



Qualitative und quantitative Analysen

15.02.2003

Dichtebestimmung: [1]

Elisabeth Haas, Patrick Dijkstra

Durchführung:

- ❖ Pyknometer beschriften (1a, 1b, 1c, ... 5a, 5b, 5c)
- ❖ Einzelne Pyknometer wiegen
- ❖ Cola-Sorten 1-5 mit Wasserstrahlpumpe entgasen
- ❖ Entgaste Cola-Sorten in mit 1, ... 5 beschriftete Joghurtbecher geben
- ❖ Entgaste Cola-Sorten in die zugehörigen Pyknometer füllen
- ❖ Pyknometer wiegen
- ❖ Dichte berechnen

Messergebnisse:

	1a	1b	1c	2a	2b	2c
m (Pyk.) in g	11,754	12,011	11,63	12,011	12,058	12,07
m (Pyk.+Cola) in g	13,975	14,176	13,793	14,177	14,051	14,069
m (Cola/2cm ³) in g	2,221	2,165	2,163	2,166	1,993	1,999
Dichte (Cola) in g/cm ³	1,1105	1,0825	1,0815	1,083	0,9965	0,9995
Mittelwert in g/cm ³	1,0915			1,0263		
	3a	3b	3c	4a	4b	4c
m (Pyk.) in g	11,691	11,694	11,839	12,21	11,502	11,791
m (Pyk.+Cola) in g	13,893	13,904	14,099	14,433	13,63	14,069
m (Cola/2cm ³) in g	2,202	2,21	2,26	2,223	2,128	2,278
Dichte (Cola) in g/cm ³	1,101	1,105	1,13	1,1115	1,064	1,139
Mittelwert in g/cm ³	1,112			1,1048		
	5a	5b	5c			
m (Pyk.) in g	11,737	11,918	11,592			
m (Pyk.+Cola) in g	13,822	14,118	13,736			
m (Cola/2cm ³) in g	2,085	2,2	2,144			
Dichte (Cola) in g/cm ³	1,0425	1,1	1,072			
Mittelwert in g/cm ³	1,0715					

Aus den Mittelwerten ergibt sich folgende Reihenfolge für die Dichten der Cola-Sorten:
3>4>1>5>2



Cola, der Allrounder aus dem Supermarkt

14.02.2003 / 21.02.2003

Bestimmung von Trockensubstanz- und Wassergehalt von unentfärbter Cola [2]

Florian Weippert, Harald Lörcher, Domenic Rist

Durchführung:

- Joghurtbecher wiegen
- Joghurtbecher wiegen, nachdem sie mit Cola gefüllt worden sind
- Joghurtbecher in den Trockenschrank stellen (5 Tage, ca. 65 °C)
- Anschließend bis zur Auswertung im Exsikkator über Trockenmittel aufbewahren.

	Coca Cola	Coca Cola light	Topstar-Cola	Pepsi Cola	Freeway-Cola
m(Becher 1) in g	5,241	5,156	5,025	5,054	4,997
m(Becher 2) in g	4,796	5,180	5,118	5,206	5,224
m(Becher 3) in g	4,829	5,101	5,196	5,284	5,073
m(Cola in 1) in g	50,144	50,938	50,066	50,45	49,686
m(Cola in 2) in g	49,435	49,885	49,909	49,71	50,407
m(Cola in 3) in g	50,729	51,706	50,555	50,046	50,389
m(Becher 1 + Inhalt) in g	55,385	56,094	55,091	55,504	55,683
m(Becher 2 + Inhalt) in g	54,231	55,065	55,027	54,916	55,631
m(Becher 3 + Inhalt) in g	55,558	56,807	55,751	55,330	55,462
m(Trockensubstanz in 1) in g	5,555	0,125	5,308	5,546	5,517
m(Trockensubstanz in 2) in g	5,428	0,110	5,363	5,490	5,553
m(Trockensubstanz in 3) in g	5,585	0,118	5,407	5,540	5,601
Trockensubstanzgehalt T1 in %	11,078	0,245	10,602	10,993	11,103
Trockensubstanzgehalt T2 in %	10,980	0,220	10,745	11,044	11,016
Trockensubstanzgehalt T3 in %	11,009	0,228	10,695	11,069	11,115
T in % (Mittelwert)	11,022	0,231	10,680	11,035	11,078
Wassergehalt W in % (Mittelwert)	88,978	99,769	89,320	88,965	88,922



Bestimmung von Trockensubstanz - und Wassergehalt von entfärbter Cola :

Patrick Dijkstra, Elisabeth Haas, Sarah Zügel

Durchführung: Siehe „Bestimmung von Trockensubstanz- und Wassergehalt von unentfärbter Cola“

a) Mit Aktivkohle entfärbte Freeway Cola:

	5 A	5 B	5 C
m(Becher) in g	5,143	5,099	5,274
m(Becher + Cola) in g	16,118	16,552	15,396
m(Becher + Trockensubstanz) in g	6,073	6,062	6,153
Trockensubstanzgehalt T in %	8,474	8,408	8,501
Wassergehalt W in %	91,526	91,592	91,499
<hr/>			
T in % (Mittelwert)	8,461		
W in % (Mittelwert)	91,539		

b) Mit Polyamid entfärbte Freeway-Cola:

	5 A	5 B	5 C
m(Becher) in g	5,295	4,886	5,093
m(Becher + Cola) in g	21,049	25,061	23,781
m(Becher + Trockensubstanz) in g	7,017	7,047	7,102
Trockensubstanzgehalt T in %	10,931	10,711	10,750
Wassergehalt W in %	89,069	89,289	89,250
<hr/>			
T in % (Mittelwert)	10,797		
W in % (Mittelwert)	89,203		

c) Vergleich:

	unentfärbte Cola	bei Aktivkohle	bei Polyamid
Trockensubstanzgehalt T in %	10,99	8,46	10,80
Streuung	10,80 - 11,12		
Wassergehalt W in %	89,01	91,54	89,20
Streuung	88,88 - 89,20		
Differenz in %: T(unentfärbte Cola) – T (entfärbte Cola)	-	2,53	0,19
Streuung		2,34 - 2,66	0,00 - 0,32

Ergebnis: Polyamid ist zum Entfärben von Cola wesentlich geeigneter als Aktivkohle.

100 g Cola enthalten weniger als 0,2 g Farbstoff.

Aktivkohle adsorbiert neben dem Farbstoff in erheblichem Maße auch noch andere Stoffe.



Cola, der Allrounder aus dem Supermarkt

11.02.2003 / 18.02.2003

Bestimmung des Glührückstandes durch direkte Veraschung 1 [2]

Patrick Dijkstra, Elisabeth Haas, Sarah Zügel

Durchführung:

- 20 mL jeder Colasorte entgasen (ca. 15 min schütteln oder in Saugflasche mittels Wasserstrahlpumpe Gas abpumpen)
- Porzellanschälchen nummerieren in 1a, 1b, ..., 5a, 5b
- Masse der einzelnen Schälchen bestimmen
- Masse des Schälchens + ca. 10 g Cola
- 3 Tage lang im Trockenschrank bei ca. 60-70 °C vortrocknen (1)
- Im Schnellverascher 1-2 Stunden lang bei ca. 150 °C trocknen (2)
- Im Schnellverascher 3-4 Stunden lang bei 550 °C glühen (3)

Beobachtung:

- (1) Im Schälchen entsteht eine dunkelbraune, zähe Flüssigkeit.
 (2) Die zähe Flüssigkeit wird zu einer schwarzen Kruste.
 (3) Es bleibt nur noch ein ganz weißer Rückstand übrig.

Messergebnisse:

	Coca Cola		Coca Cola light		Topstar-Cola		Pepsi Cola		Freeway-Cola	
m(Schale) in g	15,125	14,190	14,886	15,066	13,817	16,563	13,674	15,359	15,572	14,012
m(Schale + Cola) in g	24,728	24,373	24,707	25,753	23,620	26,133	23,541	26,185	26,808	23,769
m(Cola) in g	9,603	10,183	9,821	10,687	9,803	9,570	9,867	10,826	11,236	9,757
m(Schale + Glührückstand) in g	15,128	14,194	14,887	15,072	13,820	16,567	13,678	15,362	15,575	14,014
m(Glührückstand) in mg	3	4	1	6	3	4	4	3	3	2
m(Glührückstand) in %	0,0312	0,0392	0,0101	0,0561	0,0306	0,0522	0,0405	0,0277	0,0266	0,0205
Mittelwert: m(Glührückstand) in %	0,0352		0,0331		0,0414		0,0341		0,0236	
Mineralstoffe in 100 g Cola-Getränk	35,2 mg		33,1 mg		41,4 mg		34,1 mg		23,6 mg	



14.02.2003 / 21.02.2003

Bestimmung des Glührückstandes durch direkte Veraschung 2

Alessa Binder, Jessica Bornemann, Ruth Laser, Verena Ziegler

Durchführung:

Siehe oben, nur diesmal mit ca. 20 mL Cola

Beobachtung:

Siehe oben!

Auswertung:

	Coca Cola		Coca Cola light		Topstar-Cola		Pepsi Cola		Freeway-Cola	
m(Schale) in g	44,172	42,900	45,263	43,164	48,553	43,171	42,814	41,767	45,448	49,200
m(Schale + Cola) in g	64,867	62,736	64,122	60,767	69,645	63,398	61,601	60,789	65,926	69,010
m(Glührückstand) in mg	4	8	10,5	8	7	9	8,5	6	3,5	8
m(Glührückstand) in %	0,0193	0,040	0,0557	0,0454	0,0332	0,0445	0,0452	0,0315	0,0171	0,040
Mittelwert: m(Glührückstand) in %	0,0297		0,0506		0,0389		0,0384		0,0286	
Mineralstoffe in 100 g Cola-Getränk	29,7 mg		50,6 mg		38,9 mg		38,4 mg		28,6 mg	

Mittelwert der Mineralstoffe in 100 g Cola	32,45	41,8	40,15	36,25	26,1
--	-------	------	-------	-------	------



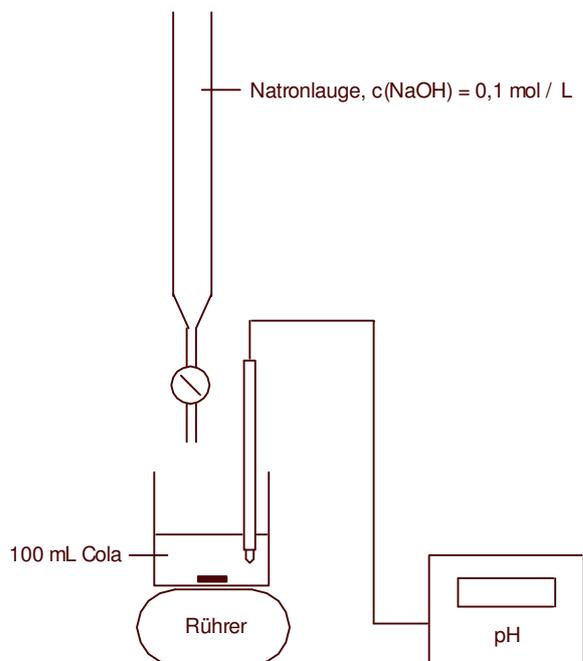
Cola, der Allrounder aus dem Supermarkt

11.04.2003

Neutralisationstiteration von Coca-Cola

Sarah Zügel, Elisabeth Haas

Durchführung: Nach Entfernen der Kohlensäure werden 100 mL Cola mit verdünnter Natronlauge titriert. Der Titrationsverlauf wird mithilfe eines pH-Meters erfasst.

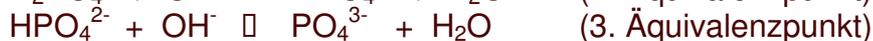
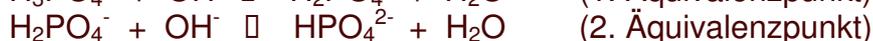


Messwerte:

pH-Wert	2,41	2,41	2,46	2,52	2,60	2,69	3,38	3,98	4,65	4,92
V(NaOH) in mL	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,8	4,2	4,8	5,0
pH-Wert	5,11	5,31	5,46	5,57	5,66	5,87	6,05	6,21	6,33	6,46
V(NaOH) in mL	5,2	5,5	5,7	5,9	6,1	6,7	7,2	7,7	8,2	8,7
pH-Wert	6,63	6,83	7,08	7,32	7,64	7,86	8,18	8,90	9,04	9,23
V(NaOH) in mL	9,3	10,3	11,3	12,3	13,3	13,8	14,3	15,2	15,5	15,9
pH-Wert	9,39	9,52	9,64	9,74	9,82	9,90	9,98	10,09	10,19	10,35
V(NaOH) in mL	16,4	16,9	17,4	17,9	18,4	18,9	19,1	20,2	21,2	23,1
pH-Wert	10,48	10,59	10,68	10,75						
V(NaOH) in mL	25,1	27,2	29,2	31,2						

Auswertung: Siehe unten, Neutralisationskurve von Coca-Cola / NaOH

In welcher Form Phosphat in Coca-Cola vorkommt, hängt vom pH-Wert des Getränkes ab. Bei der Neutralisation von Phosphorsäure mit Natronlauge gibt es 3 verschiedene Neutralisationsstufen:

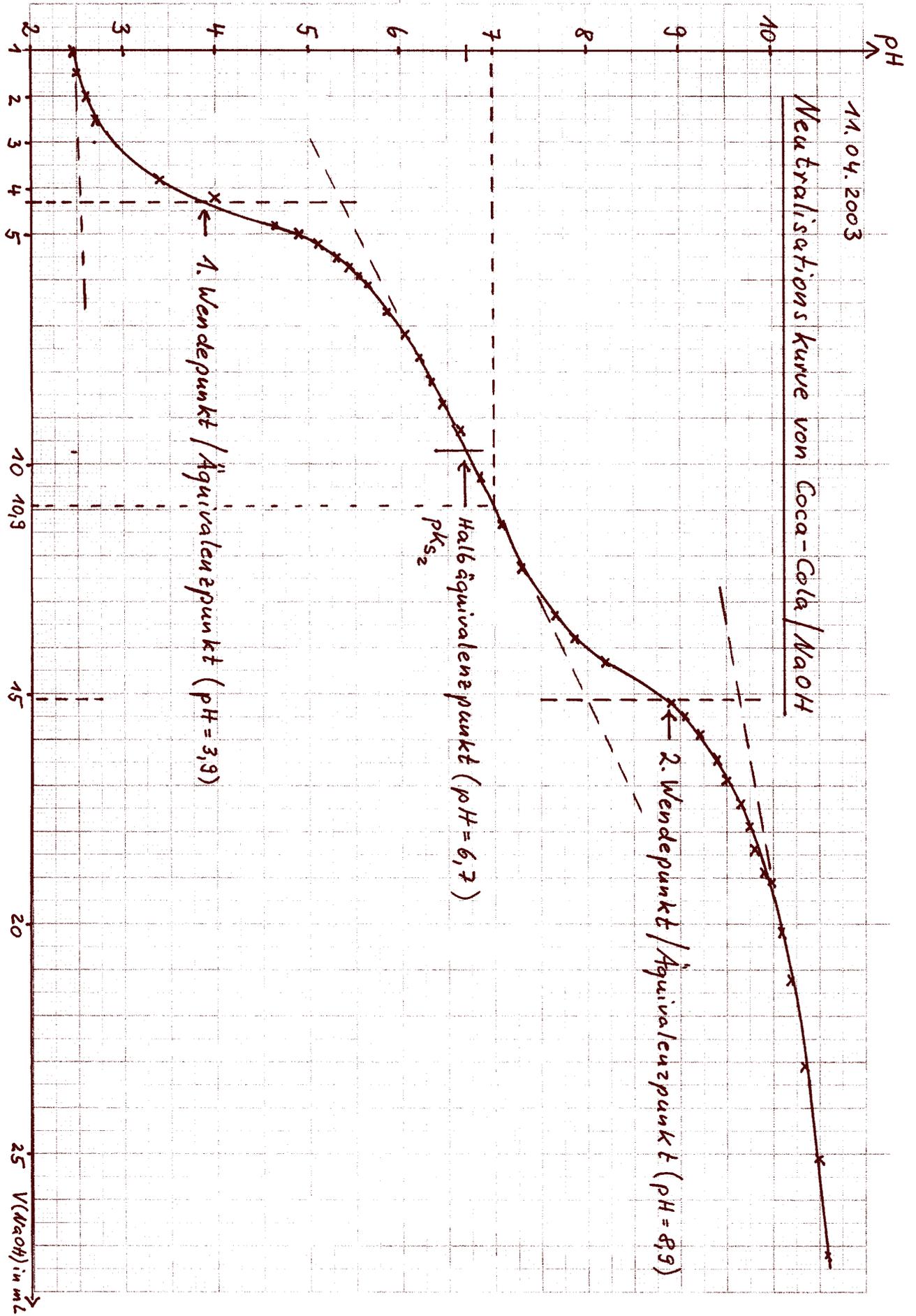


Beim pH-Wert des 1. Äquivalenzpunktes und höher ($\text{pH} \approx 4$) existiert keine Phosphorsäure (H_3PO_4) mehr, sondern nur noch Dihydrogenphosphat (H_2PO_4^-).

Am Halbäquivalenzpunkt $\text{pH} = \text{pK}_{\text{S}2}$ gilt: $n(\text{H}_2\text{PO}_4^-) = n(\text{HPO}_4^{2-})$.



Cola, der Allrounder aus dem Supermarkt





Cola, der Allrounder aus dem Supermarkt

02.05.2003

Neutralisationstiteration von Coca-Cola light

Verena Ziegler und Patrick Dijkstra

Durchföhrung: Siehe Seite 19!

Messwerte:

pH-Wert	2,55	2,60	2,65	2,70	2,81	2,94	3,05	3,50	3,52	3,62
V(NaOH) in mL	0	0,6	1	1,5	2	2,6	3	3,5	4	4,2
pH-Wert	3,90	4,73	5,09	5,37	5,60	5,75	5,89	6,00	6,13	6,21
V(NaOH) in mL	4,5	5	5,2	5,4	5,6	5,8	6	6,2	6,5	6,7
pH-Wert	6,3	6,5	6,65	6,81	6,93	7,07	7,2	7,36	7,52	7,72
V(NaOH) in mL	7	7,5	8	8,6	9	9,5	10	10,5	11	11,5
pH-Wert	8,06	8,18	8,34	8,57	8,75	8,91	9,06	9,2	9,33	9,42
V(NaOH) in mL	12,1	12,3	12,5	12,8	13	13,2	12,4	13,6	13,8	14
pH-Wert	9,54	9,71	9,84	10,02	10,2	10,5	10,57	10,71	10,81	10,92
V(NaOH) in mL	14,2	14,5	14,7	15,1	15,5	16,1	16,4	16,8	17,2	17,6
pH-Wert	11									
V(NaOH) in mL	18									

Siehe unten, Neutralisationskurve von Coca-Cola light / NaOH

02.05.2003

Neutralisationstiteration von Topstar Cola

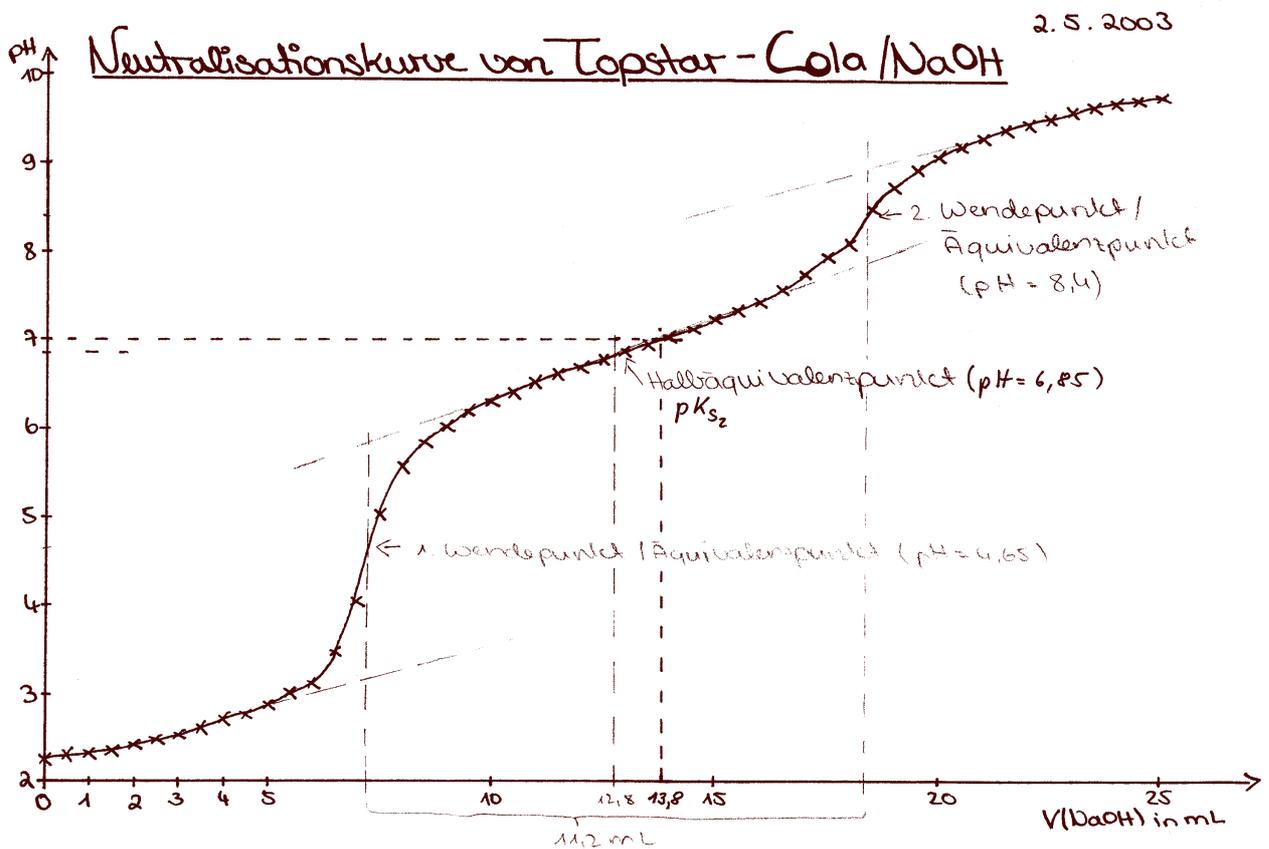
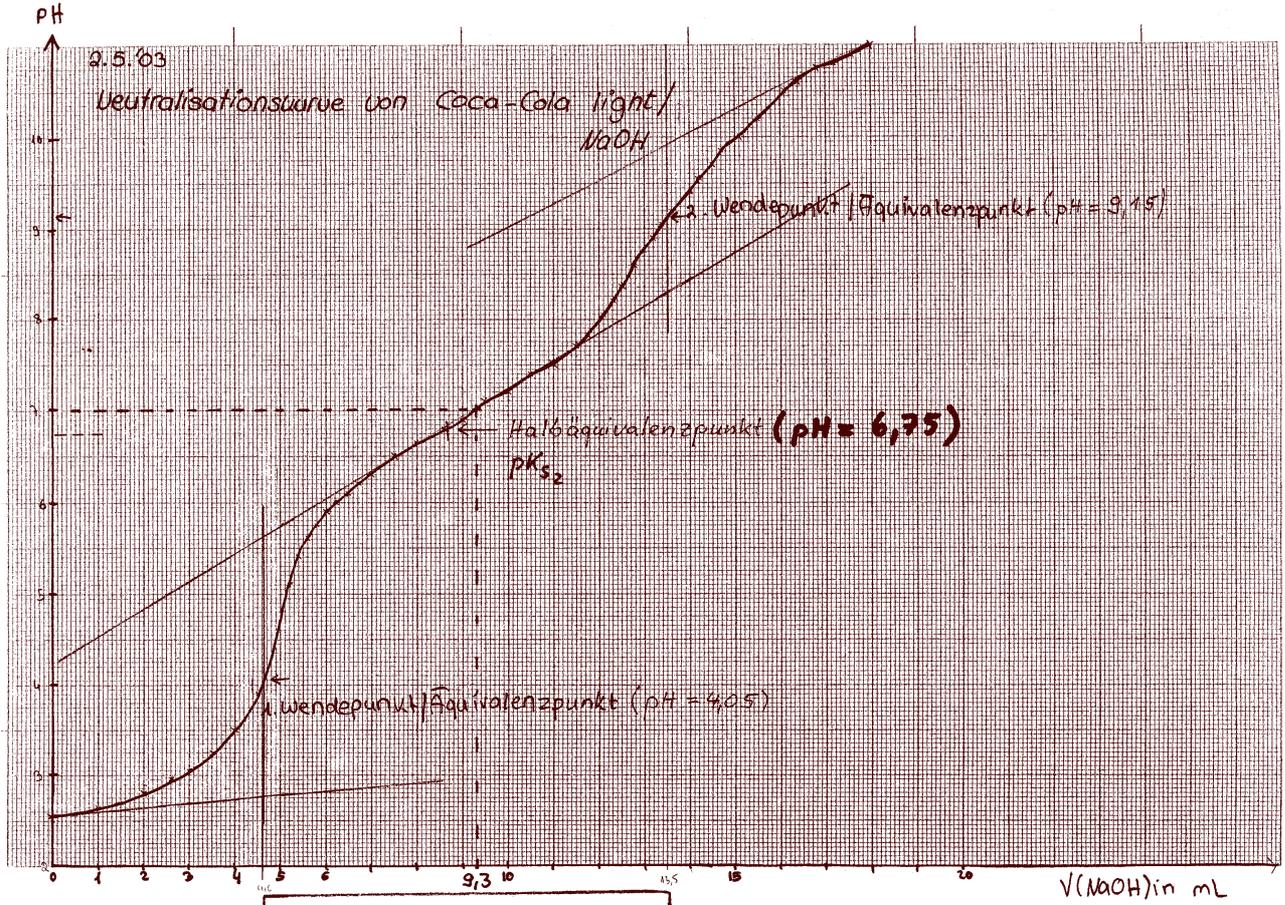
Jessica Bornemann und Alessa Binder

Durchföhrung: Siehe Seite 19!

Messwerte:

pH-Wert	2,25	2,3	2,32	2,37	2,43	2,47	2,53	2,6	2,70	2,76
V(NaOH) in mL	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5
pH-Wert	2,87	3,01	3,2	3,48	4,04	5,03	5,55	5,83	6,03	6,17
V(NaOH) in mL	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5
pH-Wert	6,3	6,41	6,5	6,6	6,69	6,78	6,86	6,94	7,03	7,13
V(NaOH) in mL	10	10,5	11	11,5	12	12,5	13	13,5	14	14,5
pH-Wert	7,22	7,32	7,43	7,55	7,72	7,92	8,18	8,46	8,71	8,91
V(NaOH) in mL	15	15,5	16	16,5	17	17,5	18	18,5	19	19,5
pH-Wert	9,05	9,17	9,26	9,35	9,42	9,49	9,55	9,60	9,65	9,69
V(NaOH) in mL	20	20,5	21	21,5	22	22,5	23	23,5	24	24,5
pH-Wert	9,73	9,77	9,80	9,83	9,86	9,89	9,92	9,95	9,97	9,99
V(NaOH) in mL	25	25,5	26	26,5	27	27,5	28	28,5	29	29,5
pH-Wert	10,01									
V(NaOH) in mL	30									

Siehe unten, Neutralisationskurve von Topstar Cola / NaOH





Cola, der Allrounder aus dem Supermarkt

Neutralisationstiteration von Pepsi Cola

11.04.2003

Jessica Bornemann und Alessa Binder

Durchföhrung: Siehe Seite 19!

Messwerte:

pH-Wert	3,45	3,48	3,53	3,58	3,63	3,71	3,77	3,89	3,99	4,185
V(NaOH) in mL	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,6	4	4,5
pH-Wert	4,48	5,055	5,27	5,47	5,48	5,61	5,71	5,79	5,86	5,93
V(NaOH) in mL	5	5,5	5,7	5,95	6	6,2	6,4	6,6	6,8	7
pH-Wert	5,98	6,03	6,085	6,14	6,18	6,27	6,35	6,44	6,52	6,59
V(NaOH) in mL	7,2	7,4	7,6	7,8	8	8,5	9	9,5	10	10,5
pH-Wert	6,66	6,73	6,82	6,91	6,96	7,03	7,1	7,2	7,28	7,41
V(NaOH) in mL	11	11,5	12	12,6	13	13,5	14	14,5	15	15,5
pH-Wert	7,55	7,74	7,96	8,21	8,44	8,6	8,72	8,81	8,89	8,96
V(NaOH) in mL	16	16,5	17	17,5	18	18,5	19	19,5	20	20,5
pH-Wert	9,03	9,07	9,12	9,205	9,28	9,34	9,39	9,445	9,485	9,535
V(NaOH) in mL	21,1	21,5	22	23	24	25	26	27	28	29
pH-Wert	9,585	9,63	9,69	9,75	9,80	9,85	9,90	9,96	10,0	10,06
V(NaOH) in mL	30,5	32	34	36	38	41	44	48	52	57
pH-Wert	10,12	10,14	10,19	10,22	10,26	10,26	10,29			
V(NaOH) in mL	63	65	70	75	80	85	90			

Anmerkung: Der hier angegebene Anfangs-pH-Wert stimmt nicht mit dem mehrfach überprüften pH-Wert von Pepsi Cola (pH = 2,4) überein!

Siehe unten, Neutralisationskurve von Pepsi-Cola / NaOH

Neutralisationstiteration von Freeway Cola

02.05.2003

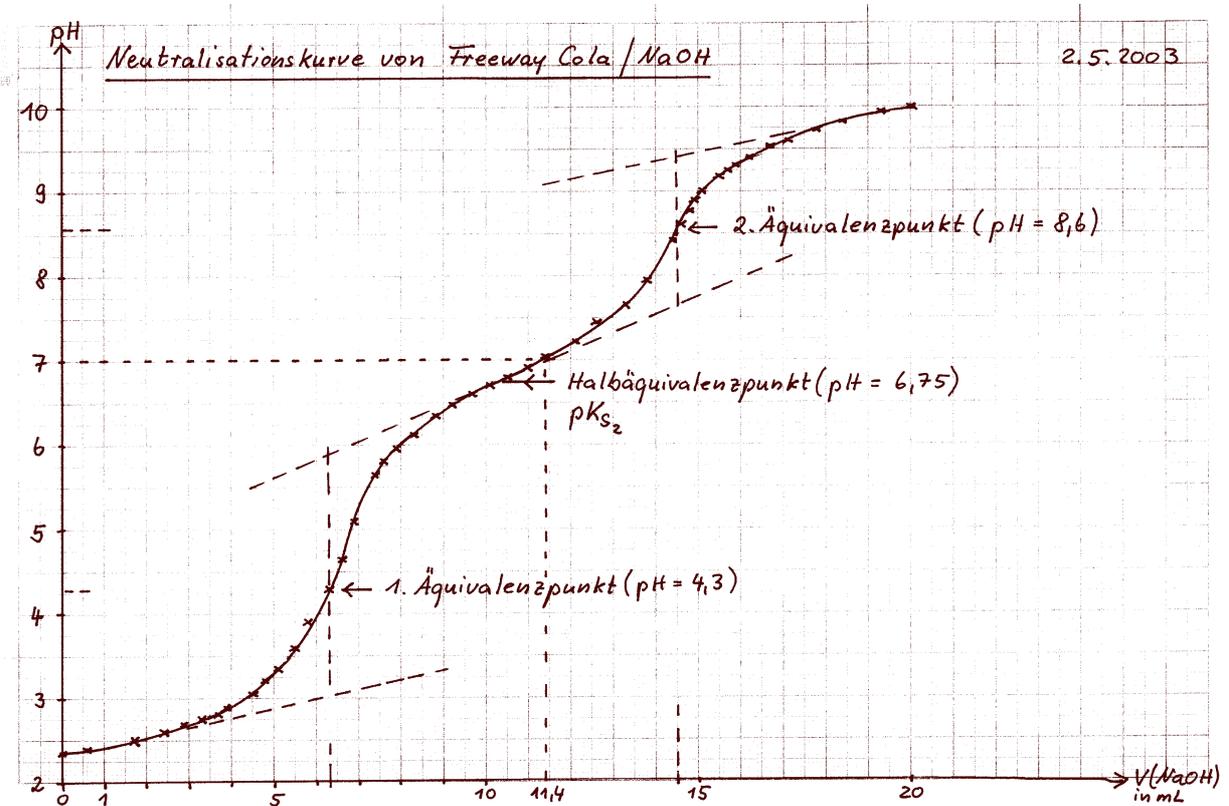
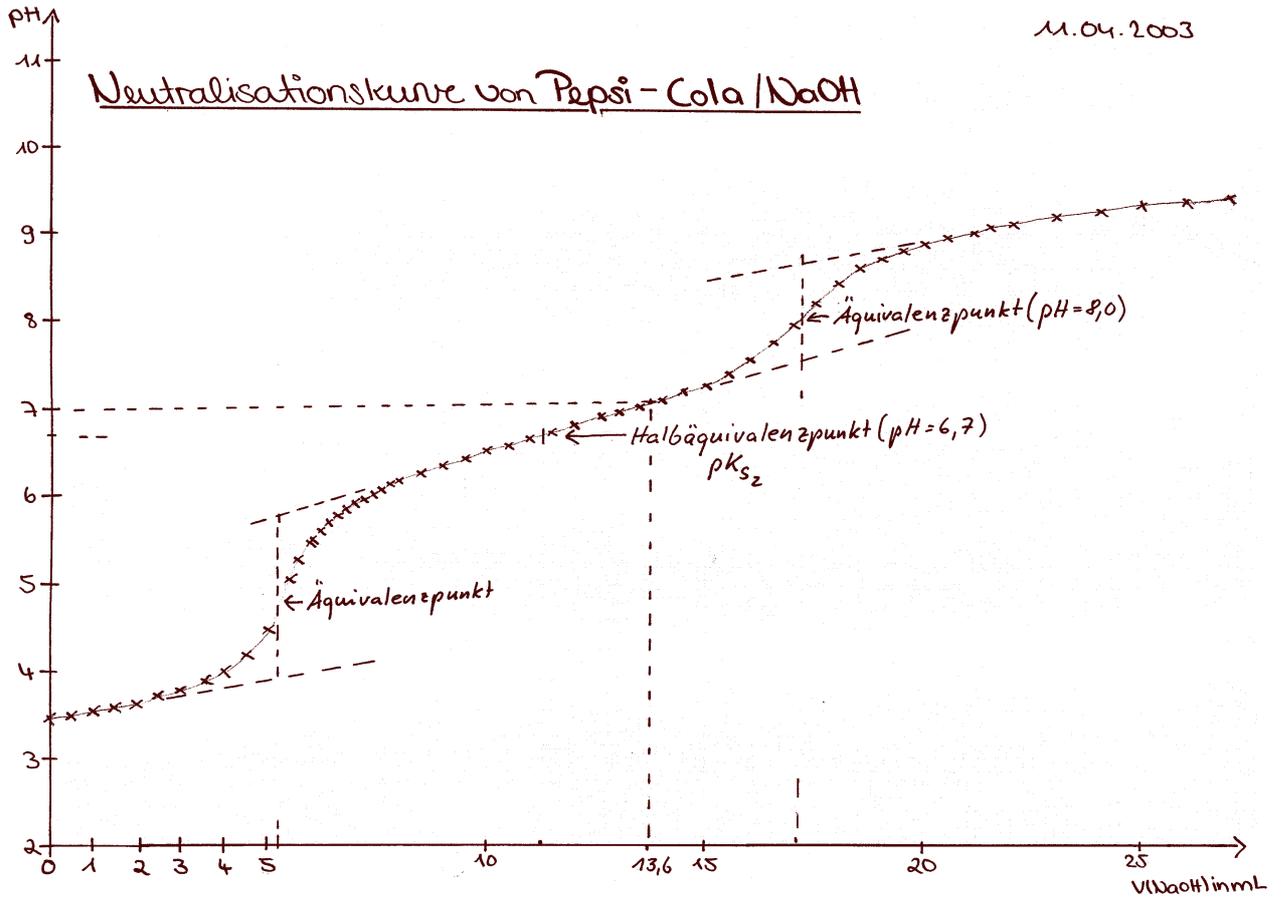
Harald Lörcher und Florian Weippert

Durchföhrung: Siehe Seite 19!

Messwerte:

pH-Wert	2,34	2,38	2,385	2,49	2,52	2,57	2,625	2,675	2,74	2,78
V(NaOH) in mL	0	0,6	0,7	1,7	1,9	2,4	2,5	2,9	3,3	3,35
pH-Wert	2,83	2,87	2,93	3,05	3,20	3,36	3,63	3,88	4,33	4,65
V(NaOH) in mL	3,7	3,9	4,1	4,5	4,8	5,1	5,5	5,8	6,3	6,6
pH-Wert	5,08	5,64	5,79	5,94	6,13	6,34	6,47	6,60	6,71	6,82
V(NaOH) in mL	6,9	7,4	7,6	7,9	8,3	8,8	9,2	9,7	10,1	10,5
pH-Wert	6,93	7,05	7,23	7,41	7,66	7,96	8,43	8,59	8,77	8,90
V(NaOH) in mL	11,0	11,4	12,1	12,6	13,3	13,8	14,4	14,6	14,8	14,9
pH-Wert	9,02	9,18	9,25	9,33	9,42	9,54	9,61	9,73	9,83	9,94
V(NaOH) in mL	15,1	15,5	15,7	15,9	16,2	16,7	17,1	17,8	18,4	19,3
pH-Wert	10	10,51								
V(NaOH) in mL	20	31								

Siehe unten, Neutralisationskurve von Freeway Cola / NaOH





Cola, der Allrounder aus dem Supermarkt

Auswertung der Neutralisationskurven:

Ursprünglich beabsichtigten wir mithilfe der Titrationskurven den Gehalt von Phosphorsäure und den von Dihydrogenphosphat der fünf Cola-Sorten zu bestimmen. Doch die charakteristischen Halbäquivalenzpunkte ($\text{pH} = \text{pK}_S$) der Titrationskurven stimmen nicht ganz überein.

Welche Informationen liefern die Titrationskurven?

1. Der Vergleich der pK_S -Werte (siehe Tabelle) zeigt eine große Ähnlichkeit mit der Titrationskurve von reiner Phosphorsäure. Es gibt nur eine Ausnahme: Der pK_{S2} -Wert von Pepsi Cola ($\text{pK}_{S2} < 3,5$) lässt vermuten, dass diese Cola-Sorte mehr Zitronensäure enthält.

	Coca-Cola	Coca-Cola light	Topstar Cola	Pepsi Cola	Freeway Cola	Phosphorsäure	Zitronensäure
pK_{S1}	< 2,4	≈ 2,5	≈ 2,4	< 3,5	≈ 2,5	1,96	3,13
pK_{S2}	6,7	6,75	6,85	6,7	6,75	7,21	4,76

2. Aus den pH-Werten vor Beginn der Titration und dem pK_S -Wert von Phosphorsäure lassen sich die Konzentrationsverhältnisse von Dihydrogenphosphat und Phosphorsäure berechnen. Hierzu wird der Term

$$\text{pH} = \text{pK}_S + \log \frac{c(\text{Dihydrogenphosphat})}{c(\text{Phosphorsäure})} \quad [3]$$

angewandt.

Beispiel: Für Coca-Cola gilt:

$$\begin{aligned} \frac{c(\text{Dihydrogenphosphat})}{c(\text{Phosphorsäure})} &= 10^{(\text{pH} - \text{pK}_S)} \\ &= 10^{(2,41 - 1,96)} = 10^{0,45} \approx 2,8 \end{aligned}$$

Ergebnis: Der Phosphat-Gehalt von Coca-Cola setzt sich aus 2,8 Teilen Dihydrogenphosphat und aus einem Teil Phosphorsäure zusammen.

□ Siehe „Unsere Analysenergebnisse im Überblick“ (Seite 35)!

3. Aus dem Verbrauch von Natronlauge bis $\text{pH} = 7,0$ kann der Gesamtsäuregehalt (= titrierbare Säuren) berechnet werden. [5]

	Coca-Cola	Coca-Cola light	Topstar Cola	Pepsi Cola	Freeway Cola
NaOH-Verbrauch bis $\text{pH} = 7,0$ in mL	10,9	9,3	13,8	13,6	11,4
Gesamtsäure-Gehalt $c(\text{H}_3\text{O}^+)$ in mol/L	$1,09 \cdot 10^{-2}$	$0,93 \cdot 10^{-2}$	$1,38 \cdot 10^{-2}$	$1,36 \cdot 10^{-2}$	$1,14 \cdot 10^{-2}$

Ergebnis: Topstar Cola hat den höchsten, Coca-Cola light den niedrigsten Gesamtsäuregehalt.

□ Siehe „Unsere Analysenergebnisse im Überblick“ (Seite 35)!