

SNOX-anlægget sparer penge

SNOX-anlægget på Vendsysselværket formindsker ikke bare forureningen. Det er også med til at spare penge. For eksempel opfanger poserne i posefilteret ca. 500 ton aske om året. Denne aske med sit farlige indhold af tungmetaller strømmede tidligere lige ud i luften. Asken bruges i dag til noget nyttigt. Den er blevet en vigtig bestanddel af moderne cement. (Det beskrives nærmere i kapitel 4).

En anden besparelse ligger i den svovlsyre, der aftappes fra det sidste trin i anlægget. Dette trin indeholder i alt 50000 tynde glasrør med en samlet længde på 350 km. Det er ved afkølingen i disse rør, at svovl-trioxid SO_3 og vanddamp H_2O reagerer med hinanden og danner svovlsyre H_2SO_4 . Vendsysselværket producerer på denne måde 5,2 ton koncentreret svovlsyre

i timen! Det svarer til en sjettedel af den svovlsyre, vi bruger i Danmark.

Endvidere kan man på et el-værk med SNOX-anlæg spare penge, fordi man kan bruge billigere olie til at fyre med. Olie fra forskellige steder i verden har nemlig forskelligt indhold af svovl. Den olie, som har størst svovl-indhold, er den billigste, fordi den forurener mest. Men det spiller ingen rolle for de kraftværker, der fremover vil rense røgen med SNOX-processen. De kan bruge den billigere olie, da svovlforbindelserne fjernes så effektivt.

SNOX-anlæg vil uden tvivl blive almindelige på kraftværker verden over.

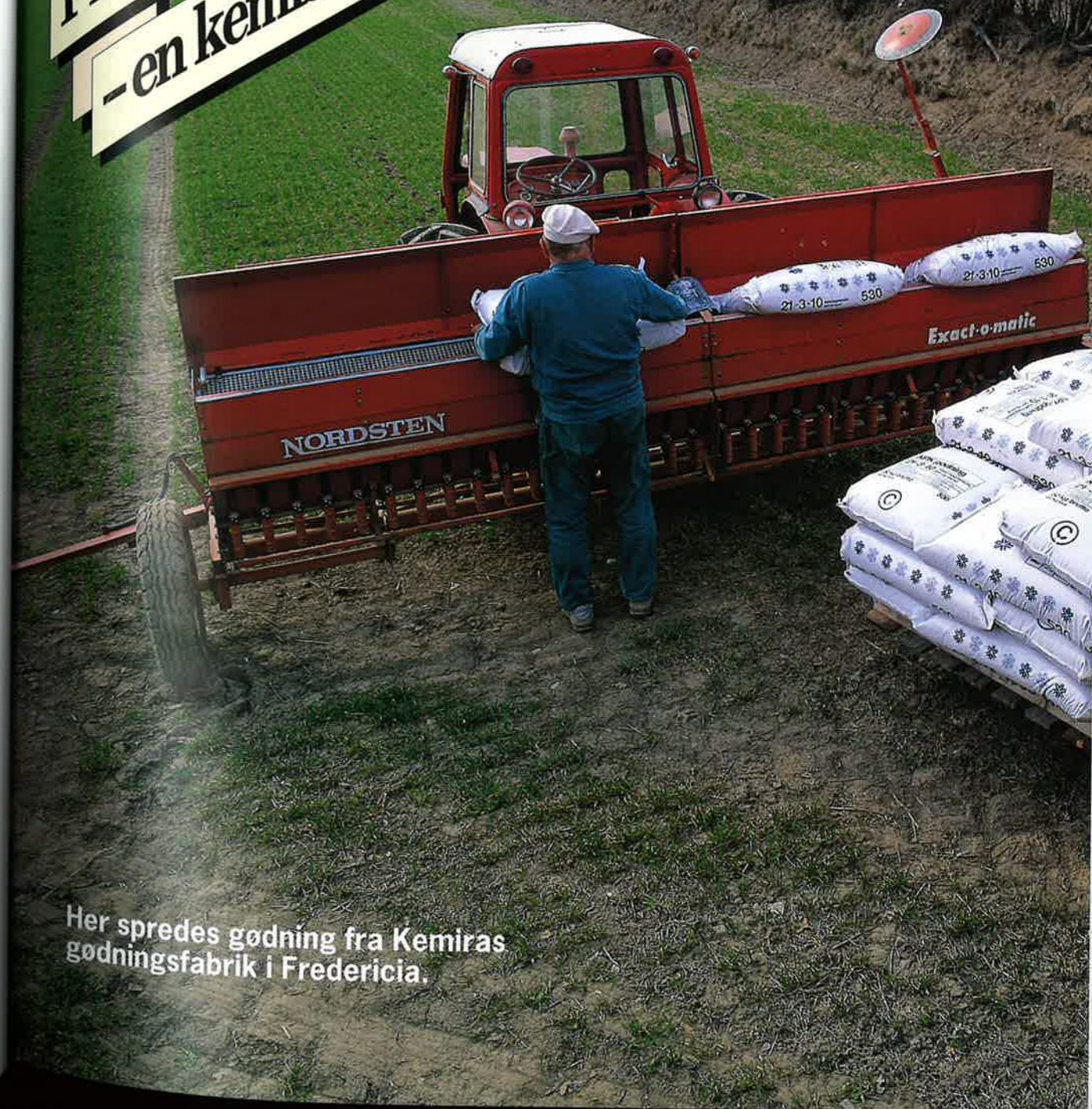
Hvad har du lært?

Du kan nu løse de teori-opgaver, som står i arbejdshæftet under overskriften „Hvad har du lært i kapitel 2?“

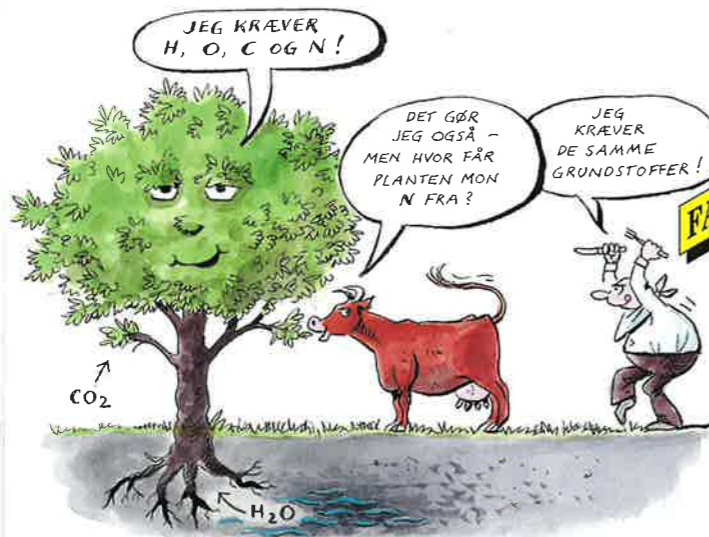
Efter at Vendsysselværket fik installeret SNOX-anlæg, forurener værket langt mindre end før. SNOX-anlægget er den store bygning ved den venstre skorsten. Bygningen er over 50 m høj.



3 Produktion af kunstgødning - en kemisk sværindustri



Her spredes gødning fra Kemiras gødningsfabrik i Fredericia.



Grundstoffer som er nødvendige for alt liv

Alt levende har brug for bestemte grundstoffer for at vokse og udvikle sig sundt. Det gælder både planter, dyr og mennesker.

Alle fødekæder i naturen starter med planter af en eller anden slags. Det er derfor vigtigt, at de planter, som enten direkte eller indirekte skal tjene til føde for dyr og mennesker, får tilført de nødvendige stoffer under opvæksten.

De fire vigtigste grundstoffer i denne forbindelse er hydrogen H, oxygen O, carbon (kulstof) C og nitrogen N. Alle levende organismer består hovedsageligt af disse fire grundstoffer.

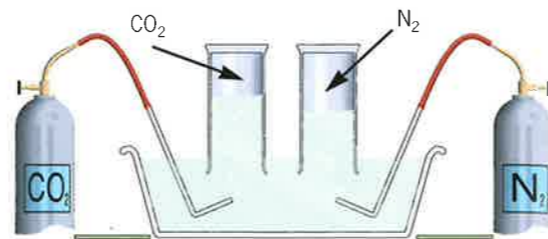
Hydrogen, oxygen og carbon får planterne ved at optage kuldioxid CO_2 fra luften (ved fotosyntesen) og ved at optage vand H_2O gennem rødderne. Men hvordan får de mon nitrogen? For selv om 78% af atmosfæren er nitrogen N_2 , er de færreste planter i stand til direkte at udnytte luftens nitrogen. De kan ikke bryde den meget stærke binding mellem de to nitrogen-atomer i luftens N_2 -molekyler.

I laboratoriet kan vi derimod gøre det ved hjælp af metallet magnesium, som er meget reaktionsvilligt. Ved hjælp af dette metal kan vi få noget at vide om både CO_2 og N_2 .

FÆLLESFORSØG

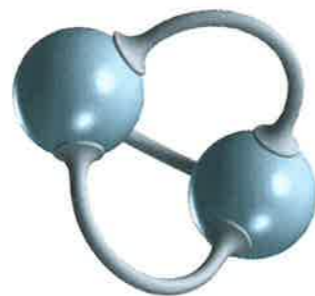
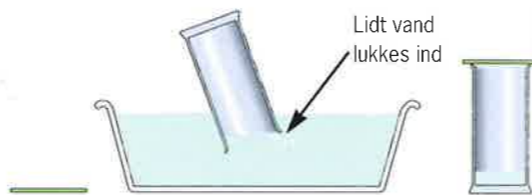
Forsøg med CO_2 og N_2

To cylinderglas lægges i en skål vand, så de fyldes helt med vand. Derefter rejses de på højkant med bunden i vejret. I det ene glas fyldes luftarten CO_2 , i det andet luftarten N_2 .



Begge glas holdes derefter let på skrå, så en smule af luftarten bobler ud igen, og lidt vand kommer ind.

Glassene lukkes med en glasplade, vendes og anbringes på bordet. Der skal være lidt vand på bunden af hvert glas.



Hvis du ved hjælp af plastkuglerne fra molekylebyggesættet laver en model af nitrogen-molekylet N_2 , ser du, at det er nødvendigt at forbinde kuglerne med hele tre pinde. Det illustrerer, at de to N-atomer er bundet meget stærkt sammen. I kapitel 2 kan du læse om, hvordan man ved hjælp af en katalysator kan bryde denne binding. I naturen kan visse bakterier, som lever i knolde på bælgplanter, udføre det samme kunststykke. Men langt de fleste planter kan ikke direkte udnytte luftens nitrogen.

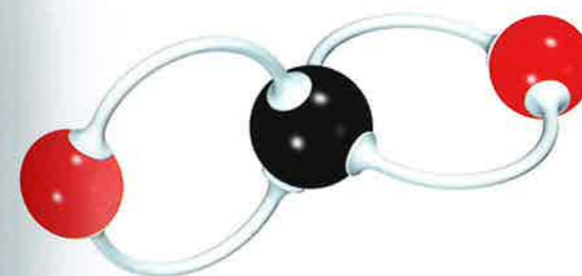
Vandet i hvert glas tilsættes et par dråber fenolftalein. Fenolftalein er en indikator, der farves rød, hvis den kommer i en base. Da vand ikke er en base, farves det ikke rødt.

Ved at stikke en brændende træpind ned i hvert glas viser vi først, at begge luftarter slukker ilden.

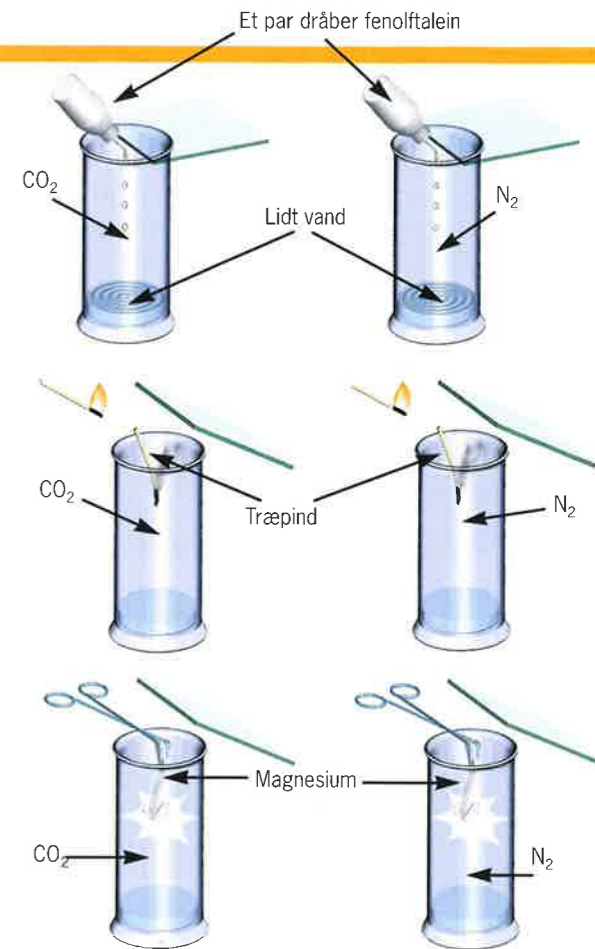
Efter tur holder vi nu med en tang et stykke brændende magnesium af ca. 10 cm's længde ned i hvert glas og fører det op og ned i glasset, indtil det er brændt ud.

I begge glas ser vi, at magnesium brænder videre under dannelse af en kraftig hvid røg. I glasset med CO_2 sætter der sig endvidere små sorte klatter på indersiden af glasset.

Når vi derefter ryster glassene, så vandet blandes med forbrændingsprodukterne, farves vandet i begge glas rødt som tegn på, at der er dannet en base.



Model af CO_2 -molekyle bygget af plastkugler. Hver „oxygen“-kugle fastholdes til „kul“-kuglen af to pinde. Det illustrerer en rimelig stærk binding mellem atomerne. Denne binding kan i planternes grønne blade brydes af katalysatoren klorofyl ved fotosyntese-processen.

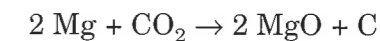


Ved at snuse til glasset, hvor der har været N_2 , kan vi måske svagt ane duften af ammoniak NH_3 .

Hvad fortæller forsøget os om CO_2 og N_2 ?

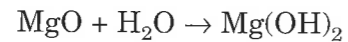
Forsøget viser for det første, at det ikke er let at bryde bindingerne mellem atomerne hverken i CO_2 -molekylet eller i N_2 -molekylet. Det var ikke nok med en brændende træpind. Vi måtte bruge brændende magnesium, som har en temperatur på over to tusinde grader.

Endvidere viser forsøget, at grundstoffet carbon C findes i CO_2 , idet de sorte klatter på indersiden af glasset består af kulstof. I dette glas foregik denne forbrændingsproces:

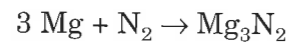


Af reaktionsskemaet kan vi se, at magnesium river oxygen-atomerne ud af CO_2 -molekylet. I planterne foregår en lignende proces i den såkaldte fotosyntese. Her foregår spaltningen af CO_2 ved hjælp af det grønne stof klorofyl, der virker som en katalysator, der som omtalt i kapitel 2 kan fremme en kemisk proces. I øvrigt indeholder klorofyl-molekylet netop et magnesium-atom.

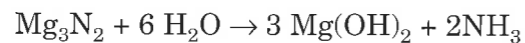
Forbrændingsproduktet magnesium-oxid MgO reagerede med vandet og dannede basen magnesiumhydroxid $\text{Mg}(\text{OH})_2$:



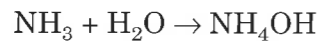
I glasset med N_2 så vi, at magnesium også kunne spalte N_2 -molekylerne. Her bestod forbrændingen i en reaktion mellem magnesium og nitrogen, hvorved der blev dannet magnesium-nitrid Mg_3N_2 :



Magnesium-nitrid (den kraftige hvide røg) reagerede med vandet og dannede basen magnesiumhydroxid og luftarten ammoniak NH_3 :



Hvis det kneb med at lugte ammoniakken NH_3 , skyldes det, at den også reagerer med vand og danner basen ammoniumhydroxid:



Forsøget viser, at det er muligt at omdanne luftarten nitrogen N_2 til nitrogenforbindelser, hvor den stærke binding mellem de to N-atomer er brudt. Og det er nødvendigt, hvis planterne skal udnytte nitrogen. I naturen sker det på forskellige måder.

Når det er tordenvejr, spaltes en del af luftens nitrogen-molekyler af lynene og omdannes til kemiske forbindelser, som planterne kan udnytte. Hvert eneste øjeblik året rundt er der tordenvejr flere tusinde forskellige steder på kloden. Jorden modtager på denne måde hele tiden store mængder af forskellige nitrogen-forbindelser.

Endvidere kan visse bakterier, der lever i knoldene på bælgplanters rødder, også spalte N_2 -molekyler og overføre nitrogen-atomerne til de indviklede molekyler, som planterne opbygges af.



Model af et protein-molekyle. Nitrogen er en væsentlig bestanddel af de proteiner, som danner grundlaget for alt liv på Jorden. Proteiner består af kæmpemolekyler, som er opbygget af mange tusinde atomer – først og fremmest af de fire grundstoffer hydrogen, oxygen, carbon og nitrogen, men også af enkelte andre grundstoffer som svovl og fosfor. Vores gener, som bærer arveanlæggene, er også opbygget af proteiner.



Et lyn har så høj en temperatur, at det kan spalte luftens N_2 -molekyler. De frigjorte N-atomer kan så forbinde sig med luftens oxygen og danne nitrogendioxid NO_2 eller andre forbindelser af nitrogen og oxygen.

De essentielle grundstoffer

Ved omhyggelige dyrkningsforsøg har man fundet ud af, at der ialt er 16 grundstoffer, som planterne skal have tilført for at vokse og udvikle sig normalt. Disse grundstoffer kalder vi de essentielle (væsentlige) grundstoffer. Mangler et eller flere af dem, vokser planterne dårligt, og de bliver mindre modstandsdygtige over for angreb fra svampe og bakterier.

De fire allerede omtalte grundstoffer (carbon, oxygen, hydrogen og nitrogen) og enkelte andre behøver planterne i stor mængde, da de indgår som byggesten i opbygningen af selve plantestoffet.

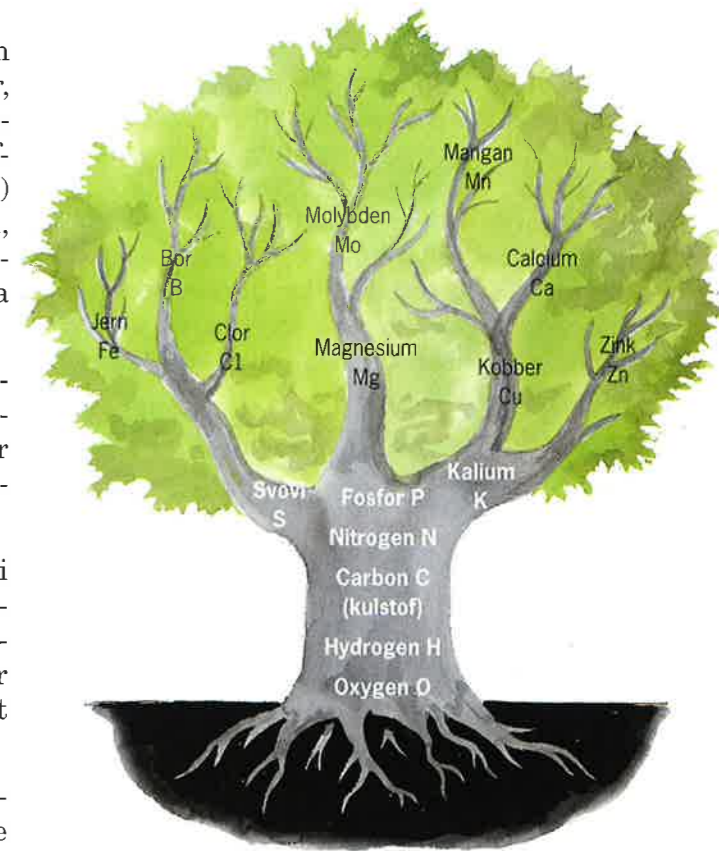
De øvrige, som f.eks. magnesium, kalder vi mikronæringsstoffer. Dem behøver planterne kun en lille smule af. Mikronæringsstofferne har hovedsageligt betydning for de enzymer, der styrer planternes vækst og stofskifte.

Planterne kan normalt ikke optage grundstofferne direkte. De skal indgå i kemiske forbindelser, som kan opløses i vand.

Naturens genbrug

Når planter og dyr dør og rådner, får jorden næringsstofferne tilbage. De omdannes af bakterier og mikroorganismer, så de kan bruges igen. På steder, hvor mennesker ikke forstyrrer naturens gang (som f.eks. i en uberørt regnskov), er der balance i naturens forskellige kredsløb, hvor de samme grundstoffer hele tiden genbruges.

Men inden for de sidste par tusind år har menneskene i større og større udstrækning grebet ind i naturens kredsløb ved at udvikle landbrug, skovbrug, m.m. Her høster man afgrøder og fjerner og slagter dyr, så jorden ikke får næringsstofferne tilbage. Derved udpines jorden, og der bliver mindre og mindre tilbage af de essentielle grundstoffer. De grundstoffer, som jorden hyppigst kommer til at mangle, er nitrogen N, fosfor P og kalium K. Bogstavet P



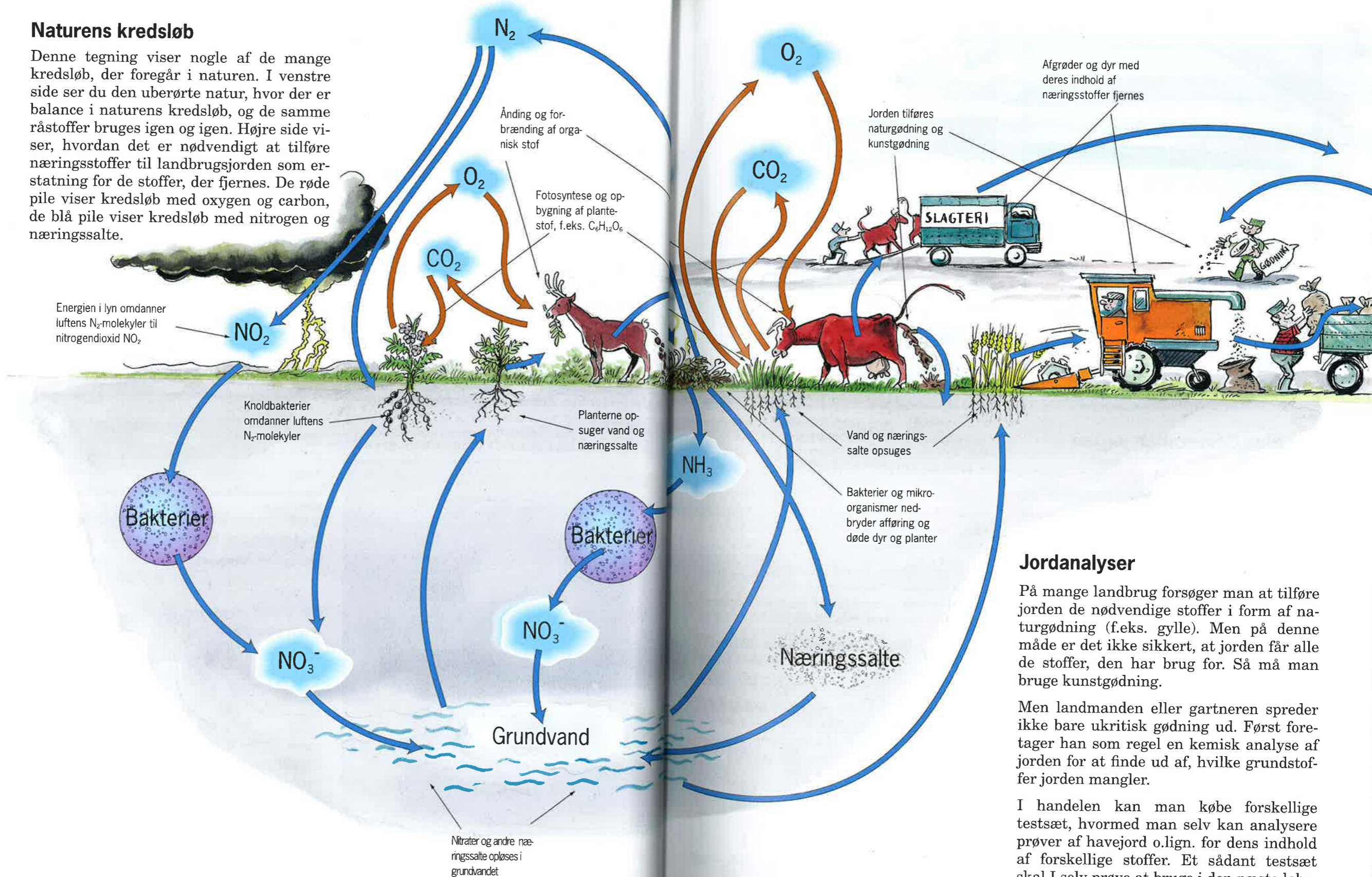
Skematisk oversigt over de 16 essentielle grundstoffer, som alle planter behøver. De vigtigste hovednæringsstoffer er skrevet på de nederste kraftige grene, mens mikronæringsstofferne er skrevet på de tynde grene længere oppe.

for fosfor kommer af det internationale navn phosphor.

En landmand og en gartner kan se på sine planter, om de er sunde. Hvis planternes grønne blade bliver blege og gullige, og planterne vokser langsomt, er det nok nitrogen N, de mangler. Mangel på kalium K giver tynde stængler, så planterne lettere knækker eller slås ned i kraftig blæst eller regnvejr. Er det fosfor P, de mangler, får kimplanterne en blå-rød farve, og frømodningen forsinkes. Generelt gælder, at planter, der ikke får nok N, P og K, bliver små og mere modtagelige for sygdomme. Derfor er det nødvendigt, at jorden får tilført de stoffer, der mangler.

Naturens kredsløb

Denne tegning viser nogle af de mange kredsløb, der foregår i naturen. I venstre side ser du den uberørte natur, hvor der er balance i naturens kredsløb, og de samme råstoffer bruges igen og igen. Højre side viser, hvordan det er nødvendigt at tilføre næringsstoffer til landbrugsjorden som erstatning for de stoffer, der fjernes. De røde pile viser kredsløb med oxygen og carbon, de blå pile viser kredsløb med nitrogen og næringsalte.



Jordanalyser

På mange landbrug forsøger man at tilføre jorden de nødvendige stoffer i form af naturgødning (f.eks. gylle). Men på denne måde er det ikke sikkert, at jorden får alle de stoffer, den har brug for. Så må man bruge kunstgødning.

Men landmanden eller gartneren spreder ikke bare ukritisk gødning ud. Først foretager han som regel en kemisk analyse af jorden for at finde ud af, hvilke grundstoffer jorden mangler.

I handelen kan man købe forskellige testsæt, hvormed man selv kan analysere prøver af havejord o.lign. for dens indhold af forskellige stoffer. Et sådant testsæt skal I selv prøve at bruge i den næste laboratorieopgave.

Laboratorieopgave 4

Vi undersøger nogle Jordtyper

I denne laboratorieopgave skal I undersøge forskellige jordprøver for at finde ud af, hvilke næringsstoffer de eventuelt mangler.



Hvordan tilfører man jorden gødning?

Hvis jorden mangler næringsstoffer, må man tilføre disse. På de fleste landbrug spreder man ko- og svinegødning ud på markerne. Gødningen indeholder mange næringsstoffer, men det er ikke sikkert, at jorden på denne måde får tilstrækkeligt af de stoffer, der er behov for. Så må man supplere med kunstgødning.

Ordet kunstgødning er i øvrigt et underligt ord, for kunstgødningen indeholder ikke stoffer, som vi har skabt. Stofferne findes i naturen. De udvindes og behandles, til de er i en form, som planterne har let ved at optage.



34



På kunstgødningen angiver de tre tal indholdet af henholdsvis N, P og K i gødningen. Der er altså 21% nitrogen, 3% fosfor, 10% kalium, og resten er andre stoffer, som f.eks. oxygen og hydrogen. Der er dog også tilsat små mængder af de såkaldte mikro-næringsstoffer.

I Danmark dækker svine- og kogødning næsten halvdelen af næringstilførslen til markerne. En ko leverer 12 ton fast gødning og 6 ton flydende gødning om året. Fast svinegødning indeholder kun 0,8% nitrogen N, 0,3% fosfor P og 0,4% kalium K. For kogødning er disse tal også lave. Der skal derfor køres meget svine- og kogødning ud på markerne.

Gødning indeholder ioner

Da jorden hyppigst mangler grundstofferne nitrogen N, fosfor P og kalium K, fremstiller man ofte gødning, som hovedsageligt indeholder disse tre grundstoffer. Gødningen kaldes NPK-gødning. De tre grundstoffer skal forekomme i kemiske forbindelser, der er letopløselige i vand, f.eks. i de salte, som er nævnt i det følgende.

Nitrogen skal f.eks. forekomme som nitrat-ioner NO_3^- eller ammonium-ioner NH_4^+ , for at planterne kan optage det.

Fosfor kan optages, når det indgår i salte af fosforsyren H_3PO_4 , mens kalium kan optages af planterne, blot det forekommer som kalium-ioner K^+ .

Du har tidligere lært, at et salt er en kemisk forbindelse af metal-ioner og syrerest-ioner.

Et salt er en kemisk forbindelse af metal-ioner og syrerest-ioner



Salte, som indeholder nitrat-ioner, hedder nitrater. De er salte af salpetersyre HNO_3 . I daglig tale kaldes nitrater ofte med en fællesbetegnelse for salpeter. Det er især de fire nedenfor nævnte nitrater, der anvendes som gødning.

Natrium-nitrat NaNO_3 indeholder ionerne Na^+ og NO_3^- . Det er den eneste type salpeter, der forekommer i større mængder i naturen. Man mener, at de store lag, som findes i det nordlige Chile, stammer fra søfuglegødning. NaNO_3 kaldes derfor også Chilesalpeter.

Calcium-nitrat $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ indeholder ionerne Ca^{++} og NO_3^- . Det blev først fremstillet i Norge ved hjælp af elektricitet fra de store vandkraftværker og kaldes derfor Norgesalpeter.

35

Kalium-nitrat KNO_3 , som indeholder ionerne K^+ og NO_3^- , kaldes almindeligvis blot salpeter. Det har haft stor historisk betydning, da det bruges ved fremstilling af krudt. Det var tidligere ret besværligt at fremskaffe kaliumnitrat. Men i dag fremstilles det i stor mængde og er derfor billigt. Ved at anvende KNO_3 som gødning tilfører man jorden både kalium og nitrogen.

Under Napoleonskrigene erobrede englænderne den danske flåde i 1807. Dengang fik Europa salpeter fra Ostindien, men den engelske flåde hindrede al skibstransport til Europa, så man ikke kunne få salpeter til krudt, og det var jo ikke så godt i en krigssituation. Man vidste imidlertid, at man kunne få salpeter ud af gødning. Når gødningen blev samlet i store bunker, omdannede bakterier gødningens nitrogen-forbindelser til nitrater. Den danske konge befalede derfor hestestutterierne ved Frederiksborg at grave jorden i hestestaldene op og sende den til krudtværket i Frederiksværk. Der kom dog ikke meget salpeter ud af det, og i resten af krigen var der knaphed på krudt i Danmark.



Naturgødning

Gylle er en blanding af urin og fast kø eller svinogødning. Det anvendes i landbruget som naturgødning. Gyllen opbevares som regel i store gylle-tanke, der kommer til at lugte stærkt af ammoniak.

I gyllen findes der nemlig mange nitrogenforbindelser, som af bakterier omdannes til ammoniak NH_3 . Når gyllen spredes på markerne, vil noget af ammoniakken opløses i vandet i jorden og danne ammonium-ioner NH_4^+ , som planterne kan optage. Herudover omdanner jordbakterier en del af ammoniakken til nitrater, som planterne også kan optage.

Det er vigtigt, at gyllen pløjes ned i jorden. Ellers vil en stor del af ammoniakken, som jo er en luftart, forsvinde op i luften og på denne måde gå tabt.

Ammonium-nitrat NH_4NO_3 indeholder ionerne NH_4^+ og NO_3^- . Ammonium-ionen NH_4^+ optræder her, som om den var en metal-ion, så derfor er ammonium-nitrat også et salt. Både ammonium-ionerne og nitrat-ionerne i denne gødning tilfører jorden nitrogen.



Ofte bruges ammoniak direkte som gødning. Ammoniakken spredes med en maskine, som samtidig fræser den ned i jorden. Hvis ammoniakken bare blev spredt ud over marken, ville den hurtigt fordampe og gå tabt for planterne.

Vi påviser ioner i gødning

Der findes mange forskellige typer af gødning i handelen, således at landmænd og havebrugere kan købe en gødning, der indeholder netop de næringsstoffer, som deres jord har brug for.

På gødningfabrikkernes laboratorier føres der kontrol med, at de fremstillede gødninger indeholder netop de stoffer, de skal.

I skolen kan vi på en enkel måde påvise forekomsten af en del af de ioner, der findes i gødning. Ved hjælp af syrerest-prøver kan vi således påvise forekomsten af syrerest-ioner, og ved hjælp af flammeprov er kan vi påvise forekomsten af metal-ioner.



Arbejde i et moderne analyse-laboratorium.

FÆLLESFORSØG

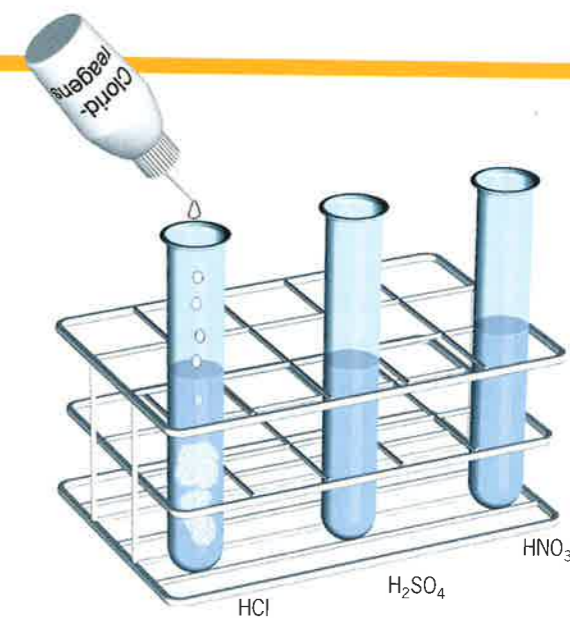
Påvisning af syrerest-ioner

Vi anbringer tre reagensglas i et reagensglas-stativ. I glas 1 hælder vi lidt saltsyre HCl , i glas 2 lidt svovlsyre H_2SO_4 og i glas 3 lidt salpetersyre HNO_3 .

Vi tilsætter et par dråber clorid-reagens (sølvnitrat-opløsning) til hvert glas og ser, at der dannes et hvidt bundfald i glas 1, som indeholder clorid-ioner Cl^- . I de andre glas sker der ingenting.

Vi anbringer igen tre rene reagensglas i et stativ og hælder lidt saltsyre i glas 1, svovlsyre i glas 2 og salpetersyre i glas 3.

Denne gang tilsætter vi et par dråber sulfat-reagens (bariumclorid-opløsning) til hvert glas og ser, at der kun dannes bundfald i glas 2, som indeholder sulfat-ioner SO_4^{2-} .



Vi hælder atter henholdsvis saltsyre, svovlsyre og salpetersyre i tre rene reagensglas.

Nu tilsætter vi et par dråber nitrat-reagens (nitron-opløsning) til hvert glas og ser, at der kun dannes bundfald i glas 3, som indeholder nitrat-ioner NO_3^- .

Vi har her en god metode til påvisning af de tre almindeligste syrerest-ioner.

Salte af fosforsyre H_3PO_4 er også vigtige i gødning. De kaldes fosfater og kan ligeledes påvises på en simpel måde.

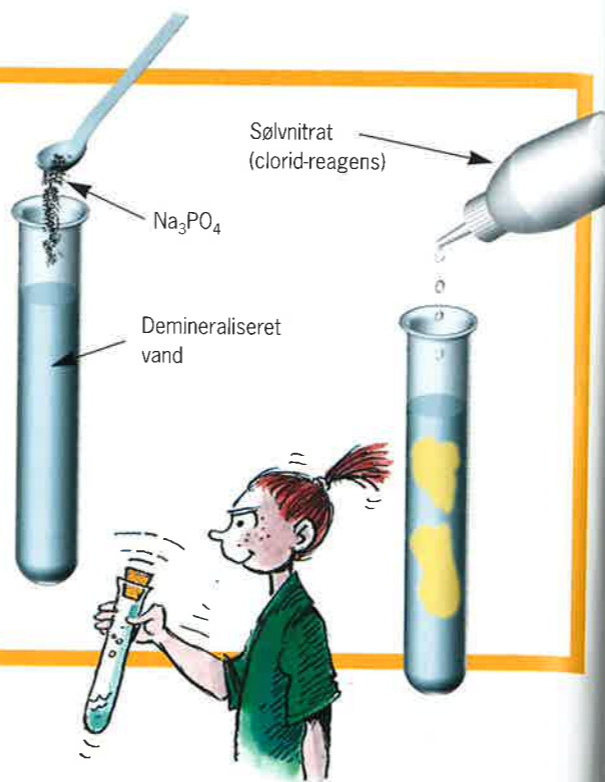
FÆLLESFORSØG

Påvisning af fosfat

Vi fylder et reagensglas næsten helt op med demineraliseret vand og tilsætter en teskefuld natriumfosfat Na_3PO_4 .

Vi sætter en prop i glasset og ryster det godt, indtil alt stoffet er opløst.

Vi tilsætter nu et par dråber sølvnitrat-opløsning (clorid-reagens, som vi også bruger til påvisning af clorider). Denne gang ser vi, at der dannes et gult bundfald.



En sådan reaktion, hvor et stof danner gult bundfald i en opløsning, kan vi bruge, når vi skal finde ud af, om der er fosfat-ioner til stede.

Andre ioner, som spiller en stor rolle i gødning, er forskellige metal-ioner, samt ammonium-ionen NH_4^+ .

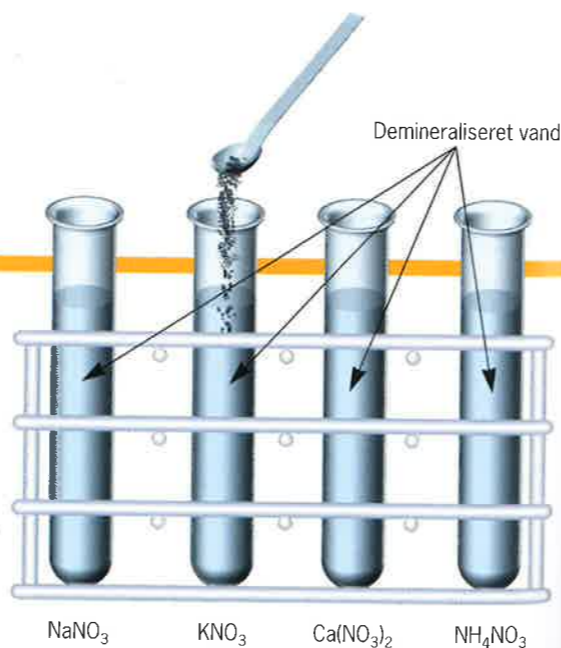
Vi vil nu se på, hvordan vi kan påvise disse ioner.

FÆLLESFORSØG

Påvisning af metal-ioner og ammonium-ioner

Vi anbringer fire reagensglas i et reagensglas-stativ og fylder alle fire glas næsten op med demineraliseret vand.

I glas 1 opløser vi en teskefuld natrium-nitrat NaNO_3 , i glas 2 en teskefuld kalium-nitrat KNO_3 , i glas 3 en teskefuld calcium-nitrat $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ og i glas 4 en teskefuld ammonium-nitrat NH_4NO_3 . Vi sætter prop i glassene og ryster dem godt, så stofferne opløses helt.



Vi holder nu den ene ende af en ca. 10 cm lang og 0,5 mm tyk kanthaltråd ind i en gasflamme, indtil tråden næsten ikke farver flammen mere.

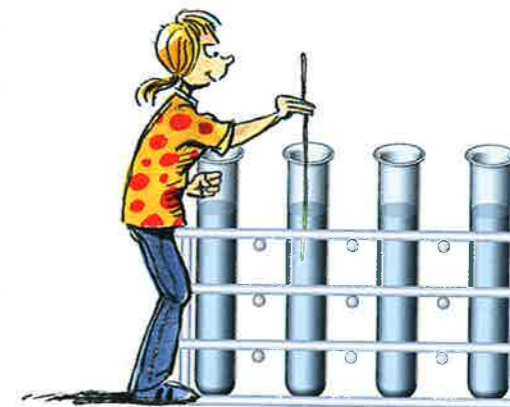
Derefter dypper vi tråden i glas 1 og holder den atter ind i flammen. Vi ser, at flammen farves kraftigt gul. Denne flammefarve er tegn på, at væsken i reagensglasset indeholder natrium-ioner Na^+ .

Vi gennemgløder en ny kanthaltråd, dypper den i glas 2 og holder den ind i flammen igen. Denne gang farves flammen lys lilla. Denne flammefarve er tegn på, at væsken i reagensglasset indeholder kalium-ioner K^+ .

En ny kanthaltråd gennemglødes, dyppes i glas 3 og holdes ind i flammen. Flammen farves nu kortvarigt orange-rød. Denne flammefarve er tegn på, at væsken i reagensglasset indeholder calcium-ioner Ca^{++} . Men flammefarven er vanskeligere at få øje på, da den kun ses i glimt.

Endelig gennemgløder vi en ny kanthaltråd, dypper den i glas 4 og holder den ind i flammen. Denne gang farves flammen ikke. Ammonium-ionen NH_4^+ fremkalder åbenbart ikke nogen speciel flammefarve.

NB! Alle fire glas med indhold skal bruges i næste fællesforsøg!



Vi ser, at flammepróven er god til påvisning af visse metal-ioner som Na^+ og K^+ .

Det kneb lidt med at påvise calcium-ionen Ca^{++} , og vi kunne slet ikke påvise ammonium-ionen NH_4^+ på denne måde.

Men de to sidstnævnte ioner kan vi med sikkerhed påvise på en anden måde, som vi skal se i det følgende forsøg.

FÆLLESFORSØG

Påvisning af Ca^{++} og NH_4^+

Vi skal bruge de fire glas fra forrige fællesforsøg. Men først hældes halvdel af indholdet i glas 1 (NaNO_3) og i glas 4 (NH_4NO_3) over i to andre reagensglas, som stilles lidt til side.

Vi tilsætter nu et par dråber natriumoxalat til hvert af de fire reagensglas. Vi ser, at der kun dannes bundfald i glas nr. 3, som indeholder calcium-nitrat.

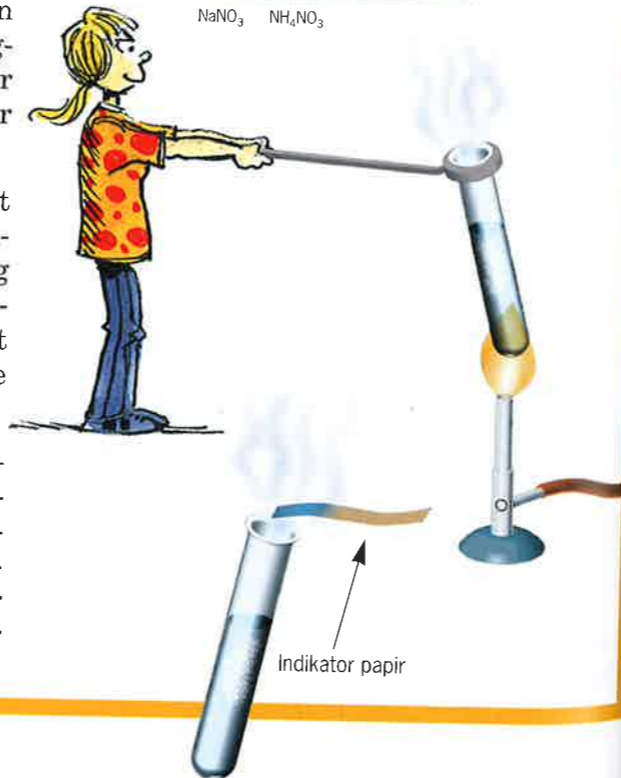
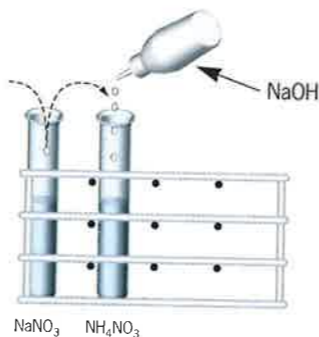
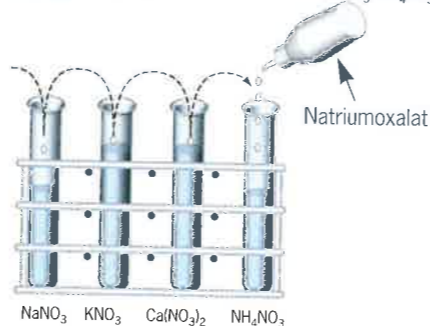
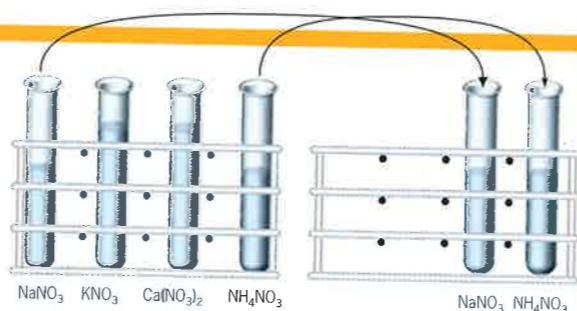
Det kan kun skyldes, at glas 3 indeholder calcium-ioner. Det gælder helt almindeligt, at hvis en væske giver bundfald, når vi tilsætter natriumoxalat, er det tegn på, at væsken indeholder Ca^{++} -ioner.

Vi foretager nu efter tur følgende prøve med de to glas, vi stillede til side:

Først tilsætter vi et par dråber natriumhydroxid NaOH . Derefter opvarmer vi reagensglasset forsigtigt over en gasflamme, til væsken næsten koger. Gasflammen fjernes, og vi lugter til dampene fra glasset og holder også et stykke fugtet indikatorpapir tæt ned over glassets munding.

Ved glasset med ammonium-nitrat NH_4NO_3 kan vi lugte, at dampene indeholder luftarten ammoniak NH_3 , og vi ser, at disse dampe farver indikatorpapiret mørkegrønt eller blåt. Det sker ikke i det andet glas, som ikke indeholder ammonium-ioner.

Kun hvis en væske indeholder ammonium-ioner NH_4^+ , vil der udvikles ammoniak NH_3 ved tilsætning af natriumhydroxid med påfølgende opvarmning. På denne måde kan man derfor altid afgøre, om en væske indeholder NH_4^+ -ioner.



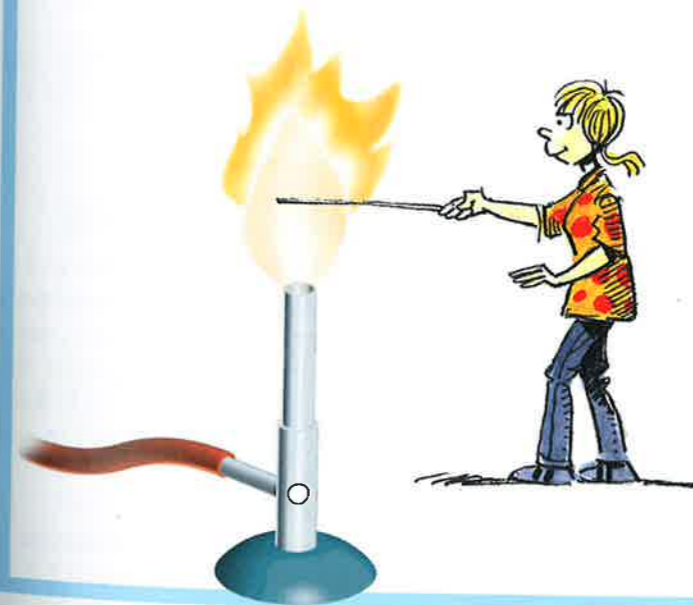
Vi har nu stiftet bekendtskab med nogle forskellige analyseprøver til påvisning af ioner.

Disse prøvemethoder får I brug for i den næste laboratorieopgave, hvor I skal undersøge gødning.

Laboratorieopgave 5

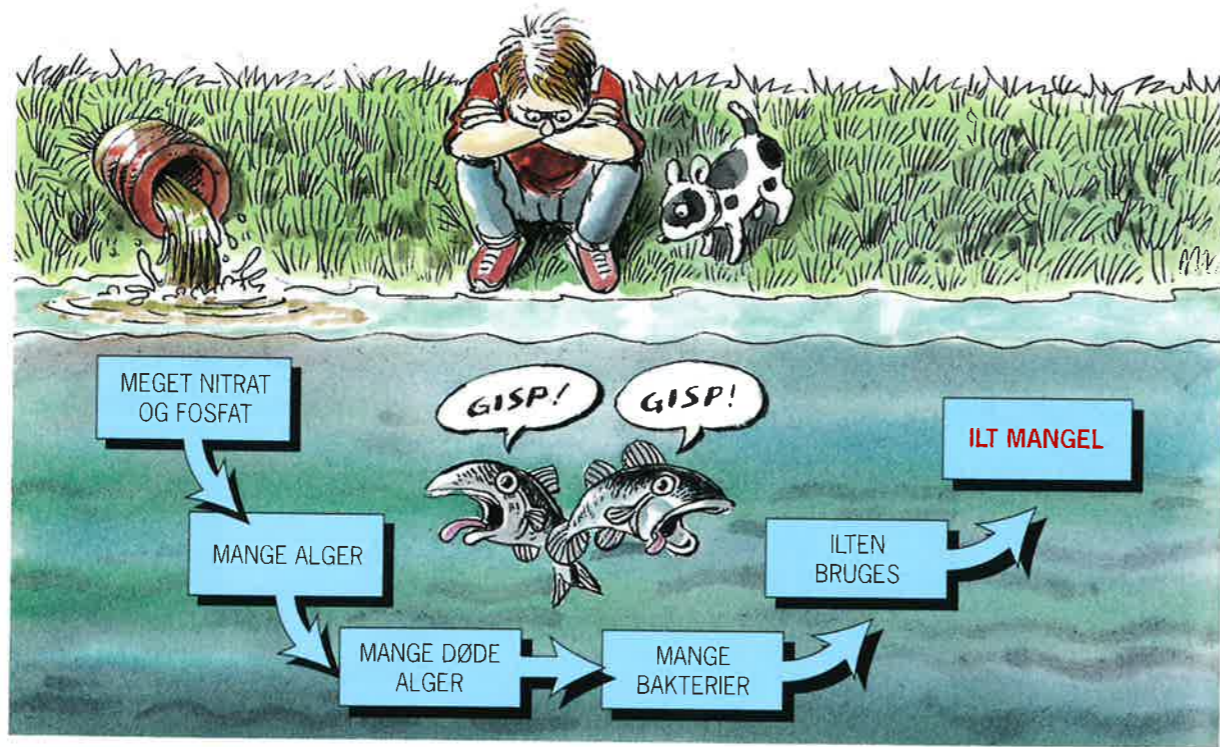
Vi undersøger nogle gødningstyper

I denne laboratorieopgave skal I ved hjælp af kemiske analyseprøver gå på detektivjagt efter forskellige ioner – dels i nogle hjemmelavede opløsninger, dels i nogle forskellige gødningstyper, som kan købes i handlen.



I laboratorieopgave 5 har du set eksempler på ioner, der kan tilføres jorden i form af gødning.

Det spiller naturligvis også en stor rolle, hvor mange ioner der tilføres. Tilfører man for få ioner, opnår man ikke et tilstrækkeligt udbytte, men det er heller ikke godt at tilføre for mange ioner. Det koster penge, og det kan være skadeligt for miljøet.



Nitrat-forurening

Nitrat-ioner NO_3^- er, som vi har set, uhyre vigtige for al plantevækst. Men i for store mængder er de en forurenings-kilde.

De fleste nitrater er nemlig meget letopløselige i vand. Det betyder på den ene side, at de let kan optages af planterne. Men på den anden side kan de også let udvaskes af regnvand og derved sive ned til grundvandet eller skylles ud i åer, søer eller havet.

Hvis der kommer for mange næringsstoffer ud i søerne eller havet – enten på grund af nedsivning fra marker og haver eller fra kloakkernes udledning af spildevand – vil det medføre forøget algevækst. Vandet bliver uklart, så sollyset ikke kan trænge så dybt ned som før.

Og når de mange alger dør og synker til bunds, vil de blive nedbrudt af bakterier. Bakterierne bruger af den ilt (oxygen), der er opløst i vandet, så mange fisk dør af mangel på ilt.

Det kan også være farligt for os, hvis der er for mange nitrat-ioner i vores drikkevand. Derfor holder man meget nøje kon-

trol med nitrat-forureningen både af grundvandet forskellige steder i landet og af søer og havet omkring os.

Måling af nitrat-koncentration

Til måling af koncentrationen af nitrat-ioner i drikkevand og i grundvand kan man anvende nogle nitratstrimler, som man skal dykke ned i den opløsning, man vil undersøge. Ved hjælp af en farveskala kan man så aflæse, hvor mange milligram nitrat pr. liter væsken indeholder.

Dåse med nitratstrimler. Det ses, at dåsen har to farveskalaer og strimlerne tilsvarende to felter. Den venstre skala, som svarer til strimlens yderste felt, viser koncentrationen af nitrat-ioner NO_3^- , mens den højre skala viser koncentrationen af nitrit-ioner NO_2^- .



FÆLLESFORSØG

Vi måler koncentrationen af nitrat i vand

Vi hælder 1 liter vand i et rent litermål.

Derefter tager vi en strimmel ud af dåsen med nitratstrimler (følsomhed: 0-500 mg/L) – og lukker hurtigt dåsen til igen.

Strimlen dyppes i vandet i litermålet i ca. 1 sekund. Derefter tages den op og holdes i hånden. Efter ca. 1 minut sammenlignes det yderste felt på strimlen med nitrat-farveskalaen på dåsen. Vi ser, at feltet ikke har skiftet farve. Koncentrationen af nitrat er 0 mg/liter.

(NB! Hvis feltet har skiftet farve, må forsøget laves om med demineraliseret vand – se lærervejledningen.)

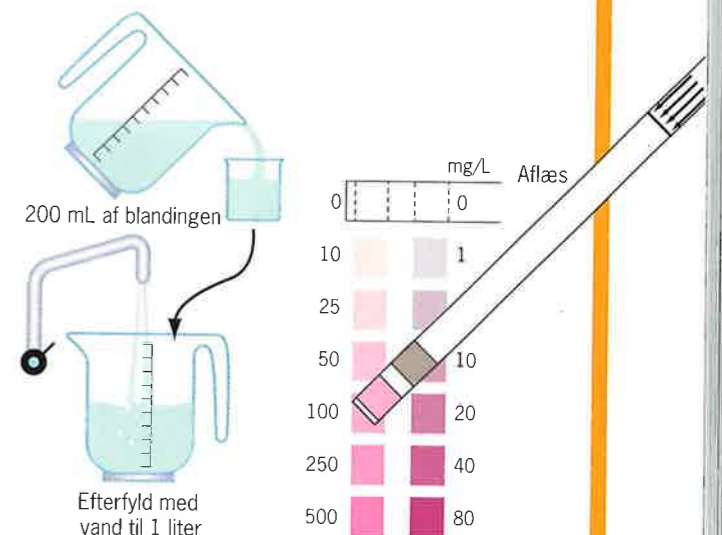
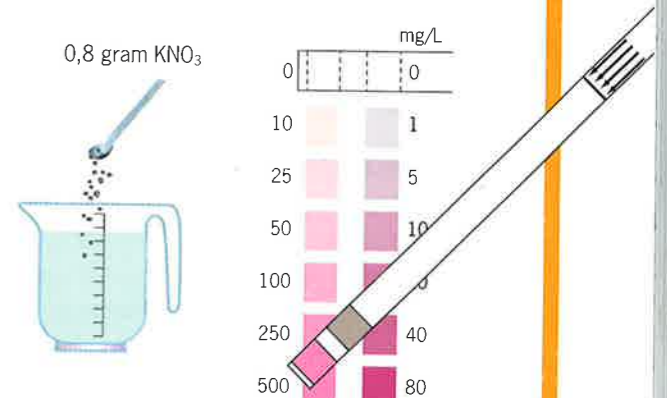
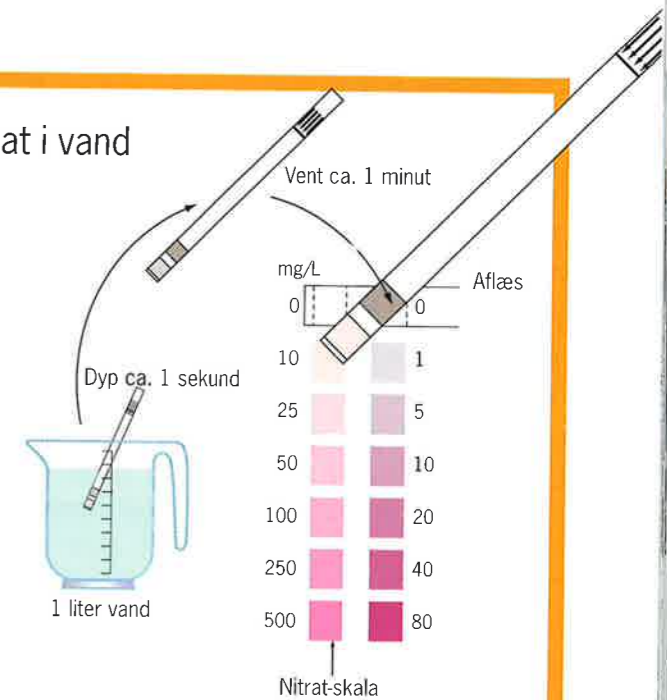
Vi afvejer nu 0,8 gram kaliumnitrat KNO_3 og hælder det i litermålet. Vi rører kraftigt rundt, til alt pulveret er opløst og jævnt fordelt.

Vi måler på samme måde som før nitrat-koncentrationen med en strimmel fra dåsen. Denne gang farves det yderste felt kraftigt rødt, og vi aflæser koncentrationen til ca. 500 mg/liter.

Vi hælder derefter 200 mL af vandet fra litermålet over i et bægerglas. Resten af litermålets indhold hældes væk, og litermålet skylles grundigt.

De 200 mL fra bægerglasset hældes nu tilbage i litermålet – og der efterfyldes med vand (om nødvendigt med demineraliseret vand), indtil der atter er 1 liter vand i litermålet. Derefter røres kraftigt rundt, til alt vandet er godt blandet.

Vi måler igen nitrat-koncentrationen med en strimmel fra dåsen. Denne gang farves det yderste felt svagere rødt, og vi aflæser koncentrationen til ca. 100 mg/liter.



Flydende gødning

I fællesforsøget formindskede vi koncentrationen af nitrat i en vandig opløsning. Da vi for eksempel fortyndede opløsningen 5 gange, målte vi en 5 gange så lille koncentration.

Til pottedplanter, haver og drivhuse kan man købe flydende gødning, som indeholder opløste næringsstoffer.

For at gødningen ikke skal fylde for meget, køber man den i koncentreret form. Man skal så selv blande den op med vand i et bestemt blandingsforhold, som står angivet på flasken eller dunken.

I den næste laboratorieopgave skal I undersøge en sådan flydende gødning ved hjælp af nitratstrimler.

Laboratorieopgave 6

Vi undersøger flydende gødning

I denne laboratorieopgave skal I blande flydende have- eller drivhusgødning med vand i forskellige blandingsforhold og måle koncentrationen af nitrat-ioner.

I skal også prøve at inddampe lidt af den flydende gødning for at se, hvor meget fast stof den indeholder.



44



Stueplantegødning er vand, hvori man har opløst de stoffer, som planterne behøver.

Jordens pH-værdi

Det er ikke blot koncentrationen af næringsstoffer, der skal være rigtig. Jorden skal også have den rigtige pH-værdi.

De fleste planter vokser bedst i jord, der har en pH-værdi omkring neutralpunktet, ofte lidt under, fra 6-7. Men mange danske marker og haver har en lavere pH-værdi. Jorden er da sur, og så risikerer man at få mos i græsplænen. Mosset vokser derimod ikke så godt i en basisk jord, hvor pH-værdien er større end 7. Mos kan derfor bekæmpes ved at hæve pH-værdien i jorden. Det gøres ved at kalke jorden, dvs. ved at strø noget kalk CaCO_3 ud over græsplænen.

De flotte rhododendronbuske, som mange haveejere gerne vil have, skal vokse i sur jord, så her skal man helst gøde med en kunstgødning, der er sur.



FÆLLESFORSØG

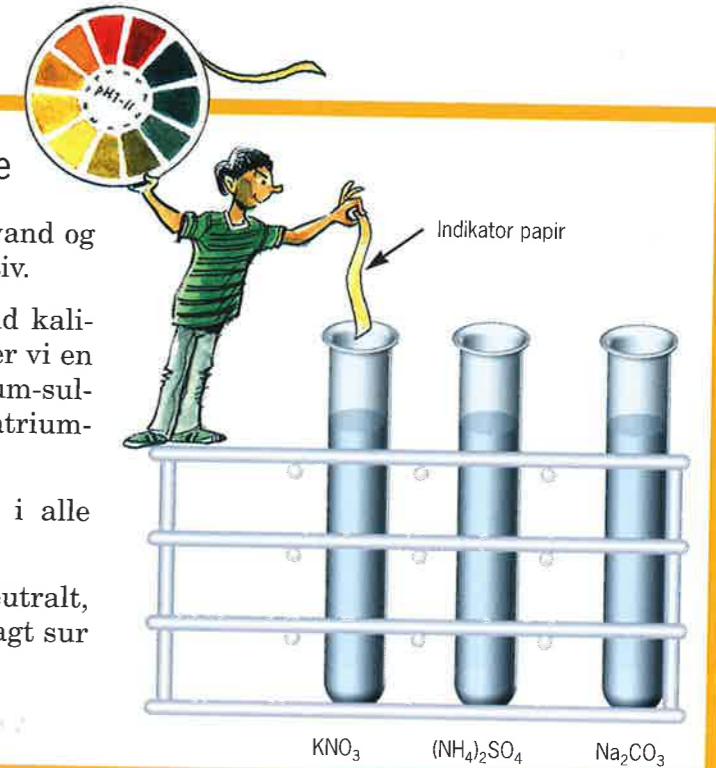
Sure og basiske salte

Vi fylder tre reagensglas med vand og stiller dem i et reagensglas-stativ.

I glas 1 opløser vi en spatelfuld kalium-nitrat KNO_3 . I glas 2 opløser vi en tilsvarende mængde ammonium-sulfat $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ og i glas 3 lidt natrium-carbonat Na_2CO_3 .

Derefter måler vi pH-værdien i alle tre glas med indikatorpapir.

Vi ser, at vandet i glas 1 er neutralt, mens opløsningen i glas 2 er svagt sur og opløsningen i glas 3 basisk.



Sure og basiske gødninger

I fællesforsøget så vi, at en gødning, der indeholder ammonium-sulfat $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, er sur, mens en gødning, der indeholder natrium-carbonat Na_2CO_3 , er basisk.

Ved at vælge den rette gødning kan en landmand derfor påvirke jordens pH-værdi i den retning, han ønsker.

For gartnere og landmænd er det vigtigt, at jorden har den pH-værdi, som giver det største udbytte af afgrøden. En gartner, der vil dyrke porrer, skal helst have en jord med pH-værdi på 7,6.



Produktion af kunstgødning er sværindustri

I Danmark har vi et meget stort gødningsfirma: Kemira Danmark. Firmaet har en stor fabrik i Fredericia. Kemira Danmark A/S er en del af et finsk firma, der også har gødningsfabrikker i mange andre europæiske lande. Herudover har vi ikke meget kemisk sværindustri, dvs. fabrikker, der fremstiller store mængder af kemikalier. Kemiras fabrik er en undtagelse. Her er der virkelig tale om sværindustri.

På den store fabrik i Fredericia fremstilles der 1,3 millioner ton kunstgødning om året. Fabrikken i Fredericia er en af de største og mest moderne i Europa med et personale på mere end 500 ansatte.

Gødningssalget er størst om foråret, for på denne årstid vokser planterne, og så skal de have „noget at spise“. Derfor afsendes der i højsæsonen hver dag op til 15 000 ton gødning. Det svarer til omkring 600 vognlæs om dagen.

45



Kemiras gødningsfabrik blev bygget i Fredericia, fordi Fredericia er et knudepunkt for både jernbane- og landevejstrafik, og fordi der er en dyb og isfri havn lige ved siden af. Det har stor betydning, da der kommer kolossale mængder råvarer (ca. 1 million ton om året) til fabrikken med skib, og der ligeledes afsendes store mængder færdig gødning med skib.

Halvdelen af gødningen anvendes i Danmark, mens resten eksporteres til mange forskellige steder i verden. Kemiras fabrik i Fredericia er Europas største producent af gødningstypen kaliumnitrat KNO_3 , og fabrikken er en af de største producenter i hele verden af denne type gødning.

Råvarer til fremstilling af kunstgødning

Til fremstilling af gødning med indhold af N, P og K, skal man bruge kemiske forbindelser, der indeholder nitrogen, fosfor og kalium.

I gødningsbranchen kalder man kaliumforbindelserne for kali. De består for det meste af kaliumchlorid KCl . Kaliumchlorid er dannet ved aflejringer i havvand for mange tusinde år siden.

Kali importeres fra Europa og Nordamerika, hvor det graves op af jorden. Kalien kommer til Fredericia med tog og med skib.

Fosfat-forbindelserne kommer fra råfosfat, som er et mineral, der nogle steder kan graves ud af jorden. Ligesom kali-forbin-

delseerne er fosfat-forbindelser tidligere havaflejringer og består af rester af forstenede dyr. Fabrikken får råfosfat fra USA og Marokko.

Nitrogen-forbindelser dannes ud fra luftarten ammoniak NH_3 , som fabrikken importerer fra en ammoniakfabrik i Tyskland. Hvordan man fremstiller ammoniak, kan du læse om i kapitel 2.

Det meste kaliumnitrat anvendes af gartnerier til bl.a. drypvandingsanlæg i drivhuse. Her vandes hver enkelt plante dråbevis fra en lille plastslange. Kunstgødningen opløses i vandet, og herved kan man styre helt præcist, hvor meget vand og gødning hver enkelt plante får.



Først syre – så gødning

På virksomheden Kemira i Fredericia fremstiller man først og fremmest kunstgødning. Men for at kunne gøre det må man først fremstille forskellige syrer. Derfor består fabrikken i Fredericia af flere forskellige afdelinger, der fremstiller henholdsvis svovlsyre H_2SO_4 , salpetersyre HNO_3 og fosforsyre H_3PO_4 .

Svovlsyre – verdens vigtigste kemikalie

Svovlsyre H_2SO_4 er det kemikalie, der produceres mest af i verden, for svovlsyre anvendes som råvare i mange forskellige kemiske industri-virksomheder.

I Danmark fremstilles der kun svovlsyre i store mængder på Kemiras fabrik i Fredericia. En hel del svovlsyre sælges, men den største mængde svovlsyre bruger fabrikken selv til fremstilling af fosforsyre og bestemte typer gødning, der bl.a. indeholder fosfor.

Fabrikken køber svovl S, som bruges til fremstillingen af svovlsyre. Der findes store svovlforekomster i jorden, men i dag får man også meget svovl fra olieraffinaderierne, hvor man fjerner det svovl, der findes i råolien.

Fremstilling af salpetersyre

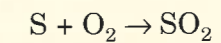
Rundt om i verden bruges der store mængder salpetersyre til fremstilling af kunstgødning og sprængstoffer, som for eksempel trotyl og nitroglycerin.

I Danmark produceres der kun salpetersyre på Kemira i Fredericia. Salpetersyren herfra bruges først og fremmest til fremstilling af kunstgødning, der indeholder nitrogen i form af nitrat-ioner NO_3^- .

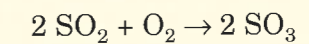
Til fremstilling af salpetersyre HNO_3 bruger man luftarten ammoniak NH_3 , som fremstilles på en ammoniakfabrik i Tyskland.

Således fremstilles svovlsyre H_2SO_4 :

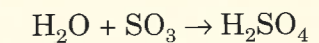
1. Råstoffet er rent svovl, der brændes til luftarten svovldioxid SO_2 :



2. Svovldioxid blandes med luft og ledes hen over en katalysator, hvor der på overfladen af katalysatoren sker en reaktion mellem svovldioxid og oxygen, så der dannes det faste stof svovltrioxid SO_3 :

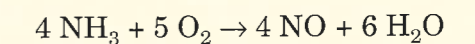


3. Når svovltrioxid reagerer med vand, dannes der svovlsyre:

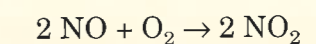


Således fremstilles salpetersyre HNO_3 :

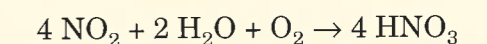
1. Råstoffet er ammoniak, som blandes med luft. Luftblandingen varmes op til næsten tusind grader, og ledes gennem et fintmasket platinnet, der virker som katalysator. På platinoverfladen sker en forbrænding af ammoniakken til luftarten nitrogenoxid NO og vanddamp H_2O :



2. Nitrogenoxid reagerer videre med oxygen til luftarten nitrogendioxid NO_2 :



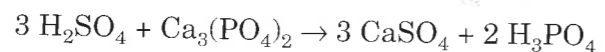
3. Denne luftart reagerer med vand og mere oxygen, så der dannes salpetersyre HNO_3 :



Den færdige gødning

De råstoffer, som Kemira køber, indeholder nitrogen, fosfor og kalium, men disse grundstoffer forekommer i kemiske forbindelser, som ikke er ideelle for planterne. For eksempel er fosfor i råfosfat bundet i forbindelsen calciumfosfat $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, men dette salt er tungtopløseligt i vand, så planterne ikke kan optage det gennem rødderne.

På Kemiras fabrik hælder man den fremstillede svovlsyre over calciumfosfaten, der herved omdannes til fosforsyre H_3PO_4 :



Fosforsyren kan man nu bruge til at fremstille let opløselige fosforsalte som for eksempel saltet calcium-dihydrogenfosfat $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$. Dette fosforholdige salt opløses let i vand, så planterne kan optage det.

Kemira fremstiller forskellige slags gødning med forskelligt indhold af N, P og K. Gødnings-opløsningerne sprøjtes ind i en roterende varm tromle, hvor vandet fordamper. Herved danner gødningen små korn, som skal strøs ud over jorden, så regnvandet kan opløse dem.

Forurening fra Kemiras fabrik i Fredericia

Kemiras fabrik ligger tæt ved byen, og derfor er man særlig opmærksom på luftforurening og spildevandsudledningen til Lillebælt, og man er også opmærksom på risikoen for uheld med den oplagrede ammoniak. Der er investeret mange hundrede millioner kroner for at begrænse forureningen.



Laboratorieopgave 7

Vi fremstiller NPK-gødning til potteplanter

I denne laboratorieopgave skal I selv fremstille noget gødning, som I enten kan tage med hjem til jeres potteplanter – eller eventuelt bruge til dyrkningsforsøg på skolen.



Der er dog er ikke kun ulemper ved at have denne store fabrik tæt ved byen. Ved produktionen af svovlsyre og salpetersyre dannes der så meget varme, at man på fabrikken ikke blot kan fremstille den elektriske strøm, man selv skal bruge, men også kan forsyne en stor del af Fredericia med fjernvarme.

Hvad har du lært?

Du kan nu løse de teori-opgaver, som står i arbejdshæftet under overskriften „Hvad har du lært i kapitel 3?“

Gødningskornene opløses af regnvandet og siver med ned til planternes rødder.

4 Mørtel og cement - byggeriets grundpille



For 100 millioner år siden var dette havbund.
I dag udnytter vi de aflejringer, som blev dannet dengang.