
KAPITEL 4

4.1 Hvorfor er kendskab til syrer og baser vigtigt?

pH-værdien i et vandløb eller en sø eller i jorden har stor betydning for hvilke organismer, der kan leve det pågældende sted.

pH er et mål for surhedsgraden; jo mere sur en vandig opløsning er, jo lavere *pH*-værdi. Normalt går skalaen for *pH* fra 0 til 14. En *pH*-værdi på 7 er neutral.

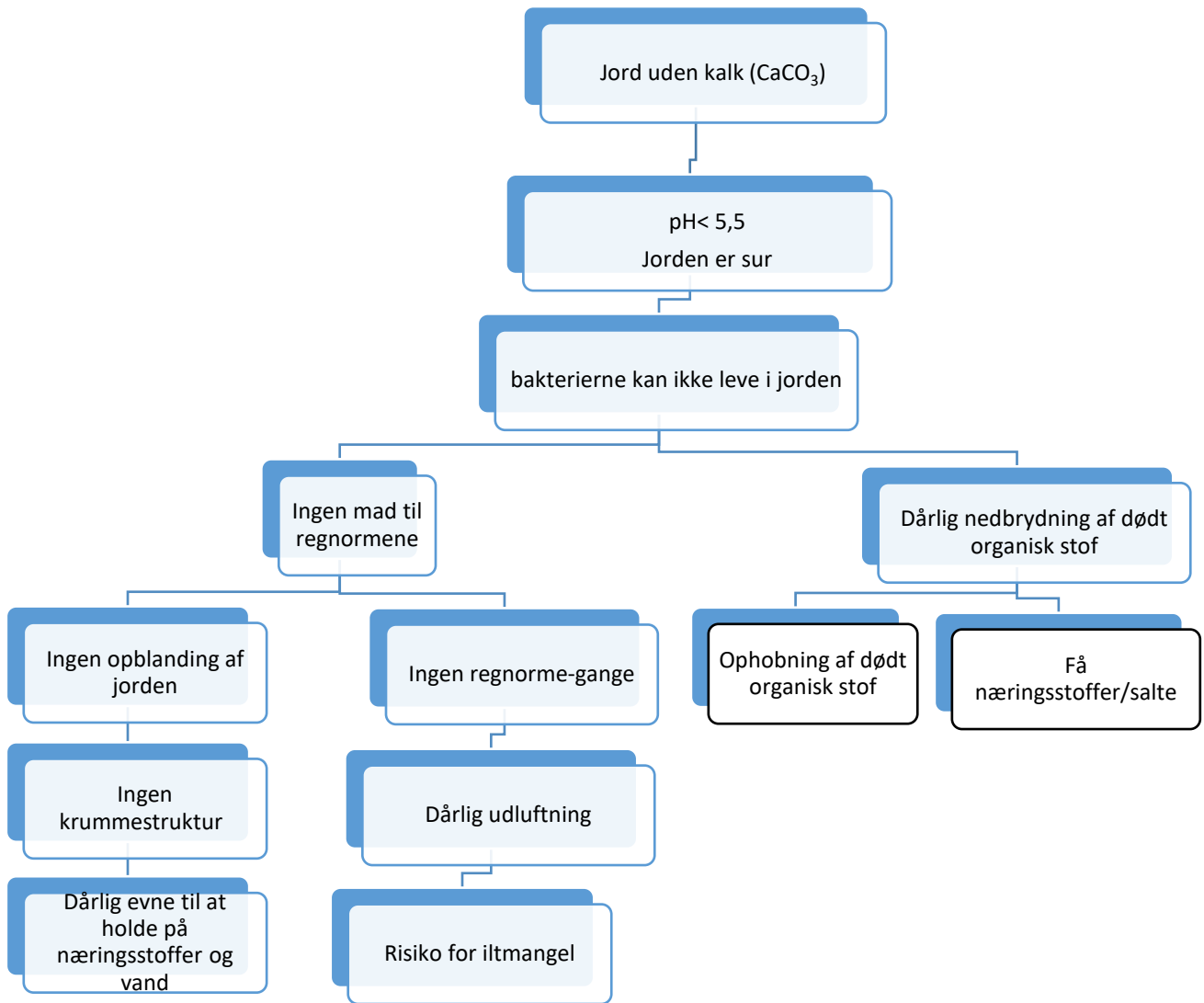
Har vi en jord eller en sø eller et vandløb, i et område med kalk i jorden, vil *pH*-værdien i jorden eller vandet være omkring 7.

I en jord med en *pH*-værdi over 5,5, vil der være et rigt dyreliv, da der er mange bakterier i jorden, som danner grundlag for fødekæden i jorden.

I en jord uden kalk, som f.eks. en mosejord eller en sandjord, vil *pH*-værdien være forholdsvis lav, ofte under 5,5.

I en jord med en *pH*-værdi under 5,5, vil der være et begrænset dyreliv, da bakterier ikke kan leve i en sur jordbund og derfor ikke kan danne fødegrundlag for de andre dyr i jorden. Se figur 4.1

Figur 4.1: Hvordan påvirker pH livet i jordbunden



I søer og vandløb har *pH*-værdien også stor betydning for hvilke organismer der kan leve der. I et vandløb og en sø er dyrenes formering, dvs. udviklingen fra æg til voksne dyr, meget følsom over for vandets *pH*-værdi. For søer og vandløb, er der ikke de samme grænser som for jorden, men figur 4.2, giver et indtryk af hvordan *pH*-værdien påvirker dyrelivet.

pH 3,0 3,5 4,0 4,5 5,0 5,5 6,0 6,5 7
 | | | | | | | |

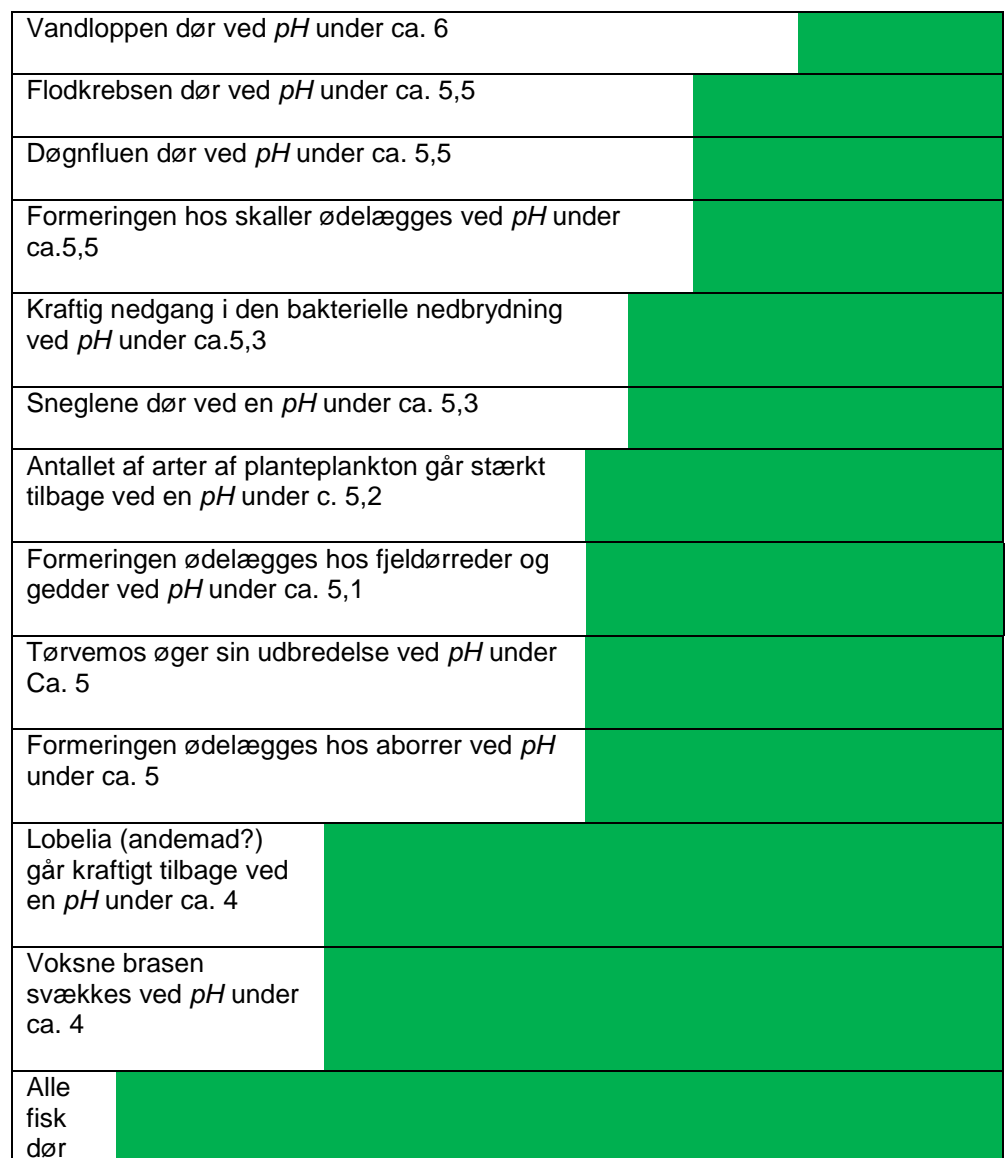
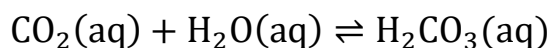


Fig 4.2: Eksempler på hvordan *pH* påvirker livet i ferskvand

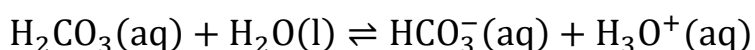
4.2.SYRER, BASER og pH

Når CO₂ opløses i vand, vil carbondioxid, CO₂, reagere med vand, H₂O og danne carbonsyre, H₂CO₃. Carbonsyre kaldes i daglig tale kulsyre. Reaktionen kan beskrives ved følgende reaktionsskema:

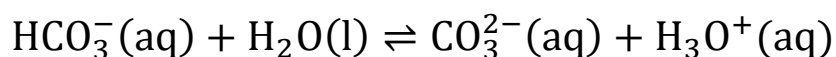


Harpunerne i reaktionsskemaet betyder, at reaktionen ikke er fuldstændig. Det vil altså sige, at ikke al den carbondioxid, der er opløst i vand vil omdannes til carbonsyre.

Når der er dannet carbonsyre, H₂CO₃, vil H₂CO₃ reagere med vand, H₂O, ved at afgive en hydron, H⁺, og derved dannes hydrogencarbonat, HCO₃⁻, og oxonium, H₃O⁺. Reaktionen kan beskrives med følgende reaktionsskema:



HCO₃⁻, hydrogencarbonat kan, ligesom carbonsyre, H₂CO₃, afgive en hydron, H⁺, til vand, H₂O, hvor ved der dannes carbonat, CO₃²⁻ og H₃O⁺, oxonium ud fra følgende reaktion:



En kemiker vil sige at dihydrogencarbonat, H₂CO₃ og hydrogencarbonat, HCO₃⁻, begge er syrer.

Definitionen på en syre:

En syre er en kemisk forbindelse, der kan afgive en hydron (H⁺).

BASER

Hydrogencarbonat kan optage en hydron igen og blive til carbonsyre. Hydrogencarbonat er derfor også en base!

Definitionen på en base:

En base er en kemisk forbindelse, der kan optage en hydron (H^+).

Et stof som hydrogencarbonat, der kan optræde både som syre (afgive en hydron) og som base (optage en hydron) kaldes en amfolyt.

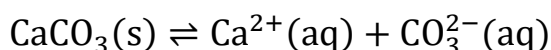
Definitionen på en amfolyt:

Et stof, der både har mulighed for at afgive en hydron og at optage en hydron. Det er altså både en syre og en base.

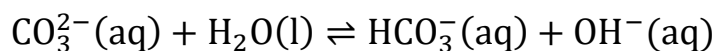
I indledningen til dette kapitel om syrer og baser, blev det beskrevet, hvilken rolle pH har for dyrelivet i jorden eller i vandet. Der står også, at det er tilstedeværelsen af kalk i jorden, der er med til at afgøre pH -værdien i jorden eller i et vandløb eller en sø.

Den kemiske betegnelse for kalk er calciumcarbonat og den kemiske formel for kalk er $CaCO_3$.

Når $CaCO_3$ opløses i vand, sker det efter følgende reaktionsskema, hvor der dannes en ionen calcium(2+), Ca^{2+} , og ionen carbonat, CO_3^{2-} :



Carbonat, CO_3^{2-} , kan optage en hydron, H^+ , fra f.eks vand og blive til hydrogencarbonat, HCO_3^- og hydroxid, OH^- :



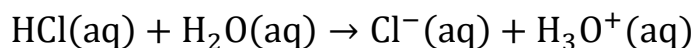
Carbonat har reageret som en base.

EKSEMPLER PÅ SYRER

Stærke syrer

I hverdagen møder vi forskellige syrer f.eks HCl, hydrogenchlorid, som i vandig opløsning kaldes saltsyre, svovlsyre, H₂SO₄ og salpetersyre, HNO₃. Disse tre syrer kaldes stærke syrer, fordi de reagerer med vand, ved at afgive deres hydroner, H⁺, fuldstændigt til vand. Sagt på en anden måde, hvis 100 HCl molekyler reagerer med vand, vil alle 100 HCl-molekyler afgive deres H⁺, hydron, til vand.

Reaktionen mellem HCl, hydrogenchlorid og vand, H₂O, er følgende:



Tabel 4.1 Stærke syrer

Kemisk formel	HCl	HNO ₃	H ₂ SO ₄
Navn	saltsyre	salpetersyre	svovlsyre

Middelstærke og svage syrere

Det er de færreste syrer, der er stærke syrer. De fleste tilhører kategorierne middelstærke eller svage syrer.

Når den stærke syre svovlsyre, H₂SO₄, har afgivet sin første hydron, H⁺, og der er dannet HSO₄⁻, hydrogensulfat, har vi fået dannet en middelstærk syre.

En syre som phosphorsyre, H₃PO₄, som forekommer i cola, er en middelstærk syre, der vil kunne afgive 3 hydroner. Når phosphorsyre, har afgivet sin første hydron bliver den til H₂PO₄⁻, dihydrogenphosphat. Dihydrogenphosphat, H₂PO₄⁻, er ikke en middelstærk syre men en svag syre. Dihydrogenphosphat kan også afgive en hydron, H⁺, og bliver derved til hydrogenphosphat,

HPO_4^{2-} . HPO_4^{2-} , hydrogenphosphat er en meget svag syre. Både hydrogenphosphat og dihydrogenphosphat er amfolytter. Faktisk er hydrogenphosphat bedre til at optage hydroner end til at afgive dem; den er en meget svag syre og en svag base.

Som vi så først i afsnittet, er dihydrogencarbonat, H_2CO_3 en syre. H_2CO_3 er en svag syre og HCO_3^- , hydrogencarbonat, er en meget svag syre. Den er til gengæld en middelstærk base.

pH

Af de reaktioner vi har set på indtil nu fremgår det, at der dannes H_3O^+ , oxonium, når en syre reagerer med vand. Det er koncentrationen, dvs. mængden af, oxonium-, H_3O^+ , pr. liter opløsning, der bestemmer om en opløsning er sur eller basisk.

I kemi bruger man betegnelsen mol/liter, der forkortes M, som enheden for koncentrationen. Vi vil senere komme ind på hvad "mol" står for.

Begreb: KONCENTRATION

Enhed: mol/liter = mol/L = M

Skal man vise, at det er koncentrationen af oxonium, som man angiver, skal man skrive $[\text{H}_3\text{O}^+]$. Koncentrationen af oxonium angives med firkantede parenteser, [].

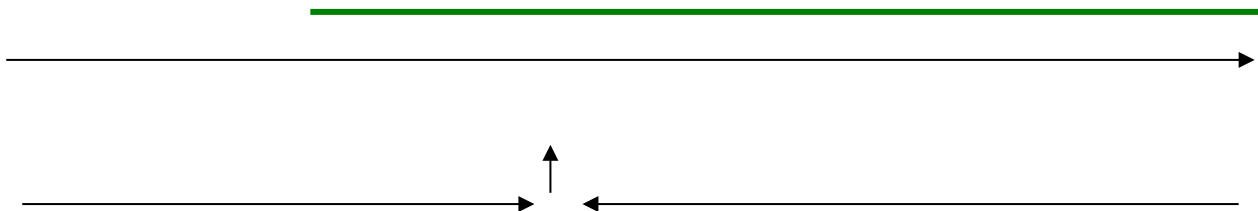
pH er et begreb, der angiver koncentrationen af oxonium, $[\text{H}_3\text{O}^+]$.

pH er defineret som:

$$pH = -\log[\text{H}_3\text{O}^+]$$

På en tal-linje vil sammenhængen mellem *pH* og $[\text{H}_3\text{O}^+]$, koncentrationen af oxonium, være:

<i>pH</i>															
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
		$1 \cdot 10^{-1}$	$1 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-8}$	$1 \cdot 10^{-9}$	$1 \cdot 10^{-10}$	$1 \cdot 10^{-11}$	$1 \cdot 10^{-12}$	$1 \cdot 10^{-13}$	$1 \cdot 10^{-14}$
$[\text{H}_3\text{O}^+]$ mol/L															
			sur					neutral							basisk



Figur 4.3: Sammenhængen mellem pH og $[H_3O^+]$

Skrivemåden $1 \cdot 10^{-4}$, er den naturvidenskabelige måde at skrive 0,0001 på.

Kender vi koncentrationen af oxonium, H_3O^+ , i en opløsning, kan vi beregne opløsningens pH, ved at bruge definitionen på pH:

$$pH = -\log[H_3O^+]$$

EKSEMPEL 4.1:

Koncentrationen af $[H_3O^+]$ i en opløsning er 0,004 mol/L.

pH-værdien kan nu beregnes ved at indsætte $[H_3O^+] = 0,004$ mol/L (uden enhed) i formlen for pH:

$$pH = -\log 0,004 \Rightarrow pH = 2,39$$

EKSEMPEL 4.2:

Koncentrationen af $[H_3O^+]$ i en opløsning er $4 \cdot 10^{-3}$ mol/L.

pH-værdien kan nu beregnes ved at indsætte $[H_3O^+] = 4 \cdot 10^{-3}$ mol/L i formlen for pH:

$$pH = -\log 4 \cdot 10^{-3} \Rightarrow pH = 2,39$$

Kender vi pH -værdien i en opløsning, kan vi beregne koncentrationen af H_3O^+ , ud fra formlen:

$$[H_3O^+] = 10^{-pH}$$

EKSEMPEL 4.3:

pH -værdien i en sø er målt til $pH = 5$. Vi kan så beregne koncentrationen af oxonium, $[H_3O^+]$, ved at indsætte pH -værdien i formlen:

$$[H_3O^+] = 10^{-pH}$$

Oxonium koncentrationen, $[H_3O^+]$, bliver:

$$[H_3O^+] = 10^{-5} \text{ M} \Rightarrow [H_3O^+] = 0,00001 \text{ mol/L}$$

EKSEMPEL 4.4:

pH -værdien i en jord er målt til $pH = 8,2$. Vi kan så beregne koncentrationen af oxonium, $[H_3O^+]$, ved at indsætte pH -værdien i formlen:

$$[H_3O^+] = 10^{-pH} \text{ M}$$

Oxonium koncentrationen, $[H_3O^+]$, bliver:

$$[H_3O^+] = 10^{-8,2} \text{ M} \Rightarrow [H_3O^+] = 6,30 \cdot 10^{-9} \text{ mol/L}$$

REGISTRERING AF pH

pH MÅLING

Når man skal bruge en opløsnings pH -værdi, skal man gøre sig klart om man bare vil vide om opløsningen er sur, basisk eller neutral eller om man har brug for en mere præcis pH -værdi.

pH -indikator

Skal man ikke kende den eksakte pH -værdi, men blot vide om opløsningen er sur, neutral eller basisk, kan man bruge en pH -indikator.

En pH -indikator er et molekyle, der skifter farve alt efter hvad koncentrationen af oxonium, $[H_3O^+]$, er i den opløsning, som indikatoren kommer i.

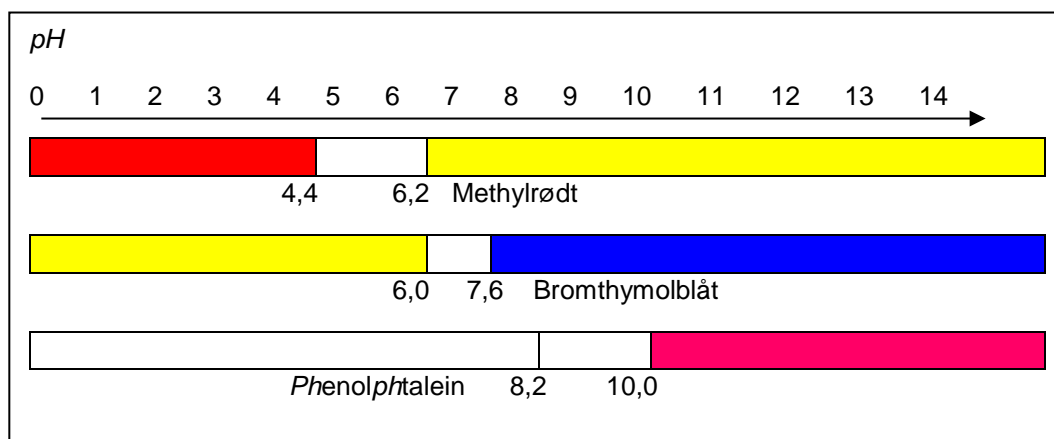
pH -indikatoren eller farve-indikatorer, findes i forskellige udgaver. Indikatorerne kan fås som væske eller i form af papirstrimler, hvor indikatoren sidder i.



Figur 4.4 Eksempler på indikatorer

Universal indikatorpapiret indeholder mange forskellige pH -indikatorer, da en enkelt indikator ikke kan angive en bestemt pH -

værdi, men kun et interval, alt efter indikatorens farve og ved hvilke pH -værdier indikatoren skifter farve.

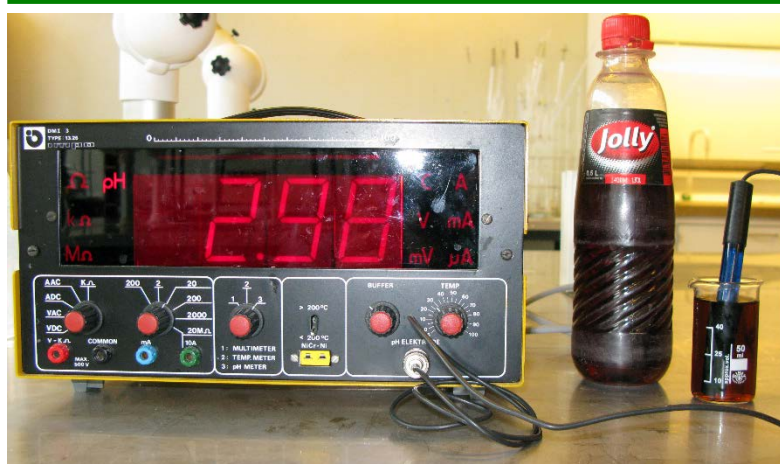


Figur 4.5 :Eksempler på pH -indikatorers farveskift

Af figur 4.5 kan man se, at man ikke kan angive en eksakt pH -værdi, hvis bruger en enkelt pH -indikator. Tager vi f.eks. methylrødt er den rød, når pH -værdien er under 4,4 og gul når pH -værdien er over 6,2. Kommer vi methylrødt i en opløsning og opløsningen bliver rød, kan vi konkludere at pH -værdien er under 4,4, men ikke om den er eksempelvis 2 eller 3,7. I intervallet for pH -værdier mellem 4,4 og 6,2 vil methylrødt være orange, en blanding af den røde og den gule, men vi vil ikke kunne sige præcist hvilken værdi i intervallet pH -værdien har.

pH -elektrode

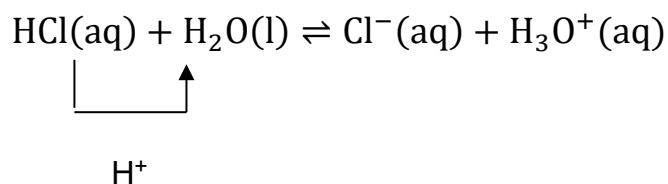
Skal man kende den præcise pH -værdi, må man bruge en pH -elektrode. En pH -elektrode er opbygget, så der opstår en elektrisk spændingsforskel, mellem to elektroder og denne spændingsforskel er afhængig af koncentrationen af oxonium, H_3O^+ .



SYRE-BASE REAKTIONER

Af det tidligere fremgår det at når en syre reagerer med vand, H_2O , afgiver syren en hydron, H^+ og vandmolekylet optager den hydron, H^+ , som syren afgiver.

F.eks. reaktionen mellem hydrogenchlorid, HCl og vand, H_2O .



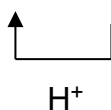
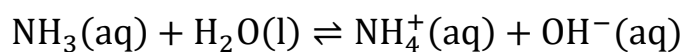
Ser vi på definitionen på en syre og en base, så reagerer HCl , hydrogenchlorid, som en syre, da den afgiver en hydron, og vand, H_2O , reagerer som en base, da den optager en hydron, H^+ .

Når en syre afgiver en hydron, H^+ , vil der også altid være en base, der kan optage en hydron, H^+ , da hydroner ikke kan forekomme uden at de er bundet til en kemisk forbindelse.



Når landmændene nedfælder ammoniak, NH_3 , på markerne, foregår der en reaktion mellem ammoniak, NH_3 , og vand, H_2O , i jorden.

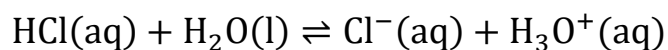
Når ammoniak, NH_3 , opløses i vand vil nogle af ammoniak molekylerne reagere med vand, H_2O og danne ammonium-ionen, NH_4^+ , og hydroxid-ionen, OH^- .



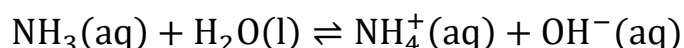
Denne reaktion kan være med til at opretholde den rigtige pH -værdi i landbrugsjord.

EN SUR-OPLØSNING, EN BASISK-OPLØSNING ELLER EN NEUTRAL-OPLØSNING

Ser vi på reaktionen mellem hydrogenchlorid, HCl og vand, H_2O :



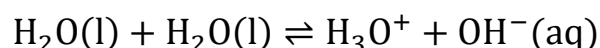
Og reaktionen mellem ammoniak, NH_3 og vand, H_2O :



Kan vi se, at i det første tilfælde reagerer vand som en base, da vand-molekylet, H_2O , optager en hydron, H^+ . Vand har reageret som en base. I det andet tilfælde afgiver vand-molekylet, H_2O , en hydron, H^+ . Vand har reageret som en syre.

Vandmolekylet kan altså reagere både som en syre og som en baser.

Har vi et glas, der kun indeholder vand-molekyler, H_2O , vil der være følgende reaktion mellem nogle af vandmolekylerne:



I dette tilfælde har det ene vand-molekyle reageret som en syre og det andet vand-molekyle som en base.

EN NEUTRAL OPLØSNING

I helt rent vand vil $[\text{H}_3\text{O}^+]$ og $[\text{OH}^-]$ være lige store, idet der dannes netop én oxonium og én hydroxid hver gang to vandmolekyler reagerer med hinanden. Undersøgelser viser at:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-] = 1 \cdot 10^{-7} \text{ M}$$

Når vi har en opløsning hvor $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-]$ siger man at opløsningen er neutral.

pH-værdien i opløsningen er 7, da

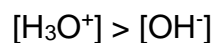
$$pH = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] \Rightarrow pH = -\log(1 \cdot 10^{-7}) = 7$$

EN SUR OPLØSNING

Det gælder altid, at produktet af koncentrationen af oxonium $[\text{H}_3\text{O}^+]$ og koncentrationen af hydroxid $[\text{OH}^-]$ er $1 \times 10^{-14} \text{ M}^2$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-14} \text{ M}^2$$

Set i forhold til en neutral opløsning, hvor koncentrationen af oxonium, $[H_3O^+]$, og koncentrationen af hydroxid, $[OH^-]$, er lige store, så er koncentrationen af oxonium-ionen, $[H_3O^+]$ større end koncentrationen af hydroxid, $[OH^-]$, når vi har en sur-opløsning.



EN BASISK OPLØSNING

Set i forhold til en neutral opløsning, hvor koncentrationen af oxonium, $[H_3O^+]$ og koncentrationen af hydroxid, $[OH^-]$, var lige store, så er koncentrationen af oxonium, $[H_3O^+]$ mindre end koncentrationen af hydroxid, $[OH^-]$, når vi har en basisk-opløsning.

