



O  
P  
T  
I  
K  
&  
L  
Y  
S



# Det kunstige øje

- om mikroskopet og dets verden



## Til læreren

At briller både er fysik og kulturhistorie, er for mange børn en velbevaret hemmelighed. Dette til trods for at alle kender dem, og mange endda selv oplever deres evne og gavn. Med udgangspunkt i det velkendte fortæller dette materiale om fascinationen og betydningen af optiske instrumenter. Fra forstørrelsesglasset, der af nogle er dateret flere tusinde år før Kristus, bevæger vi os over brillerne frem mod konstruktionen af mikroskopet, der starter en helt ny opdagelsesrejse. Poetisk fortalt i skikkelse af Gullivers rejser til ukendte verdner. For os er mikroskopet ikke bare en overset opfindelse, men også et godt eksempel på, hvordan naturen kan undre og udfordre både vores viden og fantasi.

Udgangspunktet for dette materiale er, at teknikken er tæt forbundet med menneskets liv og tanker gennem tiden. Dette afspejler sig i indholdet, hvor historien og fortællingerne er tæt forbundet med fysiske og tekniske forklaringer på fænomener som lys og linser. Dette gør materialet velegnet til tværfaglig undervisning i natur/teknik, dansk og historie i primært 4., 5. og 6. klasse.

Til mere omfattende arbejde med emnet kan det anbefales at læse "Gullivers rejser" såvel som "Vanddråben" af H. C. Andersen.

Venlig hilsen

Skoletjenesten  
Danmarks Tekniske Museum



# Det magiske glas

**H**ar du briller? Hvis ikke er der nok en i din klasse eller familie, der har. Et forstørrelsesglas er bare et tykt brilleglas, der får ting til at se større ud. Det er godt at have et forstørrelsesglas, hvis man samler på frimærker. Så kan man bedre se alle de små billeder og takker på frimærkerne. Men faktisk kan man se endnu mindre ting, hvis man sætter to forstørrelsesglas sammen. Så har man et mikroskop.

I et mikroskop kan du se ting, der er så små, at de normalt er usynlige. Kun i mikroskopet kan du se de tusindvis af dyr, der lever i en dråbe vand. Brilleglas kan også bruges til at se ting langt væk. Det er nemlig også brilleglas, der er i en kikkert. Nogle bruger en kikkert til at se på dyr og fugle. Men den bruges også til at kigge på stjerner med. Sådant en stjernekikkert hedder et teleskop. Med et teleskop kan man se bakker og dale helt oppe på månen. Teleskop betyder "at se fjernt", mens mikroskop betyder "at se nært".

Det kan være ret svært at forstå alt det, linser kan. I gamle dage troede mange, at det var magi eller snyd. Måske fordi de var bange. Bange for at se dyrene i vandet og bakkerne på månen, da det ville ændre deres tro. De fleste troede dengang, at jorden var verdens centrum, men det, man så i teleskopet, tydede på, at solen var verdens centrum. Betød det, at jorden og menneskene ikke var det vigtigste i verden? I så fald ville man helst ikke vide det, ligesom man helst ikke ville vide, at der kunne være dyr i det vand, man drak.

Heldigvis var der nogle, der syntes, at det var spændende at opdage en ny verden i rummet og i vandet. De fandt ud af mange vigtige ting om vores verden. Hvad og hvordan kan du læse om i dette hæfte, hvor historien om mikroskopet vil blive fortalt. Men først skal du høre lidt om, hvordan det hele startede for mange tusinde år siden.

Det magiske glas



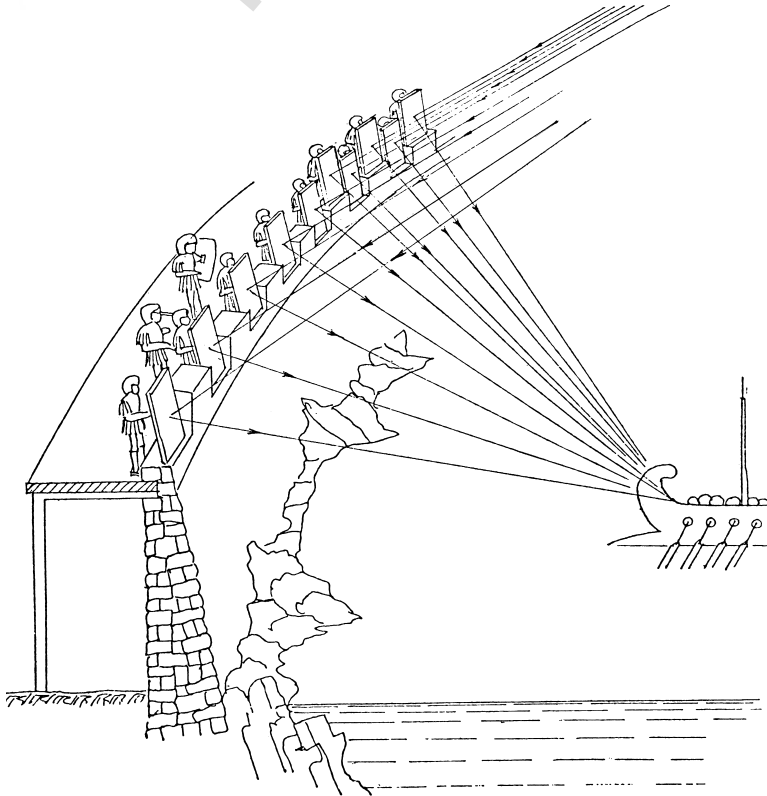
*Mikroskop,  
Danmarks Tekniske Museum.*

# Forstørrelsesglas



Forstørrelsesglas

**"Bogstaver, hvor små og mærkelige de end må være, ses større og bedre gennem et glas fyldt med vand."  
Seneca, 1. århundrede f.Kr.**



Hvis du fylder et syltetøjsglas med vand og ruller det hen over en tekst, bliver bogstaverne meget større. Det er fordi, du har lavet et forstørrelsesglas magen til det, Seneca skrev om for mere end 2000 år siden. Allerede dengang vidste man, at et stykke buet glas kunne få ting til at se større ud. Sådant glas havde man lavet lang tid før Senecas tid. Måske flere tusinde år før. Men de var svære at lave, og kun få havde brug for dem, da der næsten ikke var nogle, der kunne læse. Til gengæld fandt man ud af, at man kunne tænde ild med de mystiske glas, og det var vigtigere end at læse.

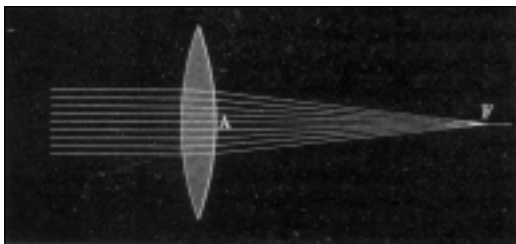
Et forstørrelsesglas kan samle solens stråler i et punkt, der bliver så varmt, at man kan tænde ild i blade og kviste. Punktet hedder brændpunktet, og forstørrelsesglas kaldes derfor også brændglas. Dengang vidste folk ikke, hvordan brændglasset virkede, og syntes, at det var magi, når præsterne tændte templets bål med "ild fra himmelen". De troede, at det var guderne, der sendte ilden, ligesom de sendte regn og torden.

Nogle fandt dog ud af, at man også kunne tænde ild i fjendtlige skibe med solens lys.

I en tid uden kanoner var det en smart måde at forsvare sig på, men også ret besværlig. Det krævede både gode spejle, en hel del dygtighed og selvfølgelig solskinsvejre.

Når solens stråler ramte soldaternes spejlskjolde, blev lyset kastet tilbage på skibet, hvis man holdt skjoldet rigtigt. Du kan selv prøve at "fange" solens stråler med et spejl eller måske et armbåndsur. Men pas på, at der ikke går ild i noget.

For bare 200 år siden brugte kvinder stadig en glaskugle med vand, når de skulle sy små, fine mønstre.

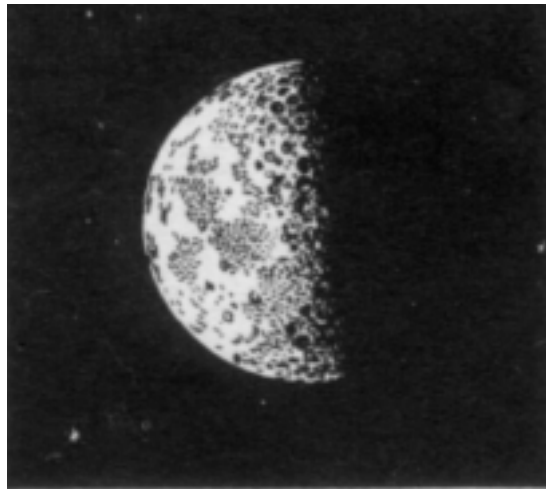


Hvis de hvide linier var solstråler, ville et forstørrelsesglas (A) bøje dem, så de blev samlet i et brændpunkt (F).

## Hvad er lys?

**F**or 1000 år siden fandt man ud af, hvad lys er. Ja, det lyder mærkeligt, men det er vigtigt at vide for at finde ud af, hvordan forstørrelsesglas virker.

Hvad er lys så? Lys er usynlige stråler. Om dagen er det solens stråler, der lyser op, og om aftenen er det sikkert en lampe på dit værelse. Lysstrålerne fra solen og lampen er lige. Det kan du se med en lommelygte. Den lyser lige derhen, hvor du peger.



*Når solen ikke skinner, bliver alt usynligt. Månen lyser ikke selv, men kaster solens lys tilbage. Du kan derfor kun se den del af månen, som solen lyser på.*

## Lyset bøjer

### Lyset bøjer

**A**raberer Alhazen fandt ud af, at lysstråler ikke altid er lige. Han opdagede, at lyset bøjedede, når det ramte en glasskugle. Det kaldes lysets brydning. Du kan selv se, hvordan lyset bøjer, med en lommelygte, en skotøjsæske og et syltetøjsglas med vand i. Jo mørkere rummet er, des bedre kan du se det.

Hvis du klipper en lille revne i den ene ende af æsken, kan du lave en lige lysstråle. Når du lyser gennem revnen med din lommelygte, kan du se en lysplet, hvor strålen rammer. Hvis du tegner en linie fra revnen til pletten, er den helt lige, for det er lysstråler jo. Men prøv at sætte det fyldte syltetøjsglas ned i strålen. Så flytter pletten sig, og du vil ikke længere kunne

tegne en lige linie fra revnen til pletten. Syltetøjsglasset har altså bøjet lysstrålen. Dit syltetøjsglas virker som et forstørrelsesglas. Måske kan du i bunden af æsken se, hvordan strålen bøjer, når den rammer glassets side.

Alhazen var så optaget af lysets bøjning, at han slet ikke tænkte på, hvordan denne viden kunne bruges. Det gjorde englænderen Roger Bacon derimod. Han læste Alhazens bøger og skrev i 1200-tallet om, hvordan en kugle af glas kunne forstørre bogstaverne i en bog, og hvordan det kunne hjælpe mennesker med svage øjne. Det virkede næsten, som om man havde glemt, hvad Seneca havde skrevet mere end 1000 år tidligere.



*Hvis du klipper to revner og laver to lysstråler, der rammer glasset på hver sin side, vil de to stråler krydse hinanden. Det sted, de krydser hinanden, kaldes brændpunktet. Det er det punkt, der bliver så varmt, at det kan tænde ild.*

# Briller



***"Det er ikke tyve år siden, at man opfandt den kunst at gøre øjenglas, som bevirker, at man kan se godt, og som er en af de nyttigste kunster, som verden kender."***

Sådan sagde en præst i Italien i år 1305. Dengang var det næsten kun præsterne, der kunne læse, og derfor også dem, der havde brug for briller. Men ikke alle præster var så glade for briller, som man skulle tro. De syntes, at brillerne var en kritik af Gud og det, han havde skabt. Ifølge dem havde Gud skabt menneskets syn. At ændre

på det med briller var ligesom at sige, at Gud ikke var god nok. Det var ifølge kirken en synd, altså strengt forbudt. Alligevel blev mange præster glade for briller, da de opdagede, hvor gode de var. En sådan præst har nok skrevet denne tekst på en gravsten i år 1317: "Her hviler Armati fra Firenze, han som opfandt brillerne. Gud vel-signe Armati for hans synd."

At Armati opfandt brillerne, er vist ikke rigtigt. Der var nemlig mange brillemagere i både Italien og Holland på det tidspunkt. De holdt bare deres håndværk hemmeligt. Når de alene vidste, hvordan man lavede briller, var det også kun dem, der kunne sælge de dyre briller.

I nogle af de første briller hang glassene ned fra en hue. Smarte var de ikke, men de var også bare til at læse med. Alligevel blev briller efterhånden moderne. Fine folk købte briller i sølv og lod sig male med briller på. Så kunne man se, at de både var rige og kunne læse. Folk på landet kunne ikke læse og havde ingen briller. De syntes, briller var mystiske eller bare noget pjat. Først flere hundrede år senere fandt man ud af at lave briller til at se langt med. Det var i 1500-tallet, hvor man også begyndte at interessere sig for, hvordan brillerne egentlig virkede.



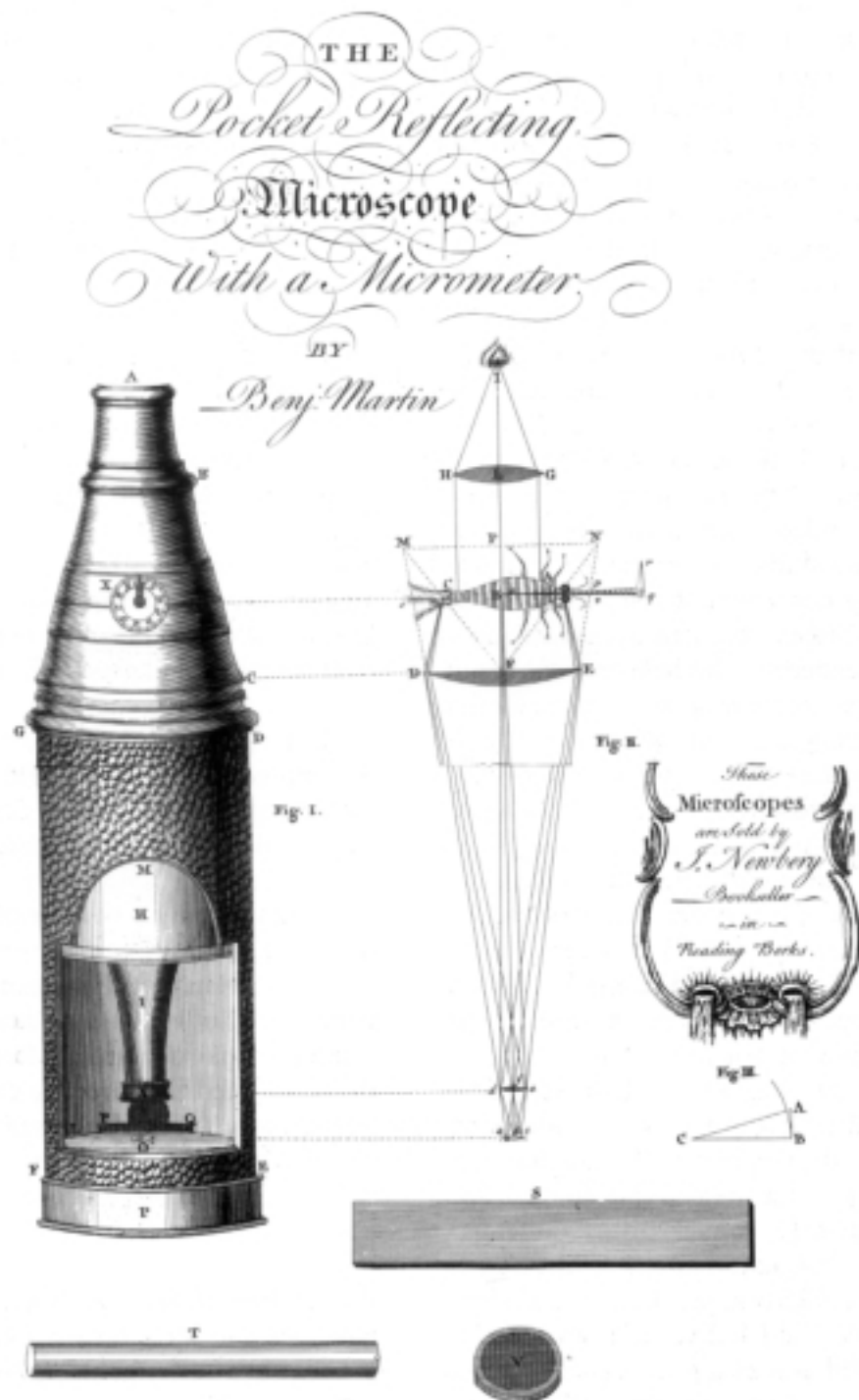
*Brillemager fra 1500-tallet.*

**For 200 år siden bildte brillekræmmere folk ind, at de kunne læse med læsebriller, selvom de aldrig havde lært det.**

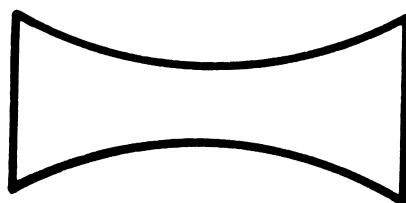
## Linser

Et brilleglas kaldes en linse og er et stykke slebet glas. Der findes to slags linser. Dem, der er tykkest på midten, kaldes konvekse, og dem, der er tyndest på midten, kaldes konkave.

I forstørrelsesglas og læsebriller bruger man konvekse linser. De får nemlig ting til at se større ud. Folk, der ikke kan se ting langt væk, bruger konkave linser, der er tyndest på midten. Dem fandt man først ud af at lave for 500 år siden, og de var i lang tid meget sjældne og dyre. For 400 år siden begyndte man at sætte linserne sammen, så man ikke bare kunne se bedre, men også mere. Det var nemlig på det tidspunkt, at man opfandt teleskopet og mikroskopet.

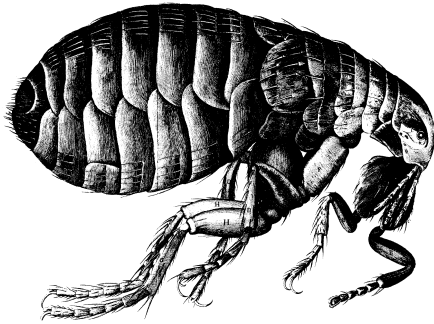


Lommemikroskop fra år 1742.



En konveks og en konkav linse set fra siden.

# Mikroskopet



Hookes tegning af en loppe i "Micrographia" fra 1665.

Når man satte to konkave linser i et rør, fik man et teleskop eller et mikroskop. Hvem der fandt på det, ved man ikke. En historie fortæller, at det var to børn, der opfandt teleskopet ved at lege med linser. Når de satte en linse foran en anden, så det ud, som om byens kirketårn stod midt i det brilleværksted, hvor de legede. Så meget forstørrede linserne. Hermed var teleskopet opfundet. Måske har en af de brillemagere, der først lavede teleskoper, også fundet på at lave mikroskoper. De ligner nemlig hinanden.

I Italien vendte den opfindsomme Galilei bare sit teleskop om, og så havde han et mikroskop. Heri så han fluer så store som lam. Men Galilei ville hellere se på stjerner end på fluer. Han havde nemlig travlt med at vise, at det ikke var jorden, der var verdens centrum, men solen. Ja, de fleste var

så optaget af, hvad de kunne se i teleskopet, at de slet ikke havde tid til at kigge i mikroskopet. Men de kunne jo heller ikke vide, hvad mikroskopet gemte på.

Den første, der tog mikroskopet alvorligt, var englænderen Hooke. Mange ville slet ikke tro på det, man så i mikroskopet. Andre syntes bare, at mikroskopet var et sjovt legetøj, for de kunne ikke se, hvad man skulle bruge det til. Alligevel begyndte Hooke at lave mikroskoper. Da han i 1665 udgav en bog med tegninger af alle de fantastiske ting, han havde set, grinede folk. Aldrig havde de set noget lignende.

Flueøjne og lopper, der lignede kæmpe fantasimonstre. Dog måtte man indrømme, at Hookes tegninger var så grundige, at det nok ikke var noget, han havde fundet på. Faktisk var Hookes tegninger så gode, at de er blevet brugt i skolebøger lige siden.

Efter Hookes død blev der skrevet en hel historie om hans arbejde og den verden, han havde opdaget. Den handler om Gullivers rejser til ukendte verdner. En af dem er landet Lilleput, hvor menneskene ikke er større end en hånd. I Brodingnag er de derimod store som kirketårne. Da Gulliver kom hjem, grinede folk også ad ham. Både Hookes arbejde og historien om Gulliver viser, at virkeligheden ofte er mere fantastisk, end vi tror. Det fandt man for alvor ud af, da Leeuwenhoek opdagede en hel verden i én lille vanddråbe.

Hooke tegnede også sine mikroskoper. Til venstre ses det lys, der skal oplyse de små ting ved hjælp af en linse(B). Det var tydeligvis mere besværligt at få nok lys i en tid uden elektricitet.





*Troldmanden Leeuwenhoek brugte mikroskoper med kun én linse.*

## Troldmanden

Hvad Leeuwenhoek opdagede for over 300 år siden, oversteg de fleste menneskers fantasi. Derfor kaldte de ham troldmanden. I virkeligheden var Leeuwenhoek en almindelig handlende, men han var også meget nysgerrig. Da han hørte, at man kunne forstørre ting med glas, gik han straks ned til byens brillemaker. Her købte han nogle linser, som han lavede til et mikroskop, der blev bedre end noget andet. Så godt at han kunne se ting, som ingen før havde set.

Leeuwenhoek havde ingen uddannelse, men var så nysgerrig, at han ikke holdt sig tilbage for at kigge på lus, blod og spyt, mælk, fjer og jord, ja endda afføring. Men det bedste så han i en vanddråbe. Om den skrev han:

**"jeg må for min del tilstå, at jeg aldrig har haft noget smukkere for mit øje end disse mange tusinde levende væsener, som myldrede rundt om hinanden i en lille vanddråbe".**

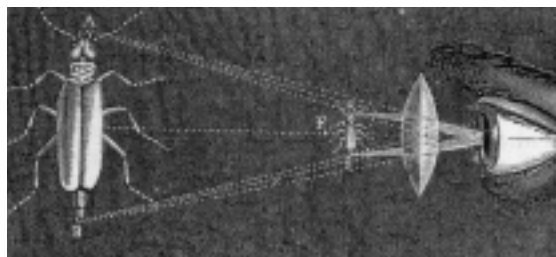
Måske har H. C. Andersen hørt om Leeuwenhoek. Han skrev nemlig en historie om en troldmand, der kiggede på de mange dyr i en vanddråbe. I historien hedder troldmanden Kribble-Krable. Han farver de små dyr med hekseblod for bedre at kunne se dem. Det gør dyrene helt lyserøde og får dem til at ligne nøgne vildmænd. For de er meget glubske og ondskabsfulde. Men en anden troldmand syntes nu mere, at vanddråben lignede København eller en anden stor by.



*I sit mikroskop fandt Hooke ud af, at et brændenældeblad brænder, fordi det har spidse nåle på undersiden. Micrographia, 1665.*

## Hvordan forstørrer linser?

Når Hooke kunne tegne loppen og flueøjne, og Leeuwenhoek kunne se dyrene i vandet, er det fordi, linserne i et mikroskop bøjer lyset. Det var det, Alhazen fandt ud af for 1000 år siden. Når lyset rammer denne bog, bliver det kastet tilbage til dine øjne, så du kan se, hvad du læser. Men et forstørrelsesglas eller et par briller vil ændre det lys, der rammer dine øjne. Det vil bøje det, så dit øje tror, at det kommer fra en meget større bog. På en måde kan man sige, at linsen snyder dit øje.



*Det lille insekt ved "ab" ser ud til at være lige så stort som det ved "AB", når øjet ser gennem forstørrelsesglasset. Det skyldes, at lyset fra insektet bøjes, så det ser ud, som om det kommer fra det store insekt.*

# Bakterier og andre små dyr

Selvom Hookes og Leeuwenhoeks opdagelser var fantastiske, gik der mange år, før man rigtig kunne bruge dem til noget. Måske kan du huske historien om Karius og Baktus. De skal forestille bakterier, der laver huller i dine tænder. Det var Leeuwenhoek, der først opdagede bakterierne. De lever næsten alle steder, selv inde i din krop. Det virker måske ulækkert, men faktisk kunne vi slet ikke leve uden bakterier. Dem, der bor i din mave, hjælper dig for eksempel med at få maden gennem kroppen og holde dig rask. Hvis de ikke var der, virkede din mave slet ikke. Når du har ondt i maven, kan det være fordi, du har spist nogle "fremmede" bakterier. Yoghurt eller ymer kan hjælpe din mave i orden igen, fordi det indeholder de samme bakterier som din mave.

I dag ved man, at der findes rigtig mange bakterier, og at en eneste bakterie kan blive til 1 million bakterier på 6 timer.

Det kunne man ikke vide uden et mikroskop. Ved at se i et mikroskop kan man lære, hvordan kroppen virker. Det er selvfølgelig vigtigt for en

læge at vide, når han skal hjælpe dig med at blive rask.

150 år efter Leeuwenhoeks død fandt lægen Koch ud af, at man kunne blive syg af bakterier. Det gjorde mange mennesker bange. Nogle turde ikke længere drikke vandet, mens andre gjorde rent og rent for at fjerne bakterierne. Det var nok lidt overdrevet, men vi ved dog, at rent drikkevand er meget vigtigt.

I dag ved lægerne heldigvis også meget mere om, hvordan vi undgår at blive syge, og hvordan vi bliver raske. Når du skal vaske hænder, før du spiser, er det for ikke at spise nogle farlige bakterier, der kan give mavepine. Hvis du er blevet syg, kan medicin hjælpe kroppen af med de farlige bakterier. Uden mikroskopet og Koch ville vi slet ikke vide alt dette, og mange mennesker ville dø af helt almindelige sygdomme.

Med nye mikroskoper har man fundet ud af, at der kan være lige så stor forskel på bakterier som på et menneske og et bøgetræ. Der er stadig mange bakterier og små dyr at opdage i mikroskopet. Mange spørgsmål bliver besvaret og problemer løst ved at kigge i et mikroskop. Nogle mener at have fundet dyr fra rummet ved at kigge i et mikroskop.

Den mikroskopiske verden er efter 350 års søgen stadig fuld af overraskelser. Hvad Hooke og Leeuwenhoek opdagede var kun begyndelsen. Mikroskoperne bliver stadig bedre og bedre og efterlader kun et spørgsmål: Hvor går grænsen for, hvad vi kan se? Engang var det linsen og lyset, der afgjorde det, men i dag har man fundet på at lave elektronmikroskoper, der slet ikke bruger linser. Men det er en helt anden historie.



Denne tegning skulle få folk til at passe bedre på de farlige bakterier ved at koge vandet og gøre mere rent.

## Opgaver

- Hvorfor er det godt at kigge på dyr og fugle i en kikkert?
- Hvorfor troede man, at ilden fra brændglasset kom fra guderne?
- Prøv at tegne to lysstråler, der går igennem en linse.
- Hvem opfandt brillerne, og hvordan er han omtalt?
- Hvordan havde præsterne det med briller, og hvorfor?
- Hvorfor syntes almindelige mennesker mon, at briller var noget pjat?
- Prøv et par briller og beskriv, hvordan du ser. Har du briller, så prøv at beskriv, hvordan du ser uden.
- Hvordan kan Gullivers rejse handle om Hooke?
- Hvis du havde et mikroskop, hvad ville du så kigge på?  
Skriv evt. en historie om, hvad du tror, du ville se.



O, hvilket under rummer  
et således tilvirket rør.  
Forundringen griber sindet,  
fortryllelsen menneskets øje.  
Thi holder du øjet over  
den øverste linse i røret,  
da åbenbares det himmelske for dig.  
Da skuer du Altets Under.

Johannes Zahn  
i "Det kunstige øje", 1685.

