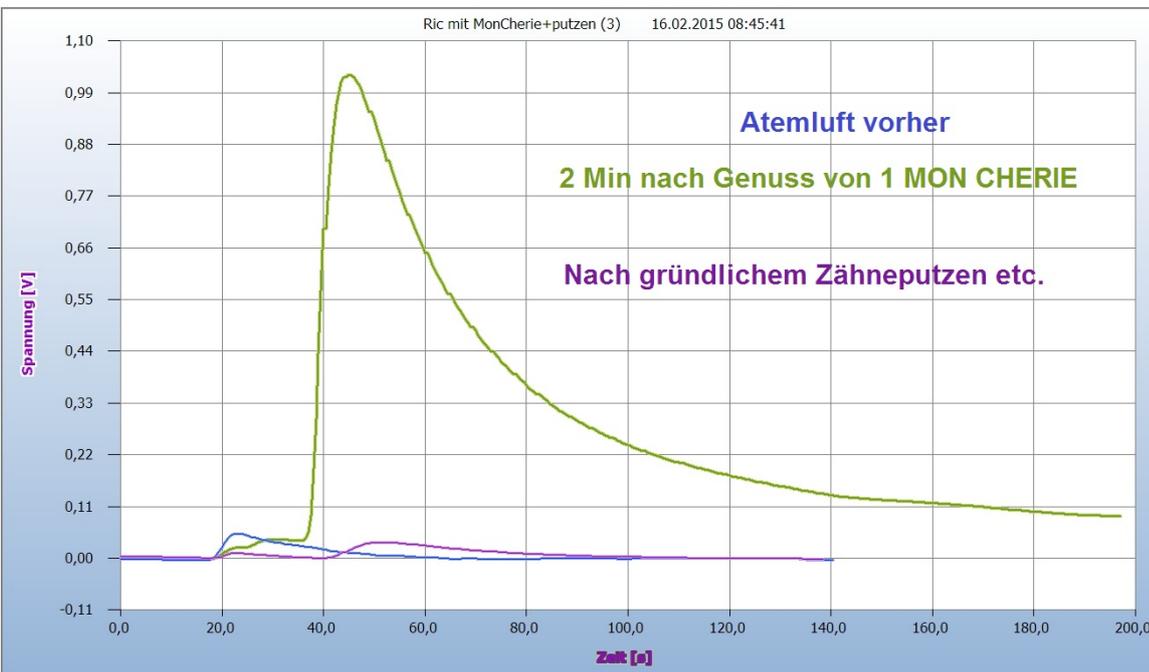
- ▶ Verbinden Sie den AK LC GC 11/15 per USB Kabel mit Ihrem Computer
- ▶ Die grüne LED 'Betrieb' leuchtet. Falls nicht: USB-Kabel überprüfen!
- ▶ Pumpe: Schlauch bei 'OUT' aufstecken und Netzstecker in Steckdose!
- ▶ GC-Sensor: Bei 'Sensor' in passenden Eingang der Elektronik eingesteckt?
- ▶ !! Rote LED darf bei Birnchen nicht leuchten !!
 - a) Falls rote Leuchtdiode blinkt, ist das Detektor-Birnchen nicht festgeschraubt oder durchgebrannt.
 - b) Falls rote LED konstant leuchtet, ist Kurzschluss in Birnchen oder Zuleitung

Die Vorbereitungen führen direkt zum Messbildschirm

Durch-
führung

- ▶ Aus dem Mundraum vorsichtig mit der Spritze 0,5 mL Atemgas entnehmen.
- ▶ Die Aufnahme des Chromatogramms starten und bei 10 s injizieren.

Aus-
wertung



Man erkennt deutlich, dass sich auch 2 Minuten nach dem Verzehr noch eine „große Menge Alkohol“ im Mundraum befindet.
Erst gründliches Zähneputzen und Gurgeln stellt den alten Zustand (fast) wieder her.

Tipps	
Beachten:	<div style="display: flex; align-items: center;"> Entsorgung Weitere Mon Cherie verzehren </div>
Literatur	Eigene Experimente

11. GC- Untersuchung der Atemluft nach Genuss einer alkohol-haltigen Praline Variante mit Teacher's Helper

AK Kapfenberg	Alkohol in Lebensmitteln Halbquantitative Alkohol - Atem-Analysen nach Genuss einer alkoholhaltigen Praline		 K08bGS T-Helper
Prinzip	Versuch, den durch Genuss einer „Praline“ aufgenommenen Alkohol „halbquantitativ“ abzuschätzen.		

Aufbau und Vorbereitung



Benötigte Geräte

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Modularer LowCost-GC15 | <input type="checkbox"/> Teacher's Helper |
| <input type="checkbox"/> TGS Gassensor | <input type="checkbox"/> Insulinspritze, 50 /0,5 mL |
| <input type="checkbox"/> Säule 2: Chromosorb OV 101
5%, 0,4 m, gelber Kabelbinder | <input type="checkbox"/> Zahnbürste/Zahncreme |

Verwendete Chemikalien

-
- z. B: MON CHERIE

Vorbereitung des Versuchs

- ▶ Koffer aufklappen
- ▶ Strom anschließen – Teacher's Helper

Vorbereitung am Computer

- ▶ Am Laptop / Tablet / Smartphone Einstellungen  mit **WLAN** eine Verbindung herstellen: **ak.net** anwählen und warten bis die Verbindung eingebucht ist.
- ▶ Browser z.B. **Firefox/Safari** aufrufen, in die Adresszeile (URL-Zeile) - nicht in der (Google-Suchzeile!!)  <http://labor.ak> eingeben. - Es erscheinen 4 Bildschirme
- ▶ **AK MiniAnalytik** wählen. Im Display können die Menüicons oben neben- oder (bei kleinen Bildschirmen) links untereinander angeordnet sein.

- ▶ GC Elektronik15 per USB mit Teacher's Helper verbinden.
- ▶ Icon 'Messen'  (2. Von links) und Mit Messgerät verbinden auswählen.
- ▶ **Messgrößenauswahl:** GC Int TGS
- ▶ **Konfiguration GC-Messung : y-Achse GC (WLD) Min**  -20 - und **Max**  220 -
Nachkomma  1 und **Linie** ja OK

Der Messbildschirm wird aufgebaut und Werte angezeigt.

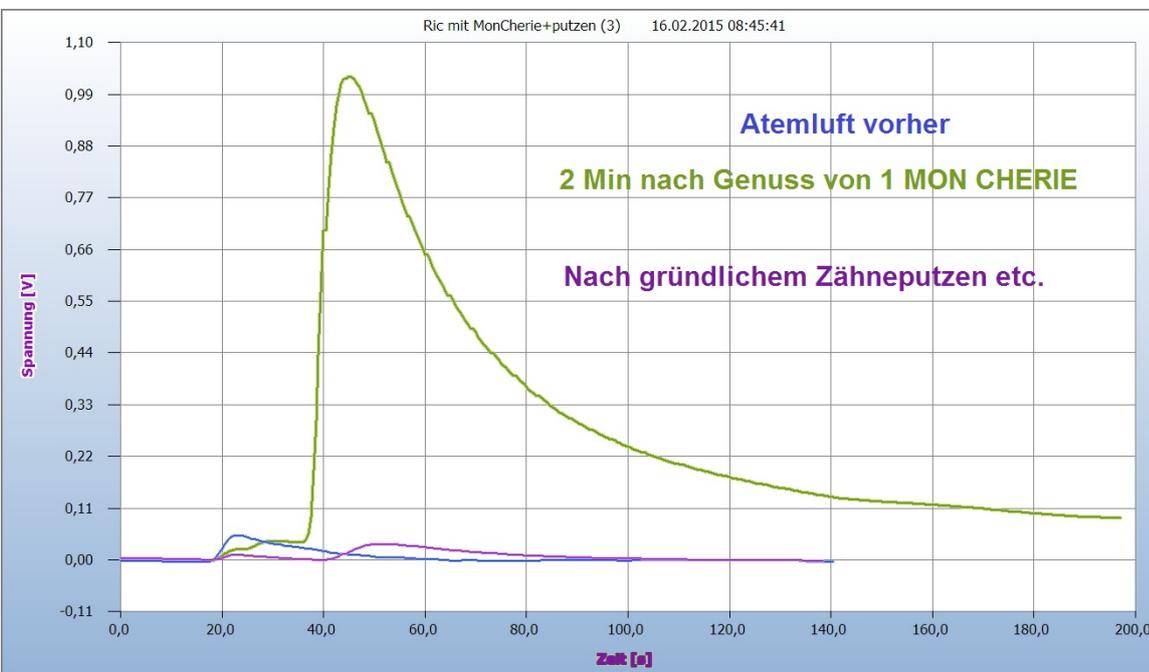
- ▶ Anweisungen auf dem Bildschirm abhaken
- ▶ GC Sensor mit ACM XX verbunden
- ▶ Pumpe: Schlauch bei "OUT" und mit Strom versorgt.

▶ Zur Messung

Durchführung

- ▶ Aus dem Mundraum vorsichtig mit der Spritze 0,5 mL Atemgas entnehmen.
- ▶ Die Aufnahme des Chromatogramms starten und bei 10 s injizieren.

Auswertung



Man erkennt deutlich, dass sich auch 2 Minuten nach dem Verzehr noch eine „große Menge Alkohol“ im Mundraum befindet.
 Erst gründliches Zähneputzen und Gurgeln stellt den alten Zustand (fast) wieder her.

Tipps

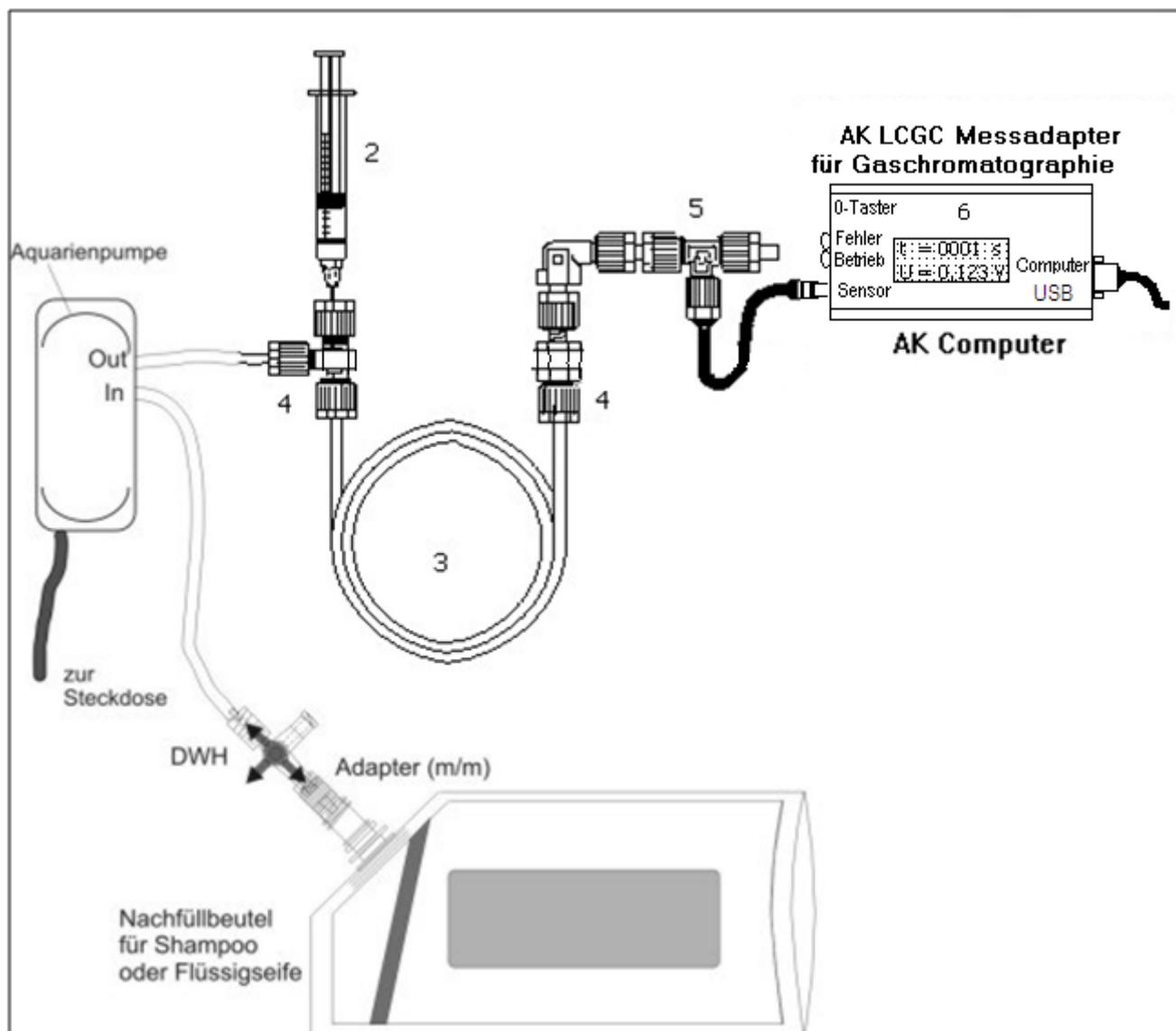
Beachten:  **Entsorgung** Weitere Mon Cherie verzehren

Literatur Eigene Experimente

12. Erweiterungen des modularen Gaschromatografen

Mit dem AK LCGC-15 ist es besonders einfach möglich, andere Gase als Luft als Trägergas zu benutzen, z.B. Wasserstoff oder Helium. Dazu wird eine Aquariumpumpe mitgeliefert, die nicht nur pumpen sondern auch saugen kann.

Das Trägergas wird in einer Shampoo-Tüte oder in einem Urinbeutel bereitgestellt.



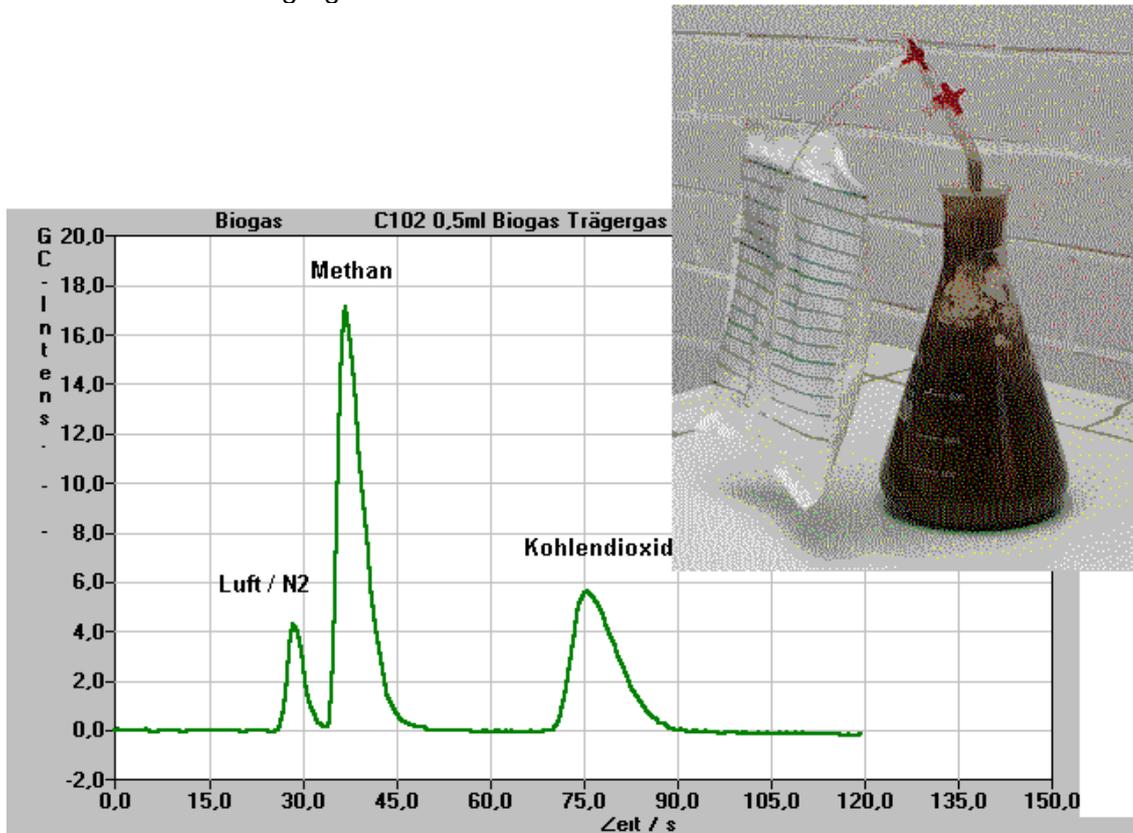
Änderungen bei den Versuchsvorbereitungen:

- Da man mit dem Dreiwegehahn (DWH) den Gasstrom nicht gut einstellen kann, empfehlen wir, die Säule Nr.3 (rote Kabelbinder) zwischen Gastüte und Luftpumpe zu schalten. Damit ist ein konstanter Widerstand im Luftstrom. Eine Beutelfüllung von 750 ml hält dann etwa 0,75 - 1 Stunde.
- Da Helium oder Wasserstoff eine viel höhere Wärmeleitfähigkeit haben, gehen die Peaks nach unten. Dies umgeht man im Programm durch „Umpolen“.

Anwendungsbeispiele

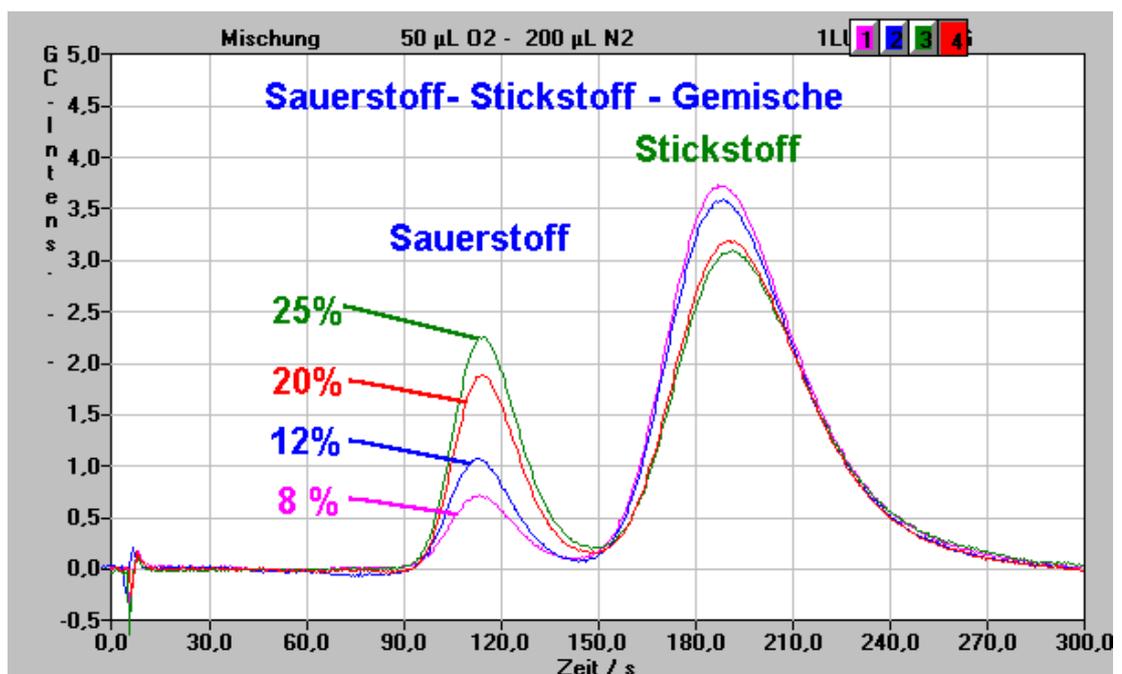
Untersuchungen von Biogas

Säule: 4 Chromsorb 102 Trägergas: Helium



Untersuchungen von Sauerstoff / Stickstoff - Gemischen

Säule: 5 (Zeolith) Trägergas: Helium



13. Fehlerbeseitigung: Was tun, wenn ´s mal nicht tut?

A. Die Grundlinie driftet (aber nicht sehr stark)

Dieser Fehler ist (fast) immer in einer Undichtigkeit begründet. Leider lässt sich die Dichtigkeit der kompletten Apparatur kaum testen, da der Sensoranschluss für das Birnchen meist nicht ganz dicht ist. Bedenken Sie, dass der Gasstrom nur sehr gering ist (abhängig von Säulenlänge und Packungsdichte nur etwa 3 bis 0.3 Bläschen pro Sekunde).

1. Undichtetes Septum (Siliconscheibe) (siehe Abbildung im technischen Anhang)

(Testen mit Seifenlösung - oder Spucke???)

Dieser Fehler ist selten aber besonders leicht zu beseitigen.



Man sollte nur die Anschlussmutter etwas fester anziehen.



Nur im Extremfall muss das Septum ausgewechselt werden.

2. Undichter Anschluss bei den SERTO - Verschraubungen

(Testen: relativ kräftig am Rohr ziehen: die Verbindung darf sich nicht lösen).

Dieser Fehler tritt recht häufig auf, wenn die SERTO - Teile oft unvorschriftsmäßig angeschraubt werden.



Richtige Vorgehensweise:

- Verbindung auseinander schrauben
- PA - Anschlussmutter (richtig herum) über das PA- Rohr schieben
- Quetschring separat vollständig auf das PA-Rohr schieben
- PA-Rohr bis zum Anschlag in die SERTO - T- Stücke stecken
- Mit der PA - Anschlussmutter den Quetschring auf die SERTO - Verschraubung drehen; dabei darf sich das PA-Rohr nicht lösen
- Anschließend testen!!

B. Die Grundlinie driftet stark (und evtl. ist das Signal sehr unruhig)

Dieser recht hässliche Fehler hat fast immer seine Ursache in einem defekten Birnchen oder der Birnchenkontakt ist nicht korrekt.

1. Steckverbindung zwischen Sensor und Elektronik sitzt nicht stramm (dieser Fall ist recht selten).



Massekragen am Stecker mit Kombizange nachdrücken

2. PA - Anschlussmutter mit Birnchen vorsichtig herausschrauben und schauen, ob die Wendel durchgebrannt ist (dieser Fall ist recht selten).



Birnchen ersetzen

3. Mit einer Kombi-Zange (evtl. Pinzette) testen, ob das Birnchen festen Sitz in der Fassung hat. (Dieser Fall ist recht häufig)



Birnchen mit der Kombi-Zange festschrauben

4. In ganz hartnäckigen (seltenen) Fällen: Schauen, ob unten im Fuß der Fassung noch etwas Kollophonium sitzt, dann



Vorsichtig wegkratzen.

5. Falls der Birnchenkontakt noch nicht ordentlich:



vorsichtig Fuß des Birnchens mit Sandpapier oder einer Feile bearbeiten.

C. Plötzlich kann man keine Chromatogramme mehr aufnehmen, obwohl es bisher immer funktionierte - der Rechner "hängt"

Der Rechner speichert die aktuellen Einstellungen z.B. Farben etc. in einer sogenannten "INI - Datei". Wahrscheinlich haben Sie irgendwann einmal das Programm unkorrekt verlassen, so dass die aktuellen Einstellungen nicht korrekt gespeichert wurden.



Löschen Sie mit dem Windows- Explorer oder unter DOS nur die Datei "AG-GC.INI" auf der Festplatte. Dann benutzt das Programm Standardwerte.

D. Birne defekt - rote LED blinkt (Fehlermeldung: Unterbrechung)

Zur Überprüfung schraubt man vorsichtig die Überwurfmutter mit dem Birnchen aus dem T-Stück. Meist sieht man schon mit bloßen Augen, ob die Glühwendel durchgebrannt ist. Falls nicht, überprüft man mit einer Kombi-Zange den festen Sitz des Birnchens.



Man schraubt mit einer geeigneten Kombizange das Birnchen heraus und ein Ersatzbirnchen an dessen Stelle wieder hinein. Dann knackt man vorsichtig mit dem „Nussknackerteil“ der Kombizange den Glaskolben des Birnchens - Achten Sie dabei auf die Glassplitter.



Beispielfoto für den Betrieb des **AK LCGC 04** mit Wasserstoff oder Helium aus der Druckgasflasche (Regelung mit dem Gasventil - Kontrolle mit dem Blasenähler: etwa 1 Blase / s).

!! Bei undichten Sensoren muss das Gewinde der Sensorhalterung mit Teflonband abgedichtet werden !!

14. Anhang: Technische Daten:

Elektronik AK LCGC 11

Mikrokontroller:	??
A/D - Wandler:	24 bit / 5 Messungen /s
Bereich:	0- 5 V
Warngrenzen:	< 0,4 V und größer 4,5 V
Display-Anzeige:	1.Zeile: vorne: Spannung vom TGS,; 0-5 V dann Stoppuhr: 0 - 9999 s 2.Zeile: vorne: Spannung vom WLD, Piezolausprecher ca. 40 -10 000 Hz
Schnittstelle:	USB

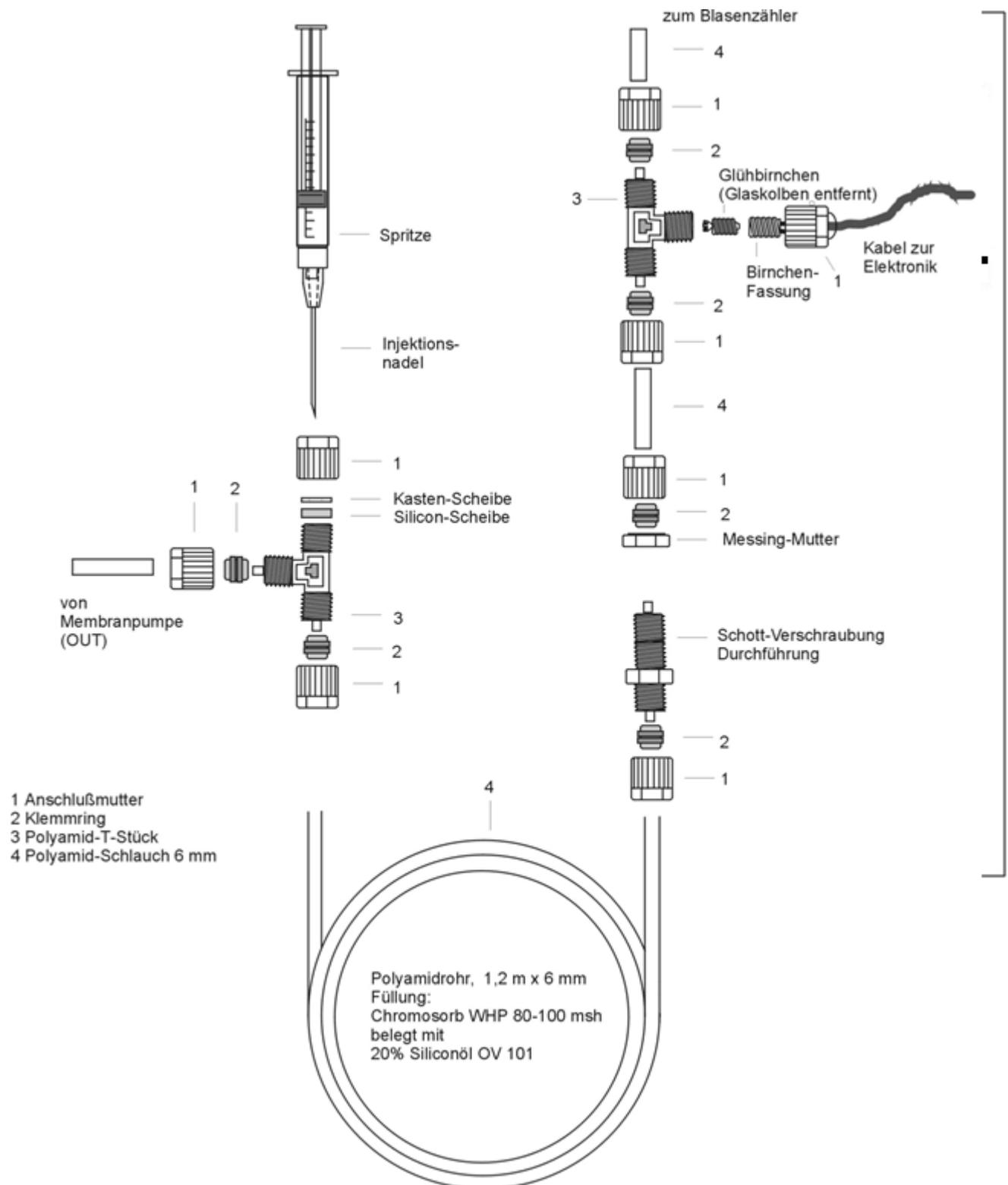
Aquariumpumpe: 200V / 3 W 150 l /h

Netzteil (optional): USB-Netzteil: 230 V , sec. 5 V 800 mA =

Säulen:

Nr.1:	weißer Kabelbinder	(Standard) OV101, 20 % auf Chromosorb WHP 60-80 msh, 1.20 m für Feuerzeug-Gas etc.
Nr.2:	gelber Kabelbinder	OV101, 5 % auf Chromosorb WHP 80-100 msh, 0.40 m höhere Alkane, kl. halogen. KW (schnelle "Sichtung")
Nr.3:	roter Kabelbinder	Kieselgel 60 ohne Belegung, 0,60 m zur Trennung von Wasserstoff, Methan, Ethan, Ethen, Ethin
Nr.4	schwarzer Kabelbinder	Chromosorb 102, 60-80 msh, 1.10 m für Wasserstoff, Methan, Kohlendioxid (Erdgas, Biogas)
Nr.5	Zeolith - Perlen (Frisch füllen)	Molekularsieb 5 A (Zeolith), 0,27 m Trennungen von Sauerstoff, Stickstoff (Luft)

Explosionszeichnung der Trennapparatur



15. Hinweise und Tipps zur Gaschromatografie bei AK Kappenberg im Internet bei www.kappenberg.com Hinführende Experimente, Videos, Hinweise zum Selbstbau, viele weitere Experimente.....

Der direkte Link, bei dem nur Seiten, die Gaschromatografie betreffen, aufgerufen werden

http://kappenberg.com/pages/experimente/listen_der_experimente/liste.htm?SIZE=K

Hier gibt es viel zu stöbern!!

K00
Theorie

Chromatographische Trennung - Grundlagen (ältere Fassung)

Grundlagen

 [PDF AK Analytik 32](#)

K00a
Theorie
Infoblatt

Trennung durch Adsorption - Ein märchenhaftes Prinzip

Chromatografie - Einführung

 [PDF Experiment](#)



K00b
Theorie
Infoblatt

Rechnerische Simulation zur Verteilung

Mathematische Simulation

[PDF Experiment](#)

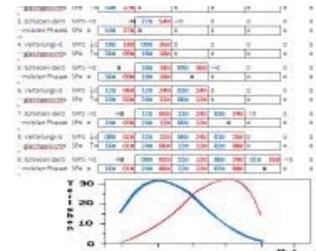


K00bl
Theorie
Infoblatt

Rechnerische Simulation zur Verteilung

Lösung der mathematischen Simulation

 [PDF Experiment](#)

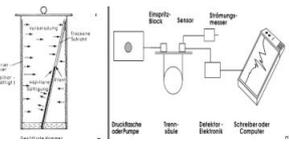


K00c
Theorie
Infoblatt

Übergang von der Dünnschicht zur Gas-Chromatografie

Eine besondere Versuchsanordnung zur Trennung von Gasen.

 [PDF Experiment](#)

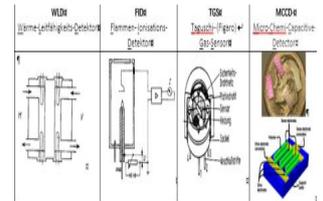


 K00d
Theorie
Infoblatt

Wichtige Detektoren

Beschreibung wichtiger Detektoren, ihr Aufbau und die jeweiligen Vor- und Nachteile.

 [PDF Experiment](#)



K01
Experiment
Theorie

Einführung in die Chromatographie

Demonstrationsversuche zu Adsorption und Verteilung, Märchen, Rechenübungen und einführende Experimente zur Gaschromatographie

 [PDF AK Analytik 32](#)

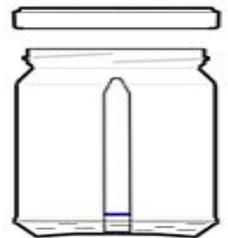
 K01a1
Experiment
LowCost-GC
Experiment-
Video

Schnellversuch zur Chromatografie mit Kreide

Filzstiftfarbe wird in zwei Komponenten mit Alkohol auf Kreide aufgetrennt

 [PDF Experiment](#)

 [Video Experiment](#)

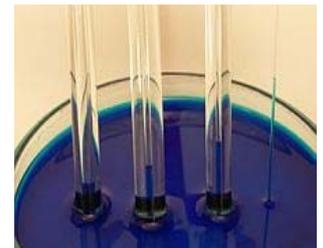


 K01a2
Experiment
LowCost-GC
Experiment-
Video

Schnellversuch zu den Kapillarkräften

In diesem kleinen Versuch soll gezeigt werden, dass Flüssigkeit in verschiedenen engen Glasröhren verschieden hoch steigt.

 [PDF Experiment](#)



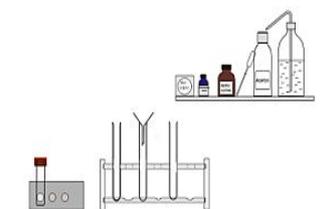
 K01a3
Experiment
LowCost-GC
Experiment-
Video

Schnellversuch zu Adsorption/Desorption

Es soll untersucht werden, in wie weit Stoffe an Substanzen mit großer Oberfläche haften bzw. sich wieder davon ablösen lassen.

 [PDF Experiment](#)

 [Video Experiment](#)



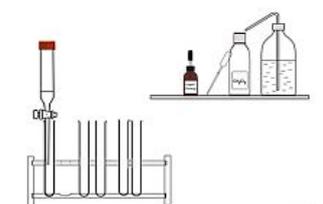
 K01a4
Experiment
LowCost-GC
Experiment-
Video

Schnellversuch zur Verteilung

Es soll untersucht werden, in wie weit sich ein Stoff in zwei nicht miteinander mischbaren Flüssigkeiten löst.

 [PDF Experiment](#)

 [Video Experiment](#)



 K01b
Experiment
LowCost-GC
Experiment-
Video

Schnellversuch zur GL- multiplikativen Verteilung

In einer einfachen Apparatur wird eine Gas- Flüssigkeits- Verteilung als multiplikative Verteilung durchgeführt. Die Gasphase ist Luft, die stationäre Phase ist Wasser. Als Substanz wird Kohlenstoffdioxid eingesetzt, dessen Anwesenheit durch einen Indikator angezeigt werden kann.

 [PDF Experiment](#)

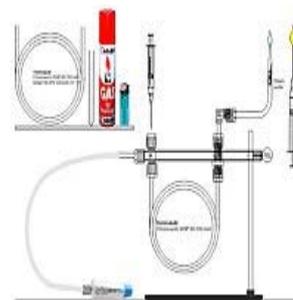


 K01c1
**Experiment
LowCost-GC
Experiment-
Video**

Kleine einführende Experimente mit dem AK LowCost-GC

Schöne kleine einleuchtende Experimente zur LowCost - Gaschromatografie.

 [PDF Experiment](#)



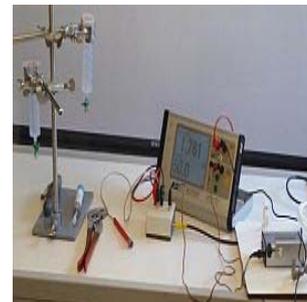
 K01c2
**Experiment
LowCost-GC
Experiment-
Video**

Der AKLowCost WLD (Glühbirnrchen-Sensor)

Es wird ein „geknacktes Birnchen“ auf die Tauglichkeit, als WLD-Sensor zu fungieren, geprüft.

 [PDF Experiment](#)

 [Video Experiment](#)



 K02
**Experiment
LowCost und
Medizin-
Technik**

Papierchromatografie von Lebensmittelfarben bzw. Tinten

Die Papierchromatographie ist ein Trennverfahren, bei dem die Hydrathülle der Cellulosefasern die stationäre Phase bildet. Als mobile Phase dient hier Wasser. Die Methode bietet sich z.B. zur einfachen "Reinheitskontrolle" von Lebensmittelfarben an.

 [PDF Experiment](#)  [PDF AK Analytik 32](#)



 K02a
**Experiment
LowCost und
Medizin-
Technik**

Dünnschichtchromatografie von Filzstiftfarben

Die Dünnschichtchromatografie (DC) ist ein Trennverfahren, bei dem sich die dünne aus feinkörnigem Material bestehende Trennschicht (stationäre Phase) auf einer Trägerplatte aus Glas, Metall oder einer geeigneten Folie befindet. Als mobile Phase dient hier Ethanol.

 [PDF Experiment](#)  [PDF AK Analytik 32](#)

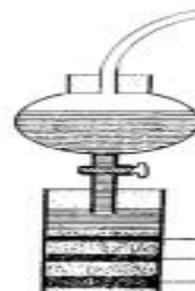


 K03
Experiment

Trennung von Blattpigmenten mit Säulenchromatografie

Die Blattfarbstoffe werden eluiert und säulenchromatografisch getrennt, sodass genügend große Mengen zu weiteren (spektroskopischen) Untersuchungen zur Verfügung stehen.

 [PDF Experiment](#)  [PDF AK Analytik 32](#)



 K03a
Experiment
LowCost und
Medizin-
Technik

DC Trennung von Blattpigmenten (Dünnschichtchromatographie)

Die Blattfarbstoffe werden eluiert und chromatographisch getrennt, so dass genügend große Mengen zu weiteren (spektroskopischen) Untersuchungen zur Verfügung stehen.

 [PDF Experiment](#)  [PDF AK Analytik 32](#)

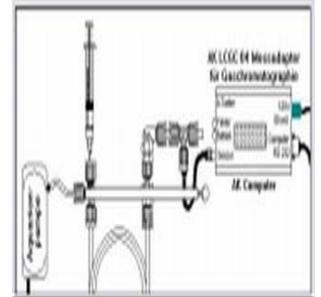


 K04
Experiment
AK Analytik 11
AK Analytik
32.NET
LowCost und
Medizin-
Technik
All-Chem-
Misst

LC-GC Trennung eines Feuerzeug-(Butangas-)Gemisches

Mit einem LowCost-Gaschromatografen ist es möglich, fast „professionelle“ Trennungen von Feuerzeuggas zu erzielen. Die Werte erscheinen auf dem Display des Messmoduls AK LCGC 04. Ein Computer ist hervorragend geeignet, die lästigen Schreib- und Zeichenarbeiten bei gaschromatografischen Analysen zu übernehmen. Auch „Auswertungen“ werden unterstützt.

 [PDF Experiment](#)  [PDF AK Analytik 32](#)



K04a
LowCost und
Medizin-
Technik
Selbstbau
LowCost-GC
Experiment-
Video

LC-GC Auspacken und Funktionsweise des LowCost-Gaschromatografen 04

Die einzelnen Teile des LowCost Gaschromatografen werden ausgepackt und aufgebaut

 [Video Experiment](#)



K04a
LowCost und
Medizin-
Technik
Selbstbau
LowCost-GC
Experiment-
Video

LC-GC 'Birnchen-Knacker' einfach und risikolos

Die Probleme mit dem Knacken des Glühbirnchens sind vorbei

 [PDF Selbstbau](#)



K04b
Experiment
LowCost und
Medizin-
Technik
LowCost-GC
Experiment-
Video

LC-GC Mein erstes Gaschromatogramm von Feuerzeuggas

Mit einem LowCost - Gaschromatografen ist es möglich, fast 'professionelle' Trennungen von Feuerzeuggas zu erzielen. Die Wertepaare werden auf dem Display des Messmoduls z.B. des AK LCGC 04 abgelesen, Tabelle und Graph dabei 'von Hand' erstellt. Die Trennung kann auch akustisch verfolgt werden.

 [Video Experiment](#)



K04c
Experiment
AK Analytik
32.NET
LowCost und
Medizin-
Technik
LowCost-GC
Experiment-
Video

LC-GC Trennung von Feuerzeug- bzw. Campinggaz

Mit einem LowCost - Gaschromatografen ist es möglich, fast „professionelle“ Trennungen von Feuerzeuggas zu erzielen. Die Wertepaare werden auf dem Display des Messmoduls z. B. des AK LCGC 04 abgelesen, Tabelle und Graph dabei „von Hand“ erstellt.



K04d
Experiment
LowCost und
Medizin-
Technik
Selbstbau
LowCost-GC
Experiment-
Video

LC-GC Chromatogramm von Feuerzeuggas – elegante Einführung: Die Augen sind der Detektor

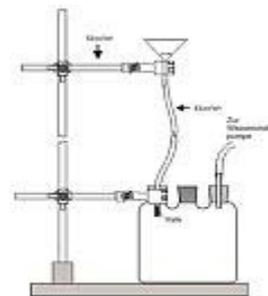
Beim LowCost - Gaschromatografen wird die Aquarienpumpe durch eine Wasserstoffflasche ersetzt. Die Kohlenwasserstoffe (Propan, Butan) färben die Wasserstoffflamme stark gelb ein. Es wird auch gezeigt, dass nicht jede Trennsäule gleichermaßen geeignet ist.



K04e
Selbstbau
LowCost-GC

LC-GC Befüllen der Säulen für den Gaschromatographen

Eine einfache Apparatur aus Wasserstahlpumpe und Woulff'scher Flasche hilft, das Material in die GC- Säulen zu bringen.



K04f
Selbstbau
LowCost-GC

LC-GC Die Gasbar

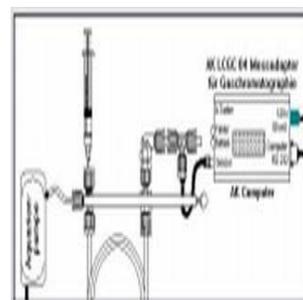
Bau eines Koffers zur Aufbewahrung und Verteilung der Vergleichsgase aus den teuren Flaschen an die Schüler



K04g
Experiment
AK Analytik 11
AK Analytik
32.NET
LowCost und
Medizin-
Technik
All-Chem-Miss

LC-GC Einsatz in der Kriminalistik

Explosion eines Wohnhauses. War es ein Unglück (Erdgas) oder hinterhältiger Mord, verübt mit Campinggas?





K08cgs LC GC (GS) Methanol im Selbstgebrannten

Experiment
AK Analytik 11
LowCost-GC

Die einzelnen Fraktionen bei der Destillation von selbst angesetztem Wein mit einer käuflichen "Spaßdestille" werden untersucht.



[PDF Experiment](#)



K08dgs LC GC (GS) Alkoholgehalt bei selbsthergestelltem Apfelwein

Experiment
AK Analytik 11
LowCost-GC

Der Alkoholgehalt lässt sich bei der Herstellung von selbstgemachtem Apfelwein recht einfach überprüfen.



[PDF Experiment](#)



K08ds
LowCost und
Medizin-
Technik
Selbstbau
LowCost-GC
Experiment-
Video

LC-GC Gäraufsatz mit Injektstopfen

Zur Überprüfung des Gärvorganges beim Ansetzen von selbstgemachtem Wein.



[PDF Selbstbau](#)



K09
Experiment
AK Analytik 11
AK Analytik
32.NET

GC Verfolgung der Verseifung bzw. Esterbildung von Ethansäureethylester

Nach Bestimmung der Response - Faktoren der einzelnen Komponenten, nach dem Muster von K08 lassen sich die Konzentrationen der an der Esterreaktion beteiligten Komponenten mit der Zeit verfolgen.



[PDF AK Analytik 32](#)



K09gs LC GC (GS) Verfolgung der Veresterung bzw. Verseifung von Ethansäureethylester

Experiment
AK Analytik 11
LowCost-GC

Man lässt die beiden konkurrierenden Reaktionen bei 60°C mit einer hohen Katalysatormenge ablaufen, um die Einstellung des Gleichgewichts per GC innerhalb einer Doppelstunde verfolgen zu können.



[PDF Experiment](#)



K09ags LC GC (GS) Verfolgung der Veresterung bei selbst hergestelltem Apfelessig

Experiment
AK Analytik 11
LowCost-GC

Man stellt aus Essig-Essenz und Apfelsaft Apfelessig her und untersucht den Gasraum über längere Zeit auf seine Inhaltsstoffe. Parallel dazu wird ein zweiter "Apfelessig" hergestellt, aber 0,5 mL Schwefelsäure zugegeben. Diese Probe wird zusätzlich auf einer Heizung etwas erwärmt.



[PDF Experiment](#)



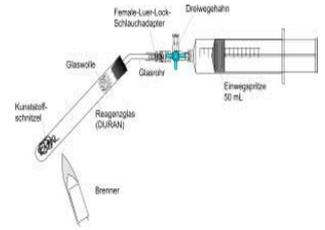
K10

LC-GC Pyrolyse von PE-Folie und Identifizierung der Produkte

**Experiment
AK Analytik 11
AK Analytik
32.NET
LowCost und
Medizin-
Technik
Selbstbau
LowCost-GC**

In einem sehr einfachen Versuch lässt sich durch Erhitzen im Reagenzglas eine Thermolyse von PE- Folie durchführen.

[PDF Experiment](#) [PDF Selbstbau](#) [PDF AK Analytik 32](#)



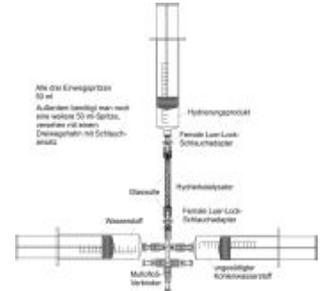
K11

LC-GC Katalytische Hydrierung von Alkenen bzw. Alkinen

**Experiment
AK Analytik 11
AK Analytik
32.NET
LowCost und
Medizin-
Technik
Selbstbau
LowCost-GC**

Durch gleichzeitiges Überleiten eines Alkens bzw. Alkins und Wasserstoff über einen geeigneten Katalysator kann die sehr eindrucksvolle Volumenabnahme bei der quantitativen Hydrierung beobachtet werden. Dabei wird eine starke Wärmetönung festgestellt Diese ist eine der wenigen Reaktionen, die auch ohne Zufuhr von "Aktivierungsenergie" spontan ablaufen und Schüler die Katalysatorwirkung unmittelbar erfahren lassen.

[PDF Experiment](#) [PDF Selbstbau](#) [PDF AK Analytik 32](#)



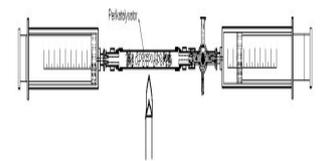
K12

LC-GC Thermisches bzw. katalytisches Cracken von Propan

**Experiment
AK Analytik 11
AK Analytik
32.NET
LowCost und
Medizin-
Technik
LowCost-GC**

In einer sehr einfachen „Universellen Kolbenpöberapparatur“ lässt sich je nach Versuchsbedingung das katalytische Cracken bzw. das Dehydrieren von Propan bzw. Butan durchführen.

[PDF Experiment](#) [PDF AK Analytik 32](#)



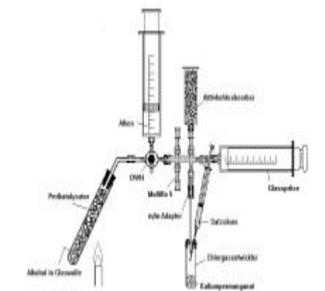
K13

LC-GC Chlorierung von Ethen

**Experiment
AK Analytik 11
LowCost und
Medizin-
Technik
LowCost-GC**

Die Addition von Chlor an ungesättigte Verbindungen lässt sich über einen Zeitraum verfolgen. Es kann gezeigt werden, dass Ethen sich im Gegensatz zu Ethan (Methan) auch ohne Licht halogenieren lässt. Es wurde Chlor gewählt, da man die Reaktion leichter quantitativ verfolgen kann als die mit Bromdampf. Die für die Reaktion benötigten Gase werden direkt in der Apparatur erzeugt.

[PDF Experiment](#) [PDF AK Analytik 32](#)



K14

LC-GC Ethen beim Reifen von Äpfeln

**AK Analytik 11
LowCost und
Medizin-
Technik
Selbstbau
LowCost-GC**

Ein Apfel wird in zwei Hälften geschnitten und in das „Reifeglas“ gegeben. Zu bestimmten Zeiten kann von dem umgebenden Gas ein Chromatogramm aufgenommen werden.

[PDF Selbstbau](#) [PDF AK Analytik 32](#)



 K14gs
AK Analytik 11
LowCost und
Medizin-
Technik
Selbstbau
LowCost-GC

LC-GC (GS) Ethen beim Reifen von Äpfeln

Ein Apfel wird mit dem Messer leicht eingeschnitten und in das „Reife-glas“ gegeben. Zu bestimmten Zeiten kann von dem umgebenden Gas ein Chromatogramm aufgenommen werden.

 [PDF Experiment](#)



 K15
AK Analytik 11
LowCost und
Medizin-
Technik
LowCost-GC

LC-GC Erzeugung und Auftrennung von Holzgas

Beim Erhitzen von Holz unter Luftabschluss entstehen neben Holzkohle und Holzteer eine Vielzahl gasförmiger Produkte. Dies wird mit Hilfe der Gaschromatographie nachgewiesen

 [PDF Experiment](#)  [PDF AK Analytik 32](#)

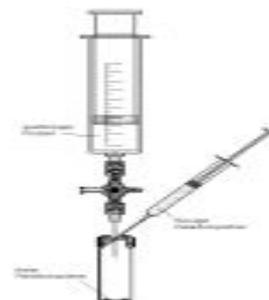


 K16
Experiment
LowCost und
Medizin-
Technik
LowCost-GC

LC-GC: Gasherstellung mit vielen Varianten

Unterschiedlichste Apparaturen zur Gasherstellung

 [PDF Experiment](#)  [PDF AK Analytik 32](#)

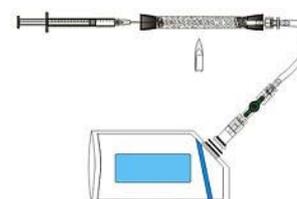


 K16a
AK Analytik 11
LowCost und
Medizin-
Technik
LowCost-GC

LC-GC Herstellung von Ethen durch Dehydratisierung

Mit Hilfe des Perkkatalysators, der normalerweise bei Crackversuchen eingesetzt wird, lässt sich aus Ethanol durch Dehydratisieren Ethen herstellen. Das Gas kann mit der Gaschromatografie identifiziert werden.

 [PDF Experiment](#)



 K17
AK Analytik 11
LowCost und
Medizin-
Technik
Selbstbau
LowCost-GC

LC-GC: Herstellung von Biogas

Biogas ist zurzeit in aller Munde; doch die Erzeugung ist nicht ganz so leicht, wie es scheint. Die Herstellung gelingt allerdings gut, wenn man sich Gärsubstrat besorgt. Die stabilen Bakterien lassen sich mit Küchenabfällen etc. füttern.

[PDF Experiment](#)



K18
AK Analytik 11
LowCost und
Medizin-
Technik
Selbstbau
LowCost-GC

LC-GC: Herstellung von Biowasserstoff

Aus Zuckerrübenschnitzeln und Gartenerde und 80 °C heißem Wasser entsteht ein Gasgemisch. Dieses enthält so viel Biowasserstoff, dass ohne Gaswäsche eine Brennstoffzelle betrieben werden kann, die einen Flügelmotor mit Strom versorgt!!

[PDF Experiment](#)

[Video Experiment](#)

