

# Alkohol-Ethanol

## Alkohol - kendt fra hverdagen

Til daglig kan du ikke undgå at høre om alkohol. Øl, vin og spiritus indeholder således den kemiske forbindelse alkohol. Kemikerne kalder den for ethanol. Mange har på deres egen krop erfaret, hvordan indtagelse af ethanol kan gøre dem opstemte og også ændre evnen til at kontrollere sig selv.

Men ethanol bruges til mange andre ting end at drikke.

Ren ethanol kan således opløse adskillige stoffer, som er uopløselige i vand. Derfor benyttes ethanol under navnet sprit til at fjerne urenheder på tøj og hud. Ethanols gode opløsende egenskaber udnyttes ved fremstilling af mange maling- og lakprodukter.

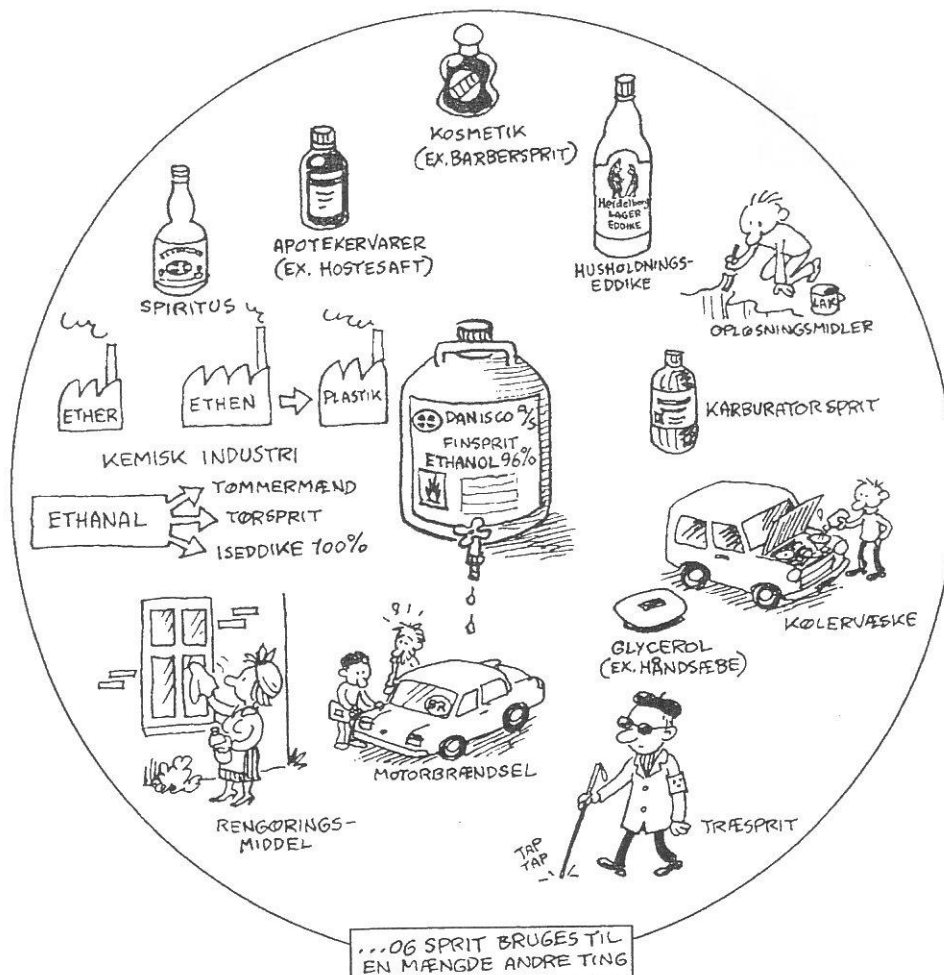
Ethanol kan også anvendes som brændstof. I en del lande, bl.a. Brasilien udnytter mange biler således ethanol som supplement til benzin.

Ethanol bruges som råstof for fremstilling af en række nyttige kemiske forbindelser, som man kan møde i hverdagen eller i den kemiske industri. Det gælder f.eks. ether (æter), eddike og duftstoffer.

Måske bliver ethanol fremtidens afløser for olie. Ikke kun som brændstof, men også som råstof for fremstilling af bl.a. plastic, lægemidler og sprængstoffer.

Fællesbetegnelsen alkoholer anvendes om alle stoffer, som i deres molekylbygning ligner ethanol. Nogle af disse andre alkoholer findes f.eks. i vin, i kølervæske, karburatorsprit eller i cremer.

Disse ting belyses ved hjælp af teori, forsøg og opgaver i dette kompendium.



## Forsøg. Fremstilling af alkohol (alkoholgæring)

Materialer:

- Sukker (melis)
- ½ tablet ølgær fra Matas
- Bagegær
- Kalkvand  $\text{Ca}(\text{OH})_2$
- Kolbe + prop m. hul
- Glasrør + slanger
- Reagensglas

Gæring:

- Afvej omhyggeligt netop 25,0 g almindeligt sukker (melis). Hæld uden at spilde det hele ned i en kolbe. Den skal anvendes ved den senere destillation. Tilsæt 0,5 g gærnærings-salt eller ½ tablet ølgær fra Matas.
- Tilsæt 200 ml vand (kolben må herefter højst være ca. 1/2 fyldt). Omrør eller omryst indtil alt sukker er opløst.
- Tilsæt 10 g bagegær (kan erstattes af 2,5 g tørgær). Omrør eller omryst indtil gæren er fint og ensartet fordelt.
- Forbind kolben via prop, slange og et glasrør neddyppet i et reagensglas, der er ca. 1/4 fyldt med kalkvand.
- Lad opstillingen stå lunt ved ca. 30° C (i solen) til næste dag eller længere. Tilsæt derefter uden at spilde yderligere præcis 25,0 g sukker.

### Påvisning af carbondioxid:

Hvad kan ses i reagensglasset med kalkvandet, når der kommer bobler igennem?

---

---

---



Lad blandingen stå lunt ved ca. 30°C i yderligere mindst 5-6 dage.

Gæringsprocesserne i forsøget forløber bedst ved 30-35° C. Ved stuetemperatur går gæringen langsommere, i praksis kan der ved gæring af sukker højst opnås en alkoholprocent på 12-14 %. Større alkoholkoncentration slår nemlig gærsvampene ihjel; gæren dræber sig selv! Den bakterie og svampedræbende virkning af ethanol udnyttes i dagligdagen, når genstande desinficeres med sprit.

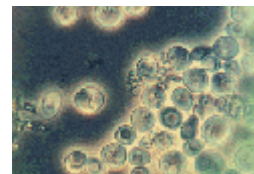
Det har også vist sig, at gærsvampe ikke kan overleve, hvis sukkerkoncentrationen er for høj. Sukker i stor koncentration, f.eks. i syltetøj, virker derfor både som sødemiddel og som konserveringsmiddel.

## Gær

Hvad er gær? Gær er små levende organismer – gærsvampe. En enkelt gærsvamp består af én celle, som er så lille, at man ikke kan se den med det blotte øje. Gærceller forekommer enkeltvis eller i kæder. Der findes mange forskellige gærarter.

Gærcellerne er nærmest kugleformede eller ægformede. De måler omkring 0,005 - 0,01 millimeter (5-10 my) i størrelse

Hvis man udsætter en gærcelle for fugt, næring og en passende temperatur, kan man få den til at formere sig. Gær formerer sig ved knopskydning. Knopskydning vil sige, at gærcellen skyder en ny gærcelle ud fra sin egen celle, som får udseende og størrelse som modercellen. Gær kan altså reproducere sig selv igen og igen, hvis den får de rette betingelser.



## Bagegær

Produktion af bagegær, altså formering af gærsvampe, kræver andre reaktionsbetingelser end ved alkoholfremstillingen.

Ved gærfermentering er det nødvendigt hele tiden at tilføre gæren oxygen (ilt, luft). Samtidig må gæren ikke overfodres. Sukker bruges som foder for gæren, som bedst formerer sig ved 30-32°C. I praksis må sukkerkoncentrationen i vækstperioden på intet tidspunkt blive mere end ca. 0,5 %. Derfor tilsættes sukkeret langsomt og i takt med, at det fordøjes af gæren.

Gærsvampe formerer sig ved knopskydning, og mængden af gærsvampe fordobles ca. hver fjerde time. I et mikroskop, som kan forstørre 600-1000 gange, har man mulighed for at iagttage, at gær formerer sig ved knopskydning.

På spritfabrikernes virksomhed i Grenå foregår både en produktion af ethanol og af bagegær. Som en sidegevinst: ved ethanolfermenteringen fås carbondioxid, der opsamles og sælges under betegnelsen kulsyre.

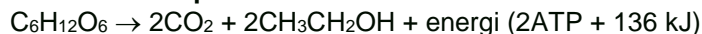
Produktion af alkohol og bagegær ud fra det samme råmateriale er et eksempel på, hvordan man ved at ændre reaktionsbetingelserne kan få en reaktion til at forløbe i en ønsket retning.

## Gæringsprocessen

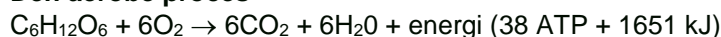
Gærceller skaffer sig energi ved at nedbryde monosaccharider eller disaccharider. Cellerne kan ved en respiration, som er en aerob proces, skaffe sig megen energi.

Ved alkoholgæringen, som er en anaerob proces, danner gærcellerne alkohol som affaldsstof.

### Den anaerobe proces



### Den aerobe proces



## Dyrkning af gær til ølproduktion

På grund af gærens egenskab til at reproducere sig selv, kan man blive ved med at opformere samme gærart til en såkaldt renkultur, og dermed få et ensartet produkt hver gang. Renkulturer af gær til ølproduktion bliver opdyrket i laboratorier. Man fremstiller også renkulturer af gær til f.eks. bagerigær og vingær. På bryggerierne betragter man alle andre gærtyper end ølgær som vildgær.

## Et par gærtyper til brygning af øl

Grundlæggende skelner man mellem to ølgærtyper: overgær og undergær.

### Overgær

- Som navnet antyder, stiger overgær op til overfladen under gæringen sammen med kuldioxidbobler og danner et tykt gærslag på øllets overflade. Gærslaget skummes væk, og gæren samles op og genbruges.
- Gæringen foregår ved 18 – 25 grader.
- Under gæringsprocessen er det ikke al maltens sukker, der omdannes til alkohol og kulsyre. Resultatet bliver en mere fyldig og sød øl.

- Overgæren giver sammen med den høje gæringstemperatur masser af aroma i øllet, bl.a. bliver øllet frugtagtigt og aromatisk.

Ved siden af ses noget overgær i et mikroskop. Overgær fremtræder som lange kæder.



### Undergær

- Undergær synker til bunds under gæringen og danner et mere eller mindre fast lag på gærkarrets bund. Gæren kan samles op og genbruges.
- Gæringen foregår ved 10 til 16 grader C.
- Under gæringen omdannes næsten al maltens sukker til alkohol og kulsyre. Det betyder, at øllet bliver mindre fyldigt og får et mere rent, neutralt og ofte vinøst smagsbillede.
- Undergær giver ofte mindre kraftig aroma. Det afhænger dog af, hvilken undergær der anvendes.

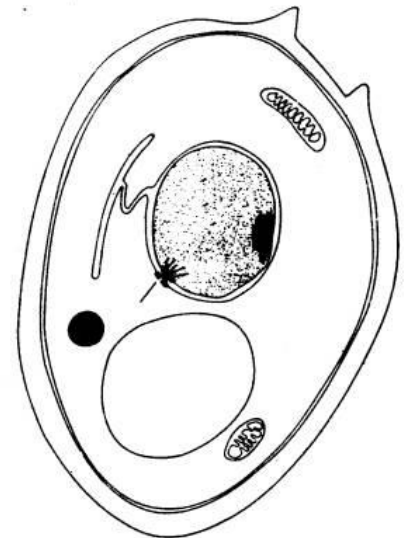
Ved siden af ses noget undergær i et mikroskop. Undergær fremtræder som enkelte celler.

Hvert bryggeri har som regel sine egne gærkulturer, som er unikke for bryggeriet, og som giver det enkelte bryggeris øl sine karakteristika.



### Gærcellers opbygning

En svampecelle er eucaryot, hvilket betyder, at cellen indeholder en cellekerne med arvematerialet DNA omgivet af en membran. I cytoplasma findes forskellige organeller, hvor vi her især beskæftiger os med mitochondrier og ribosomer. Uden på cellemembranen er en ret kraftig cellevæg.



### Gærcellers vækst

Gærceller deler sig ved mitoser, hvor en celle bliver til 2 celler med samme kromosomtallet som den oprindelige celle, og ved meioser, hvor der dannes 4 celler med det halve kromosomtallet som den oprindelige celle. Det er dels genetisk bestemt om en art gør det ene eller det andet, med det kan også afhænge af næringsforholdene. Når der er mangel på næring vil meioserne forekomme oftere. *Saccharomyces cerevisiae*, den almindelige bagegær optaget af et elektronmikroskop. Man kan se de små ar, som dannes når cellen har delt sig.

## Forsøg. Destillation af alkohol

Formålet er at bestemme den koncentration af alkohol der er dannet ved gæringen

Materialer:

- Gæringsproduktet (fra forrige forsøg)
- Termometer 0-100°C
- Reagensglas
- Bægerglas
- Pimpsten (så meget du kan holde mellem 3 fingre)
- Opstilling som vist på tegningen ved siden af.

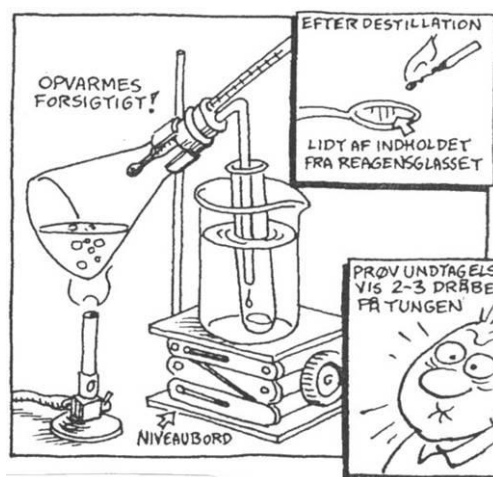
Forsøgsang:

Hæld gæringsproduktet over i en anden konisk kolbe. Der må ikke komme "grums" med, da det vil skumme når det bliver varmet op.

Kom pimpsten i bægerglasset. Sæt prop, glasrør og termometer på den koniske kolbe (termometeret skal ca. 3 cm længere ned i kolben end glasrøret. Hvorfor?)

Opvarm blandingen langsomt. Når der kommer damp ledes det over i reagensglasset. Temperaturen holdes så der lige præcis damper noget over i reagensglasset – hvorefter det fortættes. Når temperaturen kommer over 90° standses destillationen.

Smag undtagelsesvis på destillatet ved at fugte en finger. Hvordan smager produktet?



---

---

Ved en professionel destillation kan man ikke komme højere op end 96 vol. %. Hvorfor mon?

---

---

Husk at en "god" destillation forgår langsomt!

Destillatet er næsten ren ethanol, indeholdende lidt vand. Arbejdsprocesserne, som er gennemført i forsøget er i meget lille målestok og forenklet udgave en kopi af det, der foregår på Danisco Distillers. Ved selv den omhyggeligste destillation af en fortyndet ethanol/vand-blanding kan ethanolkoncentrationen aldrig blive højere end 96 %.

## Påvisning af ethanol i vin og øl

I en ståkolbe (500 ml) hælder vi 150-200 ml vin og lukker kolben med en gummiprop, hvori der er anbragt et glasrør. ca. 75 cm langt. Til stabilisering af denne opstilling sættes kolben på en stativring med asbesttrådnet og spændes fast i et stativ som vist på figuren.

Hvis vi opvarmer kolben til kogning, kan vi ved enden af glasrøret tænde en blegblå, næsten usynlig flamme. Dampen, der er kommet ud af røret er altså brændbar, selv om vinen ikke selv er brændbar.

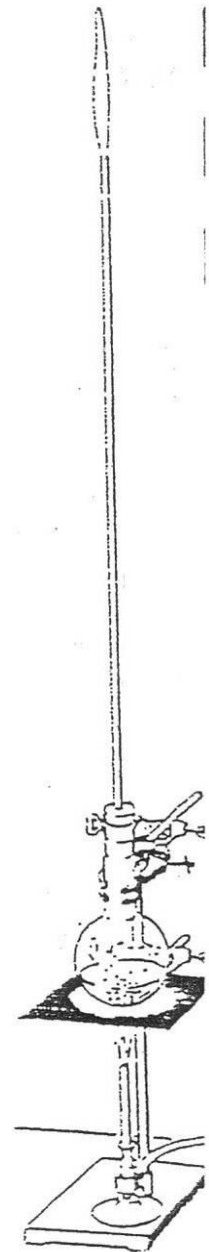
- Prøv at udføre forsøget som er forklaret i teksten ovenfor. Prøv også at forklar hvad det er der sker. Forklaringen står også her nedenfor, men prøv nu selv først. Opstillingen er vist på tegningen her på siden.

## Hvordan forklarer vi forklare det?

Vin koger mellem 90° og 100° C. De dampe, der udvikles, er en blanding af alkohol og vand. Når dampene stiger op i glasrøret, fortætter en stor del af vandindholdet sig på de kolde glasvægge og drypper tilbage i kolben. Da alkohol har lavere kogepunkt end vand, skal alkoholindholdet i dampene afkøles mere end vandindholdet for at fortætte, og afkølingen i glasrøret er ikke tilstrækkelig til at bringe temperaturen så langt ned. Derfor har de dampe, der strømmer ud af røret, et stort alkoholindhold og et lille vandindhold, og derfor er de brændbare.

Dermed har vi påvist, at vin indeholder alkohol. Alkoholindholdet er gennemsnitligt 8-10 %.

Med den samme forsøgsopstilling kan vi også påvise alkohol i øl, men vi skal passe på at opvarme langsomt for at undgå en for kraftig skumdannelse. (Vi kan tilsætte en spatelfuld tannin til dæmpelse af skumdannelsen). Også her kan dampene antændes ved enden af glasrøret, men flammen brænder ikke så længe som ved vinen, da øllets alkoholindhold er mindre end vinens. Flammen slukkes, når dampenes vandindhold stiger.

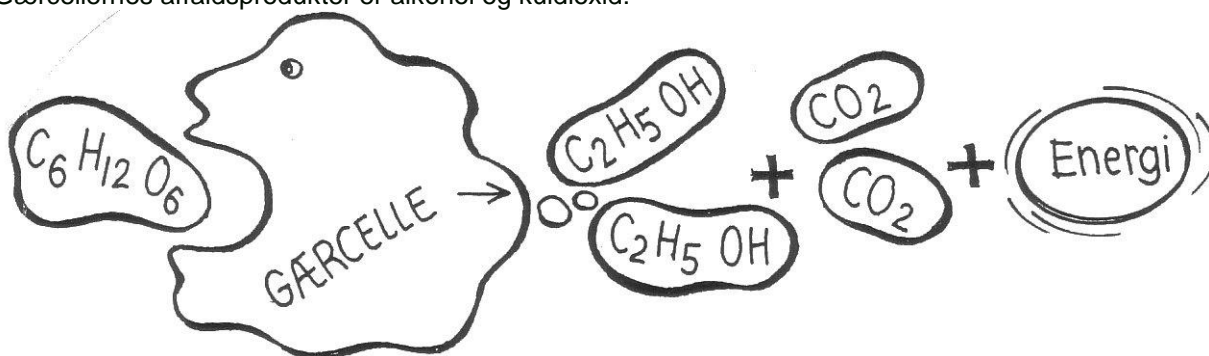




## Dannelse af alkohol ved gæring.

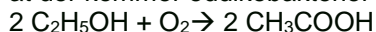
Kommer vi gærceller i sukkeropløsning, vil gærcellerne begynde at "spise" sukkeret. På den måde får de energi til at leve og formere sig.

Gærcellernes affaldsprodukter er alkohol og kuldioxid:



Når alkohol-koncentrationen når op på omkring 10-12 %, vil gæringsprocessen stoppe, fordi alkoholen virker som gift på gærcellerne.

Ved gæringsprocessen skal man sørge for, at luften ikke har fri adgang til opløsningen. Man risikerer da, at der kommer eddikebakterier ned i opløsningen, og disse bakterier vil omdanne alkoholen til eddikesyre:



Det er derfor vin ikke kan holde sig, når flasken først er åbnet. Efter et par dage vil vinen være sur. Der er dannet eddikesyre i form af vineddike.

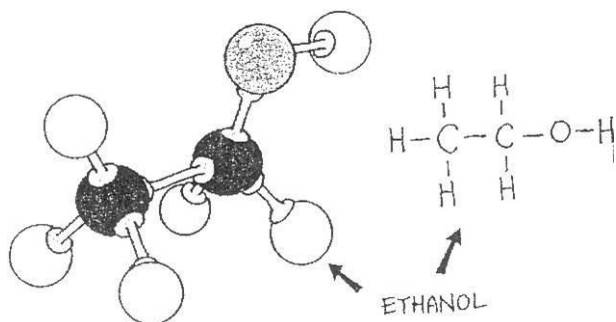
## Ethanol - en kemisk forbindelse

### Modeller, formler og kemiske bindinger

Kemikerne har fundet ud af, at et ethanolmolekyle består af 2 C-atomer, 6 H-atomer og 1 O-atom (C = carbonatom, H = hydrogenatom; O = oxygenatom). Derfor er den kemiske formel for ethanol  $C_2H_6O$ . Man kalder den for sumformlen eller molekylformlen. Opbygningen af et ethanolmolekyle er, som molekylmodellen viser.

Den tilsvarende stregformel viser præcist, i hvilken rækkefølge de forskellige atomer indgår i ethanolmolekylet. Stregformlen er let at opskrive, bare man husker, at der skal udgå 4 bindinger fra et C-atom, 2 bindinger fra et O-atom og 1 binding fra et H-atom. Reglerne kan også bruges, hvis man vil konstruere stregformler for andre organiske forbindelser.

Følges disse byggeregler, så har det vist sig, at der normalt også eksisterer et stof, hvis molekyl-opbygning svarer til den konstruerede model. Man har derfor mulighed for at være sin egen molekylarkitekt og bygge molekyler bestående af få eller mange atomer.



### Molekylmodeller

Benyt et molekylbyggesæt. Prøv om 2 C'er, 6 H'er og ét O kan samles i en anden rækkefølge end den, der ses i modellen af ethanolmolekylet. Der må ikke være nogen ledige huller eller strittende pinde. Prøv derefter at tegne en stregformel af det byggede molekyle.

## Organiske forbindelser

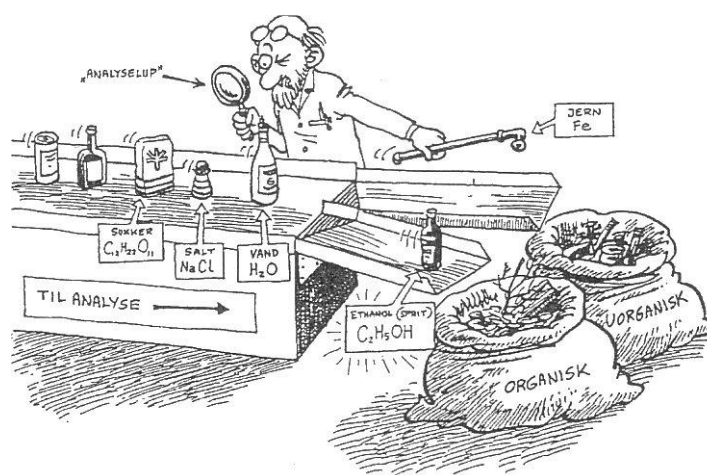
Alle kemiske forbindelser, i hvis molekyler der indgår carbonatomer, kaldes for organiske. De eneste vigtige undtagelser er  $\text{CO}_2$  og  $\text{CO}$ . Der kendes ca. 8 millioner forskellige organiske kemiske forbindelser! Ethanol er bare én af disse.

Af uorganiske forbindelser, altså kemiske forbindelser dannet ud fra to eller flere af de andre grundstoffer i det periodiske system, kendes kun ca. 1 million.

Formlen for ethanol skrives undertiden som  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$  eller  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ , men det er en lidt upræcis formelskrivning. Kemikerne har nemlig opdaget, at atomernes rækkefølge i et molekyle

har betydning for dets egenskaber. Derfor er det en fordel i den organiske kemi at bruge stregformler. Så kan man lettere gennemskue, hvilken kemisk forbindelse en formel repræsenterer.

Kan man eksempelvis ud fra en bestemt molekylformel opskrive to helt forskellige stregformler, betyder det i praksis, at der eksisterer to helt forskellige kemiske forbindelser!



## Slægten –ol

Hvis man erstatter et eller flere af H-atomerne i en kulbrinte med hydroxy-gruppen OH, får man nogle stoffer hvis navne ender på **ol**. De har egenskaber fælles med både vand og kulbrinter. Det gør "olerne" til meget anvendelige opløsningsmidler.

## Alkoholer

De simpleste alkoholer kan afledes af alkaner som metan, ethan, propan osv.

Alkoholer findes i naturen som aromastoffer, farvestoffer og biologisk vigtige stoffer. F.eks. er kolesterol,  $\text{C}_{27}\text{H}_{45}\text{OH}$ , en alkohol. Alkoholer med mange C-atomer er faste stoffer.

alm. formel	konstitutionsformel	navn	hverdagsnavne
$\text{CH}_3\text{OH}$	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{H} \end{array}$	methanol	methylalkohol træsprit
$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	$\begin{array}{c} \text{H} \ \text{H} \\   \ \   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{OH} \\   \ \   \\ \text{H} \ \ \text{H} \end{array}$	ethanol	ethylalkohol alkohol alm. sprit vinånd m.fl.
$\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$	$\begin{array}{c} \text{H} \ \text{H} \ \text{H} \\   \ \   \ \   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{OH} \\   \ \   \ \   \\ \text{H} \ \ \text{H} \ \ \text{H} \end{array}$	propanol	propylalkohol
$\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$	$\begin{array}{c} \text{H} \ \text{H} \ \text{H} \ \text{H} \\   \ \   \ \   \ \   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{OH} \\   \ \   \ \   \ \   \\ \text{H} \ \ \text{H} \ \ \text{H} \ \ \text{H} \end{array}$	butanol	butylalkohol

Kulbrinte	Alkohol
$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\   \\ \text{H} \end{array}$ metan	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{H} \end{array}$ methanol
$\begin{array}{c} \text{H} \ \text{H} \\   \ \   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\   \ \   \\ \text{H} \ \ \text{H} \end{array}$ ethan	$\begin{array}{c} \text{H} \ \ \text{H} \\   \ \ \   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{OH} \\   \ \ \   \\ \text{H} \ \ \ \text{H} \end{array}$ ethanol

Det vigtigste fællestræk ved alkoholer er deres  $-\text{OH}$  gruppe, som gør dem vandliggende:

H-OH er vand

R-OH en alkohol, hvor R er en C-holdig atom gruppe.



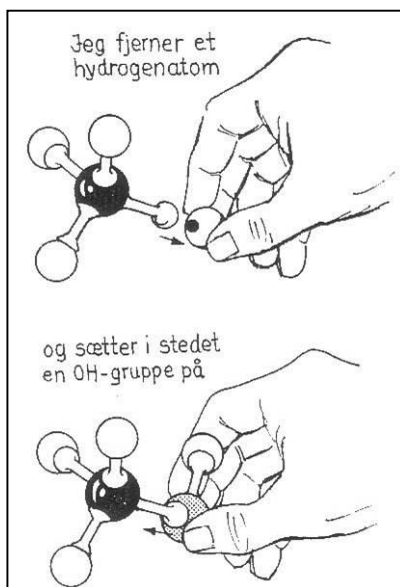
## Molekylemodeller af alkoholer

Hvis man udskifter et hydrogenatom på en kulbrinte med en OH-gruppe har man alkohol.

Navnet på en alkohol ender altid på -ol.

1. Byg et methanmolekyle ( $\text{CH}_4$ ).
2. Erstat nu et hydrogenatom med en OH-gruppe.
3. Hvad vil du kalde alkoholet?

4. Tegn molekylemodellen:



Alkaner	Alkoholer
Methan: $\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\   \\ \text{H} \end{array}$	Methanol (træsprit): $\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\   \\ \text{H} \end{array}$
Ethan: $\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	Ethanol (alm. sprit): $\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{OH} \\   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$
Propan: $\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \quad   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\   \quad   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	Propanol: $\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\   \quad   \quad   \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{OH} \\   \quad   \quad   \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$

Alkoholen methanol kaldes også for træsprit, fordi det tidligere blev fremstillet ved tørdestillation af træ.

Etiketten nedenfor viser, hvordan methanol skal være mærket.

Er det en alkohol vi kan bruge som nydelsesmiddel?

Byg et ethanmolekyle ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ).

Erstat derefter et hydrogenatom med en OH-gruppe.

Hvad vil du kalde alkoholen?

Tegn stregformlen:



GIFTIG



LET ANTÆNDelig

### Methanol

Meget brandfarligt.

Giftigt ved indånding og indtagelse.

Opbevares utilgængeligt for børn.

Emballagen skal holdes tæt lukket.

Holdes væk fra antændelseskilder.

Undgå kontakt med huden.

## Ethanols fysiske egenskaber

Alle stoffer har nogle ganske bestemte egenskaber. Hvis disse egenskaber kan bestemmes uden at omdanne stoffet, så taler man om stoffets fysiske egenskaber. Hertil hører eksempelvis et stofs massefylde, koge- og smeltepunkt.

I modsætning hertil taler man om et stofs kemiske egenskaber. Disse kan kun undersøges, hvis stoffet ved en kemisk reaktion omdannes til helt nye stoffer. Det kan f.eks. ske ved en forbrænding.

## Forsøg. Ethanols kogepunkt

Materialer:

- Reagensglas (mellem størrelse)
- Termometer
- Kasserolle eller bægerglas
- Pimpsten (hvad der kan holdes mellem 3 fingre)
- Ethanol (denatureret sprit).

Se tegningen på siden for forsøgsopstilling.

1. Hæld denatureret sprit i et reagensglas – ca 1½ cm op i reagensglasset. Kom pimpsten i. Anbring glasset neddyppet i kogende vand i et bægerglas eller en kasserolle, Du må ikke varme direkte med bunsenbrænderen på reagensglasset med ethanol. **Pas på:** Der må aldrig stå spritflasker uden påsat prop i nærheden af åben ild!
2. Hold et termometer ophængt ca. 1 cm over sprittens overflade, Aflæs termometeret, mens spritten koger, og når termometervæsken ikke mere bevæger sig opad. Tallet noteres som sprittens, dvs. ethanols kogepunkt.
3. Hæld 2-3 mL vand i reagensglasset med sprit. Hold stadig glasset neddyppet i kogende vand. Ændres temperaturen af de dampe, som er i kontakt med termometeret? Forklar!

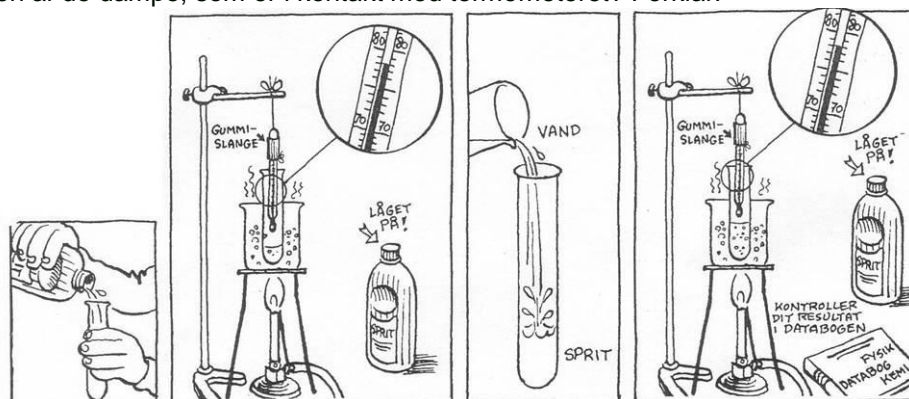
Ren ethanol (alkohol) er en farveløs væske med massefylden 0,8 g/mL. Ethanol fryser først ved  $-117^{\circ}\text{C}$ ; kogepunktet er  $78^{\circ}\text{C}$

I de fleste hjem har man ethanol stående i halvliter plasticflasker. Her kaldes det bare denatureret sprit, fordi der er tilsat en lille smule af et giftigt og ildsmagende stof (denatureringsmidlet). På den måde har man gjort spritten uanvendelig til fremstilling af spiritus og andre alkoholiske drikke,

Alle stoffer med lavere kogepunkt end vand fordampes særlig hurtigt. Sprit fordampes derfor hurtigt. Til at fordampe et stof kræves energi (varme). Hvis stoffet selv leverer denne energi, bliver det koldere ved fordampningen. Det er dette fænomen, du oplever, når sprit på huden fordampes "af sig selv". Prøv!

Fordampning og dermed afkøling er det fysiske grundlag for konstruktion af køleskabe. I et køleskab anvendes som fordampningsvæske bare et andet stof med et endnu lavere kogepunkt end ethanol.

Ethanol er yderst brandfarligt, og dampene danner eksplosive blandinger med atmosfærisk luft. Derfor kan det f.eks. være livsfarligt at anvende sprit som optændingsvæske for grillkul.



## Atomvægte og molekylvægte

DU ER BEREGNENDE I KEMI

DU SKAL BRUGE ET AFSTEMT REAKTIONSSKEMA. EKSEMPELVIS:

$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$$

MOLEKYLEVÆGTEN BEREGNES

$$\begin{array}{ccc} C_6H_{12}O_6 & \rightarrow & 2C_2H_5OH + 2CO_2 \\ \downarrow & & \downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow \\ 180 & & 2 \cdot 46 = 92 \quad 2 \cdot 44 = 88 \end{array}$$

FORHOLDSTALSREGNING, ET EKSEMPEL:

400g  $C_6H_{12}O_6$  (DRUESUKKER) HVOR MEGET ETHANOL (X GRAM) DANNES HERAF?

$$\frac{400}{180} = \frac{x}{92} \Rightarrow x = \frac{400 \cdot 92}{180} = 204g C_2H_5OH \text{ (ETHANOL)}$$

BEREGN SELV HVOR MEGET  $CO_2$  DER FÅS AF 400g  $C_6H_{12}O_6$

I det periodiske system kan du finde atomvægte for de forskellige grundstoffer. Atomvægtene er angivet som ubenævnte tal. Tallene fortæller, hvor meget de enkelte grundstofatomer vejer i forhold til hinanden. F.eks. kan man se, at et heliumatom, He, med atomvægt = 4 vejer fire gange så meget som et hydrogenatom, H, med atomvægt = 1. Man kan også regne ud, at et carbondioxidmolekyle,  $CO_2$ , har molekylvægten 44 (12 for C-atomet + 2\*16 for de to O-atomer). Tilsvarende kan man beregne molekylvægten for ethanol til 46 og for glukose til 180. Når man sammenligner atomvægte og molekylvægte for forskellige stoffer, kan man selv vælge enhed, f.eks. g eller, kg. Der skal bare benyttes samme enhed.

## Reaktionskemaer og stofomsætninger

Reaktionskemaet for omdannelsen af glukose til ethanol og carbondioxid fortæller med formler helt præcist at:

- Hver gang ét glukosemolekyle omdannes, så opstår der to ethanolmolekyler og to carbondioxidmolekyler.
- Dvs. af 180 g glukose kan dannes 2\*44=88 g carbondioxid og 2\*46=92 g ethanol, Der dannes altså næsten lige meget carbondioxid og ethanol ved gæring af glukose.

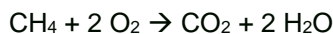
Under gæringen vil der derfor være et vægttab, fordi carbondioxid er en gas, som forsvinder af sig selv.

## Ethanol giver energi

### En fuldstændig forbrænding

Når organiske stoffer brænder, udvikles der varmeenergi. De brændbare stoffer kan f.eks. være methan,  $CH_4$  (naturgas) eller ethanol (alkohol),  $CH_3CH_2OH$ . Varmen er resultatet af den kemiske proces mellem stoffet og oxygen. Ved processen dannes samtidig to nye kemiske forbindelser, nemlig vand,  $H_2O$  og carbondioxid,  $CO_2$ .

Hvis det er methan, der brænder, ser det afstemte reaktionskema sådan ud:



I den atmosfæriske luft findes den nødvendige oxygen til forbrændingen. 21 % af luften består nemlig af oxygen. Når der udelukkende dannes vand og carbondioxid ved en forbrænding, siger man, at der foregår en fuldstændig forbrænding af stofferne. Vand og carbondioxid kan nemlig ikke brænde.

### Forbrændinger i din krop

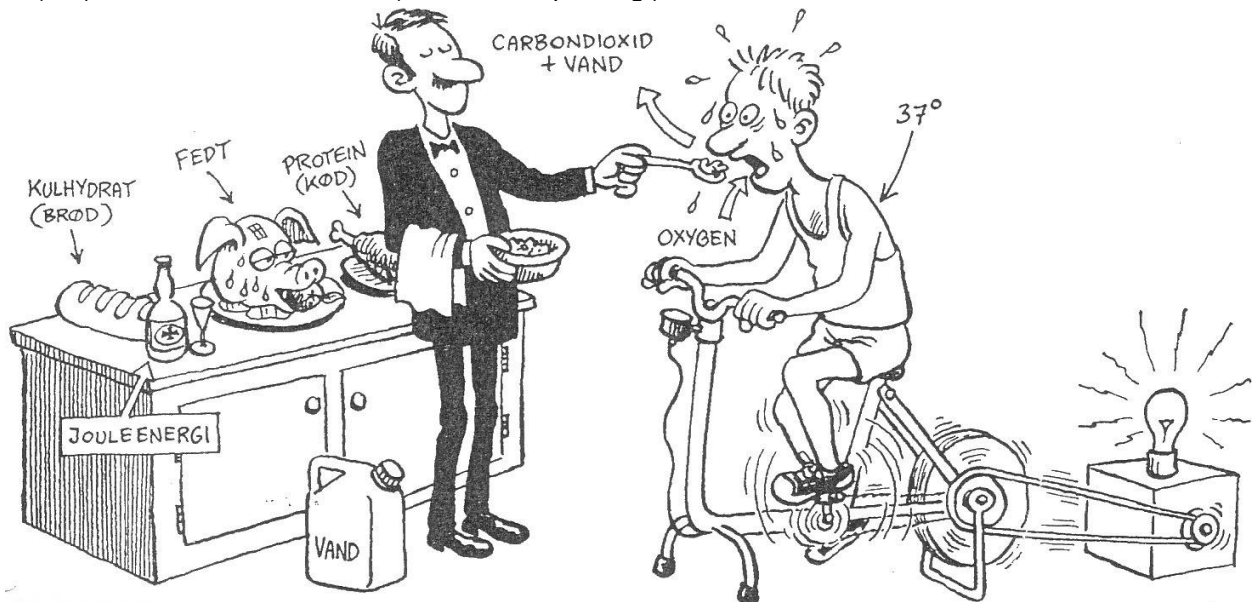
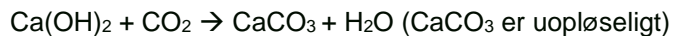
Næsten alt, hvad du spiser (kød, brød og grønsager), er såkaldt organisk materiale. Din krop bruger føden som brændstof til at producere energi. Det sker ved en "kold", forbrændingsproces, hvortil luftens oxygen anvendes. Herved omdannes det carbon, hydrogen og oxygen, som de organiske stoffer i fødevarerne indeholder, til carbondioxid og vand. Disse to stoffer kan du nemt påvise ved at udføre åndingsforsøg.

Hvis din føde indeholder ethanol (alkohol), er slutresultatet af forbrændingen i kroppen også carbondioxid og vand. Altså det samme som dannes, når du afbrænder ethanol (sprit), og der samtidig er en flamme. At ethanol har næringsværdi, sammenlignet med sædvanlige næringsmidler, fremgår af tabellen. Et stofs næringsværdi angives som den energimængde, der frigøres, når i gram af stoffet forbrændes i organismen.

Stof	Næringsværdi, KJ/g
Ethanol	30
Kulhydrat	17
Fedt	38
Protein	17

### Indikator for carbondioxid

Når carbondioxid bobles gennem kalkvand, fremkommer et hvidt bundfald ingen andre farveløse og lugtfrie gasser gør det samme. Kalkvand kan derfor benyttes som indikator for carbondioxid. Kalkvand er en opløsning af stoffet calciumhydroxid,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  i vand. Når det reagerer med carbondioxid, dannes uopløseligt hvidt calciumcarbonat,  $\text{CaCO}_3$ . Reaktionskemaet ser sådan ud:





## Forsøg. Energi og forbrænding

Vi bruger energi:

- ved bevægelse til at holde hjerte, muskler, lunger og andre organer i gang ved nedbrydning og opbygning af stoffer
- til at holde legemstemperaturen på 37°C
- til opbygning af nye celler

Forskellige mennesker har ikke behov for energi pr. dag. Vægt og alder spiller ind. Det gør arbejde og fysik aktivitet også

Anbefalet energitilførsel pr. dag			Energiforbrug ved forskellige aktiviteter.	
	Alder (år)	Energiindtag (KJ)	Aktivitet	KJ pr. min. Pr. kg. legemsvægt
Piger	11-14	8400	Hvile, liggende	0,07
	16-18	9000	Hvile, siddende	0,1
	19-30	8600	Gang	0,3
Drenge	11-14	9800	Cykling	0,25
	15-18	11500	Jogging	0,7
	19-30	11800	Hurtigløb	1,4

- Undersøg nu hvor meget energi du får ud af at drikke én øl/genstand? To øl/genstande? Det antal øl/genstande du drikker når du er i byen?
- Hvad skal du lave for at forbrænder det du har drukket en aften i byen?

Energi i øl:

- Tuborg pr. 100g = 161 KJ
- Guld Tuborg pr. 100g. = 194 KJ

## Forsøg. Energiindhold

Et stofs energiindhold kan vurderes ved at måle, hvor meget varme der opstår, når en bestemt mængde af stoffet brænder. Varmen kan f.eks. udnyttes til opvarmning af vand. Jo større temperaturstigning vandet får, desto mere energi er der i stoffet.

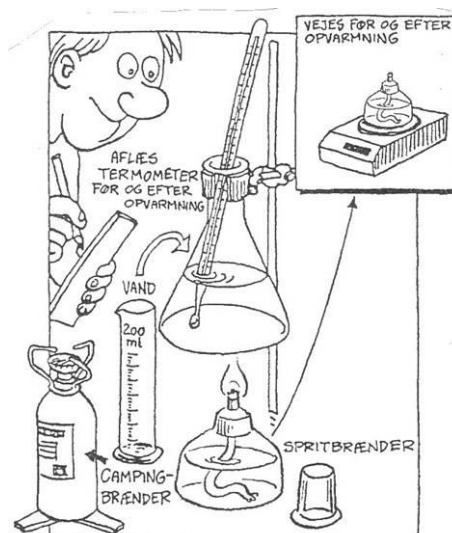
### Energiindhold i ethanol

Materialer:

- Kolbe
- Termometer
- Spritbrænder
- Campingbrænder
- Måleglas.

Forsøgsang.

- Anbring 200 g vand i en kolbe og spænd kolben fast i et stativ.
- Anbring et termometer i vandet og noter temperaturen i et måleskema.
- Noter med 0,1 grams nøjagtighed vægten af en spritbrænder (tallet kaldes a).
- Placer kolben over spritbrænderen. Tænd derefter brænderen.
- Afstanden til kolbens bund skal indrettes, så kolben modtager mest muligt af varmen fra spritbrænderen. Bring med mellemrum vandet i kolben i let bevægelse så varmen fordeles bedst muligt.
- Sluk brænderen, når vandets temperatur netop er steget i alt 40°C. Noter sluttemperaturen.
- Vej igen spritbrænderen og noter dens vægt (tallet kaldes b).





- Beregn energiindholdet (brændværdien) E i ethanol efter denne formel:

$$E = \frac{40 * 200 * 4,2}{(a - b) * 1000} \text{ KJ / g}$$

I formelen benyttes, at der bruges 4,2 J (joule), når 1,0 gram vand opvarmes 1°C. (a-b) angiver spritbrænderens vægttab. 40 angiver temperaturstigningen (andre værdier kan anvendes).

- Gentag forsøget med en campingbrænder.

Energiindholdet i ethanol er 25 KJ/g. For campinggas (butan) er tallet 46 KJ/g.

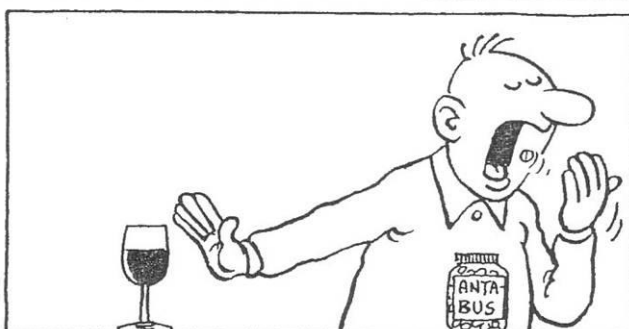
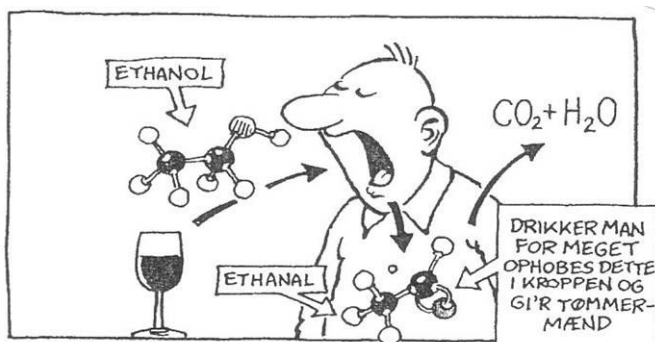
Måleskema til forsøg

Brændbart stof	Ethanol (sprit)	Campinggas
Vægt af vand i kolbe, gram	200,0	200,0
Temp. af vand før opvarmning i °C		
Temp. af vand efter opvarmning i °C		
Vægt af brænder før opvarmning., a gram		
Vægt af brænder efter opvarmning., b gram		
Energiindhold E (beregnet), KJ/g		

## Fejl og usikkerhed ved forsøg

- Angiv hvor der er direkte fejl eller usikkerhed i teksten til bestemmelse af energiindhold i forsøget. Forklar derefter hvorfor dine beregnede tal er væsentlig lavere end tabelværdierne.
- Foreslå evt. forbedringer i forsøgsopstillingen og ændringer i forsøgsteksten, så fejl og usikkerhed i forsøget reduceres.

## EthanOL bliver til ethanAL



## Tømmermænd

Det er velkendt, at man efter at have drukket for meget spiritus, kan have en frygtelig hovedpine næste dag. Det kaldes lidt populært for tømmermænd. Men hvorfor får man tømmermænd? Når ethanol "brænder" i organismen, omdannes det til de normale "affaldsstoffer" carbondioxid og vand. Men problemet er, at der først dannes et giftigt mellemprodukt, som hedder ethanal (acetaldehyd).

Har man indtaget rigelig med ethanol, kan man derfor risikere, at der ophobes så meget af det giftige ethanal i organismen, at man bliver rigtig dårlig. Man er blevet forgiftet, og det giver hovedsmerter. Man har tømmermænd. Heldigvis foregår den videre omdannelse i organismen af ethanal til carbondioxid og vand normalt så hurtigt, at tømmermændene er væk næste dag. Så er man igen blevet afgiftet.

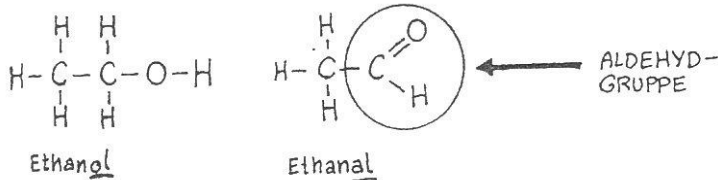
## Antabus

Regelmæssig indtagelse af store mængder alkohol bevirker, at man bliver afhængig af alkohol. Man bliver alkoholiker. Mange alkoholikere har erkendt deres problem og afhjulpes det ved at indgå en frivillig aftale om indtagelse af stoffet Antabus. Antabuspiller skal indtages meget regelmæssigt. De indeholder et ugiftigt kemikalie, som har den modsatte virkning af en katalysator. Sådanne stoffer kaldes inhibitorer.

Ethanal opstår som nævnt i forrige kapitel som et naturligt mellemprodukt, når organismen forbrænder ethanol. Men Antabus virker stærk dæmpende på den hastighed, med hvilken ethanol i organismen omdannes videre til carbondioxid og vand. Det betyder i praksis, at hvis man på samme tid indtager både alkohol og Antabus, så vil der ophobes store mængder af det giftige ethanal i kroppen. Herved fås en meget pinefuld forgiftning. Angsten herfor er normalt tilstrækkelig motiverende for alkoholikere til at holde sig fra indtagelse af spiritus.

## Aldehyder

Aldehyder, ethanols og ethanals stregformler ser sådan ud:



Som du kan se, er der kun lidt forskel på formlerne; eksempelvis er "C-skelettet" det samme. Men en del af ethanals stregformel udgøres af CHO-gruppen, den såkaldte aldehydgruppe. Andre forbindelser, i hvilke aldehydgruppen også er en del af molekylstrukturen, kaldes med en fællesbetegnelse for aldehyder.

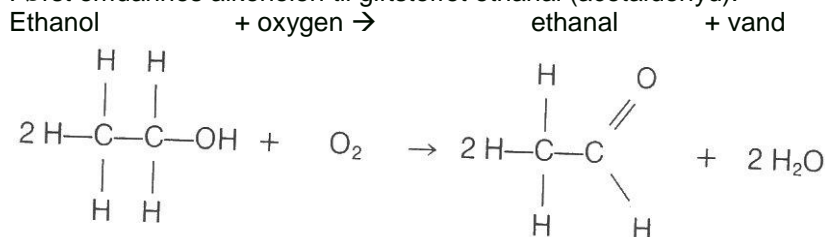
## Alkohols forbrænding i organismen

Ved indtagelse af en større mængde alkohol vil man ofte dagen derpå have tømmermænd - dvs. hovedpine og kvalme.

Det er ikke alkoholen der giver tømmermænd, men et stof, der dannes under nedbrydningen af alkoholen i kroppen.

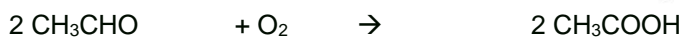
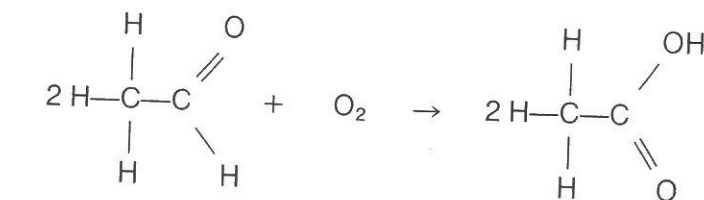
Alkoholen nedbrydes i flere trin ved en slags forbrændingsproces:

Først omdannes alkoholen til giftstoffet ethanal (acetaldehyd):



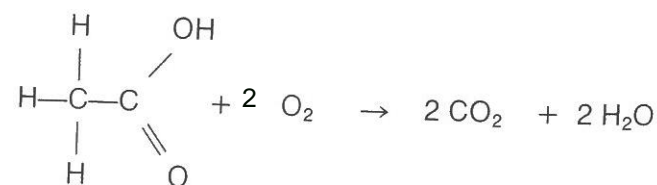
Det er ethanalen, der giver tømmermænd. Organismen har nemlig svært ved at omdanne ethanalen, og derfor vil der ske en ophobning af stoffet. Men det omdannes da heldigvis, og næste trin ser sådan ud:

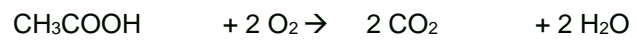
Ethanal + oxygen → eddikesyre



Ved processen dannes der altså eddikesyre, som let omdannes til kuldioxid og vand:

Eddikesyre + oxygen → kuldioxid + vand





# Forsøg. Fremstilling af ethanal

Formålet er at fremstille det produkt kroppen nedbryder ethanol og at fremstille det produkt man får når man har "tømmermænd".

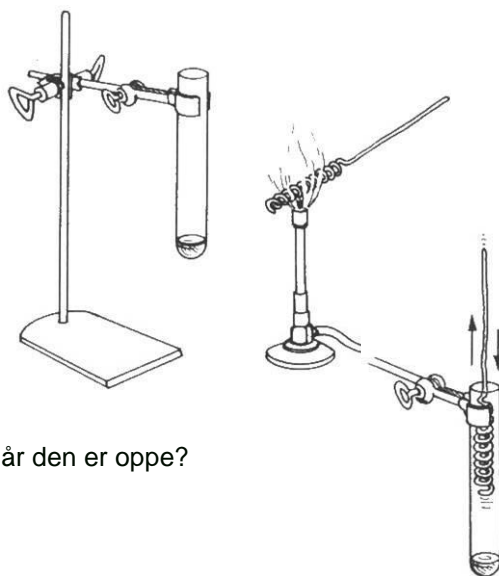
Materialer:

- Reagensglas
- Stativ
- Gasbrænder
- Kobbertråd, 1mm Ø
- Ethanol

Forsøgsgang:

- Kobbertråden vikles omkring en blyant, så der kan komme en større overflade ned i reagensglasset
- 1 ml. ethanol hældes i reagensglasset
- Kobbertråden varmes op, og føres hurtigt op og ned i glasset et par gange (kobbertråden må ikke røre ethanolen, men kun dampene).
- Dette gøres et par gange.

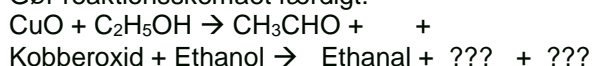
Hvad sker der når tråden er nede i glasset og hvad sker der når den er oppe?



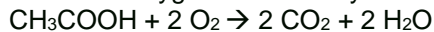
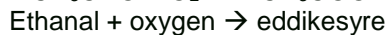
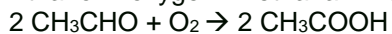
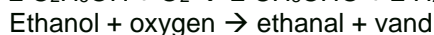
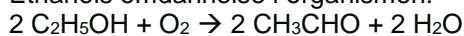
Hvad bliver der dannet i glasset?

Hvordan lugter det der er i glasset?

Gør reaktionsskemaet færdigt:



Ethanol's omdannelse i organismen:



## Anvendelser af ethanol

Langt det meste ethanol bruges til tekniske formål. I husholdningen og på hospitaler bruges sprit til rengøring. I industrien bruges ethanol som opløsningsmiddel ved produktion af farver, lakker, medicinalvarer og kosmetik. Desuden er ethanol et vigtigt stof til fremstilling af æter og en lang række andre stoffer.

I Danmark produceres årligt 19 ML, megaliter, ethanol ved gæring, men kun 7 ML anvendes til forskellige alkoholiske drikke som snaps, vodka, likører og frugtvine.

Vi eksporterer 8 ML, omdanner 2 ML til eddike og bruger de sidste 2 ML til tekniske formål. Vort forbrug til tekniske formål er imidlertid mere end ti gange større, idet vi importerer hele 23 ML syntetisk ethanol.

## Ren ethanol

Når man opvarmer en blanding af vand med lidt ethanol, fordampes både vand og ethanol, men dampene indeholder en større andel ethanol end væsken. Når dampene fortættes, fås derfor en ny blanding med en større koncentration af ethanol.

Ved gentagne destillationer kan man nå op på 96 vol.%. Denne blanding ændres ikke ved destillation. Ren alkohol, der også kaldes absolut alkohol, er vandsugende. Den optager vand fra luften, så den efterhånden bliver 96 vol.%. I den kemiske industri har man ofte brug for ren ethanol.

## Ethanol som opløsningsmiddel

Vand og kulbrinter kan ikke blandes. Et kulbrintemolekyle er hexan,  $C_6H_{14}$ , som bl.a. findes i råolie og benzin.

Vand og kulbrinter har meget forskellige opløsende egenskaber. Således kan vand opløse mange uorganiske forbindelser, som består af ioner (salte). Kulbrinter kan ikke opløse salte. Eksempler på salte er natriumchlorid og kobbersulfat.

Men kulbrinter kan bl.a. opløse fedtstoffer. Disse er til gengæld helt uopløselige i vand, en kendsgerning de fleste har oplevet i praksis (kulbrinter er fedtelskende, men vandskyende).

Formelmæssigt kan et alkoholemolekyle opfattes som en mellemting mellem et vandmolekyle og et kulbrintemolekyle. Modellen viser, at et alkoholemolekyle er opbygget af en kulbrintedel og en OH-del. I molekylet udgør OH-gruppen den vandelskende, men fedtskyende del af molekylet. Erfaringen har vist, at der højst er tre C-atomer pr. vandelskende gruppe i et stofs molekyler, så er stoffet opløseligt i vand. Et alkoholemolekyle besidder lidt af både vand- og kulbrintemolekyllers opløsende egenskaber. Det betyder i praksis, at ethanol kan opløse en række stoffer, som opløses dårligt af både vand og i kulbrinter.

Harpiks fra nåletræer er et godt praktisk eksempel på stoffer, som ethanol kan opløse. Harpiks er uopløseligt i både vand og benz

