

Tema 1 - Vand

NF-Kemi



Kompendium i NF-kemi til forløbet vand

Vand – de faglige mål	3
Hvad skal I kunne i kemi efter forløbet:	3
Forsøg undervejs i forløbet	3
Introduktion til kemi	4
Kemiens symbolsprog	4
Atomets opbygning	4
Grundstofferne periodesystem	4
Perioder og grupper	5
Metaller og ikke-metaller	5
Ædelgasreglen (oktetreglen)	6
Vand – en kemisk forbindelse	7
Vand er ikke bare vand	7
Ioner og ionforbindelser (salte)	8
Simple ioner og deres navne	9
Ionforbindelser	11
Ionforbindelser med sammensatte ioner	12
Ionforbindelsers opløselighed	13
Fældningsreaktioner	14
Rensningsanlæg	15

Vand – de faglige mål

Hvad skal I kunne i kemi efter forløbet:

- Forklare opbygningen af grundstoffernes periodesystem.
- Forklare atomers opbygning og hvordan de kan opfylde ædelgasreglen.
- Kunne forklare hvordan ioner dannes.
- Kende til let- og tungtopløselige ionforbindelser.
- Kunne opskrive ionreaktionsskema for en fældningsreaktion.

Forsøg undervejs i forløbet

Undervejs i forløbet skal I desuden lave særfaglige rapporter og journaler mm på baggrund af kemiøvelser i laboratoriet

- Ionforbindelsers opløselighed i vand
- Besøg på rensningsanlæg
- Måling er nærings ioner og pH i vandløb

Introduktion til kemi

Kemiens symbolsprog

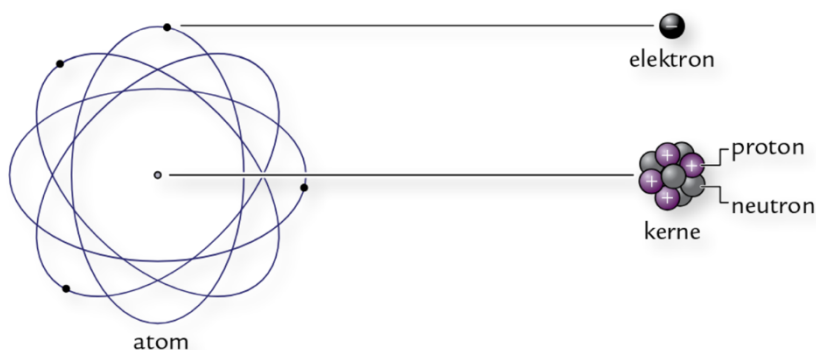
I kemi har man et specielt symbolsprog som man bruger stedet for stoffernes navne. Det er vigtigt at forstå symbolsproget for at forstå kemi.

Se denne lille film som giver en fin introduktion til det.

[Kemiens symbolsprog](#)

Atomets opbygning

Atomet består af en kerne som består af to slags partikler, nemlig protoner og neutroner. Protonerne har en positiv ladning, hvilket angives med + og neutronerne er neutrale. Kernen er omgivet af elektroner som har en negativ ladning, hvilket angives med minus (-). Figur 1 viser en model af atomet.



Figur 1: Model af et atom

Antallet af protoner kaldes atomets nummer og angiver, hvilket grundstof der er tale om. Nr. 1 er hydrogen, nr. 2 er helium, nr. 3 er lithium osv. Atomnummeret kan ses i det periodiske system.

Grundstoffernes periodesystem

Grundstofferne kan findes i det periodiske system. Der findes cirka 120 grundstoffer. Hvert af grundstofferne har fået tildelt et navn og et symbol. Dette kan ses i det periodiske system. Hydrogen har f. eks. nr. 1 og symbolet H og oxygen har atomnummeret 8 og symbolet O. Atomnummeret stiger hen gennem det periodiske system.

Dette link giver adgang til et interaktivt periodiske system, hvor man kan se f. eks metaller, ædelgasser, de forskellige hovedgrupper o.s.v.

[Interaktivt periodisk system](#)

Der findes også et periodisk system, hvor man kan finde endnu flere detaljer og blandt andet finde elektronfordelingen for alle grundstofferne.

[Detaljeret periodisk system](#)

Her er en lille interaktiv øvelse, hvor man kan øve sig at finde rundt i det periodiske system

[Øvelse til det periodisk system](#)

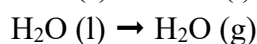
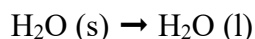
Ædelgasreglen (oktetreglen)

Grundstofferne udgør "byggeklodserne", som alle andre stoffer er sat sammen af. Stoffer, der er sat sammen af to eller flere grundstoffer, kaldes *kemiske forbindelser*.

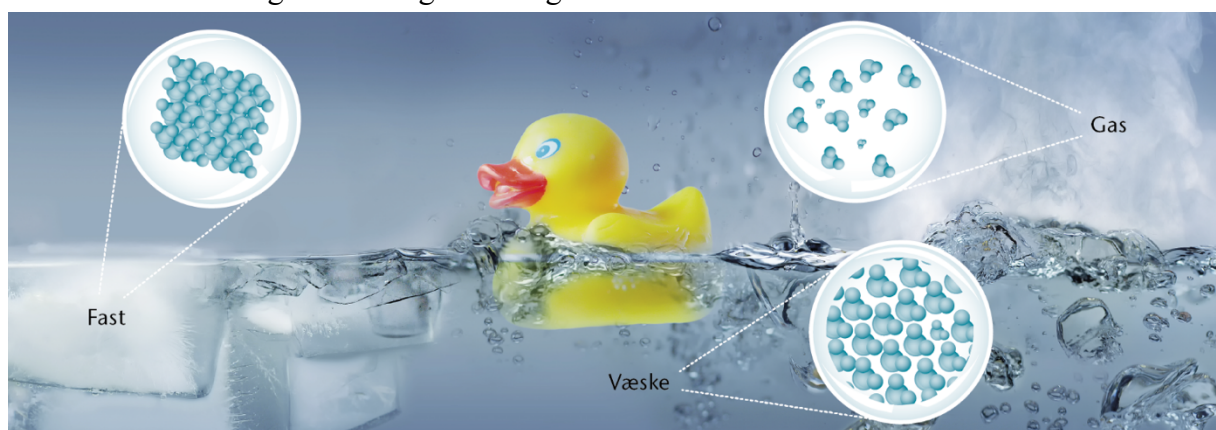
Grundstofferne i det periodiske systems ottende hovedgruppe kaldes som tidligere nævnt ædelgasserne, fordi de alle er gasser ved almindelig temperatur og fordi de næsten aldrig laver kemiske forbindelser. De optræder derfor udelukkende altså næsten som enkelt atomer. Det skyldes at deres elektronfordeling er meget stabil. Bortset fra helium som har to elektroner i yderste skal så har de alle otte elektroner i yderste skal. En række andre grundstoffer forsøger at ligne ædelgasserne. Dette kaldes *ædelgasreglen* eller oktetreglen fordi, de gerne vil have otte elektroner i yderste skal. Den måde de kan få det er ved enten at lave *elektronparbindinger*, hvor de deler elektronerne eller ved at lave *ioner*, hvor de afgiver og optager elektroner.

Vand – en kemisk forbindelse

Kemiske forbindelser består af flere slags atomer. Den kemiske forbindelse H_2O er det, vi i daglig tale forstår ved vand. Vand kan imidlertid findes i tre tilstandsformer: is, flydende vand og vanddamp (figur 4). De processer, der sker, hhv. når is smelter og bliver til flydende vand, og når flydende vand bliver til vanddamp (*fordampning*), kan beskrives på denne måde.



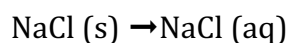
Formlen H_2O er den samme, men bogstavet i parentes markerer *tilstandsformen*. Når vi taler om stoffers tilstandsformer, beskriver vi den fysiske tilstand, dvs. om stoffet er på fast form, flydende eller på gasform. Dette gælder helt generelt og altså ikke kun for vand.



Figur 4: Vands tre tilstandsformer. Fast form angives med s i parentes efter formelen (kan huskes på det engelske ord solid), flydende form angives med l efter parentesen (kan huskes på den engelske ord liquid), gasform angives med g efter parentesen (gas).

Vand er ikke bare vand

Det vand vi drikker, består ikke kun af H_2O , men indeholder også opløste ionforbindelser bl.a. calcium-ioner og magnesium-ioner. Ofte vil man efter kemiske formler se betegnelsen (aq), og det betyder netop, at stoffet er i vandig opløsning. $\text{Ca}^{2+}(\text{aq})$ betyder altså 'calcium-ioner opløst i vand'. Bemærk, at man ikke skriver den kemiske formel for vand i reaktionsskemaer, hvis vand blot er opløsningsmiddel, men ellers ikke deltager i den beskrevne kemiske reaktion. Følgende reaktionsskema beskriver opløsningen af natriumchlorid i vand.



Det er den proces der sker, når man i køkkenet hælder salt i en gryde vand, der skal koges spaghetti i. Vand virker som opløsningsmiddel for mange forskellige

stoffer, og både det vand, vi får ud af vandhanen derhjemme, og det vand, der ledes væk fra husholdninger, industri og landbrug som spildevand, indeholder forskellige opløste ionforbindelser.

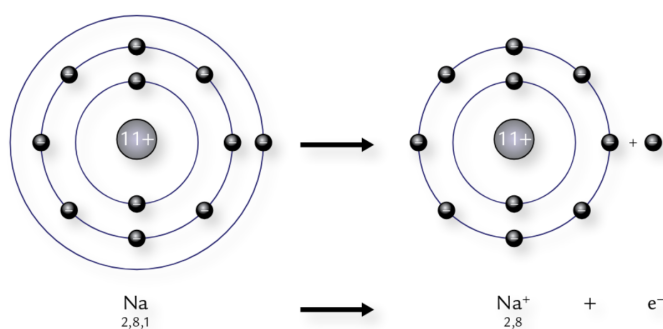
Ioner og ionforbindelser (salte)

Natriumchlorid har formelen NaCl. I daglig tale kaldes stoffet salt. Vi skal nu se nærmere på opbygningen af natriumchlorid.

Grundstoffet natrium står i gruppe 1 (hovedgruppe I), og natriumatomet har derfor én elektron i yderste skal. Denne elektron fraspaltes, hvorved der dannes natriumionen. Det sker ved følgende reaktion.

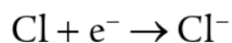


En model af processen ses på figur 5.

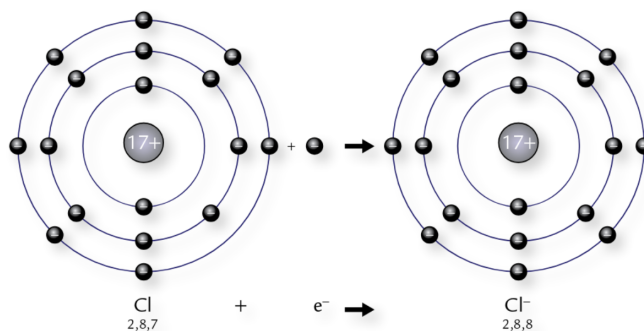


Figur 5: Ved fraspaltning af en elektron fra et natriumatomet dannes en natriumion som er positiv.

Elektroner kan ikke eksistere frit. Natriumatomet kan kun afgive en elektron, hvis der er noget til stede til at optage den. Det kunne f. eks være chlor. Et chloratom står i gruppe 17 (hovedgruppe VII) og har derfor 7 elektroner i yderste skal. Chloratomet kan derfor optage en elektron så det opfylder ædelgasreglen. Det sker ved følgende reaktion:

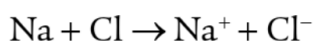


Ionen Cl^- kaldes også chlorid. Figur 6 viser en model af processen.

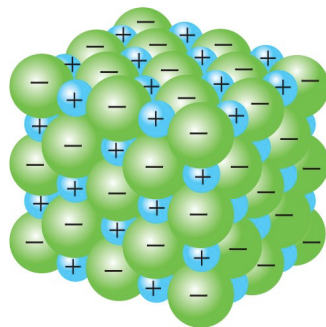


Figur 6: Et chloratom optager en elektron og omdannes derved til en negativ ion.

Natrium og chlor kan således reagere med hinanden ifølge reaktionen.



Natriumchlorid består af ionerne Na^+ og Cl^- som sidder bundet sammen i et iongitter som ses på figur 7.



Figur 7: Iongitter af natriumchlorid. Ionerne er tætpakkede i et regelmæssigt system.

Natriumkrystallen indeholder mange natriumioner og chlorid-ioner men saltets formel skrives bare NaCl for det angiver at forholdet mellem Na^+ og Cl^- er 1:1 og det vil sige at der lige mange af de to ioner.

Simple ioner og deres navne

Der er dog andre grundstoffer i det periodiske system som kan danne ioner. Alle metallerne i hovedgruppe I danner positive ioner med ladningen +1 for at opnå ædelgasstruktur. Alle metallerne i hovedgruppe II laver ioner med ladningen +2. Det gælder f. eks Mg som således kan skrives som Mg^{2+} og kaldes magnesium-ionen.

Man giver positive ioner navne ved at tilføje endelsen ion til metallets navn. Al^{3+} hedder en aluminium-ion og Ba^{2+} hedder en barium-ion o.s.v. I figur 8 ses de vigtigste simple ioner af grundstoffer i hovedgrupperne.

1 (I)	2 (II)		13 (III)	14 (IV)	15 (V)	16 (VI)	17 (VII)	18 (VIII)
H ⁻								
Li ⁺	Be ²⁺				N ³⁻	O ²⁻	F ⁻	
Na ⁺	Mg ²⁺		Al ³⁺		P ³⁻	S ²⁻	Cl ⁻	
K ⁺	Ca ²⁺					Se ²⁻	Br ⁻	
Rb ⁺	Sr ²⁺			Sn ²⁺		Te ²⁻	I ⁻	
Cs ⁺	Ba ²⁺			Pb ²⁺				

Figur 8: De vigtigste simple ioner af grundstoffer i hovedgrupperne.

Det ses af figuren at grundstofferne i hovedgruppe V-VII laver negative ioner. Oxygen laver f. eks ionen O²⁻ for at opnå ædelgasstruktur. De negative ioner navne dannes af ikke-metallets navn med tilføjelsen -id f. eks hedder Cl⁻ chlorid. I nogle tilfælde laver man dog en sammentrækning af navnet, f. eks bliver oxygenid til oxid. Nedenfor ses en tabel med negative ioner, hvor man trækker navnet sammen.

Negative ioner med sammentrækning af navnet

Formel	Navn
N ³⁻	nitrid
O ²⁻	oxid
S ²⁻	sulfid

Nogle af metallerne i det periodiske systems undergrupper kan danne positive ioner med forskellig ladning f. eks Fe²⁺ og Fe³⁺. Disse to ioner har forskellige egenskaber, og det er derfor vigtigt at skelne imellem dem.

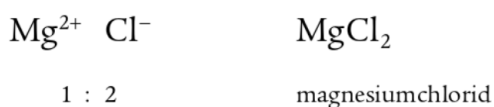
Fe²⁺ betegnes derfor jern(2+)ion og udtales jern-to-ion
Fe³⁺ betegnes derfor jern(3+)ion og udtales jern-tre-ion

Undergruppemetallernes ioner

Formel	Navn	Formel	Navn
Cr ³⁺	chrom(3+)	Zn ²⁺	zink(2+)
Mn ²⁺	mangan(2+)	Ag ⁺	sølv(1+)
Fe ²⁺	jern(2+)	Sn ²⁺	tin(2+)
Fe ³⁺	jern(3+)	Pt ²⁺	platin(2+)
Co ²⁺	cobalt(2+)	Au ³⁺	guld(3+)
Ni ²⁺	nikkel(2+)	Hg ₂ ²⁺	kviksølv(1+)
Cu ⁺	kobber(1+)	Hg ²⁺	kviksølv(2+)
Cu ²⁺	kobber(2+)	Pb ²⁺	bly(2+)

Ionforbindelser

Man kan opskrive formelen for en ionforbindelse, hvis man kender formlerne for de to ioner, ionforbindelsen består af. Vi kan bruge magnesiumchlorid som eksempel.



Som angivet består stoffet af ionerne Mg²⁺ og Cl⁻. Da en ionforbindelse er elektrisk neutralt, skal Mg²⁺ og Cl⁻ sættes sammen til en neutral formelenhed. Én Mg²⁺ og to Cl⁻ giver en neutral formelenhed og formelen skrives derfor MgCl₂ og kaldes magnesiumchlorid. Man skal lægge mærke til, at man i navnet magnesiumchlorid ikke angiver antallet af de enkelte ioner. Årsagen er, at man forventer, at den, der ser navnet magnesiumchlorid, er så fortrolig med kemi, at navnet med det samme fortæller, at det er en ionforbindelse, som indeholder ionerne Mg²⁺ og Cl⁻, og at ionerne indgår i forholdet 1:2

Formlen for en ionforbindelse skrives med den positive bestanddel først. Ionforbindelsens navn dannes af den positive ions navn efterfulgt af den negative ions navn – bemærk, at endelsen -ion udelades, når ionforbindelsens navn dannes. Vi tager endnu et eksempel, nemlig stoffet jern(3+)oxid:



Man kan se en film med dannelse af de simple ioner her

Dannelse af simple ioner

Og en film om dannelse af ionforbindelser med simple ioner.

Dannelse af simple ionforbindelser

Her er to små øvelser med dannelse af simple ioner

Øvelse 1 Dannelse af simple ioner

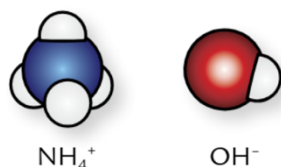
Øvelse 2 Dannelse af simple ioner

Ionforbindelser med sammensatte ioner

I dette afsnit skal vi se på ioner der består af sammensatte ioner. En sammensat ion består af flere forskellige atomer, som er bundet sammen. Nogle vigtige eksempler på sammensatte ioner er vist i tabellen.

Sammensatte ioner

Formel	Navn
CO_3^{2-}	carbonat
NO_3^-	nitrat
PO_4^{3-}	phosphat
SO_4^{2-}	sulfat
OH^-	hydroxid
NH_4^+	ammonium



Figur 9: Modeller af ammonium og hydroxid.

Det er nødvendigt, at disse seks formler og navne læres udenad! Figur 9 viser modeller af to sammensatte ioner. Sammensatte, negative ioners navne ender normalt på -at.

Aluminiumsulfat er et eksempel på en ionforbindelse, der indeholder en sammensat ion



I aluminiumsulfatgitteret indgår Al^{3+} og SO_4^{2-} i forholdet 2:3. Tre-tallet gælder for hele sulfatgruppen, som derfor står i parentes.

Man kan se en film her om dannelse af sammensatte ioner

Sammensatte ioner

og en film om dannelsen af ionforbindelser med sammensatte ioner.

Dannelse af ionforbindelser med sammensatte ionforbindelser

Her er fire små øvelser til sammensatte ioner

Øvelse 1 Sammensatte ioner

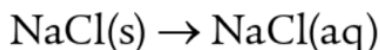
Øvelse 2 Ionforbindelser med sammensatte ioner

Øvelse 3 Ionforbindelser

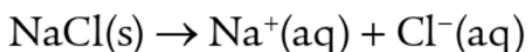
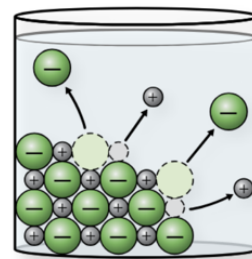
Øvelse 4 Ionforbindelser

Ionforbindelsers opløselighed

Figur 10 viser en model af, hvad der sker, når natriumchlorid opløses i vand. Processen kan skrives



Når stoffet opløses, nedbrydes iongitteret. Ionerne skilles fra hinanden og bevæger sig rundt i opløsningen uafhængigt af hinanden. Det kan man angive mere tydeligt ved at skrive processen sådan



Figur 10: Model af processen når natriumchlorid opløses i vand.

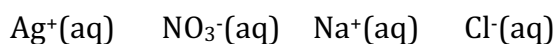
Hvor (aq) angiver, at ionerne er opløst i vand. Natriumchlorid er letopløselig i vand. Der kan opløses 36,0 g NaCl i 100 mL vand ved 20 °C. Derimod er sølv(1+)chlorid tungtopløselig i vand, idet der kun kan opløses 0,00019 g AgCl i 100 mL vand (20 °C). Nedenfor ses en række almindelige ionforbindelsers opløselighed i vand. Tabellen skelner mellem letopløselige og tungtopløselige ionforbindelser. Der står L i det felt, som svarer til Na⁺ og Cl⁻, dvs. denne kombination af ioner giver en letopløselig forbindelse (NaCl). Derimod står der T ud for Ag⁺ og Cl⁻, og denne ionkombination (AgCl) er tungtopløselig.

	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Zn ²⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Cu ²⁺	Ba ²⁺	Ca ²⁺	Pb ²⁺	Ag ⁺
NO ₃ ⁻	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
Cl ⁻	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	T	T
Br ⁻	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	T	T
I ⁻	L	L	L	L	L	L	-	-	L	L	T	T
SO ₄ ²⁻	L	L	L	L	L	L	L	L	T	T	T	T
OH ⁻	-	L	L	T	T	T	T	T	L	T	T	(T)
CO ₃ ²⁻	L	L	L	T	T	T	(T)	(T)	T	T	T	T
S ²⁻	L	L	L	T	T	T	T	T	T	T	T	T
PO ₄ ³⁻	L	L	L	T	T	T	T	T	T	T	T	T

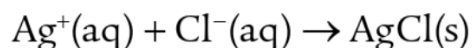
Figur 11: Nogle ionforbindelsers opløselighed i vand ved 20 grader. L betyder letopløselig. T betyder tungtopløselig. Grænsen er sat ved 2g opløst stof i 100 mL vand (parentes betyder at stoffet ikke eksisterer)

Fældningsreaktioner

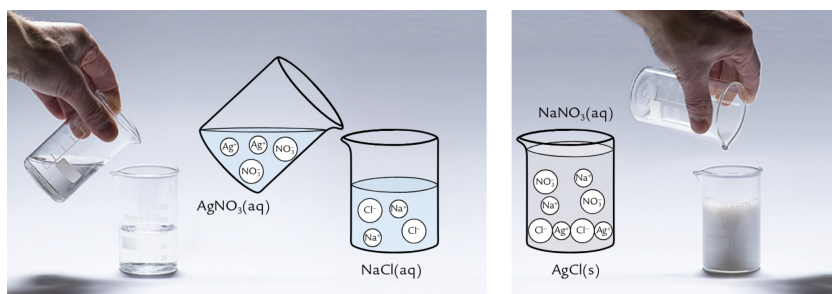
Ved forsøget på figur 12 hældes man en opløsning af sølv(1+)nitrat (AgNO₃) ned i en opløsning af natriumchlorid (NaCl). Når man hældes de to opløsninger sammen, blander man ionerne:



Som nævnt er Ag⁺ og Cl⁻ en tungtopløselig kombination, dvs. at større mængder af disse ioner kan ikke eksistere sammen i en opløsning. Ionerne går sammen i et iongitter



Der dannes et bundfald af fast sølv(1+)chlorid, og reaktionen kaldes en fældningsreaktion. Man taler om bundfald, selv om krystallerne er så små, at de holder sig svævende i væsken. Et bundfald behøver ikke ligge på bunden. Vi mangler at redegøre for ionerne Na⁺ og NO₃⁻. Det er en letopløselig kombination, og disse ioner holder sig i opløsningen. Det svarer til en opløsning af stoffet NaNO₃. Natriumionerne (Na⁺) og nitrat (NO₃⁻) deltager ikke i fældningsreaktionen og kaldes derfor tilskuerioner. Vi tester forskellige ionforbindelser opløselighed i vand, i øvelsen *Saltes opløselighed*.



Figur 12: Model af fældningsreaktionen.

Man kan se film om fældningsreaktion her

[Fældningsreaktioner](#)

Og lære at opskrive og afstemme ionreaktionskemaet her

[Opskriv og afstem ionreaktionsskema](#)

Derudover kan man se forskellige fældningsreaktioner her

[Se fældningsreaktioner](#)

Her er fire små øvelser til dels forudsigelse om der kommer bundfald

[Øvelse 1 Forudsigelse kommer der bundfald?](#)

[Øvelse 2 Forudsigelse kommer der bundfald?](#)

og dels til at lære og afstemme ionreaktionsskema

[Øvelse 1 Lær at afstemme ionreaktionsskemaer](#)

[Øvelse 2 Lær at afstemme ionreaktionsskemaer](#)

[Øvelse 3 Lær at afstemme ionreaktionsskemaer](#)

Rensningsanlæg

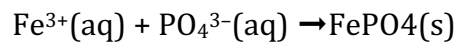
Det rene vand fra vandværket bruger vi til at drikke og til madlavning, men det meste bruges til vask, bad og toiletskyl. Næsten alt dette vand havner i kloakken sammen med en række stoffer, som vi vil af med. Mange steder tilføres kloakken også regnvand fra tage og veje. Rensningsanlægget skal fjerne alle de stoffer, som vi har sendt med vandet.

Spildevandet indeholder fosfat, der især stammer fra vaskemidler, hvor det anvendes til blødgøring af vask vandet. Fosfat fjernes ved at tilsætte opløst jern(3+)chlorid (FeCl_3). Jern(3+)ioner (Fe^{3+}) og fosfat (PO_4^{3-}) danner det tungtopløselige jern(3+)fosfat: FePO_4 .

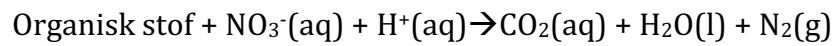
Dette stof bindes til slammet og bundfældes sammen med dette i forklaringsstankene ved en kemisk fældningsreaktion. Som omtalt ovenfor betegner en fældningsreaktion, at et stof går fra at være i vandig opløsning og til at være på fast form, fordi ionerne

finder sammen i et iongitter. Når stoffet fælder ud, dannes der et bundfald (som dog ikke nødvendigvis ligger på bunden).

Fældningsreaktionen mellem jern(+3)ioner og phosphat kan beskrives med følgende reaktionsskema:



Nitrat kan ikke fjernes på denne måde, men fjernes ved at organisk stof i iltfrie omgivelser omdanner nitrat til dinitrogen. Denne proces hedder denitrifikation:



Dette kompendium er baseret på bøgerne:

Basiskemi C. Helge Mygind m.fl. Haase & Søns forlag, 1. udgave, 2012

NF-grundbogen. Anders Grosen m.fl. Lindhardt og Ringhof. 1. udgave 2014

Mennesket og naturvidenskaben, Birgit Sandermann Justesen m.fl., GO forlag, 1. udgave, 2015

