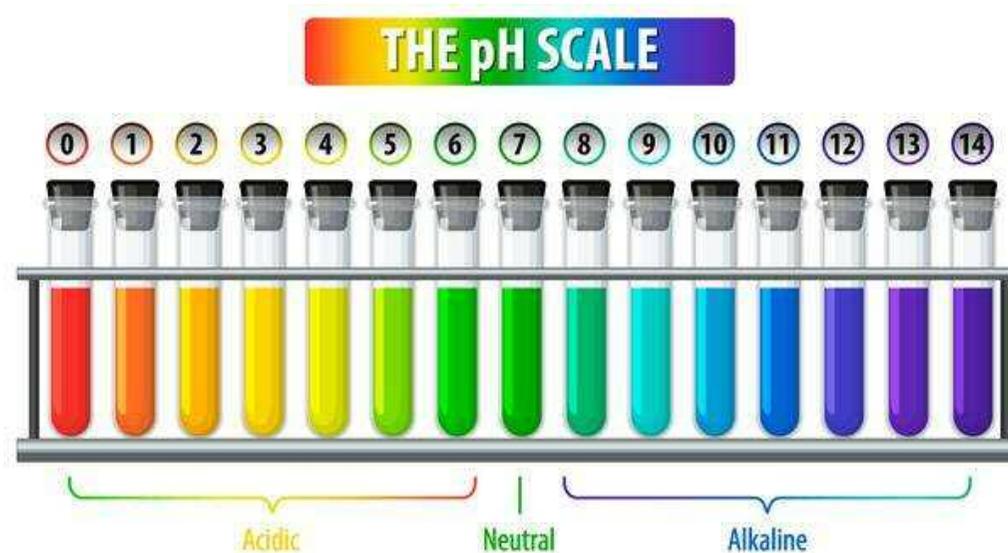


Säure-Base-Reaktionen



Prof. S. Schlücker

1. Was ist eine Säure bzw. eine Base?
2. Was ist der pH-Wert und wie berechnet man ihn?
3. **Wie kann ich den Säure- bzw. den Base-Gehalt einer Probe bestimmen?**

3. Bestimmung Säure/Base-Gehalt einer Probe

Frage

Hypothese

Die Säure neutralisiere ich mit einer Base-Reaktion. Wenn alles umgesetzt ist, kriege ich schlussendlich Wasser & gelöstes Salz

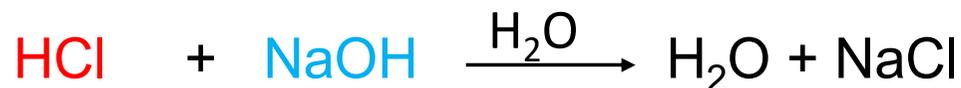
Exp.

Säure-Base-Titrationsen unter Verwendung von Indikatoren:

Die Titration ist ein quantitatives Verfahren, bei dem die Bestimmung einer unbekannt Menge eines gelösten Stoffes (z.B. einer Säure) durch Zugabe einer geeigneten Reagenzlösung bekannten Gehaltes (Titerlösung, z.B. einer Base) bis zur quantitativen Umsetzung (Äquivalenzpunkt) erfolgt.

3. Bestimmung Säure/Base-Gehalt einer Probe

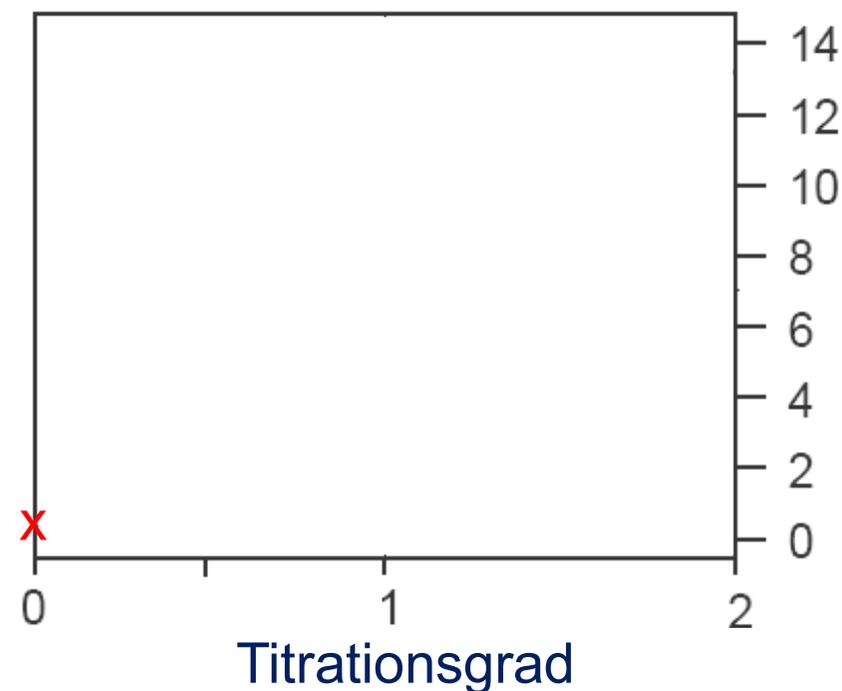
Titration (Neutralisation) einer starken Säure mit einer starken Base



Am Anfang (Titrationsgrad 0):

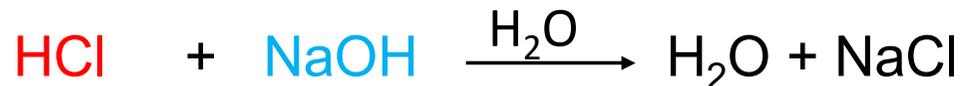
Es liegt nur HCl vor.

Für $c=0,1 \text{ mol/L}$ ist $\text{pH} = -\log(10^{-1}) = 1$



3. Bestimmung Säure/Base-Gehalt einer Probe

Titration (Neutralisation) einer starken Säure mit einer starken Base



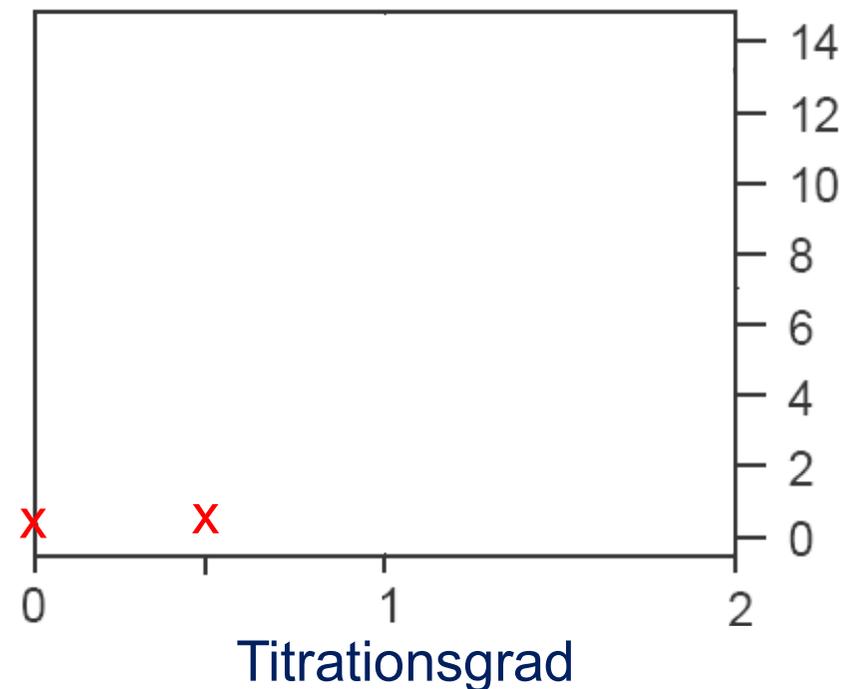
Am Anfang (Titrationsgrad 0):

Es liegt nur HCl vor.

Für $c=0,1 \text{ mol/L}$ ist $\text{pH} = -\log(10^{-1}) = 1$

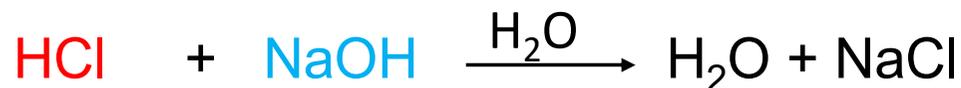
Bei der Hälfte (Titrationsgrad 0,5):

Die Hälfte der HCl hat mit NaOH abreagiert und es bleiben also noch $0,05 \text{ mol/L}$ HCl übrig. Der pH ist also $-\log(0,05) = 1,3$



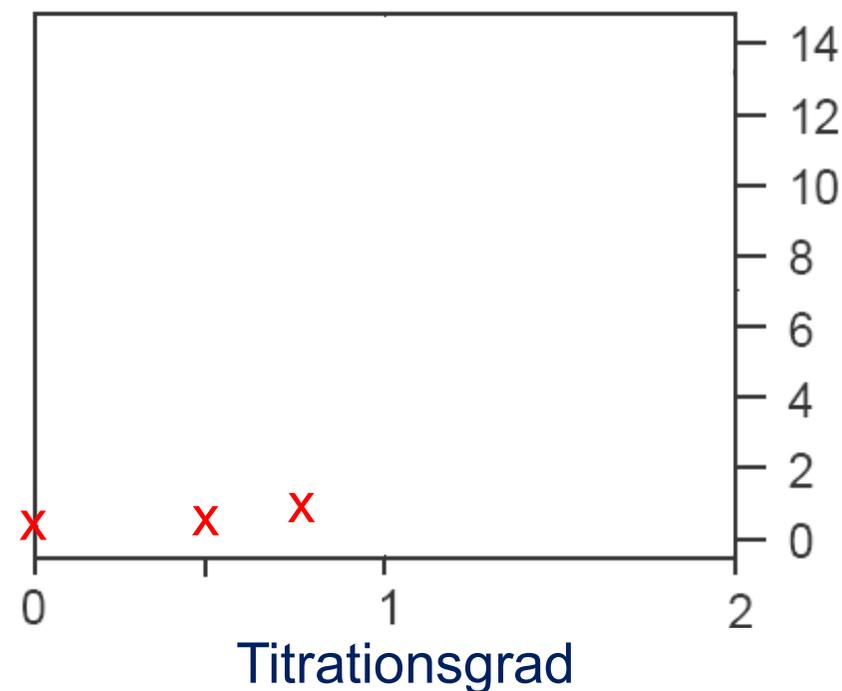
3. Bestimmung Säure/Base-Gehalt einer Probe

Titration (Neutralisation) einer starken Säure mit einer starken Base



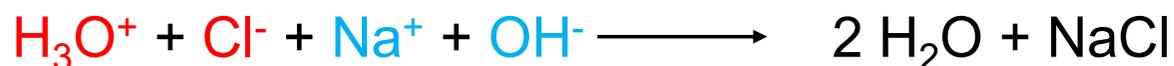
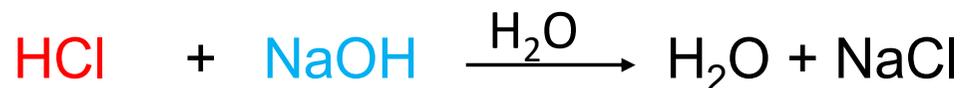
Bei Dreiviertel-Umsetzung (Titrationsgrad 0,75):
Dreiviertel der HCl hat mit NaOH abreagiert und
es bleiben also noch 0,025 mol/L HCl übrig.

Der pH ist also $-\log(0,025) = 1,6$



3. Bestimmung Säure/Base-Gehalt einer Probe

Titration (Neutralisation) einer starken Säure mit einer starken Base

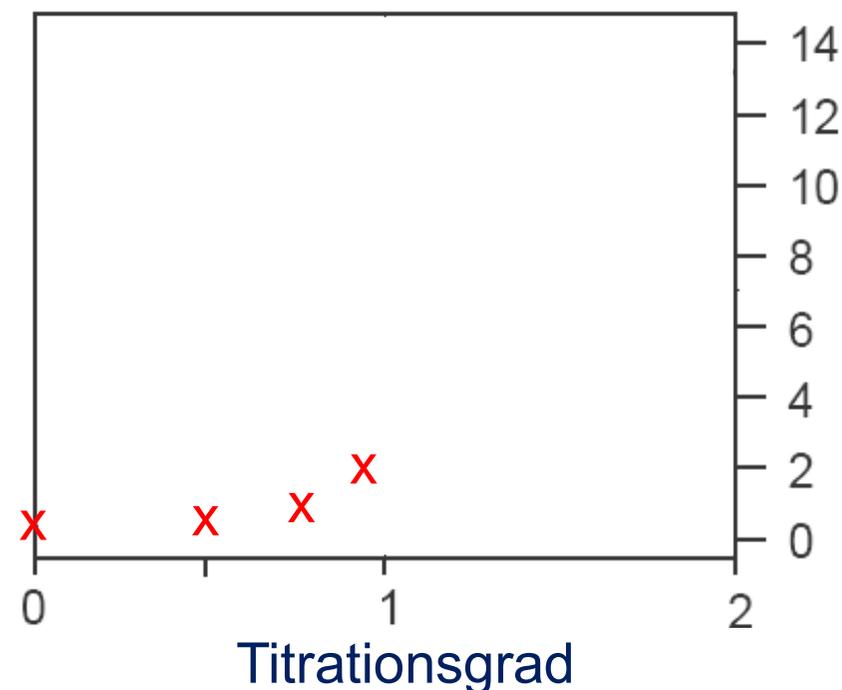


Bei Dreiviertel-Umsetzung (Titrationsgrad 0,75):
Dreiviertel der HCl hat mit NaOH abreagiert und
es bleiben also noch 0,025 mol/L HCl übrig.

Der pH ist also $-\log(0,025) = 1,6$

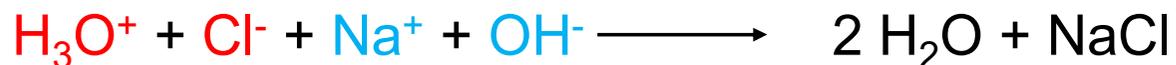
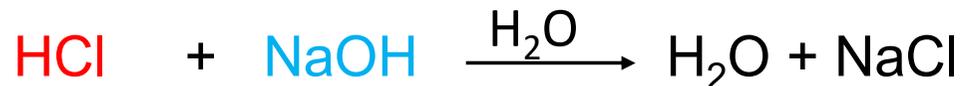
Bei 9/10-Umsetzung (Titrationsgrad 0,9):
90% der HCl hat mit NaOH abreagiert und es
bleiben also noch 0,01 mol/L HCl übrig.

Der pH ist also $-\log(0,01) = 2$

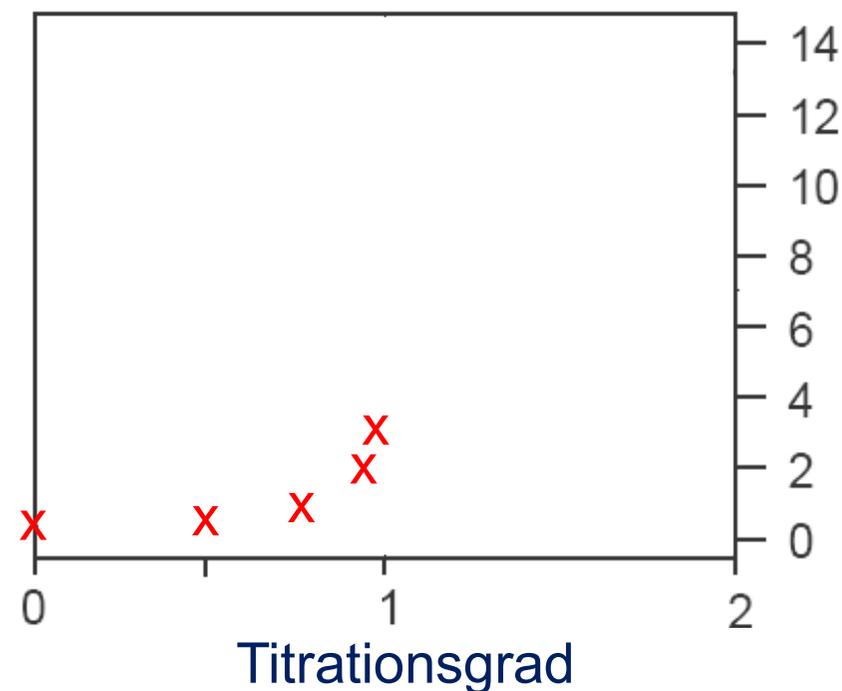


3. Bestimmung Säure/Base-Gehalt einer Probe

Titration (Neutralisation) einer starken Säure mit einer starken Base

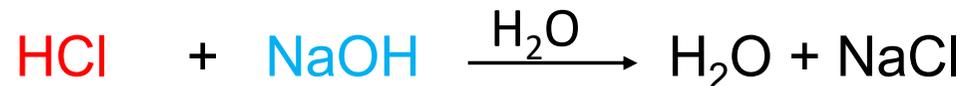


Bei 99% Umsetzung (Titrationsgrad 0,99):
0,001 mol/L HCl übrig, d.h. $\text{pH} = -\log(10^{-3}) = 3$



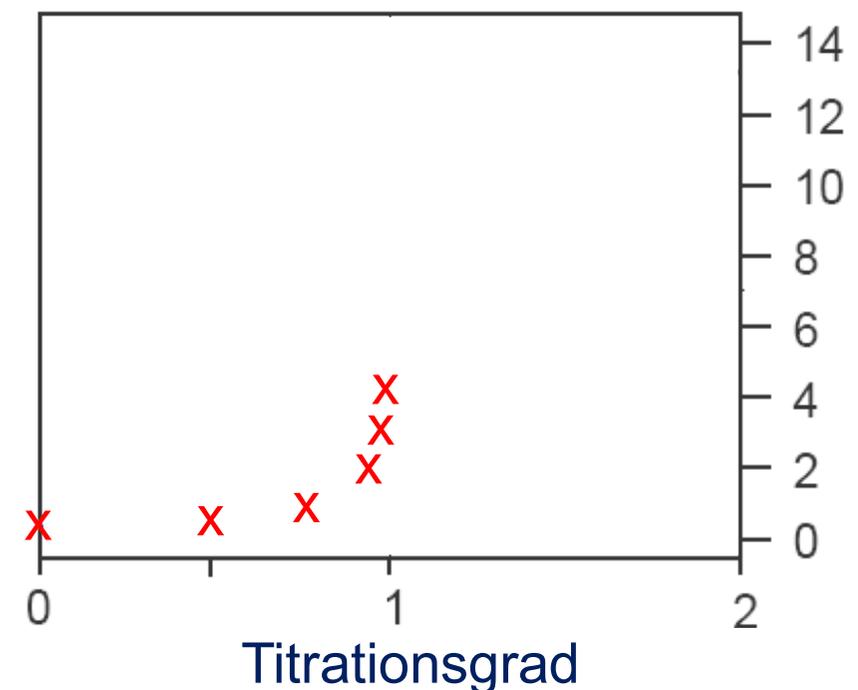
3. Bestimmung Säure/Base-Gehalt einer Probe

Titration (Neutralisation) einer starken Säure mit einer starken Base



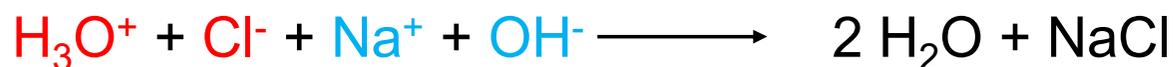
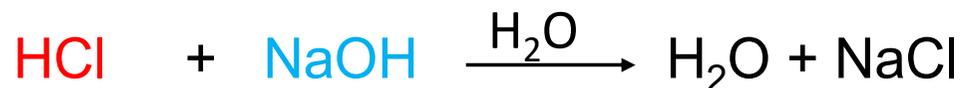
Bei 99% Umsetzung (Titrationsgrad 0,99):
0,001 mol/L HCl übrig, d.h. $\text{pH} = -\log(10^{-3}) = 3$

Bei 99,9%-Umsetzung (Titrationsgrad 0,999):
0,0001 mol/L HCl übrig, d.h. $\text{pH} = -\log(10^{-4}) = 4$



3. Bestimmung Säure/Base-Gehalt einer Probe

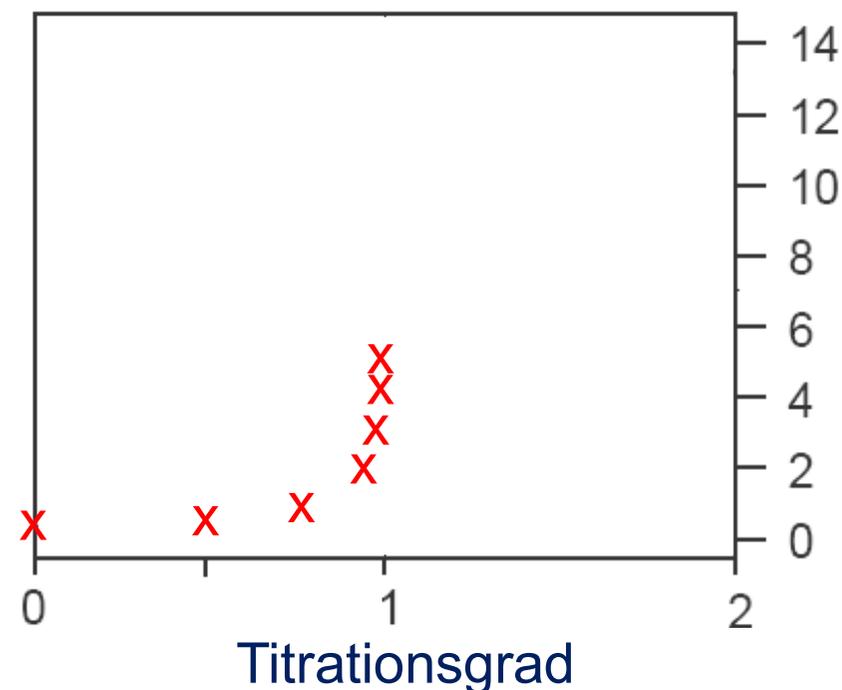
Titration (Neutralisation) einer starken Säure mit einer starken Base



Bei 99% Umsetzung (Titrationsgrad 0,99):
0,001 mol/L HCl übrig, d.h. $\text{pH} = -\log(10^{-3}) = 3$

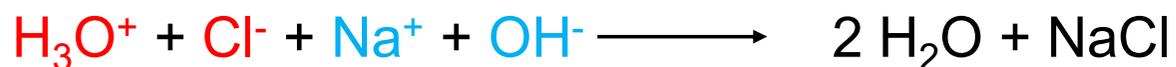
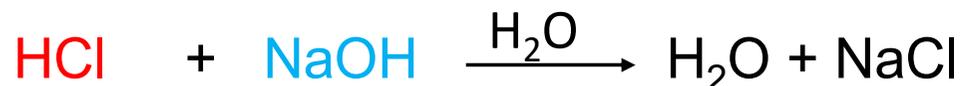
Bei 99,9% Umsetzung (Titrationsgrad 0,999):
0,0001 mol/L HCl übrig, d.h. $\text{pH} = -\log(10^{-4}) = 4$

Bei 99,99% Umsetzung (Titrationsgrad 0,9999):
0,00001 mol/L HCl übrig, d.h. $\text{pH} = -\log(10^{-5}) = 5$



3. Bestimmung Säure/Base-Gehalt einer Probe

Titration (Neutralisation) einer starken Säure mit einer starken Base

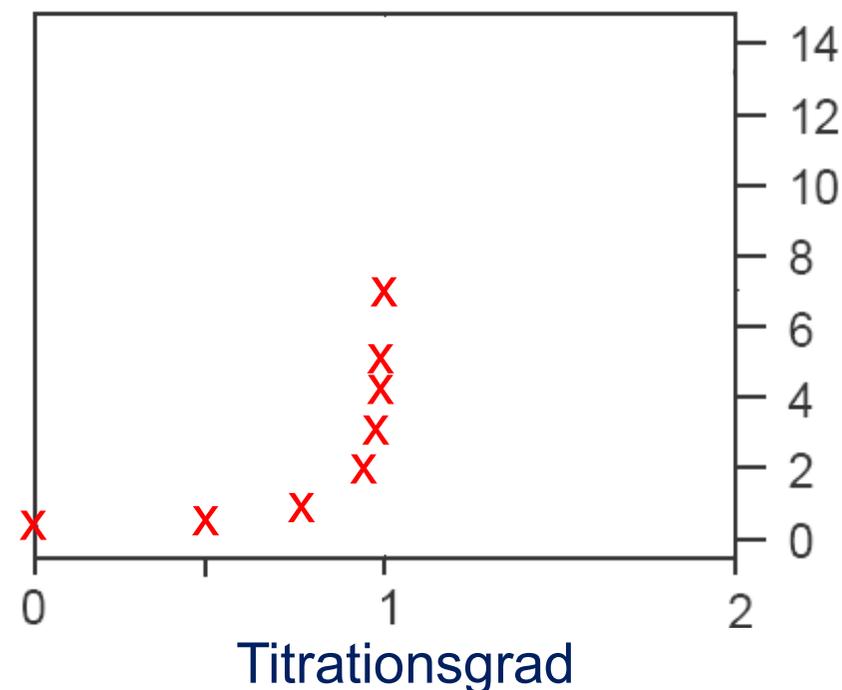


Bei kompletter Umsetzung (Titrationsgrad 1):

Es liegt gar kein HCl mehr vor, da alles vollständig mit Natronlauge umgesetzt ist.

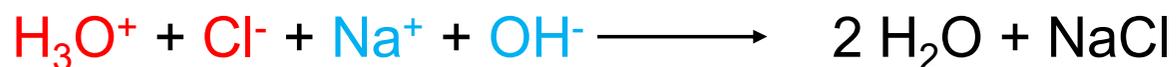
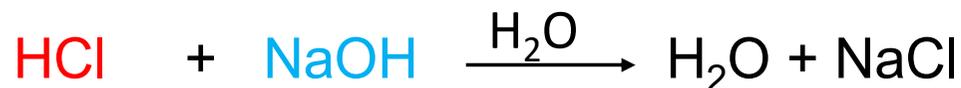
Trotzdem sind Protonen aus der Autoprotolyse des Wassers vorhanden.

Der pH ist also $-\log((K_w)^{1/2}) = -\log(10^{-7}) = 7$.



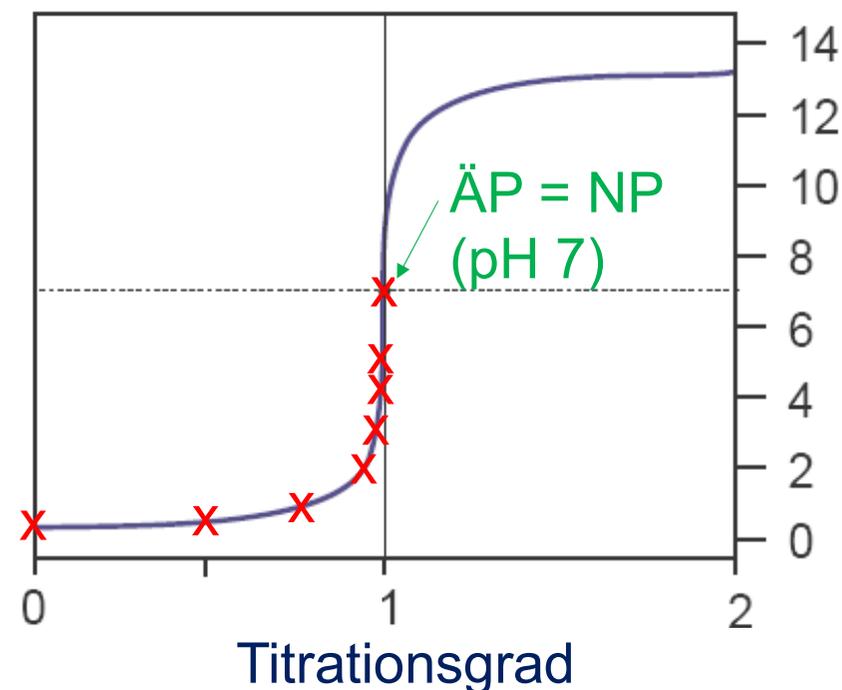
3. Bestimmung Säure/Base-Gehalt einer Probe

Titration (Neutralisation) einer starken Säure mit einer starken Base



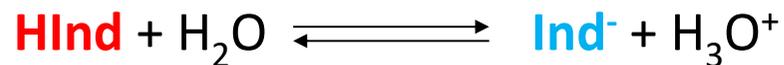
Bei weiterer Zugabe von NaOH liegt dann ein Überschuss von Hydroxid-Ionen vor und die Lösung wird basisch ($\text{pH} > 7$).

Der Graph der Titration ist punktsymmetrisch zum **Äquivalenz- und Neutralpunkt** (Titrationsgrad = 1; $\text{pH} = 7$).



3. Bestimmung Säure/Base-Gehalt einer Probe

Indikatoren dienen zur Erkennung des Äquivalenzpunkts



Indikator	Umschlagsbereich (pH)	Farbe (sauer)	Farbe (basisch)
Lackmus	5,0 – 8,0	rot	blau
Methylrot	4,4 – 6,2	rot	gelb
Phenolphthalein	8,2 – 10,0	farblos	violett

Umschlagspunkt:
1:1-Gemisch der beiden
Formen **HInd** und **Ind⁻**.



Bildquelle:

https://www.chemieunterricht.de/dc2/tip/11_99.htm