

Vanddråben

”Nu var der engang en gammel mand, som alle folk kaldte Krible-Krable, for det hedte han. Han vilde alletider have det bedste ud af enhver ting og naar det slet ikke vilde gaae, saa tog han det med trolddom”.

BENT LAUGE MADSEN

Sådan indleder H. C. Andersen (1805-1875) sit eventyr Vanddråben. Han var inspireret af det han så i mikroskop hos botanikeren og stamhusbesidderen Niels Hofman Bangs (1776-1855) på Hofmangave. Her boede han i sommeren 1830, og han blev meget optaget af, hvad venen kunne vise ham i sine mikroskoper. Et af dem var et ”solmikroskop” af messing, som var meget yndet som underholdning hos overklassen. Lys fra solen blev fra et spejl sendt gennem et mikroskop, der var monteret i et mørkelagt vindue. Så kunne lopper og vanddråber, der var placeret i mikroskopets lysstråle, ses forstørret på en væg. Billedkvaliteten var nok ikke på højde med underholdningsværdien. Men hvad han så, glemte han aldrig. Han vendte gang på gang tilbage til vanddråbens ”infusorier” i et noget bedre mikroskop hos sin ven, fysikeren H. C. Ørsted (1777-1851), der ud over elektromagnetismen også interesserede sig for disse små væsener. Der var således mange års

erfaringer at samle i eventyret, der blev skrevet i 1848: ”Du kjender da sagtens et forstørrelsesglas, saadan et rundt brilleglas, der gjør alting hundred Gange større end det er? Naar man tager og holder det for øiet og seer paa en vanddraabe ude fra dammen, saa seer man over tusinde underlige dyr, som man ellers aldrig seer i Vandet, men de ere der og det er virkeligt. Det seer næsten ud, som en heel talerken fuld af reier, der springe mellem hverandre, og de ere saa glubende, de rive arme og been, ender og kanter af hverandre og dog ere de glade og fornøiede, paa deres maade.”

O F Müller, vanddråbens udforsker.

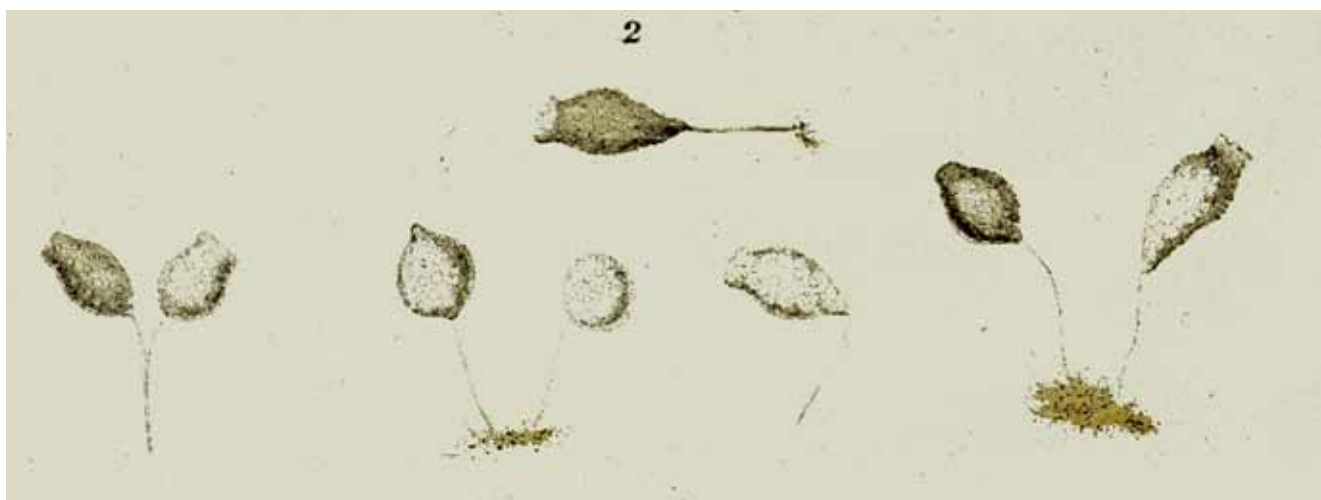
H. C. Andersens Krible Krable kunne være Otho Friederich Müller (1730–1784). Al respekt for vor tids danske vandforskere. Men ingen kan vist være så kendt ude i verden som ham. Det var nok ham, der ”sidder en Dag og holder sit Forstørrelsesglas for øiet og seer paa en Vanddraabe, der var taget ude af en pyt vand i grøften. Nei hvor det kribledede og krabledede der! alle de tusinde smaadyr hoppede og sprang, trak i hverandre og aad

af hverandre.”

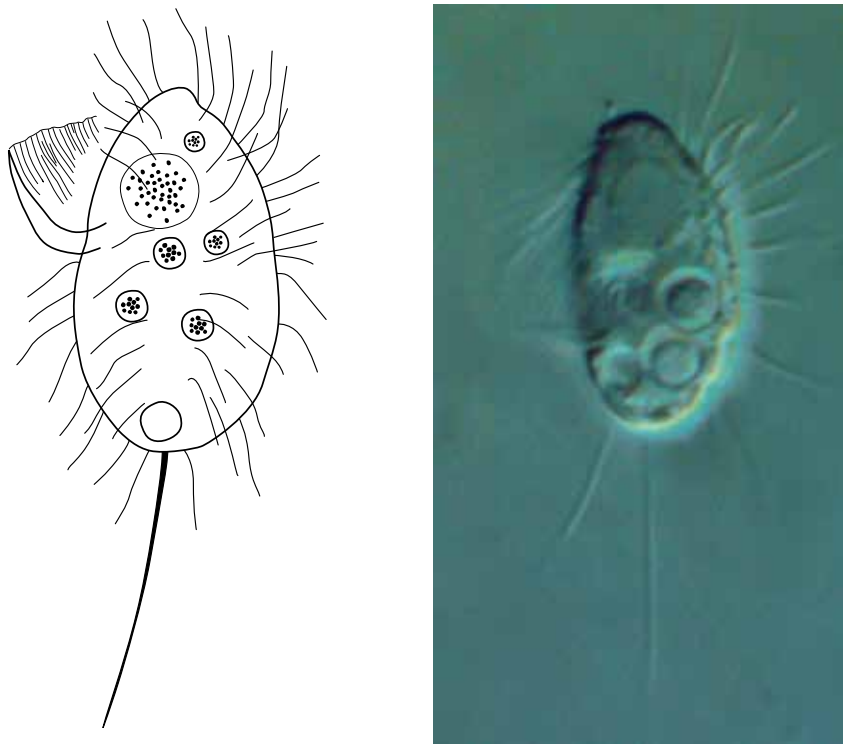
O. F. Müller var den første, der brugte mikroskopet til målrettet, videnskabeligt arbejde: ”En reise til maanen ville neppe give os sælsommere syner end et øjekast gjennem en linse på en vanddraabe,” skrev han 1783. Han studerede systematisk de mikroskopiske dyr fra vandet. Andre før ham have også beskrevet nogle, men det var spredt fægtning.

Mikroskopet åbnede en helt ny verden for ham. Hør, hvad han skrev: ”Tusinde, og atter tusinde enkelte dråber passerede mit bevæbnede øje, og ved mange hængte det indtil deres fulde uddunstning. Således fandt jeg de sælsomste skabninger og så deres legemes bygning at være afpasset til det element og det sted, hvor de opholde sig. Dette kan enhver i magelighed foretage sig i sit kammer uden bekostning og uden fare og være vis på at få sin liden umage belønnet.”

Det, som man kunne tro var et tyndt lag skum på en dam, viste sig for hans bevæbnede øje at være bitte små springhaler. Han så encellede dyr af mange slags. Fællesnavnet var ”infusionsdyr”. Han tegnede i de fineste detaljer de små væsener, som der kunne ligge



Figur 1. Klokkedyr fra *Zoologica Danica*, set og tegnet af O. F. Müller. Gengivet fra *Naturens Verden* 1994, s.451, med tilladelse fra forlaget Rhodos.



Figur 2. Den 30-40 mikrometer lange ciliat *Cyclidium glaucoma*. Kendetegn er den lange cilie (fimretråd) i bagenden og den meget tydelige cellekerne i forenden. De runde cirkler er fødevakuoler med bakterier den har spist. Th. mikrofoto af dyret, hvor både cellekerne og fødevakuoler ses. (Foto Tom Fenchel).

10 eller flere af på en millimeter. Tøffeldyret, der svømmer rundt ved at "ro" med sine fine fimrehår (cilier) kaldte han "hårspillere". Klokkedyrene, der ligner små krukker på en lang stilk, kaldte han "fadsnurrere" og "krukkesnurrere: Med deres fimrehår pumper de vand ind i "krukken" og filtrerer bakterier fra, som de lever af. Også ferskvandets hjuldyr, orme og mider har han beskrevet i så fine detaljer, at de har været uovertrufne i mere end et århundrede.

Det var ikke kun de idylliske vande, han undersøgte. Også snavsede afløb fra de få huse, der havde den slags. Om disse vande skrev han: "Dog bliver det noget væmmeligt, hvis man vil ransage de stinkende vande, thi og én dråbe af dem, skønt den vrimler af levende smådyr, giver en så ond og slem lugt fra sig, at man ikke uden på et øjeblik fra og til kan udholde at se i den". Herfra så han de mikroskopiske dyr, bl.a. "råddensnurren", som er et levende element i naturens renselanlæg.

Et af de smådyr, han så, var ciliaten *Cyclidium glaucoma* (Müller 1786), figur 2. Det er et af de smådyr, som spildevandsfolk skal kende. Den er videnskabeligt beskrevet

Boks: Müller's kvinder

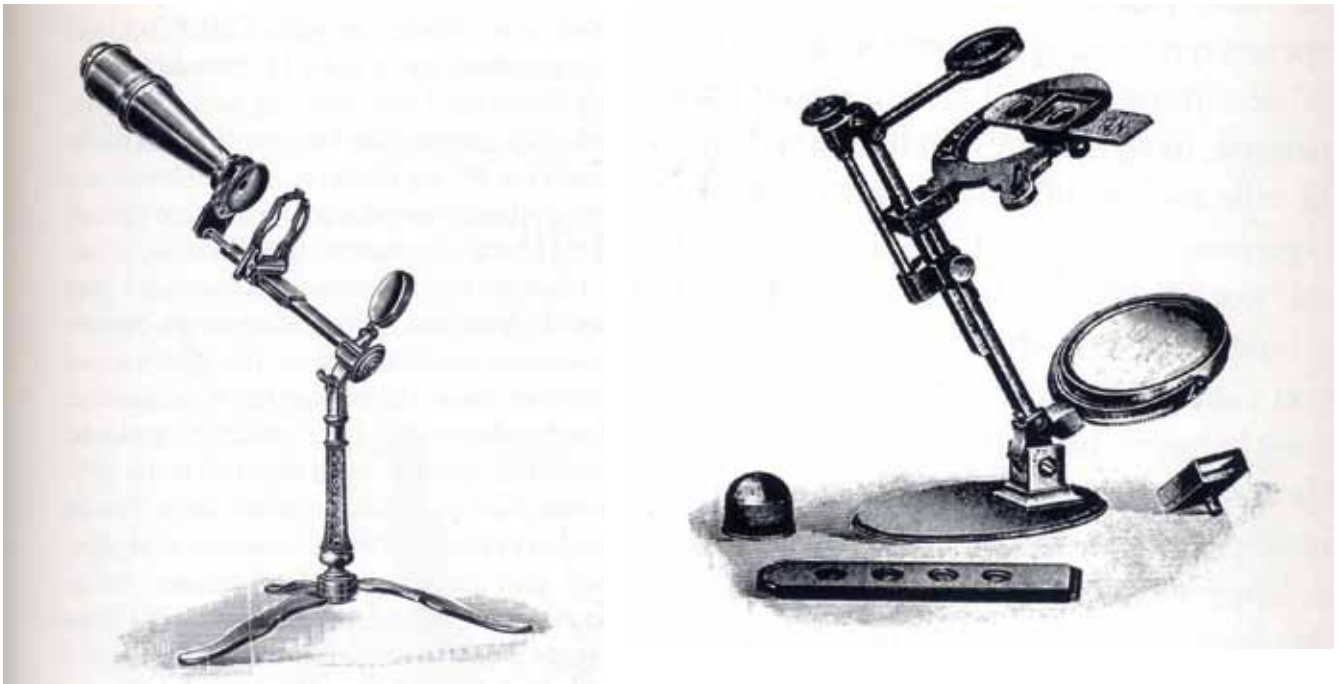
Ligesom i dag var det i Müllers tid ikke nok at have et mikroskop, for at forske i biologi. Der må findes sponsorer. Det gjorde Müller: Han scorede to velhavende kvinder.

Den første kvinde var grevinde Schulin, der i 1753 ansatte Müller, som dengang studerede teologi, som huslærer for sin søn. Det blev hans opgave at sætte den unge mand ind i nyttige kundskaber, og det gjorde han i 17 år. Det foregik om vinteren i et herskabshus på Østerbro i København, om sommeren på slottet Frederiksdal ved Furesøen, hvor Wesenberg-Lund mange år senere fik sit første laboratorium. Det var her, han studerede de ferske vande: "Tåge og slud var mit promenadevejr, mos og svampe det selskab jeg søgte, orme og infusionsdyr min nattelyst.

Med kun én elev var klassekvotienten rimelig lille til, at der var rige muligheder for at fordybe sig i naturens verden, selv om grevinden også skulle have lidt opmærksomhed. Både grevinden og den unge greve blev indviet i hans promenade- og nattelyst. Hun blev så betaget, at hun forærede ham et, måske to mikroskoper. I hvert tilfælde kan man i de gamle regnskaber se, at der er købt et Watson mikroskop et til 30 rigsdaler i 1760, og et andet (enkeltlinset?) for 50 rigsdaler året efter.

Den anden kvinde var en rig købmandsenke fra Norge, som han giftede sig med, da de lykkelige år hos grevinde Schulin var slut. Men han måtte først hutle sig igennem et par magre år som statsansat arkivar i Norge. De sluttede da Struense kom i unåde. Han måtte sande hvad en anden biolog havde sagt: "At studere naturen er det samme som at sulte". Men det reddede købmandsenken ham ud af, og han kunne nu bruge resten af sit liv til at studere naturen uden at lade sig distrahere af mangel på penge.

Det, han studerede her, var i lidt andre dimensioner end de infusorier, han studerede i mikroskopet. Især kastede han sig over dyrelivet i de norske fjorde. Det var ham selv der sejlede ud og med østersskrabere og hentede bunddyr op fra fjordens dybe vand. Han studerede ikke de døde dyr i planter i museernes samlinger, ej heller skrev han om hvad andre havde set. Det var beretninger fra et øjensvidne i naturen, der stadig kan beundres, når man ser i hans store, farvestrålende værk: "Zoologica Danica: Danmarks og Norges sieldne og ubekendte dyrs historie".



Figur 3. Tv. sammensat mikroskop (Watson model) fra Müllers tid. Ud over linsernes ringe kvalitet, var den mekaniske konstruktion så ustabil, at det næppe var til andet end pynt. Th: Enkeltlinset mikroskop fra Müllers tid. Jo mindre linse, des større krumning og dermed større forstørrelse. Nogle havde et hulspejl (Lieberkühn spejl) under linsen, så der kunne reflekteres lys ned på et uigennemsigtigt objekt. (Begge gengivet med tilladelse fra Moe: Mikroskopets historie, Rhodos)

BOKS:

Det uvelkomne mikroskop

Ikke alle syntes mikroskopet var af det gode. Således afviste den kendte danske geologiprofessor, J. G. Forchhammer (1794–1865) endog at bruge en lup: "Hvad jeg ikke kan se med mine egne øjne bryder jeg mig ikke om."

Søren Kierkegaard havde ud over Regitze Olsen et andet ulykkeligt kærlighedsforhold: Mikroskopet. Det begyndte ellers lovende. Han havde stor interesse i naturvidenskab, men præstefaders vilje sagde: Bliv præst. De to ting kunne godt gå hånd i hånd, som hos algeforskeren og præsten, H. C. Lyngbye (1782–1837). Unge Kierkegaard besøgte algepræsten og så i mikroskop og blev meget optaget af dets muligheder for finde den store sammenhæng i verden. Han ville løse livets gåde. Det fik en skidt start: H. C. Ørsted skrev om hans magisterkonferens: "Vidtløftighed og kunstleri".

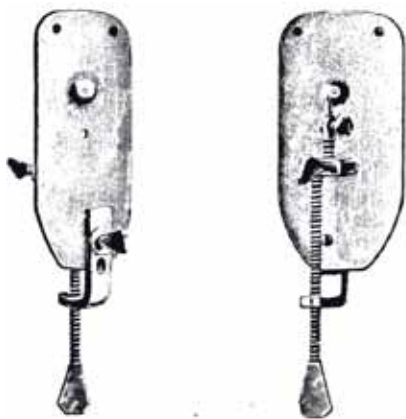
Resten af livet lod han sin vrede gå ud over naturvidenskabens i almindelighed, og mikroskopet i særdeleshed i velkendt teolog-retorik. Hvad svarede ikke Stauning sin kirkeminister: "Hvad du skal lave?? Det skal jeg sige dig. Du skal holde fred mellem præster, ellers er fanden løs."

Jo, Fanden var løs når Kierkegaard kom til at tænke på sin ungdoms letsindige omgang med mikroskopet: "Det er enfoldigt og skønt og rørende, at den elskende ser forelsket på den elskede, men det er fornemt at lorgnettere hende. Og således bruger naturforskeren mikroskopet ligesom lapsede bruger lorgnetten, kun bruges mikroskopet mod gud."

Og en anden gang skrev han:

"Med naturvidenskabens kan det slet ikke hjælpe at indlade sig. Man står værgeløs, og kan aldeles ikke kontrollere. Forskeren begynder straks at adspredes med sine enkeltheder. Nu skal man til Australien, nu til månen, nu ned i en hule under jorden, nu fanden i vold i røven- efter en indvoldsorm. Nu med teleskopet, nu mikroskopet. Hvo satan kan holde det ud!"

Med et lån fra Carl Marx kan vi nok sige, at han ville fortolke den ganske verden. Det ender sjældent med et entydigt resultat, endsige lykkeligt. Müller, Lyngbye, Leeuwenhoek, Trembley (og Marx) nøjedes med at beskrive verden, som den ser ud, også gennem et mikroskop.



Figur 4. Et af Leuwenhooks enkeltlinsede mikroskoper. Linsen er det knappenålsstore hul øverst i midten. Objektet skrues i position, og det observeres tæt på øjet. (Gengivet med tilladelse fra Moe: Mikroskopets historie, Rhodos)

af O. F. Müller i 1786. Den er stadig videnskabeligt anerkendt som en art. Det interessante er, at den moderne molekylærbiologi har fundet, foreløbig, 37 genetisk forskellige former af dem (genotyper): De er formodentlig udtryk for forskellige tilpasninger til de mange forskellige miljøer, de lever i: Fra rent vand til spildevand. Men ingen har kunnet påvise forskelle i dens formmæssige fremtræden (fænotypen): Det er stadig den form og den art, som Müller beskrev for snart et kvart årtusinde siden.

Müllers mikroskop.

På Müllers tid var der mange typer mikroskoper af den type, de fleste forbinder med betegnelsen mikroskop. Det var "sammensatte" mikroskoper, dvs. de er sat sammen af to sæt samlelinser i hver sin ende af et rør: Et objektive nær ved det, som skal studeres, og et okular ved øjet. Fælles for dem var, at var elegante, nogle var rene kunstværker, andre lidt for meget. Men de var ganske uanvendelige, når man skulle se på små detaljer. De var statussymboler, den tids webergrills.

Det var ikke det store problem at lave mikroskoper, der forstørrede meget. Den samlede forstørrelse er objektivets forstørrelse gange okularets forstørrelse. Men der var ikke ret meget at bruge de store forstørrelser til. Det, man så, var uskarpt og sløret, omgivet af farvede rande. Jo større forstørrelse, des ringere et billede. Det, som skulle være et punkt eller en linje, var tværet ud i en regnbue. Problemet med de farvede rande kendte astronomerne også, når de så på stjerner og planeter i de første kikkerter. Men de kom et vældigt skridt fremad, da man om-

kring 1730 lavede kikkert-objektivet af to slags glas med forskellig brydning: De farvede rande forsvandt næsten, deraf navnet: Akromatisk objektive. Mange forsøgte at lave små, akromatiske objektive til mikroskopet, men det var ulige sværere end at lave store akromatiske objektive til kikkerter. Først et århundrede efter, at kikkerterne havde fået akromatiske objektive, kom turen til mikroskoperne. H. C. Ørsted købte sådan et i 1835. Der har H. C. Andersen nok set infusorier uden farvede rande.

Men det er ganske utænkeligt, at Müller, ved at studere smådyrene gennem et af datidens sammensatte mikroskoper, har kunnet beskrive så mange små detaljer, som man ser

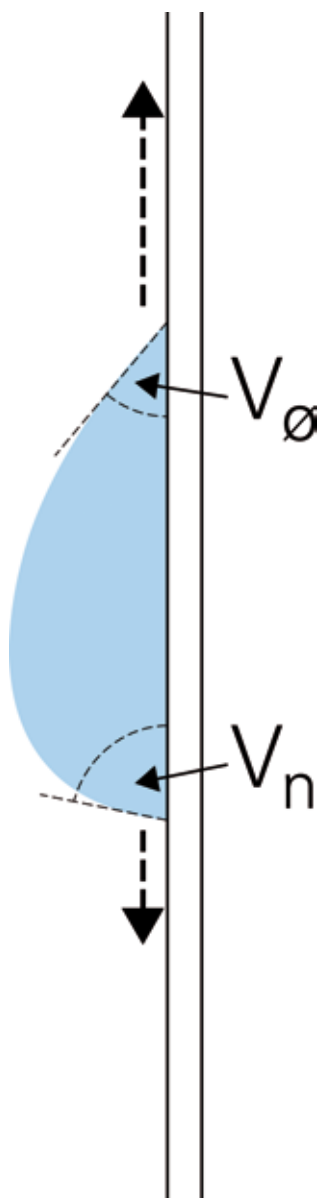
i hans tegninger. Han kunne lave diagnoser på nye arter, der holder i nutiden. Han må have set dem gennem en lup, men en ganske særlig lup, der, som H.C. Andersen skrev, gør alting hundred Gange større end det er."

Müller har utvivlsomt brugt et "enkeltlinsemikroskop", på dansk oftest kaldet simpelt mikroskop. Det kunne sagtens forstørre 100 gange. Een linse giver mindre farvespredning end de to linser, der er i det "sammensatte" mikroskop. Jo krummere linsen er, des mere forstørret den. En lille kugle har en større krumning end en stor kugle. Det gælder altså om at lave linsen med så lille en diameter som muligt.

En af dem, der kunne det håndværk, var



Figur 5. Trebleys enkeltlinsede mikroskop, garneret af Hydra. Linsen er den lille plet i centrum. Den er monteret i et Lieberkühn hulspejl. Brændvidden er dog så lille, at man næppe ville kunne se til glassets inderside. Opstillingen har nok været til ære for maleren, Leder-müller, der også var en kendt mikroskopiker.



Figur 6. Øverst: Usymmetrisk vanddråbe på vindue. Nederst: Øverste kontaktvinkel er mere spids end den nederste. Den opadgående komponent fra vedhængskraften er større end den nedadgående fra tyngdekraften.

hollænderen Anton van Leeuwenhoek (1632 – 1723). Han lavede meget små, næsten kugleformede linser, der kunne forstørre meget, og som gav et rent billede uden farvede rande. En af hans fineste linser forstørrede 266 gange, og den leverede et klart billede. Men både øjet og genstanden skulle meget tæt på. (Figur 4). Med sit "bevæbnede" øje kunne han tegne og fortælle om alt det, der hidtil havde været usynligt. Ud over blodceller og sædceller var det især det mikroskopiske liv i vand, "infusorier", han interesserede sig for. Selv bakterier kunne han se, også at de bevægede sig. Cellekernen så han. At han så rigtigt, er bekræftet i nutiden. Han var ikke alene en mester i at lave de små linser. Han indrettede mikroskopet efter hvad han ville studere. F.eks. lavede han et, hvor halen på en levende fisk blev spændt fast tæt ved linsen, så han under stor forstørrelse kunne følge blodstrømmen.

Enkeltlinse-mikroskopet blev forskernes foretrukne mikroskop op til 1900 tallet. Det var gennem et sådant, Browne så og beskrev sine "Brownske bevægelser". Darwin og Linne havde det med på deres ekspeditioner.

Man lærte at behandle organismene med farver, så usynlige ting blev synlige. Metoden er smukt beskrevet af H. C. Andersen's kriblerkrable: "Jeg maa give dem couleur, at de kunne blive tydeligere!" sagde han, og saa hældte han ligesom en lille draabe rød viin i vanddraaben, men det var hexeblood, den allerfineste slags til to skilling; og saa blev alle de underlige dyr rosenrøde over hele kroppen, det saae ud som en heel by af nøgne vildmænd".

Grundlæggeren af den eksperimentelle biologi, Abraham Trembley (1710-1784), studerede også sine dyr gennem det enkeltlinse mikroskop (figur 5). Hans foretrukne forsøgsdyr var ferskvandspolyppen Hydra, som han manipulerede på forskellig vis. Han kunne beskrive hvordan den reagerede overfor lys og andre påvirkninger. Han skar dem i småstykker og kunne se, at de blev til hele Hydraer igen. Mest gennemgribende og berømt var det forsøg, hvor han, med fingersnilde, uden brug af mikromanipulator, krængede en Hydra ud over en svinebørste. Den fungerede fint (?) med vrangen ud.

Den skæve vanddråbe

Der er mere end infusorier i vanddråber. Der er også fysik. Det kan man se et sjovt eksempel på med vanddråber, der hænger på et vindue. Vandmolekylerne har det jo med at hænge godt sammen. Det har noget med deres skæve molekyl-form at gøre. Alle danser rundt med hinanden, har fat i hinanden

med både "arme og ben". De vandmolekyler, der ligger oppe i overfladen af et glas vand ("bænkevarmerne") har et problem: De kan ikke få fat i andre vandmolekyler ovenover. Her kommer et spændingsfelt, der udfolder sig som overfladespænding. De ubundne kræfter her er fx det, der gør, at nogle dyr kan gå på vandet, og at vandoverfladen trækker lidt op ad siden, fordi vandmolekylerne søger at binde sig til glassets overflade. Her kan nanostrukturer være på spil, men "det er en anden historie", som H. C. Andersen ville sige. På en vandret, ren glasrude, eller på et vokset åkandebblad, vil en vanddråbe ikke "flade ud", men trække sig sammen i en form, der er en del af en kugle. Det er for at gøre overfladen, med de ledige kræfter, så lille som mulig, et grundprincip i naturen: Spar på kræfterne.

På en lodret glasrude kan vanddråber hænge fast, takket være de ledige kræfter i det vand, der rører ved glasset. Men her blander tyngdekraften sig: Den trækker nedad. Det gør vanddråben skæv (Se figur 6 øverst). Den får en "hængevom" nederst: Kontaktvinklen mellem glas og indersiden af vanddråben nederst er større end kontaktvinklen mellem glas og vand øverst (Se figur 6 nederst). Så skal man kun hente lidt vektorregning frem fra forne tiders fysiktimer: Den kræfter, der trækker nedad, er mindre end de kræfter, der holder fast (pile i figuren): Derfor bliver dråben hængende indtil den eventuelt vokser sig så stor, at tyngdekraften tager over. Så glider dråben ned.

Se efter om det passer, næste gang der er regn på vinduet. Hvis ikke, så puds vinduet, og se efter igen.

For resten er der vandfugle, bl.a. nogle ryler, der udnytter fysikken i skæve vanddråber, når de skal fange vandlopper. Men også det er en ganske anden historie.

Mere at læse:

Naturlommekalenderen 2012; Rhodos: Moe, H.

Mikroskopets historie, Rhodos, 1990.

Vadefugles smarte fouragering. Fugle og Natur, 2010 nr.3

Surface tension transport of prey by feeding shorebirds:

The capillary ratchet. Science, 2010 (320), s. 931-934.

Bencard, M (red): 2000. Krydsfelt. Ånd og Natur I gulddalderen. Gyldendal.