

BODIL JÖNSSON



BODIL JÖNSSON är professor i rehabiliteringsteknik på Certec vid Lunds tekniska högskola. Förutom sin vetenskapliga produktion har hon skrivit fyra böcker som vänder sig till den breda läsekretsen. *Tio tankar om tid* erövrade Sverige när den kom 1999. *Den obändiga söklusten* utkom 2000, *Tankekraft* 2001 och *I tid och otid* 2002.

**T**änk att så många vuxna känner det som om de aldrig någonsin förstått någonting av fysik. Det är både nedslående och sorgligt. Och orättvist och utmanande. Det finns ju många som faktiskt vill förstå. Förstå varför barn ibland kan bli så tunga att bära, varför det inte känns när man röntgas, varför frukostmackan alltid (nåja!) hamnar upp och ner på köksgolvet – och mycket, mycket mer.

När nu Bodil Jönsson skriver om fysik gör hon det med tyngdpunkten i vardagsnära exempel. Exemplet går att ta till sig ett och ett, men boken ger också insyn i några mer övergripande samband. Förhoppningen är att helheten skall skapa en känsla av att det går att förstå fysik, att man kan ha nytta av fysik och att det rentav kan vara roligt.

BODIL JÖNSSON

På tal om fysik



# På tal om fysik

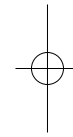
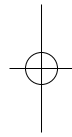
Brombergs

Brombergs



BODIL JÖNSSON

På tal  
om  
fysik



BROMBERGS

## *Innehåll*

Förord	4
KAPITEL 1. En utmaning	8
KAPITEL 2. Fysik och våra sinnen	30
KAPITEL 3. Fysik och miljö	58
KAPITEL 4. Fysik för kvinnor	88
KAPITEL 5. Vad är då fysik?	120
KAPITEL 6. Erfarenhetsbaserad kunskap och vetenskaplig kunskap	146
KAPITEL 7. Samband och sammanhang	164

APPENDIX 1. Mer om några samspel mellan matematik och fysik	169
APPENDIX 2. Exempel på betydelsen av en tankevända	171
APPENDIX 3. Jordens historia på ett år	172
APPENDIX 4. Exempel på stora genombrott inom fysiken	174

Första upplagan, första tryckningen  
Form: Karin Rehman  
Illustrationer: Mirjam Lidén  
Foto omslag: Håkan E Bengtsson  
© 2003 Bodil Jönsson och Brombergs Bokförlag  
Tryck: WS Bookwell, Finland 2003  
ISBN 91-7608-950-9

# Förord

Det här är en bok om naturvetenskap, speciellt fysik. Det är inom det området som jag har verkat varje dag i över 30 år. Det har jag naturligtvis präglats av och tagit färg av – på ett sätt som jag troligen inte kan se själv. Det är från fysiken jag bär med mig en strävan efter klarhet och efter att känna igen mönster och sammanhang. Det är också därifrån som jag har mitt ständiga letande efter exempel och tillämpningar.

Många är tyvärr de skolelever som tar avstånd från fysiken: man tycker ofta först att det är *svårt*, senare blir det *obegripligt* och till sist känns det därtill *jättetråkigt*. Känslan av egen dumhet blir destruktiv när man vecka efter vecka och år efter år möter något som man inte hittar poängen med. Något där man bara ser lösryckta detaljer men inte klarar att hitta rätt bland alla nycklar och koder. Det som finns inuti fysiken är det samlade resultatet av många generationers arbete: teorier, metoder och samband. Men det är inte säkert att det hjälper den enskilda människan när hon skall försöka ta till sig delar av denna stringenta kunskapsmassa. Det behövs mycket variation i utbildningen och en stor respekt för hur olika vi lär oss.

Hos många människor i vuxen ålder finns det kvar en djupt inkapslad känsla av att man har blivit lurad på något. Det kan vara som en sorg eller en vrede: Varför fick aldrig jag chansen att komma in i fysikens värld?! Det kan till och med dyka upp idéer om att det skulle kunna vara roligt och

därtill praktiskt att förstå lite mer naturvetenskap och teknik.

Det är till dig som känner så som den här boken är skriven. Inte för att därmed väcka några förhoppningar om att du genom att läsa den lekande lätt och utan egentlig ansträngning kan lära dig fysik. Så är det *inte*. Det kräver hårt och långvarigt arbete. Men det kan hända att du kommer på att det faktiskt är både *möjligt* och *roligt* att förstå fysikaliska samband. Då har du nått långt, för då kan du ha fått mersmak.

## *Bokens struktur*

Boken växlar mellan resonerande texter och frågor & svar som kan läsas både var för sig och tillsammans. Det är en bok som inte har någon egentlig förebild. Men jag kan tala om vad den *inte* är:

- Den är garanterat inte en lärobok i fysik. Vad jag vill är att hitta dig där du är och berika din tankevärld för att den skall innehålla också fysikaliska inslag.
- Den är inte en kvistigt-och-listigt-bok, byggd kring spännande tankenötter eller luriga tankefallor.
- Den är inte en bok som är till för att man främst skall bli förundrad och tänka »visst är det förunderligt att...?!«
- Den är inte en experimentbok koncentrerad på ett antal spännande experiment som man kan göra hemma.
- Inte heller är den en bok där man med hjälp av metaforer får beskrivet det senaste i den moderna fysiken. Jag har tvärtom konsekvent försökt hålla mig till

sådant som många egentligen redan »vet« utifrån vardagserfarenheter men som de inte riktigt fått fatt på i ett tankesammanhang.

Att jag avstått från de fem kategorierna enligt ovan är inte för att jag tycker det är något fel på dem. Tvärtom – de fyller sina funktioner. Men oftast berikar de främst tankevärlden för dem som redan *har* fysikkrokar att hänga upp de nya tankarna på. Och jag skriver alltså här mest till dig som tidigare inte kunnat hitta själva grundpoängen med det som är fysik, naturvetenskap och teknik.

Ingen människa närmar sig en ny situation med ett tomt huvud. Det är tvärtom så att det som ligger »före« har visat sig avgörande för vad man kan få ut av ett nytt sammanhang, ett nytt område, en ny bok. Både i de resonerande avsnitten och i fråga-svar-delarna försöker jag knyta an till sådant som du möjligen kan sedan tidigare – fast kanske utan att du själv sett sammanhangen.

Frågorna är autentiska: bakom dem finns det livslevande människor som ställt just dem till just mig. Tack alla frågeställare. Att få många frågor ger inte bara många kontakter, det är också ett oöverträffat sätt att få lära sig mer.

Resonemangen (betecknade »svar«) utifrån frågorna är mina, men många av dem har vuxit fram i samspel med kolleger genom åren. Tack till er alla, speciellt till Nina Reistad. De redovisade tankemönstren är baserade på både ren naturvetenskap och på inblickar i hur människor tänker. Det sistnämnda är inte det minst viktiga, för människor tänker inte fullt så olika som vi kanske inbillar oss. Tvärtom är somliga tankesätt och förhållningssätt vanligare än andra – detta gäller både för de korrekta och för de

felaktiga. För de flesta fysikaliska fenomen finns det alltså *mönster* för hur man brukar kunna förstå och hur man brukar kunna missförstå.

Mina svar blir därför inte bara pang på. Ibland blir de extra långa eftersom jag vill vidga frågan till att omfatta närliggande områden. Ibland vill jag också synliggöra de vanligaste missförstånden – tiger man ihjäl dem, brukar de dyka upp i ett senare skede och konkurrera ut korrekta kunskaper. Ett annat viktigt skäl till varför somliga resonemang blir långa är att de genomförs helt med hjälp av ord, dvs. utan inblandning av matematik som språk.

Dalby i midsommartid 2003

Bodil Jönsson

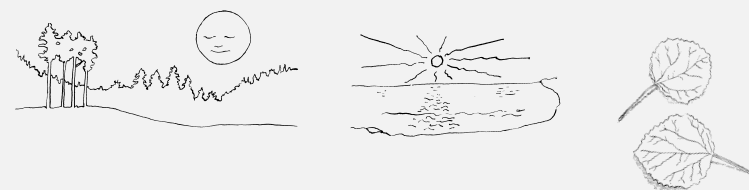
## KAPITEL 1.

# En utmaning



Ursprungligen hörde filosofi och naturvetenskap samman. Inte förrän på 1600-talet blev naturvetenskapens objektiva och experimentellt undersökande karaktär så tydlig att den gick sin egen väg. Strävan var att ur observationer komma fram till samband – ju mer allmängiltiga och entydiga, desto bättre.

»En fråga som det går att besvara entydigt är det sannolikt något fel på« skriver Torgny Lindgren i tidskriften *Trots allt*. Så kan det vara för många av de stora, livsavgörande



existentiella frågorna men så är det inte för de naturvetenskapliga. Absolut inte. På de flesta rent naturvetenskapliga områdena gäller regeln att om man inte kan besvara en fråga entydigt, *då* är det faktiskt något fel på själva frågan.

Naturvetenskapliga frågor har alltså ofta (inte alltid) ett »rätt« svar. Det svaret kommer inte fram genom att två eller flera människor fritt resonerar sig fram till vad just de i just sitt sammanhang tycker borde vara det rätta. För som Galilei sa en gång: »När allt kommer omkring handlar våra

dispyter om den iakttagbara världen och inte om papper. Låt oss gå till demonstrationer, till observationer och experiment.«

Efterföljden av den maningen ledde till stora framgångar. De mest synliga i vardagen är kanske alla de tekniska lösningar som vuxit fram i en ständig växelverkan med naturvetenskapliga experiment och slutsatser. Därtill kommer att människor på naturvetenskapens område har kunnat förstå varandra *precis*, stå på varandras axlar och bygga vidare på varandras resultat. Fyra århundraden av mänsklig samverkan över generationsgränser har lett långt och högt. Ibland har det kommit fram något omvälvande. Delar av kunskapsbygget har fått rivras och byggas upp på ett nytt, kanske helt annorlunda sätt. Men också då har det krävts en glasklarhet av de nya sammanhangen *och* av motiven för rivning och nybygge. Det finns med andra ord en hög grad av mentalhygien inbyggd i naturvetenskapen.

Men kanske håller nu den naturvetenskapliga världsbilden på att tappa sitt grepp om människorna. Kanske är vi på väg in i en ny kultur där inte längre så många är beredda att prova, ifrågasätta, göra experiment och leta efter sådana strukturer som håller generellt och objektivt. Det kan vara en direkt följd av att man hellre vill tala med varandra och i samtal komma överens om hur allt »är«.

Det kan också hänga samman med att allt fler människor under allt fler av dygnets timmar lever i en fiktionernas datorvärld där man inte behöver bekymra sig om någon naturvetenskap överhuvudtaget. Där är det fullt möjligt att hålla sig med alldeles egna »naturlagar«.

Naturvetenskapen föddes som en revolution. Pionjärerna bars av en stark glädje över det objektiva, det som inte

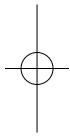
gick att ifrågasätta. Tänk att två människor oberoende av varandra kunde titta i ett och samma instrument och se *precis* det samma. Det var så nytt och så maktrubbande att Kepler och Galilei triumfatoriskt skrev till varandra om hur påvens kardinaler inte längre skulle kunna tro sig om att kunna tala ner himlakropparna från himlapällen. Vare sig de religiösa eller de världsliga makthavarna skulle kunna hävda sina tolkningsföreträden framför det objektiva.

Galilei och Kepler har inte blivit helt sannspådda – men nästan. Naturvetenskapen och dess effekter har under århundradena som gått präglats både kulturen och samhällsutvecklingen. Kanske kan det verka som om naturvetenskapen också idag lever i starkt orubbat bo – men jag är alltså inte säker på det.

Hela denna bok är ett försök att spjärna emot en utveckling i riktning mot mindre inslag av naturvetenskap i det mänskliga tänkandet. Jag väljer en form som ligger så nära samtalets som möjligt för att därmed visa att man faktiskt kan tala med varandra – också i naturvetenskapliga termer.

### *Frågor och svar*

Nu följer sju frågor som speglar olika sätt att närma sig fysik från sju olika håll.



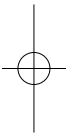
## Varför hamnar alltid marmeladsmörgåsen upp och ner på köksgolvet?

Jag börjar med en motfråga: *gör den det?* Jag tror inte det. Jag tror att om du börjar undersöka det hela lite mer systematiskt, så ser du att det inte är »alltid« som den klibbiga ytan kommer mot golvet.

Men din iakttagelse behöver för den sakens skull inte vara helt fel. Kanske är det rentav så att det upp-och-ner-vända är *vanligare* än det rättvända fallet? Skälet till det ligger i så fall inte hos smörgåsen, inte heller i någon mytisk och mystisk lag om alltings jäklighet. Nej, skälet ligger hos dig. Det är *du* som avgör om smörgåsen hamnar på ena eller andra sidan, för det beror på hur *du* håller smörgåsen. Lite vinklat, eller hur? Och vilken rörelse gör du sedan när du är på väg att tappa smörgåsen? Försök se efter, i praktiken eller bara i fantasin.

Vad jag försöker föra fram här är att det mycket väl kan vara så att din marmeladsmörgås oftast hamnar upp och ner, ja, det kan kanske för somliga människor vara så att den (nästan) alltid gör det. För andra kan det vara så att den nästan aldrig gör det. Vilket som blir fallet beror på greppet och på rörelsen i det ögonblick man tappar taget om smörgåsen.

Tar du den här första frågan i boken på lagom mycket allvar och lagom mycket skoj, kan du botanisera vidare genom att göra experiment. Det kan bli riktigt roliga familjefrukostar. Ja, är man flera samtidigt så kan det visa sig att det faktiskt är stora skillnader mellan olika människors smörgåstappande. För att utfallet (!) av experimentet skall bli något så när säkert, behövs det en viss statistik. Man kan





alltså inte bara tappa smörgåsen en gång och utifrån det resultatet uttala sig om hur det *alltid* är. Ju fler gånger man provar, desto säkrare blir resultatet. Fast att prova mer än 20 gånger är knappast lönt.

Det finns felkällor i alla experiment, och därför får man passa sig för att övertolka resultaten och tro att de är mer exakta än de är. En osäkerhet är det slumpvisa i resultatet. Den osäkerheten kan man begränsa genom att göra många experiment. En annan ligger i de *systematiska* felen – det kan finnas något viktigt som du inte tänkt på och som påverkar utfallet eller kanske rentav varierar under tiden. I det här fallet kan det mycket väl uppkomma systematiska fel under försökets gång, t.ex. genom att man bättre och bättre *lärt* sig hur man kan undvika att smörgåsen hamnar upp och ner. Men mänskligt sett behöver detta ju inte vara »fel« – det innebär bara att du lärt dig en del om din koordination och kanske uppövat din koordinationsförmåga i just smörgåsfallet. I och med det kan du ha minskat behovet av att torka köksgolvet så ofta. ¶

## Skolämnet fysik är väl inte 50 procent matte? Det påstår några i min klass, men man behöver väl inte kunna räkna för att fatta fysik?

Inte ens som skolämne är fysik »50 procent matte«. Vad i all sin dar skulle man förresten räkna procent på? Men frågan rymmer något viktigt och svaret beror på vad man vill *ha fysiken till* och *vad* det är inuti fysiken som man vill lära sig.

Jag vill därför inte slinka ifrån frågan genom att säga »Titta, här finns en hel bok nästan utan några matematiska resonemang, så visst går det att prata fysik utan matte«. Så enkelt är det inte. Mycket av innehållet i den här boken hade inte funnits som mänskligt vetande om inte matematiken fungerat som tankestöd och uttrycksform när innehållet utvecklats. Se också appendix 1.

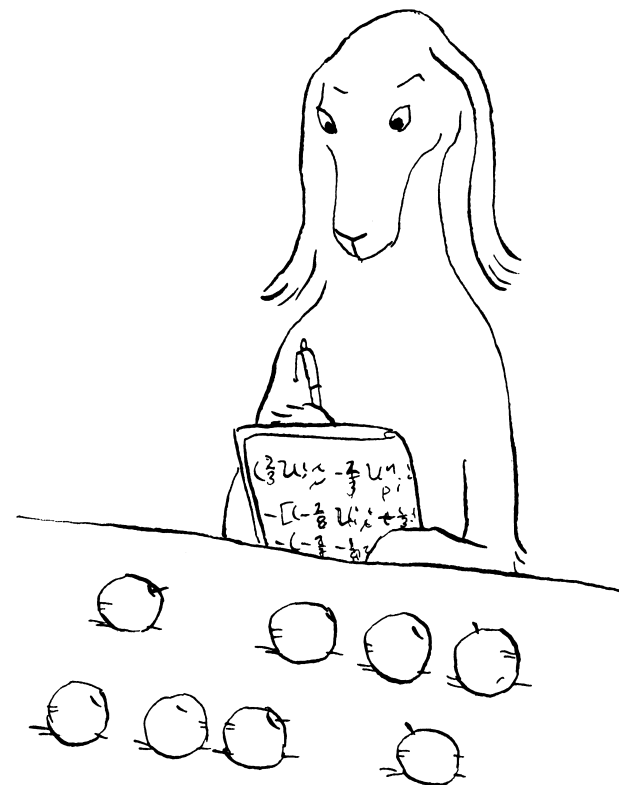
Ibland blir forskare rent lyriska över hur olika fysik-samband kan beskrivas med på ytan identiskt lika matematiska formler. Många har skrivit om hur naturens matematiska enkelhet känns som en skimrande skönhet. Jag håller med om det – det *är* vackert. Men ibland tänker jag att *bakgrunden* till skönheten är tämligen prosaisk. Det kan helt enkelt handla om att vi håller på med en delvis osynlig rundgång. Mycket i matematiken är nämligen i sin kärna präglad av den fysikaliska verkligheten. Också matematiker är människor.

Albert Einstein sa: »All kunskap om verkligheten utgår från erfarenheten och utmynnar i den.« Att t. ex. matematiken valt att låta  $1+3$  bli lika mycket som  $3+1$  är egentligen från början hämtat ur verkligheten. Tar du först 1 äpple och sedan 3, blir det precis lika många äpplen (4) som om du först tar 3 och sedan 1. Matematiken har alltså hämtat delar

av sina grunder från den fysikaliska världen men sedan (när matematikens tankekomplex byggts ut till dagens gigantiska omfång) har detta glömts bort. Kanske är det främst dessa grunder (som t.ex. att  $1+3$  i matematiken är lika med  $3+1$ ) som gör att vi uppfattar slutresultatet som »vackert« när vi tillämpar matematik på fysik. Jag kan i alla fall bedyra att vi inte hade fått fram några »vackra« lagar inuti fysiken om vi hade försökt använda en matematik som i sig hade inbyggt att  $1+3$  *inte* var lika med  $3+1$ .

I somliga delar av den moderna fysiken är matematiken än så länge egentligen det enda språk som finns. Om man försöker formulera sig på ett annat språk än matematikens, hamnar man lätt i så metaforiska resonemang att formuleringar tappar sitt innehåll och mest blir till en saga. Det behöver i och för sig inte vara något fel på det – det är fascinerande hur den moderna fysiken inspirerar människor till tankar också utanför fysiken. Men det är en sak att bli inspirerad till eller av metaforiska tankar, en helt annan att kunna tränga djupare in i fysiken i fråga.

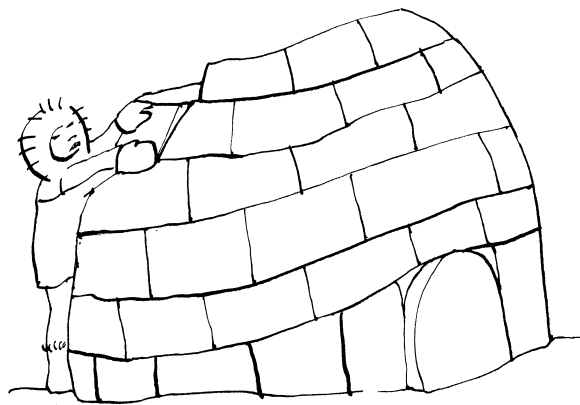
Därför: Vill du arbeta dig in i fysiken, blir du tvungen att ta till dig matematiken som språk. ♣



## Varför finns det så mycket i naturen som är sfäriskt (runt, klotformat)?

Det finns många olika skäl till det, bland annat mekaniska och energimässiga. Men innan jag tar upp några av dessa skäl vill jag först komma med en motfråga: Varför skulle det *inte* vara så? Om en del av ett föremål inte utmärker sig i förhållande till alla andra och om det inte finns några yttre deformande krafter, då är faktiskt den sfäriska formen den mest sannolika.

För länge sedan fäste man sig vid att en av de stora skillnaderna mellan allt som hände över månen och allt som skedde på jorden föreföll vara att allt i rymden var sfäriskt. Ja, den sfäriska formen ansågs rentav vara mer gudomlig



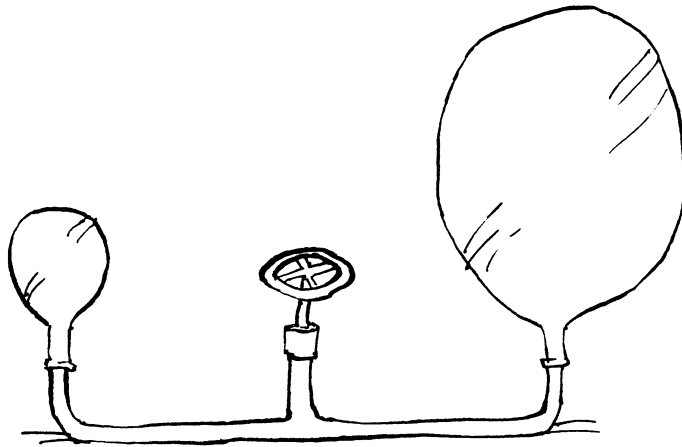
än alla andra. Från Platon och hans efterföljare uppkom tvånget att man skulle kunna beskriva allt i kosmos som uppbyggt kring sfäriska former och att rörelserna skulle ske längs sådana banor, lugnt och fint. Motsatsen, alla dessa ryckiga rörelser och osymmetriska former, som finns nere på jorden, ansågs bara visa hur långt från det fulländade detta jordiska är. Läs gärna vidare om *sfärernas harmoni* – sådana tankegångar var starka ännu hos Johannes Kepler och faktiskt ända in på 1600-talet.

Vi möter många sfäriska former till vardags. Vattendroppar och såpbubblor (eventuellt lite tillplattade av gravitationen) är några av exemplen. I ytan mellan luften och vattnet (eller luften och såpan) finns det *bunden* ytenergi, och ju mindre droppen kan göra sig, desto energisnålare blir det. Just detta med minsta möjliga yta och därmed minsta möjliga energi är orsaken till att droppar blir sfäriska och inte till exempel kubiska. En sfär har i förhållande till sin volym den minsta möjliga ytan mot omvärlden, betydligt mindre än t. ex. kubens.

Förhållandet mellan yta och volym är viktigt i många olika sammanhang. Hade vi byggt våra hus energimässigt optimalt, skulle husen formats som sfärer. Då hade de läckt så lite energi som möjligt. Å andra sidan vore då så mycket annat opraktiskt, svårbyggt och svårmöblerat att vi troligen kommer att hålla oss till fyrkantiga hus ännu en tid.

Ett annat sammanhang där man till vardags möter sfäriska ytor är i linser, t. ex. i kameror och glasögon. De första linstillverkarna slipade redan krökta ytor genom att gnida dem mot varandra för att få just sfäriska former. Höll man på tillräckligt länge, *blev* nämligen formen sfärisk – alla ojämnheter i de båda föremålen slet till sist ner varandra. ¶

**Om man sätter ihop en liten och en stor ballong – vad händer då? Blir de lika stora? Eller tar kanske den lilla all luften? Eller den stora?**



Det är ju ingalunda livsavgörande att kunna svara på detta, men svaret är »the winner takes it all«. Den stora ballongen växer till sig och den lilla töms på luft. Prova gärna: man kan hålla i ballonghalsarna, trä dem på ett gemensamt rör och så släppa fritt luftflödet mellan dem.

Egentligen hade du kunnat svara utan att först prova. Du vet hur det är att blåsa upp en ballong. Alldeles i början måste man ta i så man kan bli högröd i ansiktet. Sedan blir det lättare. Du vet alltså *av erfarenhet* att det krävs ett *större* tryck för att blåsa upp den lilla ballongen än vad som krävs för den stora. Det finns alltså ett *större* tryck att övervinna i den lilla än i den stora.

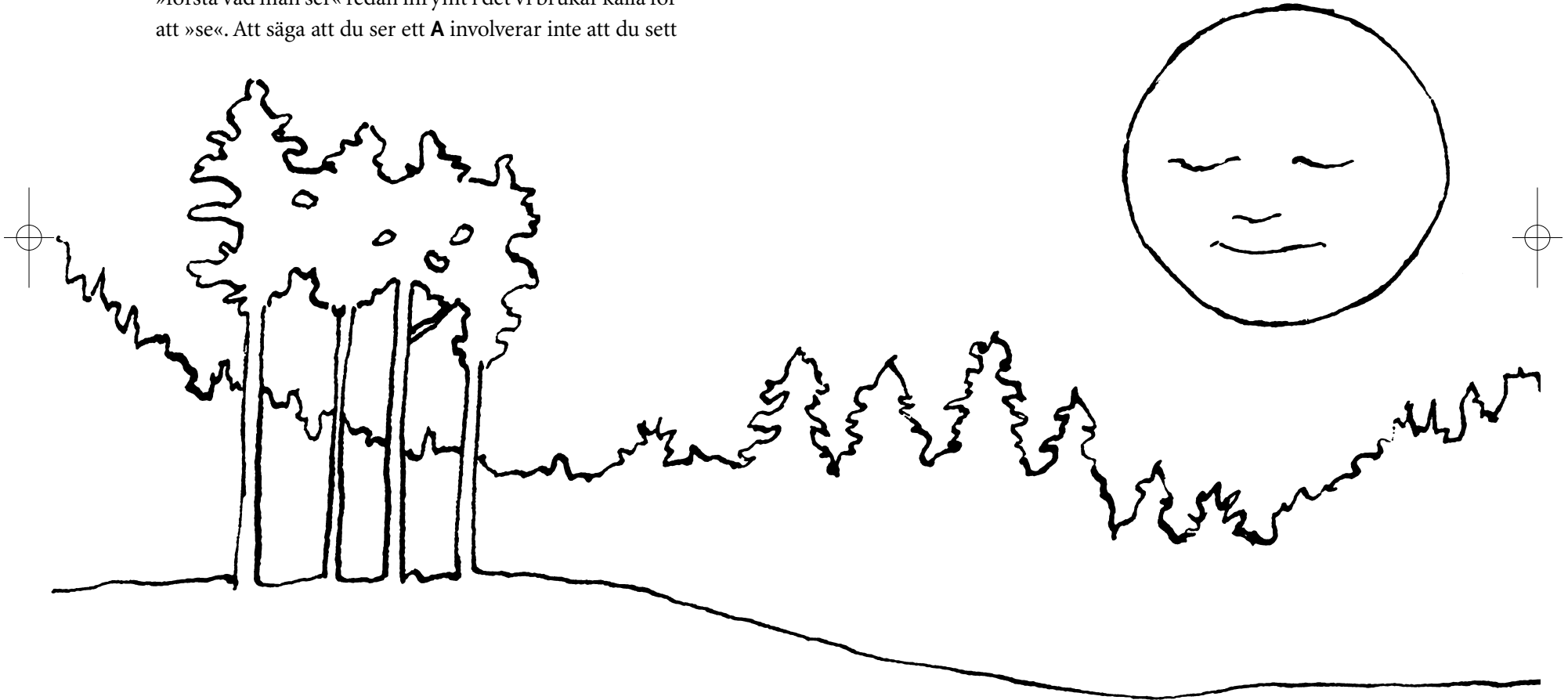
En liten ballong betyder alltså högt tryck. När du för- enar en stor och en liten ballong, blir svaret självklart: luften går *från* den som har högst tryck, alltså den lilla, *till* den som har lägst tryck, alltså den stora.

När du kommit underfund med det här, kan du börja leta efter fler snarlika exempel. Nästa gång du är tillsammans med några barn som blåser såpbubblor och fångar den ena bubblan ovanpå den andra – se då efter åt vilket håll väggen mellan bubblorna buktar. Givetvis från den lilla in i den stora (eftersom den lilla har större tryck). Förresten märks detta med tryckskillnaden redan från början när man blåser såpbubblor: blåser man häftigt (med högt tryck), blir det bara små bubblor (med högt tryck). Vill man ha stora vackra bubblor, krävs det en försiktig svag blåsning. (Hade framställningen innehållit matematik, hade jag här enkelt kunnat visa hur en bubbla med dubbla radien bara håller halva trycket.) ¶

### Hur kommer det sig att månen ser så stor ut ibland?

Det finns inte *någon* som helst fysik i det här svaret. Att månen ser så stor ut vid horisonten handlar nämligen inte alls om fysik utan *bara* om människans tolkning.

Människans synsinne utvecklas sedan tidigt fosterstadium, och det nyfödda barnet övar från första stund upp sin förmåga att *förstå* vad hon ser. I själva verket är detta att »förstå vad man ser« redan inrymt i det vi brukar kalla för att »se«. Att säga att du ser ett **A** involverar inte att du sett



två snedställda streck och ett horisontellt – du har bara sett just helheten »A« som du lärt dig att reagera på.

En av de egenskaper hos ett föremål som synen hantarer är *storlek*. Vi kan resonera aldrig så mycket om vilken synvinkel ett föremål upptar på näthinnan, men att säga att det som upptar en *stor* vinkel därför *är* stort är alltför förenklat. Synvinkeln beror både på storleken och på avståndet – ett enkelt sätt att åstadkomma en förstoring av bilden på näthinnan är bara att hålla föremålet närmare. När nu månen finns där på (ungefär) ett och samma avstånd antingen den är vid horisonten eller uppe på himlen, upptar dess bild en och samma synvinkel på näthinnan. Vi blir bara offer för en synvilla när vi får för oss att den är större vid horisonten.

Synvillor är egentligen inte alls några villor. Tvärtom: de tillför oss information om just *synen*. Det enda de bryter mot är våra förenklade *modeller* över hur det går till när vi ser. Månparadoxen är ett gott exempel på just en sådan synvilla. När månen finns där högt på himlen, uppfattar vi den som liten eller snarare som att »så stor är månen sedd från jorden«. Där mitt uppe på himlen är den inte relaterad till storleken på något annat – månen är liksom bara månen. När vi sedan ser den långt ner på himlen, kanske i närheten av ett skogsbryn som vi känner till storleken på eller ett villaområde som vi också känner till, har vi plötsligt fått ett jämförelseobjekt. Detta finns mycket, mycket närmare oss än månen, men det är inte alltid vi klarar att hålla isär skillnaden i avstånd. Istället tilldelar vi månen en storlek som om den hade varit belägen någonstans vid den avlägsna horisonten. Detta gör att månen ser *väldigt* stor ut.

Hur mycket man än försöker resonera med sig själv och säga: »Jag vet att det är samma måne, alltså ser jag bara fel, nu skall jag absolut se att månen är just så stor som den brukar vara där uppe på himlen«, så går det inte. Synintrycket av den stora månen är obönhörligt. Och det är väl därför som man har hittat på allehanda kvasiförklaringar med påstått fysikaliskt innehåll – olika ljusbrytnings- eller spridningsfenomen som skulle kunna förorsaka den upplevda månförstoringen. Sanningen är emellertid att upplevelsen av den stora horisontmånen helt och hållet är knuten till mekanismer i människans syn. Detta har bland annat bevisats i laboratoriemässiga kontrollerade studier där man projicerat in månen mot olika bakgrunder och tagit reda på hur människan uppfattar storleken. ¶

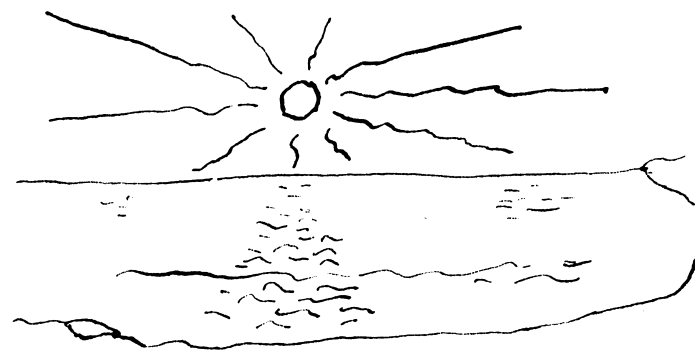
## Varför kan solen bli röd?

Solen kan se röd ut nere vid horisonten, och i det ligger det ingen synvilla. Också om man med annat än människoögon mäter upp vad det är för ljus som kommer från solen i det läget, så kan man mäta att ljusets färgbalans förskjutits åt det röda hållet. Det gulvita solljuset har blivit av med så mycket i det blåa området, att resterande ljus är mest rött.

När ljus skall ta sig från solen till jorden, går det en längre sträcka genom jordatmosfären om solen står nere vid horisonten än om den står högt på himlen. Det är ju en längre väg att snedda genom ett område än att gå vinkelrätt emot det. Därför påverkar partiklarna i atmosfären solljuset mer på kvällen än vad de gör mitt på dagen. Den *spridning* av ljuset som sker i atmosfären blir alltså större på kvällen än vid lunchtid. Och eftersom blått ljus sprids mer än rött, kommer det att finnas kvar mer av det röda. Resultatet blir att solen ser röd ut.

Det är samma spridning som gör att himlen ser blå ut. Om det inte hade funnits någon atmosfär, hade det alltid varit *kolsvart* rakt upp utom i riktning mot solen, månen, några planeter och stjärnorna. Det blå vi ser är just *spridningen* mot atmosfäriska partiklar av ljuset från solen. Eftersom det röda sprids minst, blir det inte så mycket rött i det ljus som sprids ner till oss från »himlen« utan det blir en dominans för det blå, det mest spridda. Egentligen är det fantastiskt att redan själva åsynen av himlen talar om för oss att jorden *har* en atmosfär.

Inte ens för oss som har vuxit upp i Halland ligger det alltså någon sanning i det som skanderats på så många fotbollsmatcher: »Himlen är så blå, tack vare H B K.«



Nej, himlen vore blå, alla hejklackar förutan. Ja, till och med om Halmstads Bollklubb bytte ut sin blå klubbtröja. ♣

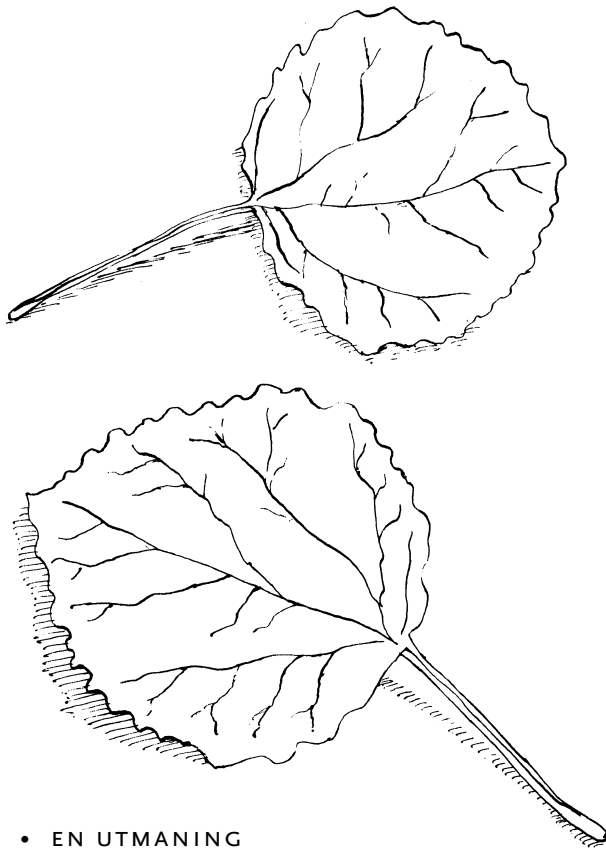
## Varför darrar asplöv?

Det är många frågor man kan besvara bara man vågar tänka efter »hur kan jag *göra* för att ta reda på det?« och »har jag varit med om något liknande tidigare?«.

I det här fallet räcker det långt med den första ansatsen. Gå helt enkelt till en asp och titta. Aspen och dess grenar darrar inte mer än vad andra träd och grenar gör – det är bara bladen som darrar. Bladen i sin tur sitter fast vid grenarna med sina stjälkar. *Aha*, det måste alltså vara något med stjälkarna, kan man säga, nästan utan att ha kontrollerat det.

Det är något med stjälkarna. I själva verket handlar det om stjälkarnas form – men för att se det måste du gå till en asp. Asplövens stjälkar är mycket plattare än de flesta andra bladstjälkar. Därmed blir de instabila. En rund stjälk är stabil oberoende av hur vinden får fatt i bladet och stjälken. Men för ett blad som sitter fast med en platt stjälk kan den minsta vindpust skapa en rörelse som inte klingar av så lätt. Asplövet är alltså i stillastående läge i en mycket mer *labil* jämvikt än vad björklövet är i sin *stabila* jämvikt på sin runda stjälk.

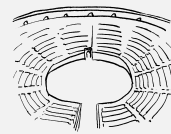
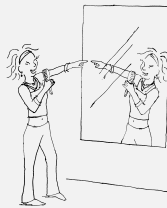
En analogi till detta kan vara skillnaden i former mellan ett lockigt hårstrå och ett rakt. Det lockiga hårstrået har ofta en plattare form än det raka. Den plattare formen gör att det helt enkelt inte klarar att hålla sig rakt. Det är så mottagligt för minsta störning utifrån att det alltid hamnar i ett krulligt läge. Fullt så mottagliga är inte de platta paketband som vi omger våra julklappar med, men man behöver inte dra särskilt hårt med saxbladet längs med banden för att de skall bli de finaste krusiduller. Men ingen av oss skulle drömma om att ens göra försöket att krulla till ett runt snöre. ¶





## KAPITEL 2.

# Fysik och våra sinnen



Fysiken har inga som helst förklaringar till varför du kanske blev kaffesugen nyss. Luktade det kanske kaffe? Eller blir du kanske kaffesugen nu bara för att jag skriver om det? Sinnesupplevelser är biologiska, och om det biologiska har fysiken inte något att säga. Däremot kan den berätta om det fysikaliska i vad det är som luktar, smakar, syns, hörs och känns.

Ljus (en vågrörelse) från omgivningen får våra ögon att reagera: vi »ser«. Ljud (också en vågrörelse) ger oss något att höra, molekyler (partiklar) får näsa och mun att reagera så att vi känner lukt och smak. Känselförmågan reagerar på både belastning och rörelse, värme och köld och kemisk åverkan som t.ex. frätskador. Balanssinnet hämtar sin information från örats balansdelar och från vad man ser och från vad man känner under fotsulorna eller från karusellens sidrädsla eller x2000-tågens skakningar och kurvtagning. Får man inget sammanhang mellan de olika sinnesintrycken börjar man må illa.

### Vår syn

Det går att med hjälp av fysikens optik rita upp den bild på näthinnan som ögat skapar. Men redan genom att beskriva ögat som ett mottagande organ har man missat en hel del, för synen är i allra högsta grad selektiv, spanande och mönstreigenkännande. Den handlar inte bara om att ge bilder. Det finns också ett dygnsrytmseende, en ansiktsigenkänning, en ledsyn, med mera.

Historiskt har det funnits åtminstone tre sätt att beskriva syn. Det första handlade om att synintryck uppkom då en yttre eld mötte en inre. Denna beskrivning som

kommer från Empedokles var troligen för komplicerad för att överleva någon längre tid. Nästa, företrädd av atomisterna cirka 500 f.Kr., menade att eftersom själen inte kan komma ut får bilderna komma in och vidröra själen. Man föreställde sig att bilderna liksom frigjorde sig från föremålen och åkte in i ögat som på en räls (ordet »inbillning« kommer ursprungligen från »inbildning« som handlade om att just »ta in bilder«). Mot detta protesterade pythagoreerna som framförde en tredje föreställning. Om det vore som atomisterna sa, skulle vi ju se allting, också nålen i höstacken, menade de. Nej, elden måste komma inifrån. De argumenterade ungefär så här: När vi sluter våra ögon kan elden inte komma ut – och då ser vi ju inte heller något. Och eftersom ögat buktar utåt måste ögat till skillnad från örat vara ett sändande organ.

Idag ses ögat visserligen fysikaliskt som ett mottagande organ, men synfunktionen kan bara förstås utifrån att ögat är en sökare som blixtnabbt reagerar på förändringar och riktar sin uppmärksamhet mot dem. Det mesta i det vi upplever som om vi »ser« kommer från gamla synbilder. Om jag sedan tidigare vet hur du ser ut, behöver jag bara kasta en snabb blick på dig och sedan blandas denna snabbkontroll med den inre detaljerade bild jag haft av dig tidigare till en samlad ny.

### *Ljud och hörsel*

Människan kan höra ljud mellan 20 Hz och 20 000 Hz. Liksom det finns ljus som har för hög energi för att vi skall kunna se det (ultraviolett ljus), finns det ljud som har för hög energi för att vi skall kunna höra det (ultraljud). Och liksom det finns ljus som har för låg energi för att vi skall

kunna se det (infrarött ljus; värmestrålning), finns det ljud som har för låg energi för att vi skall kunna höra det (infraljud). Ultraljud används i många mätsammanhang, bl.a. för fosterdiagnostik, medan infraljud ofta ställer till besvär. Infraljud utgör en viktig del i buller och vibrationer från fläktar och liknande.

Också ljud reflekteras vid gränssytor. Praktiskt taget allt ljud från luft reflekteras av en vattenyta. Också när man sätter en ultraljuds sond mot en människokropp för att t.ex. göra en undersökning reflekteras mycket energi i gränssytan. För att ta bort reflexerna sätter man en gel emellan. Denna fyller ungefär samma funktion som vad antireflex-behandling gör på glasögonen – den medverkar till att en rimligt stor andel av vågen går igenom gränssytan.

Ljudet har en mycket lägre hastighet än ljuset – bara en miljontedel eller 330–340 m/s. Det kan man faktiskt »höra« – vid åska förefaller blixtskenet komma före mullret eftersom ljudet behöver längre tid för att nå oss än för ljuset. Det är samma effekt som gör att man i en stor konsertsal kan få se dirigentens taktpinne hela tiden röra sig *före* den musik man hör. Så blir det bara om man sitter för långt bak.

### *Lukt och smak*

Lukt och smak är fascinerande och primitiva sinnen. Fysikaliskt är det lätt att ange vad som framkallar dem: molekyler. Det finns alltså inga signaler som man kan hantera, omvandla, förstärka eller ta bort, och det gör att det kan vara svårare att skapa hjälpmedel om det blir något fel på dem. Inte heller kan vi kommunicera lukt och smak till varandra så som vi kan teckentolka ljud till döva människor,

agera ledare åt blinda eller använda känseln för att teckna i handen till dövblinda människor.

Telekommunikationen har medfört både ljud på avstånd (tele-fon, radio) och ljusbilder på avstånd (tele-vision) för att inte tala om datorkommunikationen. Men ingen form har ännu utvecklats för att förmedla lukt på avstånd. Och om eller när vi på avstånd kan utlösa lukt, får vi ändå problem: Hur får man sedan bort lukten tillräckligt snabbt för att ersätta den med en annan?

### Känsel

Till känseln återkommer jag i frågedelen. Här bara ett påpekande: känsel är ofta förknippad med rörelse. Prova genom att lägga ett finger på något och känna efter hur *lite* du känner om du håller fingret stilla.

### Frågor och svar

Speciellt för det man kan uppfatta med sina sinnen, stimuleras man hela tiden (när man väl kommit igång) att fundera över ständigt nya frågor.

### Varför känns det så kallt i Skåne på vintern fast det bara är några minusgrader?

Detta är ett exempel på hur en mätare (människokroppen) registrerar något annat än en annan (termometern). Människan är som mätare i detta fall i gott sällskap med t. ex. ett hus. Huset blir också av med mer värme när det blåser. Det är blåsten som är Skånes vinterbekymmer, inte temperaturen. Vill man hålla innetemperaturen på 20 grader, krävs det *mer* värme för att göra det.

När energi går bort från huden, känner man ett obehag (eller under överhettade förhållanden ett behag!). Blåst skapar intensivare närkontakt med huden än vad stillastående luft förmår göra, och den kan därför transportera bort mer värme. Ännu värre blir det om den kalla blåsten också är fuktig.

Värmetransport bort från oss sker under nästan alla förhållanden och ibland tycker man bara att det är skönt. En fin sommardag tänker du kanske inte på att luften är ljummen – den känns bara lagom. Men om du cyklar fort känner du hur också den ljumma fartvinden kyler. Cyklar du däremot i ett land med en temperatur på omkring 35 grader eller mer, kan du känna hur fartvinden bränner, en för oss ovan känsla. ¶



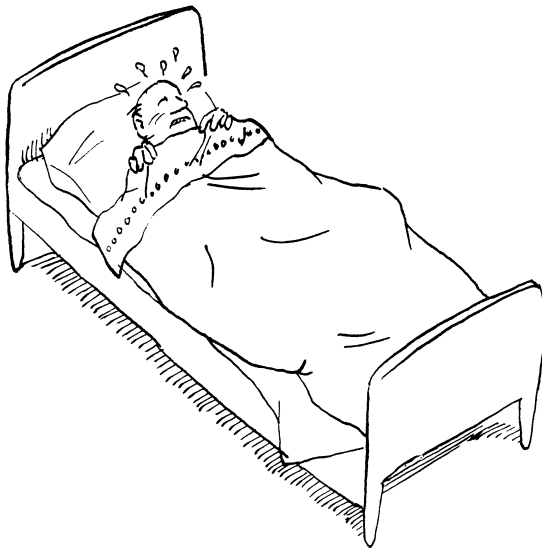
### Varför kan man bli kall av att svettas?

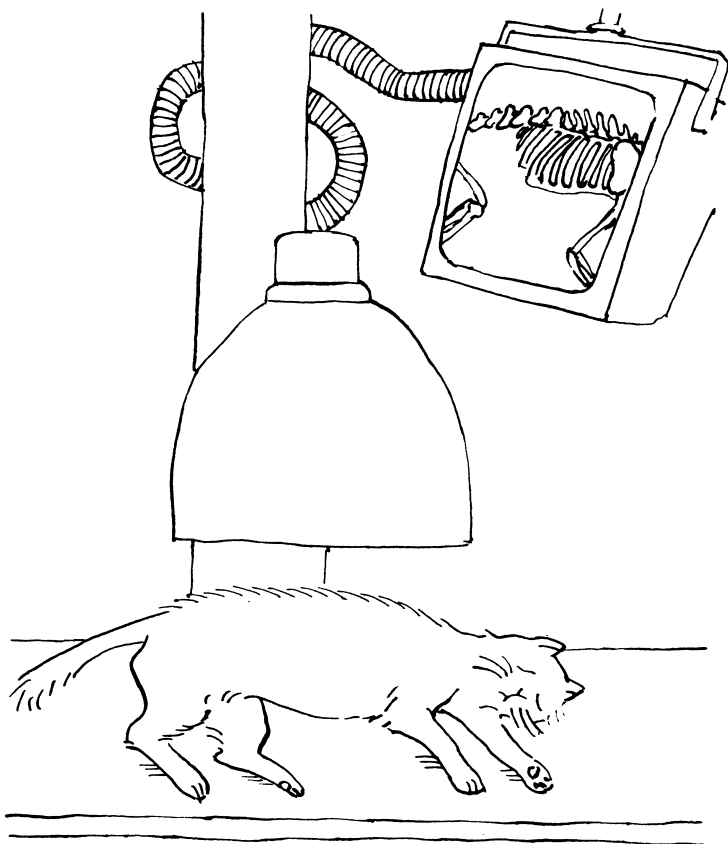
Att svettas är en effektiv temperatursänkande process. Det finns åtminstone tre skäl till det:

1. Det går åt energi till att bilda svett.
2. Så länge som man är svettig, ger svettlagret en förbättrad kontakt mellan huden och luften runtomkring.
3. När svetten dunstar, försvinner energi. Ja, man kan faktiskt stå en kort stund och huttra mitt i solskenet.

Om man har feber och tar febernedsättande medel, reagerar kroppen också med att *svettas bort* febervärmén. Att man sedan fryser när temperaturen kanske går upp igen, beror på obalansen mellan kroppens yttre och inre delar.

Köld- och värmeupplevelser sitter i huden. Du kan därför inte frysa med någon annan del av din kropp än just huden.¶





### Varför känns det inte när man röntgas? Strålningen går ju långt in i en!

Man kan inte känna det som man inte har känselreceptorer för. Konstigare än så är det inte. I huden har vi allehanda känselreceptorer men inga för röntgenstrålning. Dessutom avger röntgenstrålningen inte sin energi där.

Dess energi anpassas efter vad man vill studera. Vill man studera en spricka långt in i ett människoben, krävs det högre energi än om man vill analysera något mer ytligt. Fysikaliskt är röntgenstrålning som ljus – fast betydligt mer energirik.

Det finns strålning av samma slag som ljus och röntgenstrålning men som är ännu mer energirik: den radioaktiva gammastrålningen. Den känns inte den heller. Detta upplever många som kusligt. Vill du ha kontroll, går det emellertid ganska lätt. För några hundralappar kan man skaffa sig enkla och bra mätinstrument för att mäta dels den naturliga ständiga radioaktiva bakgrundsstrålningen som människan utvecklats i samspel med, dels all eventuell tilläggsstrålning.

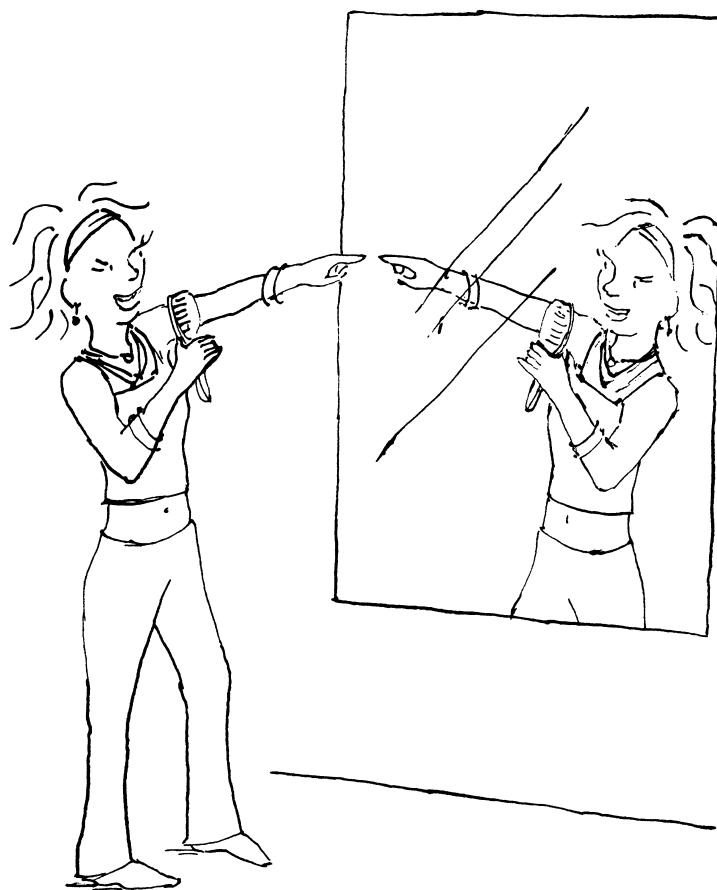
Att radioaktivitet är så lätt att mäta är för mig en stor trygghetsfaktor. Skulle jag någonsin utsättas för alltför mycket strålning, vet jag att det inte kan ske i smyg utan att det obönhörligt kan avslöjas av enkla mätare. Många av de andra farorna som också omger oss, t. ex. olika cancerogena ämnen, avslöjar tyvärr inte sina verkningar förrän det kanske är för sent. Vi har inte kunnat mäta dem, och vi har kanske inte ens kommit på tanken att skadeverkningarna faktiskt finns. ¶

**Varför känns det så skönt att bada i havet när det är 20 grader eller mer men så gott som otänkbart att krypa ner i ett badkar med 20-gradigt badvatten?**

Människan är inte ett mätinstrument som bara mäter i absoluta tal. Tvärtom gör vi ofta mätningar *i förhållande till*. Ett 20-gradigt vatten inomhus verkar nerkylande jämfört med 20-gradig inomhusluft *och det vill vi oftast inte*, eftersom vi hade en bra temperaturbalans i förhållande till den 20-gradiga omgivande luften. Människan har ett behov av att vara omgiven av något med en temperatur som är lägre än den egna, men ligger det an så tätt som vattnet gör, känns 20 grader på tok för kallt.

Det är något helt annat när man badar i havet. Då har man ofta legat på stranden i solgasset ett tag först och blivit för varm. Då är ett svalkande bad ofta precis det man *vill ha* – och därför känns det skönt. ¶





**Hur många gånger jag än får höra en beskrivning av spegelbilder och det spegelvända, får jag ändå inte ihop det. Kan inte du försöka?**

Visst kan jag göra det. Låt mig först säga att problemet inte ligger i att du är »dum«. Det är snarare så att din spontana tolkningsförmåga av en spegelbild är så god att du sedan inte förstår dig på den när du börjar fundera över den.

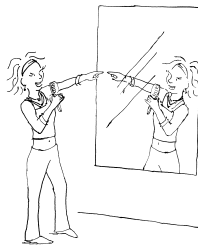
Tänk dig att du står framför en spegel. Spegeln reflekterar ljus mot dig. Att strålarna förefaller komma från något bakom spegeln är bara en skenbild – men en övertygande sådan. Allt ljus kommer förstås från ditt håll och sedan tillbaka som reflexer från spegeln. Men ögat förstår inte att detta bara är en skenbild, utan förlägger spegelbilden i den punkt som strålarna *förefaller* komma från. Så är det med våra synintryck – vi tolkar strålknippen som om de kommer från de punkter som strålknippena *skulle* kunnat utgå från. Om de gör det eller ej, kan inte ögat förstå.

Hur blir då spegeln spegelvänd – i vår tolkning? Egentligen är det väldigt enkelt. Titta på bilden. »Upp« pekar fortfarande uppåt i spegelbilden, åt höger pekar fortfarande åt höger, men det är axeln *rakt in i spegeln*, långfingret, som bytt riktning vid speglingen. Personen framför spegeln pekar *in i spegeln*, personen i spegelbilden pekar *ut ur spegeln*.

När du själv står där framför spegeln är det din nästipp som finns närmast spegeln och pekar mot den, medan din spegelbild vänder sin näsa ut mot rummet. Därför kommer du att tolka spegelbilden så att du och din spegelbild tittar varandra i ögonen. »Hon« verkar alltså ha vänt sig 180 grader runt i förhållande till dig. Och när du tittar på »hen-

ne«, sätter du dig in i hennes situation så att du inte längre kan se att *din* högra hand fortfarande finns speglad till höger i spegeln. För henne i spegeln, spegelbilden som du identifierar dig med, är ju höger vänster eftersom hon är omvänd.

Du kan lätt övertyga dig om att det *är* din vänstra arm som finns där till vänster om kroppens mittlinje också i spegeln (du har kanske klockan på den armen). Uppåt är uppåt, neråt är neråt, höger är höger och vänster är vänster också i spegeln. Det är istället riktningen *mot* spegeln, din näsriktning, som är tvärtom för spegelbilden. Detta rent fysikaliska *plus* din förmåga att identifiera dig med bilden inuti spegeln ger tillsammans din upplevelse av att höger och vänster bytt plats. ¶



### Vad är det som gör att diamanter kan gnistra så mycket?

En oslipad diamanter reflekterar inte så mycket som en totalreflekterande spegel, men den reflekterar betydligt mer än vad vanligt glas eller en vattenyta gör. Det beror på att diamanter har ett högt »brytningsindex« (luft har brytningsindex 1, vanligt glas brytningsindex 1,5 och diamanter brytningsindex 2,5). Dessutom har diamanter som material en annan egenskap: det är *hårt* och *slipningsbart*. Hårdheten gör att det inte blir en massa repor på ytan som annars skulle göra reflexerna diffusa. Och slipningsbarheten gör att man kan åstadkomma vinklar som gör att ljuset totalreflekteras inuti diamantermycket. Ut kommer intensivt ljus i många olika riktningar (beroende på de olika slipningarna). Det upplever vi som att det gnistrar om diamanter. Diamanter bryter dessutom ljus med olika färger olika mycket, så det kan bli fascinerande reflexer.

Låt mig ta chansen här att berätta mer om reflexer. Vi vill *inte* ha reflexer i våra glasögon eller i kameraoptiken – därför antireflexbehandlar man ofta linser. Kosmetika-branschen däremot är *mycket* intresserad såväl av reflexers utplåning (det skall inte blänka) som av deras tillkomst. »Askungekrämerna« får en torr och livlös hud att se strålade ut eftersom de hjälper upp just reflexionsförmågan. Ögonskuggor ger reflexer och kontraster i grått-blått-brunt-svart, och läppstiften reflekterar sina färger, kanske med lite glitter därtill.

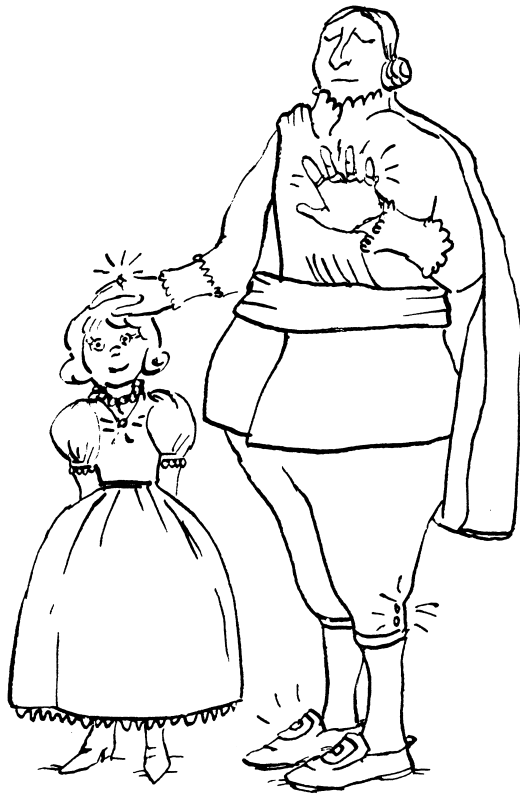
Det är just för att du reflekterar ljus som du överhuvudtaget syns. Visserligen sänder du också själv ut strålning, men den strålningen ligger i värmeområdet, så den kan en



annan människa inte märka (annat än med handen). Där-  
emot nås andra människor av det ljus du *reflekterar* från  
belysningen av sol eller glödlampor eller lysrör eller vad  
det nu må vara. De reflexerna upplever vi som att vi »ser«  
dig.

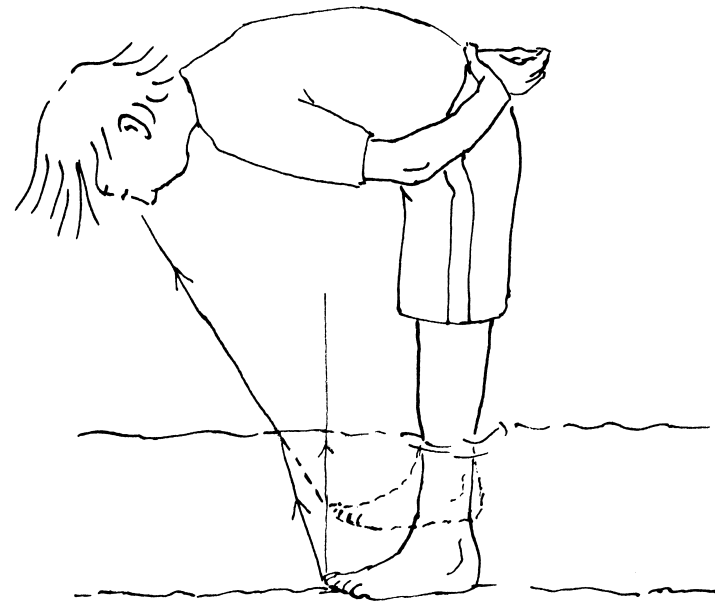
Om det blir någon färg eller ej i det du reflekterar beror  
på vad det är för ljus som lyser på dig. Träffas du bara av det  
gula ljuset från de lampor med natriumljus som ofta finns  
vid t. ex. infarter till städer, så syns hela du i en vit-grå-svart  
ton, som om det var en svartvit bild. Detta beror på belys-  
ningen (*och* på ögats förmåga att definiera det mörkaste  
som svart och de ljusare områdena som ljusgrå eller vita).  
Natriumljuset har i stort sett bara en energi, bara en färg på  
sitt ljus, och därför märks det inte att du kan reflektera oli-  
ka färger olika bra. Det finns helt enkelt inga olika färger att  
reflektera i ljuset.

Om du däremot träffas av ljus från solen, så finns där  
ljus av många olika energier, inuti och utanför det synliga  
området. Om du då har på dig en »röd« kofta, så känne-  
tecknas denna kofta av att den är *bra på att reflektera* i rött,  
medan den kan absorbera blått och grönt. För ingenting  
försvinner – det som inte reflekteras måste absorberas eller  
spridas. ¶



**När jag står med fötterna i vattnet vid strandkanten, ser det ut som om de är högre upp än vad de är. Försöker jag ta fatt i dem, tar jag i vattnet ovanför. Varför det?**

När ljuset kommer från det optiskt tätare vattnet mot den optiskt tunnare luften, bryts strålarna enligt bilden. Om man har ögonen ovanför vattenytan, tror man att ett föremål under vattenytan ligger högre upp. Det är med andra ord en svår konst, redan detta att måtta efter sina egna tår. Och vad man än tycker om harpunering, så måste man erkänna att inte kan det vara lätt att vara harpunerare. ¶



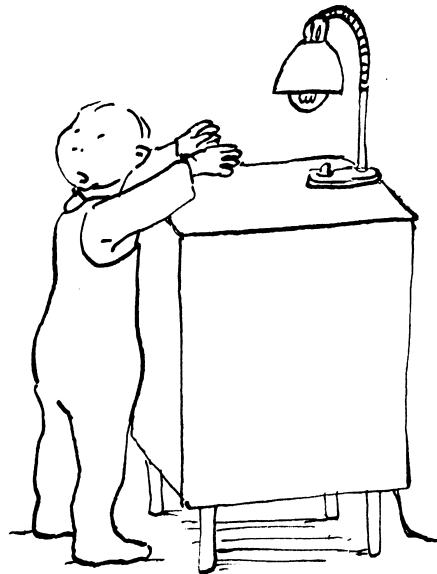
### Varför får man så mycket mer ljus för pengarna om man använder lysrör än om man använder glödlampor?

Det är bara en begränsad del av ljuset från en glödtråd i en glödlampa på 60 w som hamnar i det synliga området. Det kan du övertyga dig om utan några som helst beräkningar – håll bara handen intill en glödlampa så känner du all den värme som strålar ut och som dina ögon inte kan registrera.

Ett lysrör däremot (som numera ibland är format som en glödlampa) är baserat på en helt annan fysikalisk princip. Inuti lysröret går energin åt till att skapa en urladdning. När denna träffar lyspulvret på lysrörets insida, reagerar pulvret med att sända ut ljus som ligger i stort sett *helt* inom det synliga området.

Problemet är bara att hitta lyspulver som ger den färgfördelning i ljuset som vi tycker är behaglig. Vi vill ofta inte ha för kallt vitt sken utan blir bättre till mods av lite varmare ljus. Det är inte alla lysrör (eller lysrörsglödlampor) som klarar det. Men alla klarar att ge mer ljus för pengarna än vad glödlamporna gör som utöver ljus också ger mycket värme. ¶

AJ, AJ !!

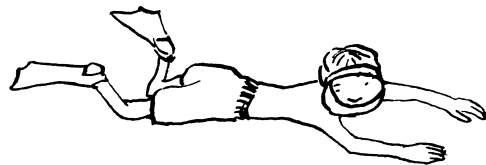
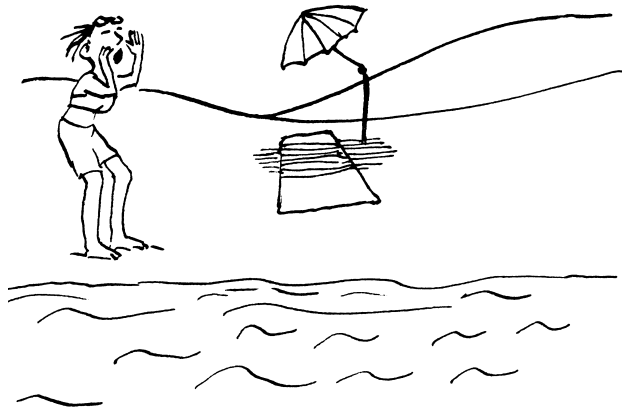


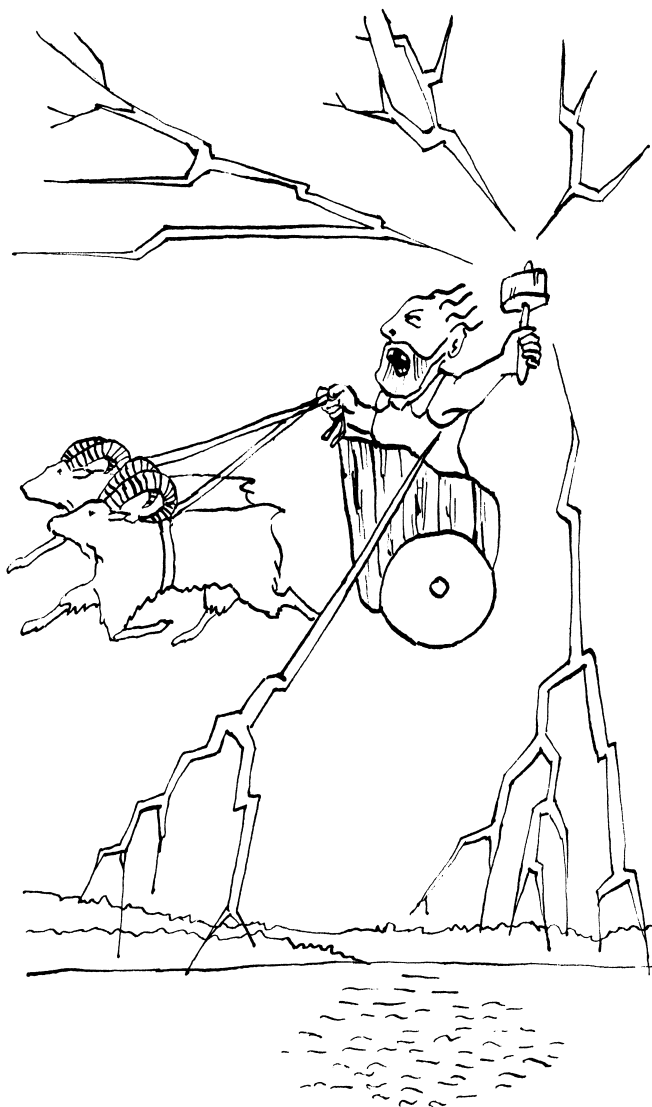
### Varför är det så tyst under vattenytan?

Det är en fascinerande värld där nere. Att den är relativt ljus, åtminstone om man inte är för djupt ner, beror på att det bara är någon procent av ljuset som reflekteras av vattenytan – resten går ner i vattnet. Det beror i sin tur på att skillnaden i brytningsindex mellan vatten ( $n=1,3$ ) och luft ( $n=1,0$ ) inte är så stor.

Men med ljud är det annorlunda. Praktiskt taget *allt* ljud reflekteras i gränsytan. Det är därför det är så tyst under vattenytan – det enda ljud man kan höra där är det som skapats där nere.

En teknisk tillämpning på detta som du kanske rentav sett är arrangemanget när man med hjälp av ultraljudslodning försöker hitta föremål under vatten. Då sker spaningen ofta från helikopter, och ultraljudssändaren hänger i ett så långt snöre att den befinner sig *under* vattenytan. Där finns också ultraljudsmottagaren, för problemet att komma igenom vattenytan är dubbelriktat. Ljud som skapats under vattenytan kommer inte ut i luften – och vice versa. ¶





**Om två olika människor tittar på en och samma sak, kan de ändå se helt olika saker. På samma sätt är det med hörsel, känsel, lukt och smak – två människor får aldrig samma sinnesupplevelser. Varför det?**

Oj. Sådana frågor kan man tänka och skriva hur mycket som helst om. Allra först: det allra mesta uppfattar vi ändå som lika. Dels är den ena människan konstruerad ungefär på samma sätt som den andra, dels lär vi oss genom språket och kulturen att tolka saker på ungefär samma sätt. Men när ett litet barn tycker att det är *äckligt* som du tycker är *gott* – kan någon sägas ha mer rätt än den andra? Vad vet du egentligen om hur maten smakar i en annan människas mun?

Våra upplevelser styrs inte bara av det vi möter utan också av förväntningar, känslor och tolkningsmönster.

Exempel:

Är du mörkrädd, innebär minsta prassel en fara.

Är du rädd för bin, kan surret från en fluga förefalla jättestor och farligt.

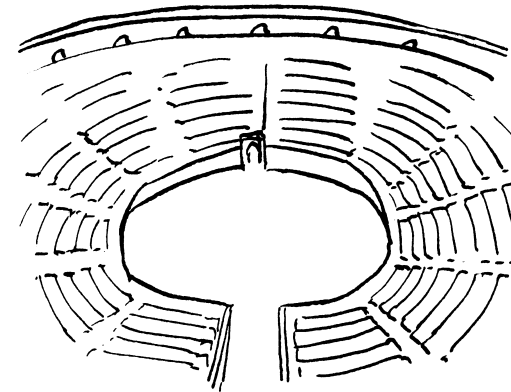
Är du på älgjakt, är förhoppningen stor att det skall vara en älg som kommer framspringande. Den kan vara så stor att man till och med kan ta fel på en älg och en människa. Annars är vi människor *väldigt* duktiga på att på långt håll urskilja om det som rör sig är en människa eller något annat. Rimligen är detta en inbyggd evolutionär egenskap – det kan vara viktigt att känna igen sina likar (de kan vara vänner, de kan också vara fiender).

Kulturen kan vara oskiljaktligt inflettad i det vi tror kommer från våra sinnen. Det fanns en tid då åskan tolka-

des som om det var Tor som var ute och red och hade sin hammare med sig. Jag är fullständigt övertygad om att somliga människor på den tiden faktiskt också »såg« Tor. Själv »ser« jag blixten som att det är gnistor, urladdningar av elektroner som ger ett ljussken, och jag »hör« åskknalarna som resultatet av de kraftiga luftomflyttningarna vid urladdningen.

Vid åska kan man också ha nytta av sina kunskaper om skillnaden mellan ljusets och ljudets hastighet. Ljuset går så fort att man ser blixten i samma ögonblick som den utlöses. Men ljudet går en miljon gånger långsammare, bara en bit över 300 m/s, så genom att räkna sekunderna mellan synintrycket av blixten och hörselintrycket av knallen kan man få fram hur långt borta blixtnedslaget är. ¶

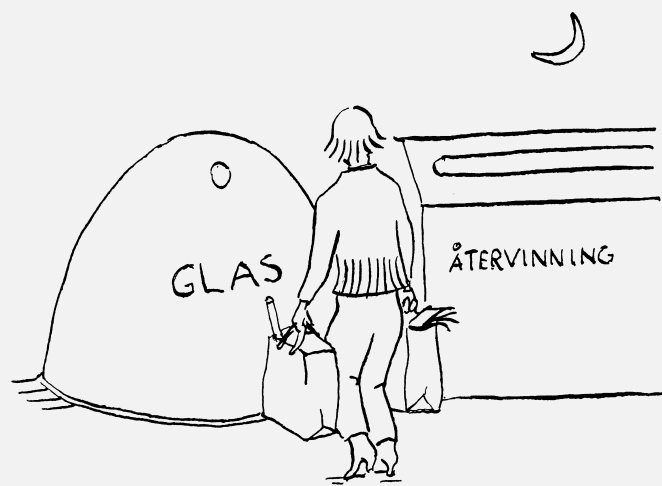
**Hur kommer det sig att man kunde höra minsta viskning på gamla amfiteatrar men att vi inte alltid idag hör texter, trots all förstärkning?**



Det fanns förr en förmåga att skapa akustiska miljöer i amfiteatrar där många tusen personer kunde höra skådespelarnas viskningar trots att dessa inte hade mikrofoner och förstärkare. Visst handlade detta till en del om att åhörarna var vana, tysta och skärpte sin hörsel men det akustiskt viktigaste var att de inte hade så höga krav på bekvämlighet. Det var hårda golv som gällde, branta lutningar, inga ryggstöd, inga klädda stolar, inget tak, inget fläktbuller. Detta gör *stor* skillnad akustiskt.

Akustik är en viktig rumslig egenskap som avgör egenskaper som t. ex. graden av absorption, stående vågor och efterklang. Ljudmiljön blir svårhanterlig och otrevlig med kraftiga ekon om det bara finns kala ytor och raka hörn. Textilier, bokhyllor, klädda möbler, etc. kan göra underverk. På gott och ont. ¶

## KAPITEL 3. Fysik och miljö



Stora delar av miljöutvecklingen skulle påverkas positivt om fler människor bättre förstod några tämligen enkla naturlagar. Ett förändrat tankesätt påverkar både hur vi upplever vår omgivning och vad vi sedan faktiskt också gör. Att fullt ut tänka i kretsloppstermer kunde få lika stora effekter för synen på miljön som vad Harveys upptäckt om blodets cirkulation fick för synen på människokroppen (se appendix 2). Läs gärna mer i »På Goda Grunder« (Bodil Jönsson och Per Wickenberg), [www.certec.lth.se/dok/pagodagrunder](http://www.certec.lth.se/dok/pagodagrunder).

### *Ingenting försvinner – men allting sprider sig*

Om man har insikten att varenda sak man bär hem på något sätt också förr eller senare måste lämna hemmet, blir det mycket som ser annorlunda ut. Låter du tanken gå lite längre och inser att detsamma också gäller för din affär (!), din stad eller by, Sverige, jorden, får den förändrade insikten lokala, regionala eller globala miljökonsekvenser. Det fanns en slogan en gång: »Tänk globalt, handla lokalt!« Jag tror inte riktigt på den – jag tror att man måste tänka på det man gör. Det gäller i första hand att klara att tänka lokalt och handla lokalt. Gör man det fullt ut, är det nog ingen som skulle komma på idén att försöka hålla Skåne rent genom att slänga skiten i Småland. För har man väl förstått att lagen om att »ingenting försvinner« gäller i Skåne, så inser man att detsamma gäller också i Småland. Och förresten skulle det inte löna sig i det långa loppet ens för Skåne att försöka slänga skiten i Småland, för det finns en lag till: *allting sprider sig*.

Utifrån de båda lagarna om att »Ingenting försvinner« och att »Allting sprider sig« kan man nysta upp stora delar av vår samtids miljöproblematik. Även andra varelser än

människorna har ställt till det för sig. Den största miljö-katastrof jag hört talas om drabbade cyanobakterierna när de hade funnits i *en miljard år*. Den handlade inte om näringsbrist men väl om att de hade åstadkommit alltför mycket för dem själva skadligt avfall. Se appendix 3.

På ett tämligen likartat sätt håller nu människan på med att ändra miljön och förutsättningarna inte bara för andra arter utan också för sig själv. Precis som för cyanobakterierna är det framför allt avfallsproblemen som är allvarliga. Det fanns en tid då vi inte var så många människor på jorden och inte heller var för sig kunde ställa till med så mycket. Marken, jorden och luften föreföll då kunna ta emot hur mycket som helst; det var som om den efter hand låga koncentrationen gjorde även det farligaste ofarligt. *Allting sprider sig* var i själva verket den grund som tätboende och industrialisering till en början kunde bygga på. Skorstenar gjordes högre och man spolade ut vattenföroreningar i havet. Man nöjde sig med att ha flyttat problemen från den egna omgivningen och med att ha spätt ut föroreningarna.

Förbrukningen av naturresurser var inte heller så allvarlig så länge som den inte var så omfattande. Vad gjorde det att man grävde sig ner i jorden och tog upp malm, olja, kol och gas i begränsad omfattning? Inte behövde man tala så mycket om att (nästan) ingenting nyskapas när det ändå fanns så mycket kvar? Om bara människorna arbetade flitigt, föreföll det mesta lösa sig. Efterhand tog man hjälp av kemikalier, och triumfen var stor när man kunde få sin vittvätt renare än grannens med hjälp av de nya tvättmedlen.

## Vad händer nu?

Sedan några decennier märks nu effekterna.

Det är inte längre självklart att det går att bada överallt – inte ens på Västkusten med hela Västerhavet utanför. Inte heller havet är någon oändlig opåverkad mottagare av avlopp och avfall. Då och då mäter man mängden miljögifter i Nordsjön och hittar mycket. Förstås. Eftersom vi själva släppt ut dem. Ingenting försvinner.

Koldioxiden ökar i atmosfären – hur skulle den kunna göra något annat? Den kommer numera inte bara från det naturliga kretsloppet utan också från all förbränning i industrier, transport och hem.

Allt fler, speciellt barn, blir allergiska. Inte bara mot konstgjorda ämnen utan också mot naturliga.

Artrikedomen förändras. Det hör till tidens gång att arter kommer och arter går. Men när riktigt gamla arter är hotade, manar det till eftertanke. Vad säger det oss om trollsländan inte överlever nu levande mänskliga generationer? Trollsländor fanns redan på dinosauriernas tid, och det finns fossil av trollsländor som är *160 miljoner år gamla*. Deras förmåga att klara olika förhållanden har alltså varit ovedersäglig – fram till våra dagar.

## En obönhörlig enkelriktning

Att »allting sprider sig« talar om *i vilken riktning* spontana omvandlingar sker.

Exempel: Kväve, syre, argon, vattenånga, koldioxid med mera blandar sig spontant till det vi kallar luft. Men omvänt gäller *inte*: luft kan inte av sig själv dela upp sig i syre för sig, kväve för sig etc. Som tur är, frestas man att säga, även om man vet att så måste det vara! I luften vi andas finns 70



procent kväve och 20 procent syre. Det skulle få drastiska konsekvenser om luften helt plötsligt ordnade upp sig i kväve och syre – var för sig.

Man skulle kunna tänka sig att blandningsförhållandet kanske är ett annat högre upp där luften är tunnare. Eftersom kväve är lättare än syre, är luften kanske kväverikare ju högre upp man kommer? Icke! En hel mil över jordytan är proportionerna desamma. *Allting sprider sig.*

Lika allvarligt som om kvävet och syret inte blandade sig skulle det vara om vattnet inte dunstade och spreds i luften. Ingen luftfuktighet, ingen dimma, inget regn – det vore en totalkatastrof. Men allting sprider sig gäller givetvis också för vattenånga.

Spridning är hela tiden på gott och ont. Vi tycker det är *bra* att oset försvinner när man bränt vid något på spisen, det är bra att avgaserna inte ligger kvar några decimeter över gatan i barnhöjd, det är bra att sockret löser sig i teet. Det är lite knepigare att tänka efter om spridningen är bra för parfymälskaren *eller* parfymhataren – eller är den kanske både bra och dålig för båda parter?

Många människor i stora delar av Sverige hade tyckt att det hade varit bra om inte radioaktiviteten från Tjernoby hade nått deras marker. Dock – naturlagarna rättar sig inte efter människors tyckanden. Det är vi som måste anpassa oss.

För energi gäller detsamma – allting sprider sig. Energin i ordnad rörelse, t. ex. den att klappa i händerna, omvandlas av sig själv till oordningsenergi (värme). Men det omvända gäller *inte*: varma händer börjar inte automatiskt klappa i varandra! Värmen, oordningen, blir inte spontant ordning, t. ex. handklappning.

## Oordningen vinner alltid

Energi som är utspridd är svår att dra nytta av. Den finns visserligen kvar, men den har inte alls samma kvalitet, samma koncentrerade energiinnehåll som t. ex. oljan har innan vi bränner upp den.

Vi har lika motstridiga känslor inför energins spridning som inför materians. Visst vill vi att värme skall sprida sig – hur skulle det annars gå att få varmt i huset? Men vill du att värmen också skall försvinna ut ur huset – inte bara lite grand utan till hundra procent? Den gör det, antingen du vill eller inte. Försvinner hela vägen ut. Om ett 20-gradigt rum behöver ett element på 1 kW för att hålla temperaturen, så kan du vara alldeles säker på att *precis* 1 kW också försvinner ut genom väggar, golv och tak (annars skulle temperaturen öka). Vi eldar hela tiden för kråkorna. Att hålla ett hus varmt innebär att hela tiden bara ersätta den värme som ständigt läcker ut.

Motsatsen till oordningens tillväxt – att ordning *spontant* uppstår – den ser vi aldrig. Visst hade du blivit förvånad, om du fick ut strumporna parvis ur tvättmaskinen eller om underkläderna automatiskt hamnade i rätt högar? Hela livet hade i själva verket blivit upp och ner om saker koncentrerade sig istället för att sprida ut sig, om de ordnade upp sig istället för att bli till villervalla.

## Oordningen och statistiken

Att oordningen bara ökar är inte en fråga om stor mystik – det är ren och skär statistik. Det finns så många fler möjligheter att åstadkomma oordning än ordning, att det alltid är oordningen som vinner om man lämnar något i fred. Det är just därför som vi ägnar en stor del av våra liv,

vår energi och naturens energitillgångar åt att sortera, ställa i ordning och dela upp i olika komponenter. Slappnar vi det allra minsta i vårt sorteringsnit, så vips är oordningen där igen.

Tar du till exempel slumpvis upp korten »1«, »2« och »3« ur en kortlek, så finns det bara **en** möjlighet att få upp dem i ordning 1, 2, 3. Men det finns inte mindre än *fem* andra sätt att få upp dem – i oordning! 1 chans på 6 alltså för ordning, 5 chanser på 6 för oordning. Om man istället för 3 kort använder sig av hela kortleken blir chansen att plocka upp kort i en given ordning ytterligt liten. Ja, även om du nöjde dig med att bara hålla på med hjärterkortet, finns det 1 chans till ordning (från 1 [ess] till 13 [kung]) och 6 miljarder chanser till oordning!

Du sparkar på ett bordsben. Utan tvekan med en viss energi. Vad blir resultatet? Bordet flyttar sig inte, bordsbenet höll, du får ont i tårna – men i övrigt? Ja, vart har energin tagit vägen? Du åstadkom en i värsta fall välriktad spark med en viss energi. Och all den energin blev till värme (eller möjligen deformation) – i tårna och i bordsbenet. Men värme är inget annat än oordnad rörelse! Oordningen har vuxit.

Du skickar ström genom brödrosten. Vad blir resultatet förutom en rostad brödskiva? Jo, värme, dvs. oordning.

Du lägger lite is i vatten. Först är det ordning och reda – det iskalla finns för sig, vattnet för sig. Efter några timmar kommer du tillbaka. Då har allt blivit till vatten med en och samma temperatur, och det går inte längre att avgöra vilket vatten som tidigare var is. Total oordning råder.

I alla dessa fall har förstås energin bevarats – men det har ändå skett en förändring, som leder till ökad oordning,

en förändring med en förutbestämd riktning. Varför talar man då om »spillvärme«? Jo, för att värme som finns tillgänglig vid låg temperatur är mindre värdefull än värme som finns tillgänglig vid en hög temperatur.

### *Spridning på gott och ont*

Spridningen är oss till mycket glädje också. Tänk så besvärligt det vore om oordningen spontant kunde minska? Om t.ex. helt plötsligt en del av vattnet blev till is medan resten blev varmare? Eller om det blev ett litet tomrum precis framför munnen på dig, så att där inte fanns någon luft att andas? Eller om dina händer började gnidas mot varandra bara för att de var varma?

Nej, vi skall nog vara glada för den riktning som ligger i att oordningen bara ökar. Men samtidigt ligger det en fara i att om vi hjälper till alltför mycket i den riktningen, kan oordningsökningen bli ohanterlig. Det är inte främst *mängden* omsatt energi som leder till mer oordning, det är *hur* den omsätts och *vad* vi använder den till. Att omvandla vattenfall till elektrisk ström innebär ingen större ökning av oordningen. Energin går från en ordnad form, lägesenergin där ovanför vattenfallet, till en annan ordnad form, elektricitet, och det blir bara små värmeförluster vid omvandlingen. Att använda elektrisk ström för att driva motorer – det är också något så när rimligt. Den ena ordningen övergår även där i den andra ordningen under rimligt små förluster. Men att använda elektricitet till att göra värme är rena rama vansinnet. Elektricitet är en väl ordnad energi, och att låta den helt övergå i värme, oordning, är inte rimligt annat än i extrema undantagsfall. Inte heller att elda upp välordnad olja. Kärnenergi och olja

intar särställningar eftersom de representerar energiformer som naturen utvecklat under väldigt lång tid.

Egentligen borde man införa ställa-till-med-ordningsavgifter istället för energimätare. Ja, kWh-avgifterna är ju på sitt sätt ointressanta, eftersom energi hela tiden bara omvandlas, inte försvinner. Vad vi borde betala för är istället det oersättliga i att förvanska en högvärdig energi till en lågvärdig.

### Frågor och svar

Nu kommer några frågor och svar som du kanske kan ha praktisk nytta av. Tänk om de till och med kan ge dig nya idéer?

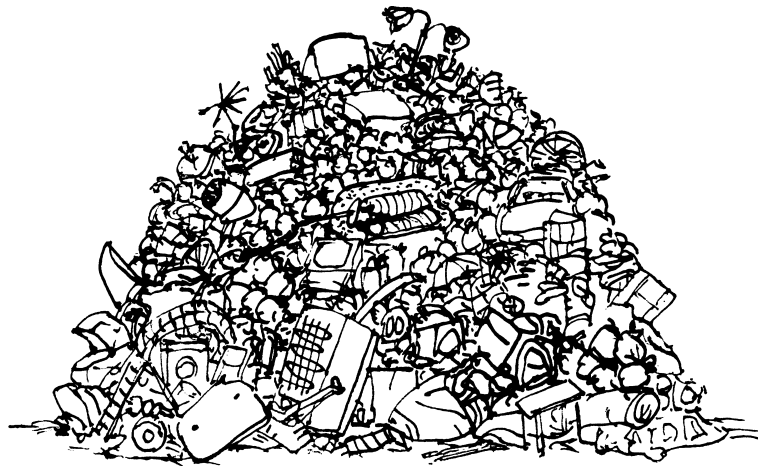
### Kvicksilver och andra tungmetaller – försvinner de aldrig? Det gör ju till och med den mest långlivade radioaktivitet.

Nej, kvicksilver försvinner inte. Däremot anrikas den i näringskedjor, och spridning av kvicksilver och en del andra tungmetaller bör därför definitivt upphöra. Kemikalieinspektionen satte också redan i början på 1990-talet kvicksilver överst på sin 13-lista över de miljöskadliga ämnen som skulle avvecklas. All användning av kvicksilver skall alltså upphöra. ¶



## Skall vi sanera gamla tippar – eller skall vi låta dem vara?

Det beror alldeles på i vilket tidsperspektiv vi gör bedömningen. Det går att ungefär ta reda på vilka föroreningarna är, hur omfattande de är, och när de kan nå ner till grundvattnet. Många faktorer kan påverka detta, och det kan i vissa fall ta 100 år eller mer. Om då grundvattnet skadas, tar det sedan mycket lång tid att bli av med problemen. ¶

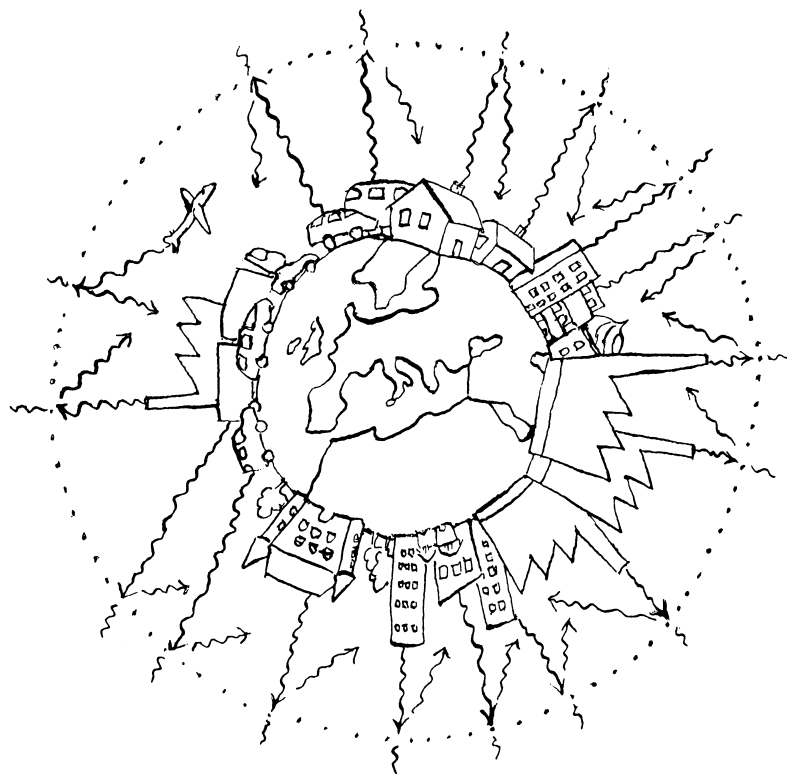


## Vad är egentligen växthuseffekten?

Kol är ett av de viktigaste ämnena i naturen och dess kretslopp är gigantiskt. Människans tillskott till detta är inte fullt så dominant som vi kanske tror. Men visst har vi påverkat kretsloppet genom att ta upp olja, kol och naturgas ur jorden. Alla dessa fossila bränslen innehåller kol. När vi förbränner dem bildas koldioxid. Koldioxidutsläppen från mänsklig verksamhet har således ökat i takt med att vi ökat vår förbränning av fossila bränslen.

Därför blir det mer koldioxid i atmosfären. Och koldioxid är ett av de ämnen som gör att värme som är på väg att lämna jorden reflekteras tillbaka av atmosfären – precis som glaset i växthuset reflekterar den värme som annars skulle ha strålat ut. Ett och samma glas kan släppa in mycket av ljuset från solen men förhindra att just värme går igenom. Resultatet blir att det blir varmt i växthuset. Och det är motsvarande fenomen som gör att temperaturen stiger på jorden, om det blir alltför mycket växthusgaser i atmosfären.

Det handlar inte om ett val mellan pest och kolera. Det handlar om ett både och. Sinande tillgångar på fossila bränslen och ökande koldioxidutsläpp och därmed hotande växthuseffekt är alltså bara två sidor av precis samma mynt. Koldioxidhalten i atmosfären *har* ökat. Och det finns ett tidsmässigt samband mellan denna ökning och de ökade utsläppen från människornas verksamheter. Det *skulle* förstås kunna vara så att ökningen av koldioxid i atmosfären istället hade sin huvudorsak i t. ex. en förändrad algtilleväxt eller något annat. Men ingen kan bortse från att koldioxidhaltens ökning i atmosfären kan vara förorsakad av



människan och att det finns mycket som talar för att så är fallet.

För att kunna uttala oss med hundra procentig säkerhet skulle det krävas att vi fortsatte detta gigantiska »experiment«. Men det vill vi knappast, åtminstone inte merparten av oss. För om man får fart på riktigt stora system brukar de vara synnerligen svåra att stoppa.

Det är inte alltid så lätt att visualisera stora miljösammanhang. I det här fallet kan man försöka finna stöd genom att bara titta rakt uppåt och föreställa sig himlen som en enda miljöbubbla. När himlen är som mest klarblå är det lätt att uppfatta den som ett påtagligt valv. Nu är det inte riktigt så – det vi ser och som vi kallar himmel utgörs i själva verket av jordens atmosfär, som sprider solljuset ner mot oss. Utan atmosfär, dvs. partiklar som kan sprida ljuset, skulle solen och stjärnorna avtecknat sig mot en i övrigt kolsvart bakgrund (se s. 26).

Låt oss ändå för ett ögonblick betrakta vår jordiska himmel som en faktisk och *gemensam* miljöbubbla (i någon mening är den ju det). När luftföroreningar från jorden når de övre luftlagren, är det likgiltigt varifrån på jordklotet de ursprungligen kom. Svenskarna har inte rätt att betrakta större andel av atmosfären som sin än vad som motsvarar Sveriges andel av jordens yta eller snarare svenskarnas andel av jordens befolkning. En av konsekvenserna av detta är att vi drastiskt måste minska våra koldioxidutsläpp. ¶

**Varför har vi satt så många skadliga ämnen i omlopp?  
Hur tänkte man t. ex. när man började använda freon  
i t.ex. kylskåp?**

Man var garanterat inte dum. Man letade efter ämnen som gick att utnyttja som köldmedium i frysar och värmepumpar. Det skulle vara något som *kokade* (och därvid tog upp värme) i kontakt med det *kalla*, men som *kondenserade* (och avgav värme) i kontakt med det redan *varma*. Något som likt en omvänd Robin Hood tog från de fattiga (det redan kalla) och gav till de rika (det redan varma).

Sådana omvända ämnen finns inte, men de flesta ämnen går att påverka genom att man håller olika tryck i systemets olika delar. Det är emellertid både dyrt och riskfyllt att ha alltför stora tryckskillnader. Därför sökte man efter ämnen som dels inte krävde så stora tryckskillnader, dels avgav respektive tog upp mycket värme vid kondensering och kokning. Då var freon (bland annat det med beteckningen R 12) överlägset.

Att freon kunde vara skadligt för omgivningen och atmosfären hörde liksom inte dit. Det var ju inte gjort för att släppas ut. Att *allting* förr eller senare släpps ut, att *allting* sprider sig, att det inte finns *några behållare* som är *perfekt täta* – det fanns inte med i tankevärlden. Då. ♣



**Men visst måste det väl finnas fiffiga smyghål så att man kan bli av med det man inte vill ha?**

Låt oss hoppas att vi hittar processer där man kan bryta ner saker snabbare, helst i samma takt som det produceras, utan skadliga restprodukter och utan stor energiåtgång. Men i grunden måste man acceptera att allt förr eller senare blir till avfall, och det avfallet går inte att gömma undan för evig tid. ¶



**Hur mycket avgaser blir det från bilen?**

Bensinen i en full tank på 60 liter väger 45 kg. När man kört upp allt och måste tanka igen, kan man vara säker på att det blivit minst 45 kg avgaser. *Ingenting försvinner någonsin.* (Att det sedan blir mycket mer, i själva verket mellan 800 och 900 kg, beror på att bensinen behöver syre vid förbränningen, att syret tas från luften, att luften också innehåller kväve osv.)



På precis samma sätt är det när man eldar upp ett stearinljus. Inte kan det försvinna, inte, även om ljusstaken efteråt står där alldeles tom. I själva verket finns alltsammans kvar, dock i utspridd och omvandlad form. I luften. Du kan känna lukten. ¶

**När man komposterar sitt avfall, blir det så småningom (i bästa fall) lite jord. Vart har resten tagit vägen?**

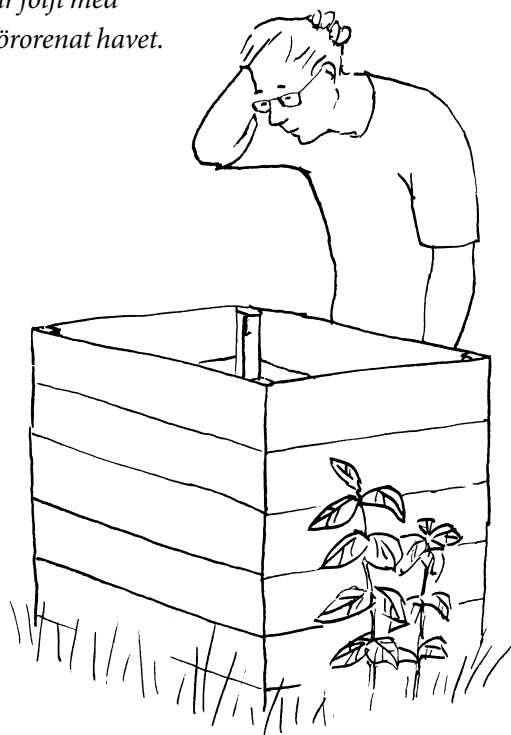
Som svar på detta vill jag berätta en historia. Hösten 1992 ägde en tipspromenad rum i Halland. En fråga löd:

*Av 100 kg komposterbart hushållsavfall blir det 15 kg jord.*

*Vart har de resterande 85 kilona tagit vägen?*

Det fanns tre svarsalternativ:

1. De 85 kilona har bara försvunnit.
- x. De 85 kilona har blivit till koldioxid och vatten.
2. De 85 kilona har följt med Nissan ut och förorenat havet.



Och vad valde då deltagarna? Jo, en förkrossande majoritet valde 2:an. Längre än så har man alltså inte nått i insikter. I vårt så kallade kretsloppssamhälle har man alltså bara nått till insikten att miljö = farligt = följer med Nissan ut och förorenar havet.

Ändå har säkert alla, inte bara en gång utan flera, skrivit formler över fotosyntesen. I de formlerna står det (fast lite dolt) att ett frö kan bli till ett träd med en biomassa på 100 kg genom att under tillväxten ta till sig *koldioxid och vatten*. Ja, i processen att skapa biomassan tar trädet till sig *mer* än 100 kg koldioxid och vatten för i processen alstras också syre (bra för oss!) och överskottsvatten. När det sedan sker en förmultning är det i princip samma sak som händer fast tvärtom. Det som nu försvinner bort är koldioxid och vatten. Men förmultningen hade överhuvudtaget inte ägt rum utan lufttillförsel, och den naturvetenskapligt sanna viktbalansen omfattar egentligen mycket mer än vikten på själva det komposterbara avfallet.

Att jag ändå väljer att här hålla mig till de 100 och de 15 kilona (och de 85 kilo som utgör skillnaden) beror på att det är dessa som vi människor har erfarenhet av. Vi bär själva de 100 kilona avfall till komposten och vi bär bort de 15 kilona jord. Den luft som behövs för förmultningen behöver man inte själv bära. ♣





### Vilken blir nästa större miljökatastrof?

Det vet jag inte. Men jag kan berätta att det idag finns hundratusentals kemiska produkter, och att antalet bara växer. Om de flesta ämnens *långsiktiga* effekter på hälsa och natur vet vi nästan ingenting. Detta gäller redan när vi tar dem var och en för sig. När vi börjar blanda dem vet vi i stort sett ingenting.

Kemikaliesamhället är ett gigantiskt vågspel, men man behöver inte misströsta för det. Vi vet ju faktiskt hur vi måste bära oss åt. Inte en gång till bli »överraskade« så som man blev av bieffekterna av DDT, freon m m. Egentligen har man ju hela tiden vetat att *ingenting försvinner* men att *allting sprider sig* – insikten har bara inte nått tillräckligt många.

Framöver är det två krav som skall ställas på nya kemiska produkter – utöver att de förstås inte får vara miljö- och hälsoskadliga i sin ursprungliga form. Antingen måste de vara *biologiskt nedbrytbara* och inte produceras i högre takt än vad naturen eventuellt uppbackad av biotekniken förmår klara av. Eller så måste de vara *återanvändbara*.

*Alla andra kemikalier kommer med naturnödvändighet att byggas upp i naturen. Detta kan inte få förbli en överraskning. Vi vet det på förhand. ¶*

## Är avfall en resurs?



Det spelar ingen större roll i vilken del av kedjan man börjar analysera problemen och möjligheterna. Allt hänger samman. Att restprodukterna blivit till ett så stort problem beror på att man aldrig brytt sig om att räkna med dem från början.

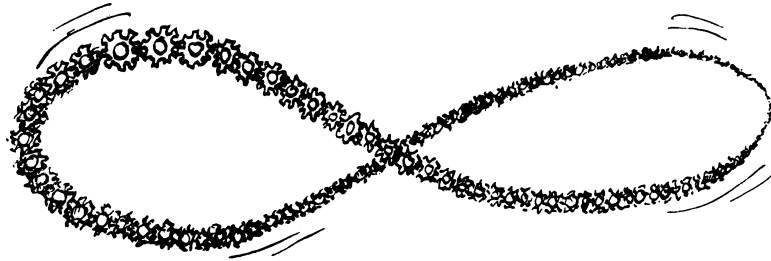
Avfall, avlopp och utsläpp – det finns olika benämningar på det som blir över i produktions- och konsumtions-samhället. Trägna försök har gjorts att sprida just uppfattningen att *avfall är en resurs*. Bristen på efterfrågan ger emellertid ett motsatt budskap. Ingen vill ha eländet – det är ju därför man försöker bli av med det. Samhället har gripit in. Men man kommer därmed inte åt slöseriet som ligger bakom delar av avfalls- och slamberget: misshushållningen med naturresurser och energi och miljöfarligheten i vissa typer av avfall, avlopp och utsläpp. ¶

## Finns det något fysikaliskt att tänka på när man väljer parfym?

Parfymälskare väljer rimligen parfym utifrån att den skall lukta gott och sprida sig både till dem själva och omgivning-en, medan parfymallergikerna tycker illa om parfymen som orsak till de våldsamma fysiologiska reaktionerna. För båda parter gäller att de utnyttjar (respektive är offer för) att *all-ting sprider sig*. Somliga parfymmer har en stark doft och en kort livslängd där de applicerats. Andra sitter i längre. Men för alla sorter gäller att de i någon bemärkelse *finns kvar* – dock inte på samma ställe som parfyminnehavaren hade satt dem. ¶



## Är det fullständigt omöjligt att tillverka en evighetsmaskin?



Evighetsmaskinen, alltså något som gör jobbet utan att behöva vare sig tillskott av energi eller något annat, är en av människans urgamla drömmar (de andra två är ett evigt liv och att kunna göra guld). Att ingenting försvinner skulle inte i sig behöva förhindra att man kunde göra en evighetsmaskin – tvärtom. Energin kunde ju bara hålla på att omvandlas och omvandlas och omvandlas.

Problemet är emellertid att energi aldrig omvandlas till någon mer högvärdig form. I bästa fall omvandlas högvärdig energi bara marginellt till mer lågvärdig värme. Men också marginella förluster leder efter en tid till märkbart energiläckage från »evighetsmaskinen« – och så stannar också denna maskin. Den hade inte behövt stanna om värme av sig själv hade gått från ett kallare utrymme till ett varmare, så att värmen hade kunnat komma in i systemet igen. Men den riktningen hade inneburit att oordningen hade minskat, för då hade det varmare kunnat bli varmare spontant och det kallare kallare. Och det går inte.

Så tyvärr är det alltså omöjligt att tillverka en evighets-

maskin – så vitt vi vet idag. Men: idé- och teknikgenombrott har skett förr. Före år 1905 sa alla att »massan bevaras«. Så kom Einstein och visade att energi och massa hänger samman – under speciella förhållanden kan massa övergå till energi och vice versa enligt den formel som blivit så mycket en ikon att jag vågar ta med den i denna formelfria bok:

$$E = mc^2$$

(**E** står för energi, **m** för massa och **c** för ljusets hastighet i vakuum,  $3 \times 10^8$  m/s.)

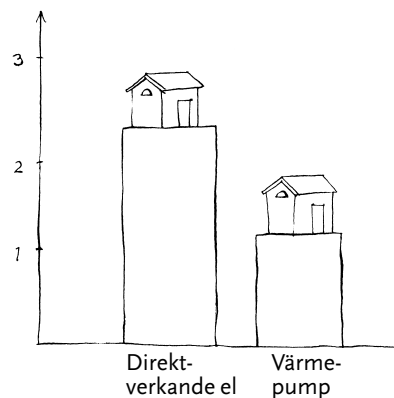
Energi och massa övergår i varandra bara vid kärnfysikaliska reaktioner, dvs. för massbalanser i bensinmotorer, komposter, stearinljus, parfymers och vad mer jag diskuterat håller 1800-talslagarna om att »massan bevaras« fullt ut.

Numera säger vi alltså inte generellt att *massan* bevaras utan att *energin* bevaras. Fler genombrott kan ligga på lut och under energibegreppet kan det ligga något än mer fundamentalt som gör att energin inte behöver bevaras under *alla* förhållanden. Då kan man kanske uppfinna en ny sorts »evighetsmaskin«, men jag kan bedyra dig att den inte kommer att baseras på gamla hederliga mekaniska principer. ¶

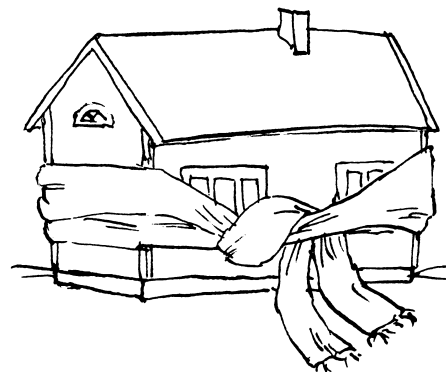
### Kan det vara sant att en värmepump kan värma upp ett hus uppemot tre gånger effektivare än andra värmesystem?

Ja, faktiskt, åtminstone så att man får ut någonstans mellan två och tre gånger mer värme än vad man får ut om man värmer upp sitt hus med direktverkande elektricitet. Den process man använder i en värmepump är densamma som den i ett kylskåp: ett köldmedium får passera mellan ett kallt område (i värmepumpens fall kanske jord eller berg) och ett varmt. Trycket varierar i systemet så att värmemediet faktiskt *kokar* (och därvid tar upp värme) i kontakt med det *kalla* och *kondenserar* (och därvid avger värme) i kontakt med det redan *varma*. Den energi som man får in som värme i huset är alltså tagen från det kalla området där ute. Men detta sker inte gratis, eftersom värme inte av sig själv går från kallt till varmt. Det är för att driva detta som det behövs elektricitetsenergi i värmepumpen. Och det är alltså denna energi som är två-tre gånger mindre än den energi som man får ut som värme i huset. ¶

Elförbrukning



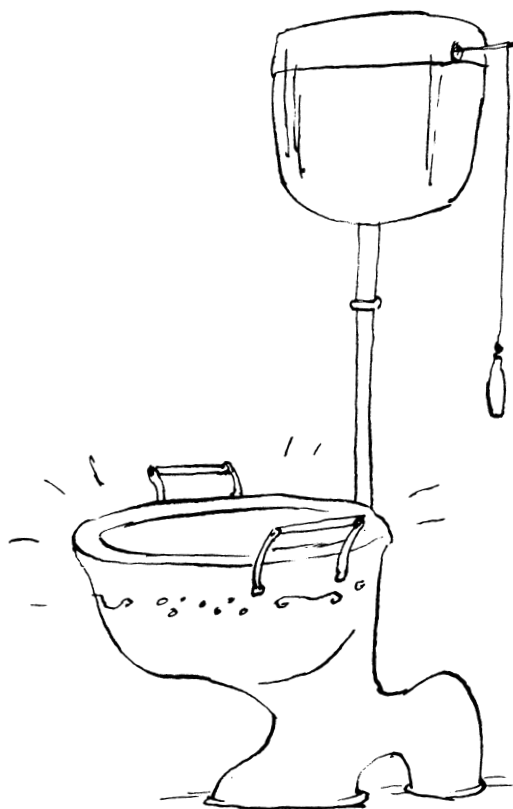
Vi har isolerat om vårt sommarhus, men jag tycker ändå att det går åt för mycket energi för uppvärmning. Att det kostar mycket att värma upp det från 5 till 20 grader, kan jag förstå, men varför går elmätaren så snabbt sedan också? Det är ju redan 20 grader inne och det skall bara förbli 20 grader.



Det finns ett energiläckage hur väl man än isolerar, och faktum är att *all* (läs: *all*) den energi läcker ut som du tillför för att hålla temperaturen på den nivå där den redan var. Under själva uppvärmningsfasen däremot, från 5 till 20 grader, är temperaturökningen ett uttryck för att du tillför mer energi än vad som läcker ut. ¶

**Det verkar inte som om vattentoaletten skulle vara önskvärd i framtiden – men vad är det för fel på den? Det blir väl bra gödsel!**

När vattentoaletten kom, sågs den som ett stort framsteg. Förste stadsläkaren i Stockholm skrev lyriskt om hur mycket bättre nu barnhälsan skulle bli. Borta var de illaluktande latrinerna och hälsofarorna – man blev ju helt enkelt *av med* urin och bajs, trodde man. Att de transporterades långt bort



och ut i vattnet innebar på något sätt att de var »borta«. Reningsverk var det inte tal om på den tiden – det var som om det räckte att man bara spädde ut och flyttade bort.

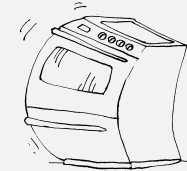
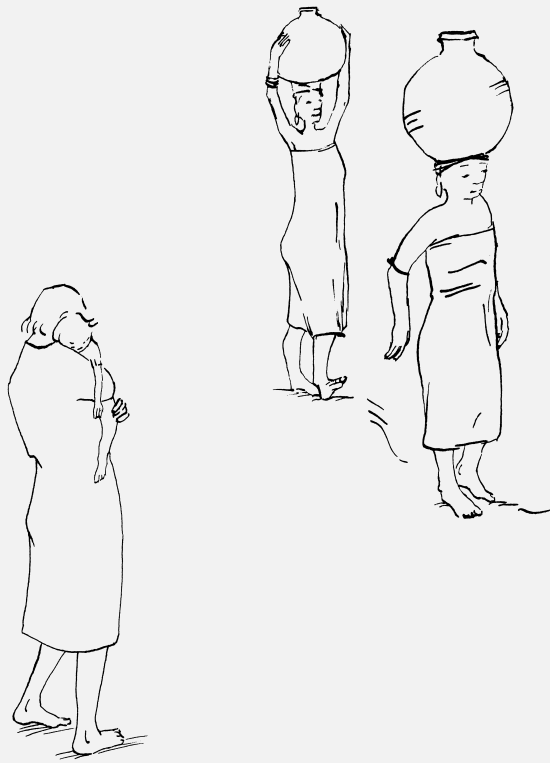
Bakläxorna har som bekant kommit, och reningsteknologin har utvecklats mycket. Men det är inte självklart att det är så man skall göra: att först blanda och sedan späda ut. Kanske vore det bättre med urinseparering från början, och kanske skall man inte alls transportera bort mänskliga exkrementer tillsammans med så stora mängder vatten. Det pågår mycket utvecklingsarbete på det här området liksom på andra där man försöker vända på »späda-ut-filosofin« och istället ta hand om avfallet direkt vid källan, gärna i så koncentrerad form som möjligt.

Som en liten återblick vill jag citera ett brev från August Strindberg till Pehr Staaff (återgivet i Olof Lagercrantz bok »August Strindberg«, 1979): »Jag har i egenskap av smutsförfattare särskilt studerat klosetterna på hotellen. Den mest glänsande uppfinningen träffade jag på i Hamburg. Där träckade man i något som liknade en soppskål och när man tittade sig om, så var där ingenting att se, oaktat man kunnat svära på att man nedlagt ett par meter; skålen var så fin efter förrättningen att man kunnat äta äkta sköldpaddssoppa ur den; dock det hördes intet vattensqualp såsom i Stralsund där fjölen gav efter när man satt sig ner och ett strömmande vatten började gå. Det var ett fullständigt trolleri.« ¶

## KAPITEL 4.

### Fysik för kvinnor

*Fysik för kvinnor* – finns det? Nej, det gör det inte. Det finns inte heller *fysik för män*. Det finns bara *fysik* – en vetenskap, ett tankemönster, en metod som är könsneutral. Men frågan måste ändå ställas utifrån att en övervägande majoritet av fysikerna i vår kultur är män. En så stark dominans ger skäl till funderingar över både orsaker och konsekvenser.



Mycket lärande är bundet till *situationer*, till företeelser, till platser – kort sagt till det som upptar människors liv. Eftersom flickor och kvinnor i stor utsträckning ägnar sig åt annat än vad pojkar och män gör, blir förstås också deras lärande av fysik och teknik ett annat. De *gör* andra saker, *tänker* andra tankar, *drömmer* andra drömmar.

Låt mig citera ur en intervju som jag gjorde för snart tio år sedan med LTH:s första kvinnliga professor, Carin Boalt, då professor emeritus i byggnadsfunktionslära, nu tyvärr bortgången. (Intervjun ingår som ett kapitel i den bok om kvinnliga professorer vid Lunds universitet, som publicerats under titeln »Professorsboken«.) Som inspiration återger jag här delar av intervjun:

CB: *Du förstår, jag har ju egentligen aldrig varit forskare.*

BJ: *Men det har du väl?! Allt ditt arbete med att ta fram och synliggöra ny kunskap under t. ex. åren på Hemmets Forskningsinstitut och Institutionen för Byggnadsfunktionslära – vad var det om inte forskning?*

*Finns det något annat forskningsresultat värt namnet än just ny kunskap?*

CB: *Kanske inte. Men jag var ju alltid mer intresserad av kunskapens konsekvenser och användning än av själva kunskapen.*

BJ: *Hm. När du säger så, blir du för mig bara ännu mer av forskare. För den nya kunskapens konsekvenser, den nya kunskapens användning – det är väl också ny kunskap? Till och med ännu nyare?!*

Ungefär så började mitt samtal med Carin Boalt i hennes lägenhet i Stockholm våren 1995. När jag nu tänker tillbaka på vår dialog, stämmer redan denna inledning mig till viss

eftertanke. Carin Boalt brukade inte könsproblematisera forskning, dess innehåll och metod, och det brukar inte jag heller. Men skulle överhuvudtaget ett samtal om forskning mellan två män ha kunnat börja så? Och om så hade skett – skulle i så fall två män så snabbt kunnat bli överens om att diskussionen kanske bara var en lek med ord?

*Är det en slump att Carin som mamma till fem barn också inom forskningen kom att ägna sig mycket åt barn, hemskötsel och boende? Att hon därefter med samma förtecken arbetade internationellt, framför allt i Afrika, och sedan engagerade sig i handikappades och äldre människors situation?*

*Jag tror inte det. Jag tror att Carin Boalt, forskaren, och Carin Boalt, privatpersonen, alltid berikade varandra, och att exempel, teorier, strukturer och strategier hela tiden har vandrat mellan de två världarna. »Kvinnoperspektiv?«, säger hon – »nja, det handlade om hur människan klarade sig.« ... »Men visst finns det många exempel på hur jag arbetat utifrån ett kvinnligt innehåll: Min första rapport någonsin handlade om att kvinnor hade sämre kost än män. Senare – under den tid då industrin var som mest intresserad av mig – fick jag ofta frågan: 'Vad säger husmödrarna, fru Boalt?!'. Ett annat exempel: Under projekten i Afrika var det jag som kunde och ville gå in i hyddorna och skjulen. Nu, efter min pensionering, arbetar jag en hel del med problemen för handikappade kvinnor.«*

*Och vad svarade Carin på min avslutningsfråga: »Vad är det viktigaste för dig? Vad var det viktigaste för dig när du blev professor? Vad är det viktigaste för dig nu?«*  
*»Mina barn. Och mina barnbarn. Förstås.«*

## *Fysik till vardags*

I levande livet kan mycket av det som vi undrar över besvaras fysikaliskt. Men vilka av det vanliga livets situationer är det som tas med in i fysikutbildningen och vilka lämnas utanför? Min erfarenhet är att det redan här finns en stark snedfördelning – det blir ofta tekniska aspekter och manliga intresseområden som prioriteras. Hade det funnits lite fler kvinnor på plats, hade inte tillämpningsexemplen haft så starka militära inslag. Även om fysiken är en och densamma i båda fallen gör det stor skillnad om man räknar på militära avskjutningsramper eller på rutschbanor som skall ha ett avslutande gupp för att det skall killa lagom mycket i magen på det lilla barnet vid rutschbanans slut.

Det finns ingen ond avsikt bakom att den påstått objektiva fysikvärlden är en sådan blandning av könlöst och manligt: det har bara blivit så eftersom existerande tillämpningsexempel speglar tankevärlden hos dem som hittar på exemplen. Därför är det glest mellan exemplen på situationer i vardagen med barn och hem, miljöperspektiv och internationella kvinnoperspektiv.

## *Sagan om kvastskäftet*

Det här är egentligen ingen saga. Historien är faktiskt sann.

Det var en gång en hushållslärare som bara hade haft flickgrupper. Så fick hon sitt livs första pojkgrupp. När matlagningslektionen var över skulle pojkarna städa upp efter sig. Sådana var rutinerna hos denna lärare, och sådana hade de varit i alla år med flickor som elever. Man skulle bara göra en grovstädning, så det dög gott att bara sopa. I städsåpet stod en borste med långt skaft och en sopskyffel

av plåt med kort, ihåligt handtag. I städsåpet råkade det också sedan år tillbaka stå ett oanvänt extra kvastskäft.

En av pojkarna tog detta extra kvastskäft, måttade med det mot handtaget på skyffeln, såg att det nog kunde stämma, slog i det, bockade handtaget, och *si*, nu behövde man inte böja sig ner vare sig för att sopa eller för att få upp soporna på skyffeln.

Hushållsläraren var en reflekterande, eftertänksam lärare med god observationsförmåga. Hon såg vad som hände och funderade över om det var en slump eller inte att detta hände första gången hon hade en pojkgrupp. Hennes eget svar var: »Nej, det var det nog inte. Nej, det var det säkert inte!« Och så kom nästa fråga: »Fick jag då på detta sätt se att pojkar är mer tekniskt begåvade än flickor?»

Hon berättade om händelsen och funderingarna för andra människor, och de berättade i sin tur historien vidare så att efterhand också jag fick ta del av den. Och den fastnade i huvudet på mig. Det finns något genuint i berättelsen, något med många bottnar.

Några år senare (detta var på 1980-talet) kom det till stånd ett stort projekt som syftade till att fler flickor skulle bli intresserade av naturvetenskap och teknik. Sådana kampanjer har det som bekant funnits många och nya kommer ständigt till. Den skeva könsrekryteringen har inte ändrats mycket, åtminstone inte inom området fysik. Den gången på 1980-talet kom initiativet direkt från regeringen och uppgiften hade delegerats ut på universiteten: hitta på nya sätt att närma er flickor på grundskolans högstadium så att de senare vill utbilda sig inom naturvetenskap eller teknik.

Jag ledde Lunds universitets satsning. Det ingick i upplägget att jag själv skulle träffa många grupper av 15-



åriga flickor. Det var spännande. I den första gruppen berättade jag av en händelse sagan om kvastskafet och följde upp berättelsen med en följdfråga: »Hade hushållsläraren rätt? Tror ni att pojkar är mer tekniskt begåvade än flickor?« Det blev tyst. Ingen otrevlig tystnad, däremot efterhand ganska mycket fnitter. Men sedan började flickorna prata på, och de gick längre och längre i riktning mot att det säkert *var* så att pojkar kunde och flickor inte kunde. Till slut blev jag irriterad och sa »Men någon enda av er skulle väl någon enda gång kunna komma på något?!« Och *då* hände det. En av dem sa att »Det är väl klart att om min farmor hade ont i ryggen och inte kunde få upp soporna, så kunde jag väl hitta på något!«. En annan fyllde i: »Man kan kanske öppna dörren och sopa rakt ut.« Även de andra fortsatte i samma anda. Till sist sa en flicka: »Förresten hade jag kanske kommit på det där med kvastskafet också. *Så* märkvärdigt var det ju inte!«

Eftersom jag sedan skulle ha många fler grupper 15-åringar, såg jag till att i vartenda samtal presentera hushållslärares berättelse och ställa frågan: »Hade hon rätt? Tror ni att pojkar är mer tekniskt begåvade än flickor?« Gång på gång hände samma sak i gruppen. Först blev det ett lite mer allmänt krängande och fnitter, sedan kom någon (efter lite utmaning från mig) på att det skulle ju kunnat finnas en *situation* som gjorde att hon hade känt anledning att komma på något – och då hade hon nog gjort det, sa hon.

Om vi hade försökt upprepa händelsekedjan idag hade den inte blivit densamma som för 20 år sedan. Dels finns det inte längre hushållslärare som tidigare bara har haft flickgrupper, dels uttrycker sig dagens 15-åriga flickor inte på det sättet. Numera vet både pojkar och flickor, både

föräldrar och lärare, hur man skall uttrycka sig för att det skall låta som om det inte finns några könsskillnader. Men då och då tror jag mig se att retoriken inte är mycket mer än just retorik. Och ett ovedersägligt faktum är att andelen flickor som utbildar sig inom fysik och inom vissa teknikområden fortfarande är extremt låg.

Det finns en kärna i berättelsen: många flickor förefaller vara beroende av att ha en *upplevd anledning* för att de skall kunna engagera sig i något naturvetenskapligt eller tekniskt. Det skall gärna vara en anledning med mänsklig anknytning. Flickorna tyckte inte att det var något större besvär att böja sig ner och sopa upp skräpet i skyffeln – de hittade alltså inget problem att lösa i ursprungssituationen. Några påtalade till och med att de faktiskt fick upp soporna bättre om de böjde sig ner eftersom de då hade lite bättre kontroll över lutningen på skyffeln.

### *Att uppleva sammanhang*

Kanske blev du provocerad redan av rubriken »Fysik för kvinnor« och sedan av berättelsen om Carin Boalt, rutschbana kontra militär teknik och kvastskafetsberättelsen. Kanske kommer du också att provoceras av att jag i de frågor och svar som strax följer hämtar innehåll och ibland värden från sådana områden där kvinnor fortfarande är mer verksamma än män. Men i den mån detta är stötande, så är det egentligen ett intet jämfört med det provocerande i den nuvarande dominansen av exempel från typiskt manliga områden i naturvetenskap och teknik.

Ändå tror jag inte att det är den manliga dominansen som är det allra kraftigaste hindret för flickorna. Det består nog snarare av att så mycket naturvetenskap och teknik

presenteras som om *de inte handlade om något annat än sig själva*. Detta förment könlösa och därtill icke-relaterade till människan reagerar flickorna mer emot – de behöver få en egen upplevelse av mänskligt engagemang. Om man inte alls får utlopp för detta men väl skall använda laborativ utrustning som man kanske inte förstår sig på och om man dessutom som språk behöver matematik som man inte heller förstår sig på – då kopplas fysiklärandet alltför starkt till sådana situationer där man *inte* känner sig hemma.

### Frågor och svar

Dessa frågor och svar har ett avsiktligt kvinnoperspektiv. Väl bekomme – och hoppas du förstår! Jag vill alls inte utestänga eller utesluta. Jag vill bara till innehåll och andemening visa att man genom sådana exempel kan få en helt annan bild av vad man kan ha fysik till.

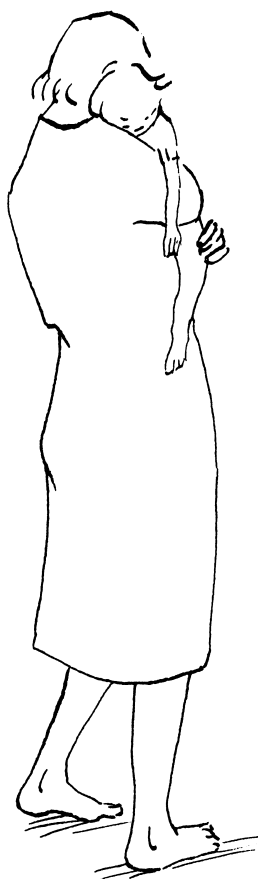
### Varför känns just *mitt* barn så tungt att bära?

Den här frågan var mycket personlig och starkt utmanande. Den kom i ett mejl, kanske den starkaste människorelaterade fysikfråga som jag någonsin fått. Men jag vill inte återge mejlet här ens i någon avpersonifierad form – det skulle kännas som om jag därmed hade gått över en outtalad gräns. Istället återberättar jag bakgrunden – och så kommer mitt autentiska svar.

Det var en mamma som skrev. Hon bad om svar på varför hon *upplevde* sin 15-månaders baby, Karin, som så gruvligt tung. Karin hade en ämnesomsättningssjukdom (diagnostiserad när hon var fem månader) som ledde till att den ena funktionen efter den andra hade slagits ut och skulle slås ut och att andningen till sist skulle upphöra. Karin var redan långt på väg mot detta och hade inte kvar så mycket styrsel i kroppen.

Och där gick hennes mamma och bar henne, natt ut och dag in. Säkert också hennes pappa, men det vet jag ingenting om, för det var Karins mamma som skrev. En mer existentiellt utsatt situation kan man knappast tänka sig. Och ändå (eller kanske just därför?) kom då och då i hennes huvud en av alla dessa rationella frågor: *Varför känns just mitt barn så tungt? Så mycket tyngre än alla andra barn som väger lika mycket. Är det rent psykiskt? Och så skickade hon iväg sin fråga till mig.*

Visst ville jag svara – men vilket svar skulle kunna vara värdigt henne och själva situationen? Jag skrev svar efter svar, alla lika omöjliga att skicka iväg. Det jag ville ha fram var ju något som skulle duga både som förklaring och som avstamp för tankar nästa natt och nästa. Så här blev till sist svaret:



Hej!

När jag fick ditt mejl om Karin, flyttade jag liksom genast över till dig. Det var som om jag gick där och bar Karin. Inte kan jag uppleva dina känslor. Men det är ändå mycket jag kan känna. Hela situationens tyngd, Karins tyngd, nätternas tyngd (jodå, när ditt mejl hade legat till sig i mig och när jag läste det för jag vet inte vilken gång i ordningen, kollade jag när det var inregistrerat. 01:23).

Jag tyckte inte det var konstigt att du skrev. När man är i starka situationer behöver de existentiella funderingarna en uppblandning med rationella frågor och svar. Dessutom har man ju, som du vet, inte något val: har en sådan fråga nästlat sig in i huvudet på en, kommer man inte ifrån den.

Jag vet vilken tyngdkänsla du menar: det du beskrev är åtminstone till en del detsamma som det man upplever när man bär ett friskt barn med alla möjliga muskelkoordinationer kvar men som plötsligt somnar. Under loppet av några sekunder blir då barnet jättetungt. Så känns det i alla fall.

Nu skall jag försöka svara mer direkt. Jag har vridit och vänt på svaret; tänkt att detta kommer du kanske att gå och fundera på under nätterna. Tänkt att detta måste vara ett svar som leder vidare. Så här är det:

Din upplevelse av Karins tyngd har med både Karin och dig själv att göra. Om du hade lagt Karin på en våg och ett annat barn på tio kg på en annan våg, hade förstås båda vågarna visat detsamma. Det ser jag på dina formuleringar att du redan vet. (Har du själv en naturvetenskaplig bakgrund? Du skriver så korrekt om t. ex. »kroppsmassa«.)

Men nu är du ingen våg: du är en människa. Du håller Karin i din famn, och på alla de ställen där Karins kropp

ligger an mot din, kompenserar du med en lika stor kraft uppåt som vad hon trycker nedåt. Det är nämligen så och bara så som Karin kan få ligga stilla hos dig.

Du valde att jämföra Karin med ett muskelspänstigt barn som känns mycket lättare. Jag går från andra hållet och säger: Finns det något annat på 10 kg som skulle kunna kännas ännu tyngre än Karin? Ja, det gör det. Om du tar en mjuk plastsäck, häller 10 l vatten (dvs. 10 kg) i den och försöker bära omkring den, får du vara med om något som känns ännu tyngre än Karin. Du tar fatt i den, du formar den, men hur du än bär dig åt får du varken dess tyngdpunkt att ligga rätt (dvs. tillräckligt nära din egen kropp och tillräckligt högt) eller dess tyngdfördelning att förbli konstant. Hela tiden blir det någon liten rörelse, som du måste kompensera för, och när du kompenserar (eftersom du inte riktigt får grepp om det) måste nya muskler oväntat användas.

Om du däremot bär på ett muskelspänstigt barn, använder du din egen kropp för att hålla om barnet så att det ligger så bekvämt som möjligt. **Och barnet hjälper till med sina muskler.** Inte så att det kan lyfta sig självt genom sin blotta muskelspänning, för det kan det förstås inte. Men du håller emot på ett antal ställen, och **barnets muskelkontroll gör att det inte ger efter däremellan.**

Inget huvud faller åt sidan, ingen arm flappar ut. I det ögonblick det muskelspänstiga barnet somnar, upphör en hel del av muskelkoordinationen (men långt ifrån all). DET har jag varit med om många gånger. Det närmaste jag i övrigt kommit din upplevelse har varit att bära ett barn med en CP-skada och en hög grad av bristande muskelkoordination. Han var *mycket* tung.

Jag upplever din fråga så att du bara vill veta. Inte egentligen göra något åt situationen. Du vill säkert ha nära kroppskontakt med Karin; du vill nog inte ha någon avlastningssele eller liknande. Men kanske kan det ändå vara bra, just för att komma underfund med problemet, att tänka efter hur man gör i andra sammanhang när man skall bära något som är för tungt. *Man fördelar tyngden, och man gör det så att den ligger stadigt fördelad och inte kan förskjutas.* Du vet hur ryggsäckar är konstruerade med tyngdfördelningsramar; du vet hur bärselar fungerar. Om du kringgärdade Karin med något riktigt stadigt så att hon inte kunde liksom rinna omkring i famnen på dig, så skulle hon inte vara tyngre än några andra 10 kg. Men då tappade du förstås samtidigt mycket av den kroppskontakt som du (och säkert hon) vill ha.

Så kan jag tänka mig att du kanske också bär Karin mycket *mer* än vad andra bär sina tiokilosbarn. Ett barn med den tyngden brukar ju ha också så mycket annat som det vill göra än att bli buret i en famn. Att bära i många timmar gör att dina muskler blir övertrötta och att tyngden känns större.

Ett barn på tio kilo som inte hade velat vara i famnen utan som hade velat ner på golvet för att leka hade kunnat göra sig till och med tyngre än vad Karin är. Upplevelsemässigt, alltså. Barn gör då som brottare gör när de vill undvika att någon annan får ett bra grepp: de slänger sig så att de avsiktligt förskjuter tyngdpunkten. Då kan det vara mycket svårt att hålla emot, dels eftersom man blir överraskad, dels eftersom den som slänger sig kan förskjuta kraften till ett läge där den andre kan ha jättesvårt att hålla emot.

Din lilla fråga rymmer fysikaliskt väldigt mycket. Du bär Karin under fler minuter och timmar varje dygn än vad andra bär sina tiokilosbarn. Du bär kanske också samtidigt tyngden av dina bekymmer vilket kan förändra din känslighet. Men framför allt och som du själv tankemässigt var på spåren: eftersom Karin saknar den muskelspänst som andra barn använder då de låter sig formas inuti ett för bärerskan anatomiskt riktigt famntag, blir hon upplevelsemässigt tyngre än andra barn.

Tack för att du frågade! Ibland kommer jag att i tankarna gå med dig och känna efter om vi tillsammans både fysikaliskt och mänskligt kan hitta något sätt att göra Karin lättare för dig.

Hälsningar  
Bodil

Låt mig här också komma med en fysikalisk kommentar (ingick inte i brevet). Begreppet *kraft*: varje kraft måste motverkas av en lika stor motriktad kraft om inte en rörelse skall uppstå. Karins mamma måste alltså *med sin egen kropp* kompensera krafterna från Karin för att Karin inte skall falla.

Begreppen *statisk* och *dynamisk* belastning: en konstant (statisk) belastning kan ergonomiskt vara nog så besvärlig, men med muskelspänstiga barn hanterar man detta genom att då och då själv flytta om dem lite. Lyfta dem lite. I Karins fall tillkom att hon aldrig låg lugnt och stilla utan hela tiden liksom flyttade om sig på ett sätt som *improviserat* måste lösas av hennes mamma. Detta skapar upprepade, oplaneerade, häftiga rörelser som i sig sliter på kroppen.

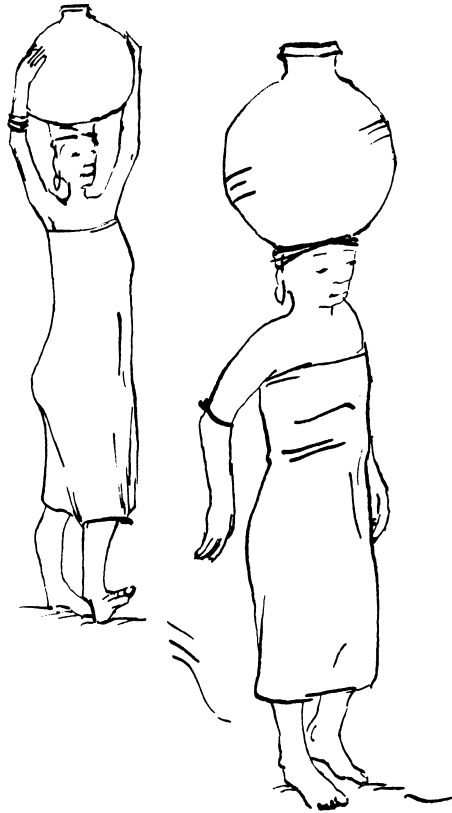
Begreppet *tyngdpunkt* och *moment*: Det tog mänsklig-

heten lång tid att formulera begreppet tyngdpunkt. När man väl har ett sådant begrepp, är det en utmärkt tankeförenkling och den hade jag stor nytta av i mitt svar. Om man kan åstadkomma att tyngdpunkten på den man bär finns så nära den egna kroppen som möjligt, blir *momentet* mindre (precis som momentet förändras om man sätter sig längst ut på ett gungbräde).

Begreppen *effekt* och *energi*: jag nämner inte dessa begrepp, men de finns ändå med i mitt svar, när jag skriver att Karins mammas trötthet också har att göra med att hon bär sitt barn så *många* timmar per dygn. Energin kan beräknas som effekten multiplicerat med tiden.

Lägger man sedan därtill att människokroppen inte reagerar på samma sätt hela tiden (så som en kWh-mätare gör), har jag nog analyserat de naturvetenskapliga delarna i mitt svar.

Det kan också vara läge för en mer teknisk kommentar. Ofta kan tekniska lösningar ligga dolda i en fysikalisk genomgång. Här är det ovanligt uppenbart: om man vill att Karin skall vara lika lätt att bära som ett annat barn av samma tyngd, kan man kompensera Karins bristande muskelspänst genom att använda en bra bärselekonstruktion. Genom en sådan kan man få Karins tyngdpunkt att ligga precis där man vill ha den, momentet kan bli litet och de oväntade plötsliga förskjutningarna upphör. ¶



**På många u-landsbilder ser man kvinnor eller flickor som bär vattnet, ofta på huvudet. Varför är det så?**

Skulle svaret här bestått av ett enda ord, skulle det ha blivit: *traditionen*. Eller kanske *kulturen*. Men skall jag ge några fysikaliska vinklingar, får de handla om *tyngd* och *moment*. På sitt sätt har alltså svaret stora likheter med svaret på den förra frågan – även om frågeställningarna är vitt åtskilda.

*Moment*: Enda sättet att bära så att man inte besväras av något moment framåt eller bakåt eller åt sidan är att bära tyngder rakt över den egna tyngdpunkten, dvs. att bära på huvudet.

*Tyngd*: Problemet med vatten är att det går åt mycket vatten för att en människa skall kunna överleva, och att vatten är tungt att transportera längre sträckor (vatten väger ungefär 1 kg per liter). Eftersom män har större muskelmassa än kvinnor, borde det därför (rent fysikaliskt) vara män som bär vatten. Men även om fysikens lagar är universella, rör de inte på kultur och traditioner. Det är i allt väsentligt kvinnor som bär vatten.

1980-talet var av FN proklamerat till vattnets decennium. Avsikten var att varje människa år 1990 skulle ha tillgång till friskt vatten högst 400 meter från hemmet. Det skulle alltså bli slut på den situation som innebär att en stor andel av världens kvinnor bär vatten mer än halva dagen. (En bra laboration i svensk skola kunde vara att man fick bära så mycket vatten som man själv gör av med på en dagsträcka 400 meter, den maximisträcka som skulle råda år 1990 men som fortfarande alls inte uppnåtts). Låt oss här prova att räkna istället:

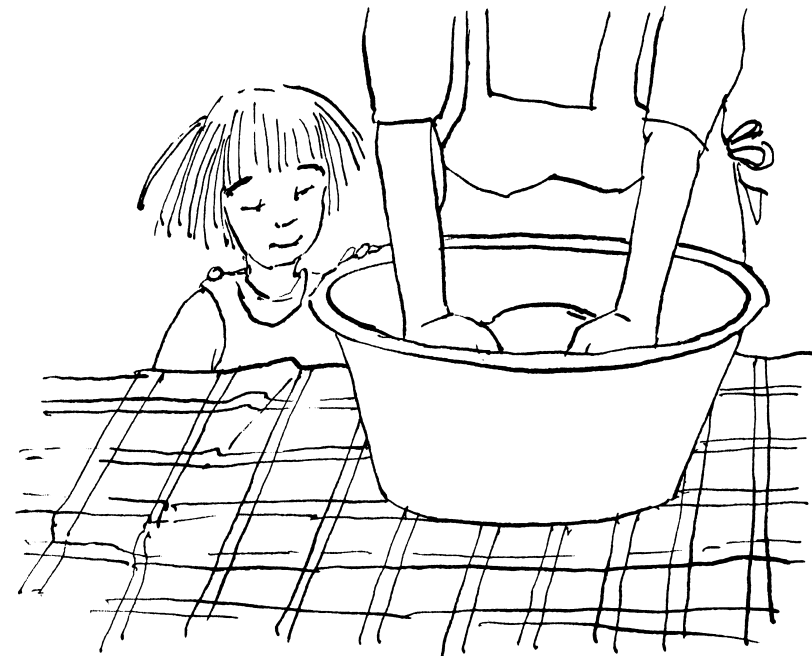
Om man orkar bära 20 l vatten i taget,  
om man kan gå 400 m fram och tillbaka på en kvart,  
om det tar 5 minuter att få upp vattnet ur brunnen, och  
om man vill vila eller göra något annat 10 minuter mellan  
vattenhämtningsomgångarna, är i så fall förflyttningsskapaciteten 20 liter vatten i halvtimmen eller 200 liter på 5 timmar. Detta är avsevärt mindre än vad *en* svensk gör av med per dygn.

*Tekniskt:* jag tror mig veta att intresset för att lära sig mer om Arkimedes skruv (en enkel skruv som kan göras mycket stor och med vars hjälp man kan veva fram vatten några meter uppåt i taget), vattenledningar, hydroforer, cirkulationspumpar med mera, skulle vara ett helt annat med utgångspunkt från ovanstående exempel. Speciellt hos flickor gäller det att förstå vad teknik skall vara bra för. Precis som framgick av både intervjun med Carin Boalt och »Sagan om kvastskäftet«. ¶

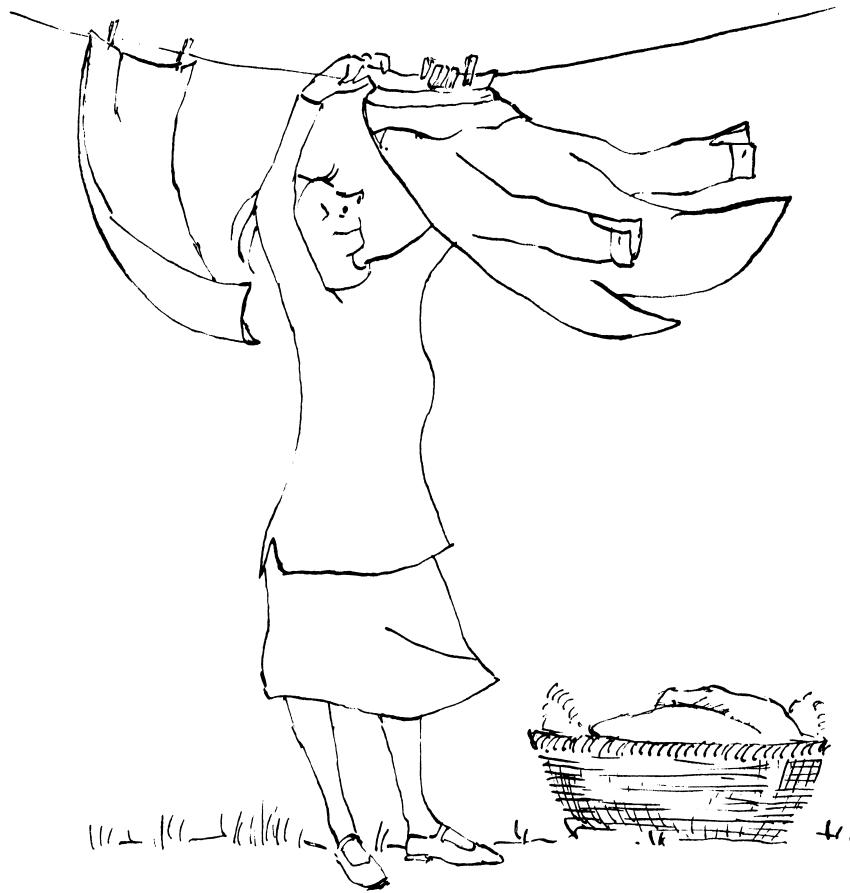
### Varför skall man knåda degen två gånger?

»Skall« och »skall«. Man kan förstås göra som man vill. Men det ser inte särskilt fint ut med stora jäsbubblor i brödet. Därför väljer man ofta att knåda deg två gånger för att få ut mycket av luften och de övriga gaserna.

Jäsning är en intressant kemisk process som ger bröd dess konsistens och dessutom medverkar till dess smak. Många av smakämnenas bildas under jäsningen och de sitter där sedan som mest koncentrerade så långt ut som de kan komma, nämligen i och precis under själva brödskorpan. Den vill man förstås också därför ha jämn och fin, inte med stora jättebubblor under skorpan. ¶



## Varför luktar tvätten så gott när den har hängt ute?



Det finns många olika skäl till det. Vi som vet precis hur det luktar, vi är nogna med att torka tvätt ute. Ren tvätt som hängt ute, den är inte bara ren. Den luktar också något speciellt gott som inte kommer från tvättmedlet. Jag har frågat många om detta och också själv fått många frågor. Tills någon överbevisar mig om något bättre, tror jag faktiskt att det viktigaste är *oxidation*, alltså föreningar mellan materialet i plagget och luftens syre. Det är en stor skillnad mellan hur mycket god torkad-ute-lukt det uppkommer i bomull och i andra material. Utetorkad bomullstvätt luktar mer och bättre än t. ex. syntetmaterial. Bomullsmaterial oxideras hela tiden, sakta, sakta, men mest då man oroar det genom att tvätta det, hänga ut det och utsätta det för blåst. Troligen består god torkad-ute-lukt av allehanda *cellulosa-oxider*. Detta tillsammans med att tvätten är ren och kanske t.o.m. tagit lukt av lite frömjöl är en oslagbar blandning.

Förr sa man förresten att man gärna skulle hänga ut tvätten efter åskväder. Det kan ha funnits många skäl till det. Ett kan vara att det kanske då var troligt att det skulle vara uppehållsväder ett tag. Ett annat kan ha varit att en mer ozonrik luft också i sig kan ha gett tvätten en god lukt och att kanske därtill oxidationen blev kraftigare i den höga klara luften som följer ett åskväder.

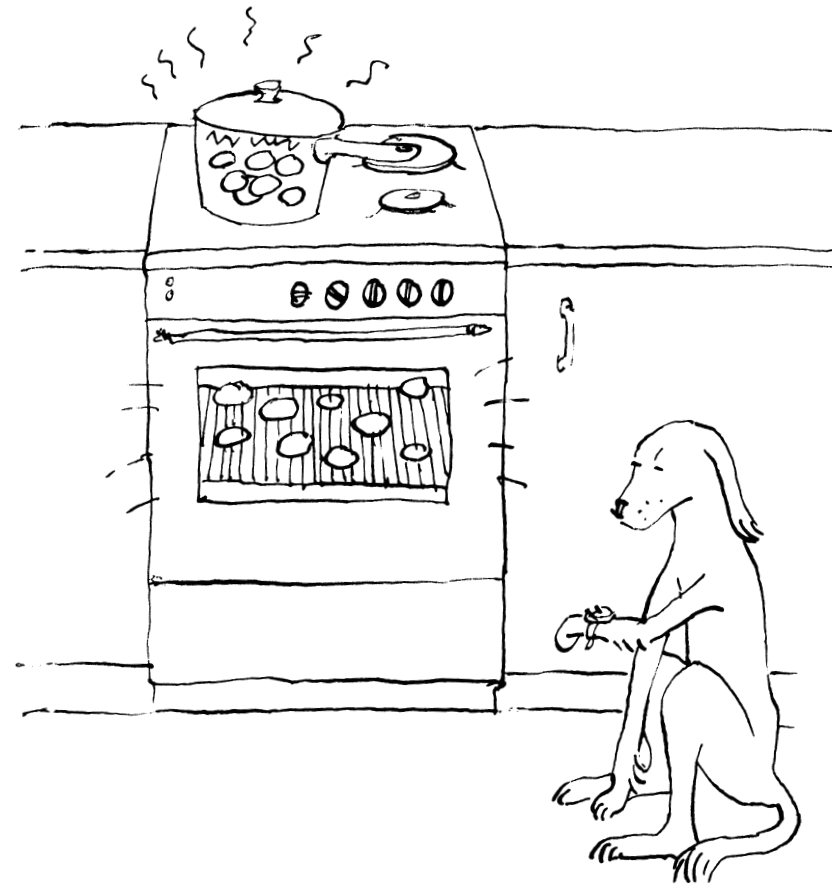
Tveklöst handlar god lukt hos ren tvätt också om avsaknaden av illalukt. Det var främst för att bli av med illalukt som man förr var så nogna med att hänga ut allt i garderoberna, borsta och skaka det, kanske både vår och höst. Alla material tålde inte att tvättas så mycket på den tiden. Därtill var tvättandet och framför allt sköljandet arbetsamt och vattenkrävande. ¶



**Varför tar det en hel timme att ugsnbaka potatis i 250-gradig värme men mindre än en halvtimme att koka den i 100-gradigt vatten?**

Potatisen i ugn är omgiven av luft, och 1 liter luft väger bara ungefär 1 gram, medan 1 liter vatten väger 1 kg. Det gör en skillnad på en faktor 1 000. Detta har konsekvenser för hur tätt luft respektive vatten kan ligga an mot potatisens yta. Det är just till potatisens *yta* som värme förs över från luft respektive vatten, och luften ligger där an bara 1/100-del så tätt som vattnet. Tänk så här: om du gör sidan i en kub 10 gånger längre, blir sidytorna 100 gånger större ( $10 \times 10$ ) och volymen 1 000 gånger större ( $110 \times 10 \times 10$ ). Är något 10 gånger glesare i längdled, blir det 100 gånger glesare per ytenhet och 1 000 gånger glesare per volymenhet.

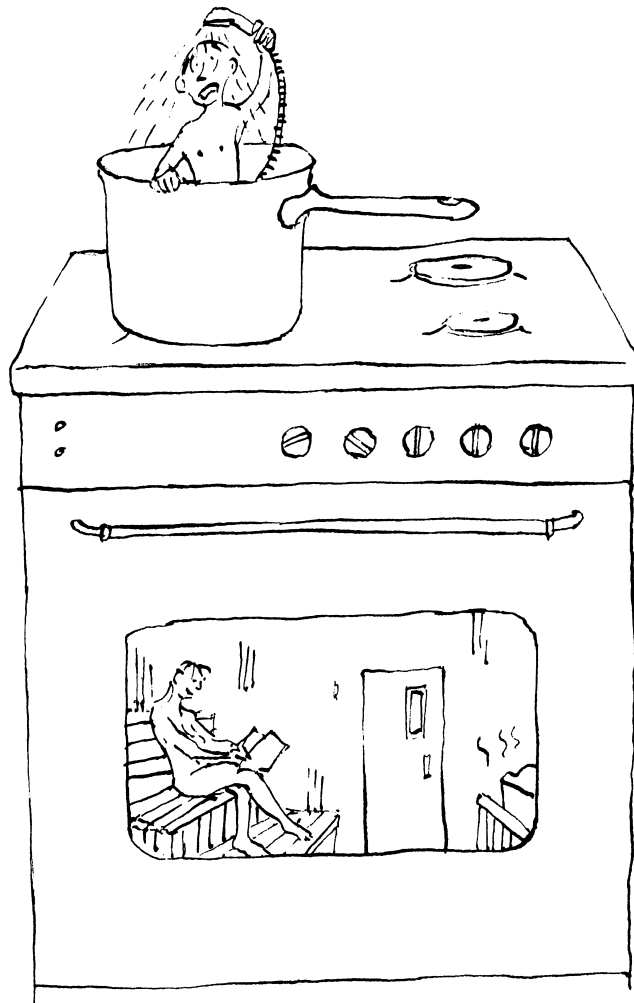
Men om värmeövergången från luft till potatis är 100 gånger sämre i ugnen än i vattnet, kan man undra hur potatisen kan bli färdig på »bara« en timme i ugnen. Svaret är att vid temperaturen 250 grader behöver inte hela värmeöverföringen gå genom ledning: en hel del förs också över genom strålning. Och värmestrålningen behöver inte molekyler för att komma fram, så för den spelar den låga tätheten ingen roll. ¶



**Varför kan man bada bastu i över 100-gradig värme när det inte går att duscha varmare än 40 grader?**

Det är egentligen ingen skillnad mellan denna och förra frågan. Jo, det är det förstås, men svaret blir likartat.

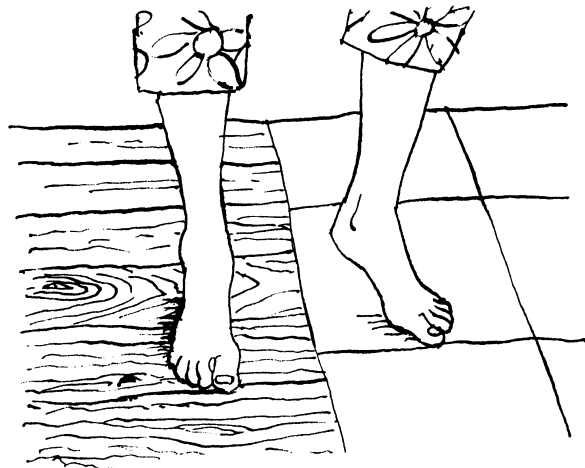
Om man som här mer eller mindre sätter sig själv i potatisens ställe, kan man mer in på bara kroppen känna vad som gör skillnaden mellan luft och vatten, nämligen att vattnet i duschen ligger ungefär hundra gånger tätare än luften i bastun. Och *det* gör skillnad. ♣



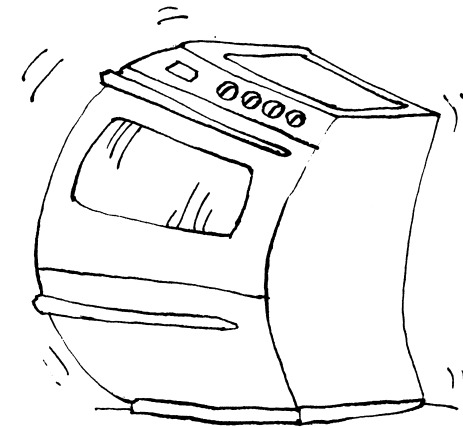
I vårt vardagsrum har vi trägolv fast på ett ställe är det sten. Varför känns det så mycket kallare när man går barfota på stenen än på trägolvet?

Detta är ännu en variant på potatisfrågan och duschfrågan. Det handlar om hur tätt olika material ligger an mot varandra. I det här fallet gäller att foten ligger an bättre mot stenen än mot träet, och värmeövergången mellan sten och fot är därför större än den mellan trä och fot. Att stenen känns kall beror på att *foten* känner att mer värme tas bort från den på stenen än på träet.

De så kallade fakirerna som går på glödande kol utnyttjar detta – fast åt andra hållet. Blir inte värmeöverföringen, dvs. kontakten, mellan fot och kol för stor kan man gå på glödande kol utan att få brännblåsor. ¶



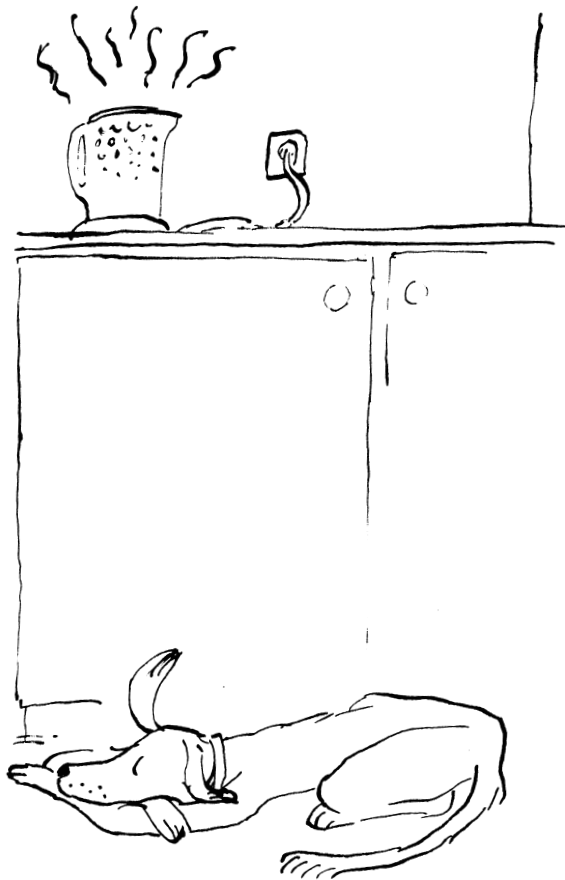
Trots att vi har köpt en ny ugn, kommer det ut varmluft vid sidan om ugnsluckan. Finns det verkligen inte luckor som sluter till bättre?



Faktum är att den varma luften måste komma ut någonstans – annars skulle det bli ett stort övertryck inuti ugnen. Innanför ugnsluckan finns det från början luft med samma tryck som luften utanför. Så måste det få förbli också när ugnen värms upp – annars skulle luckan efter en stunds uppvärmning fara upp med en smäll. Hade man konstruerat något som var hermetiskt tillslutet under uppvärmningstiden, skulle åtminstone jag inte senare velat öppna det för att sätta in något i ugnen – det hade varit som rena bomben.

Nej, enda chansen för ugnen att bibehålla samma tryck på ömse sidor om luckan är att det måste vara *mindre* mängd varm luft i ugnen när luften är varm än vad det är i en ouppvärmad ugn. Den överskottsluft som du känner läcker ut är den som behöver bort för att trycket skall förbli konstant. ¶

Vad är det som låter efter ett tag när man värmer vatten? Är det syret som går bort, eller?



Ofta finns det lite luft med i vattnet från början, men det är faktiskt inte ljudet från luftbubblor som du hör när vattnet värms upp. För du menade väl inte att det skulle kunna vara syret i själva vattenmolekylen som gick bort? Visserligen är den kemiska formeln för vatten  $H_2O$ , två väteatomer och en syreatom i varje vattenmolekyl. Men vattenmolekylen håller ihop under kokning och delar alltså inte upp sig i syre och väte. Även vattenånga utgörs av 2 väteatomer och 1 syreatom,  $H_2O$ .

För att utröna om det är luft som låter, luft som följde med när du tog vatten ur kranen, kan du först värma upp vattnet, sedan låta det svalna och så koka upp det igen. Samma ljud kommer även denna gång när vattnet börjar sjuda. Så ljudet har alltså inget med luften i vattnet att göra.

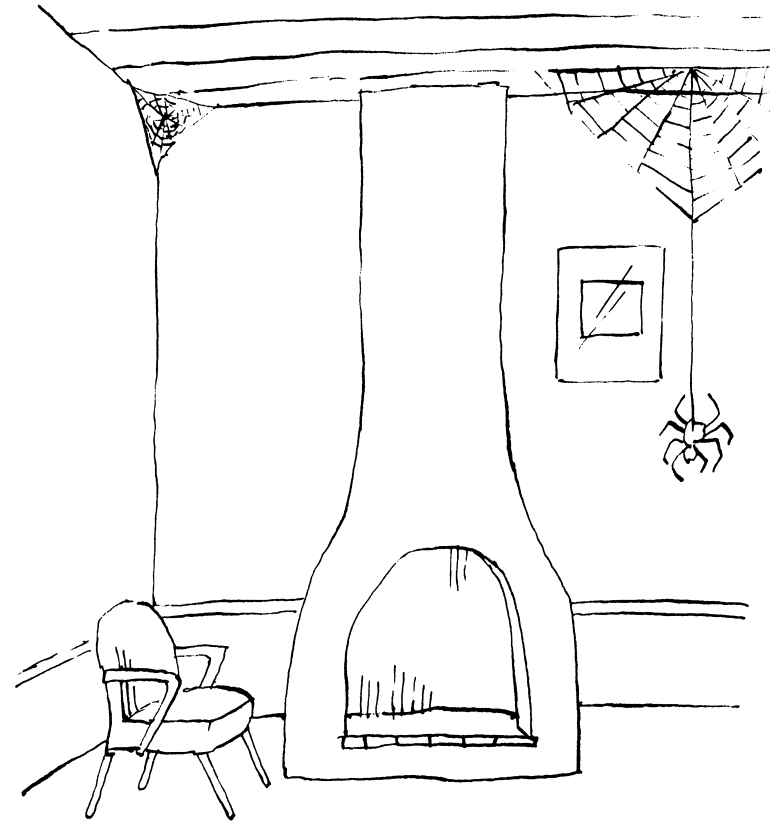
Vad det handlar om är istället att det i vatten som värms upp bildas ångbubblor lokalt. Men dessa ångbubblor har inte tillräckligt tryck för att kunna ta sig upp till ytan förrän vattentemperaturen har nått upp till 100 grader. De faller istället samman (imploderar), och det är ljudet från sådana implosioner, bubbelsönderfall, som du hör när vatten sjuder.

Skall man sätta siffror på detta, så är vattnets ångtryck (trycket i ångbubblorna) lägre än 760 mm Hg,  $10^5$  Pa, vanligt lufttryck, om temperaturen är under 100 grader. Först vid 100 grader har ångbubblorna samma tryck som den omgivande luften och först då kan de nå vattenytan och koka bort.

Ur detta svar kan du också härleda varför vatten kokar vid en lägre temperatur uppe i Himalaya. Där är det omgivande lufttrycket lägre, så där kan ångbubblor nå upp till ytan vid ett lägre tryck än 760 mm Hg. ¶

**Hemma hos oss finns det alltid en massa spindelväv.  
Det är vanligare på en del ställen än på andra. Varför är  
det så?**

Det mest fantastiska med spindelns vävande är egentligen hur den åstadkommer den första tråden. Då har spindeln ingen annan chans än att från en fästpunkt låta sig falla rakt ner medan den spinner den första tråden. Sedan är det *luftströmmarna* i rummet som avgör vart spindeln förs med sin tråd. Så en spindelvävs läge är en kombination av många saker: det skall vara väl skyddat för spindeln (men samtidigt inte så isolerat att dess byten inte kommer dit). Och så skall alltså luftströmmarna i rummet möjliggöra att den första tråden kan fixeras. ♪

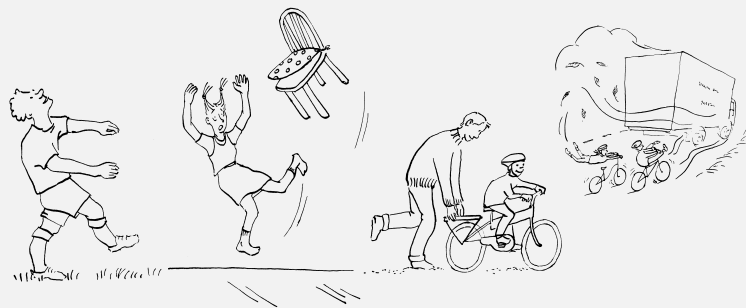


## KAPITEL 5.

### Vad är då fysik?

Fysik är en stram vetenskap. Den omfattar både experiment, modeller och teorier, och för att dessa skall kunna bygga på varandra måste man vara noga med begrepp och struktur. Somliga samband upphöjs till naturLAGAR. De uttrycker de allra mest grundläggande sambanden som vi människor har kommit på. Naturlagarna säger väl så mycket om människan och hennes tankeförmåga som om naturen.

Fysiken är – liksom andra kunskapsstrukturer – konservativ. Området vidareutvecklas genom det samlade arbetet av många människor och de leds alla av sin tids naturlagar. När så någon plötsligt hävdar att han funnit en ny naturlag eller konstaterar att en gammal naturlag är fel krävs det mycket för att hans åsikt skall accepteras. Ett helt tankemönster måste kanske ändras och motståndet kan bli aggressivt. Å ena sidan vill man att naturvetenskapen skall vara öppen och ifrågasättande, å andra sidan vill man inte ge upp ett invariant tankemönster förrän ett nytt både bevisats och vunnit gehör. Du kan läsa mer om detta i »Experimentell Fysik« (Bodil Jönsson och Nina Reistad) på [www.certec.lth.se/dok/expfysik](http://www.certec.lth.se/dok/expfysik).



Balansen mellan öppenhet för det nya och försvar av det gamla är alltid knepig. Det finns också de som liksom docent Nakenstedt i Sven Delblancs *Trampa vatten* (Författarförlaget, 1972), ifrågasätter allt, också det mest vardagsvanliga:

Nakenstedt är docent i teoretisk filosofi och genomför sedan många år tillbaka en experimentell undersökning. Apparaturen består av ett strykjärn, kasserat av fru Nakenstedt, samt ett protokoll uppdelat på kolumnerna A och B. Var tredje minut släpper Nakenstedt strykjärnet på sin stortå. Om, men bara om, strykjärnet därvid följer naturlagarna och faller genom luften med av mekaniken förskrivna hastighet för att drabba Nakenstedts stortå med smärtsamt eftertryck, då, men bara då, ritar Nakenstedt en kråka i kolumn A. Om däremot strykjärnet trotsar naturlagarna och förblir svävande i luften som i en rymdkapsel, då, men bara då, ritar Nakenstedt en kråka i kolumn B...

– Aj!

Det senare alternativet har emellertid aldrig inträffat, inte under de år jag varit här. Som läsaren förstår, är Nakenstedt intresserad av Humes (David Hume var en upplysningsfilosof, vida berömd och beryktad för sin väldiga skepticism, min anmärkning) berömda analys av naturlagarnas provisoriska och hypotetiska karaktär. Vi kan fastställa, att var gång vi släppt strykjärnet (a) har detta följts av (b) svullenhet, sveda, värk och avgrundsbråk, men härav följer inte, att a måste efterföljas av b, eller att a alltid kommer att efterföljas av b: ingenting garanterar nämligen, att naturen i fortsättningen kommer att bete sig på samma sätt som den betett sig hittills. Kanske det kommer en tid, då a inte efterföljs av b? Hur ofta vi än iakttagit, att svedan, värken, vrålet b följt på strykjärnet a, är vi inte i strikt logisk mening berättigade att säga, att b orsakas av a, ty det skulle ju betyda att a och b är nödvändigt förbundna med varandra ...

Tystnaden genomisar mig med plötslig skräck. Vad betyder detta? Har strykjärnet vägrat falla, har naturlagarna satts ur spel ...

Jag andas åter när jag hör Nakenstedts haltande steg i

trappan: experimenten har slutförts för idag. Naturlagarna har som vanligt, oberörda av den rena logiken, envist klamrat sig fast vid den gamla banala kausaliteten.

Om Nakenstedt hade varit naturvetare, hade inte hans ständigt ömma tå och »den gamla banala kausaliteten« varit det enda han haft som motvikt mot sin skepticism. Han skulle också haft Newtons och efterföljande fysikers gravitationslagar att luta sig mot.

I appendix 4 och på [www.certec.lth.se/dok/expfysik](http://www.certec.lth.se/dok/expfysik) kan du läsa om några stora genombrott i fysikens värld.

### *Experiment som metod*

Ingen genomför ett experiment utan att ha en fråga som hon söker svar på. Det händer att frågan är felställd. Det händer också att naturen svarar på något annat än den fråga man försökte hitta svar på. *Men det finns alltid en fråga.* Endast i eftergeneraliseringarnas värld kan man glömma bort ursprungsfrågan och beskriva kunskapsgången som om man *först* mer eller mindre av en händelse gjort mätningar, därefter ritat intressanta diagram och därefter hittat samband. Så går det inte till. Det börjar alltid med att man undrar något, vill något. Ibland ändrar frågan efterhand karaktär som till exempel i den dramatiska jakten på vad som bär fram ljuset och vilken ljushastigheten egentligen är.

Det är en spännande historia, men här skall jag ta något mer prosaiskt: hur man kan arbeta för att komma fram till koktiden för fisk! Ja, hur skall man koka fisk för att den skall bli god, smaklig? Hur lång är koktiden för flundrafiléer, som är en halv centimeter tjocka? Frågeställare är Haqvin Carlheim-Gyllensköld, och frågorna och svaren finns redovisade

i boken *Att koka fisk* från 1963. Den är inte en receptsamling utan en verklig kokbok som lika gärna kunde användas som lärobok i experimentell metodik.

Vanliga kokböcker är receptsamlingar med »få, summariska, oklara och mångtydiga anvisningar«, säger Haqvin Gyllensköld i inledningen till sin bok. Självt går han till verket med en föredömlig systematik. Man lotsas genom virrvarret av parametrar: fiskens yttre temperatur före tillagning, fiskens form och storlek, mängden vatten, vattentemperaturen (och dess eventuella förändring under tillagningen), önskvärd sluttemperatur inuti fisken (dvs. vad som är gott att äta), hur länge fisken brukar få ligga på fat innan man äter den, etc.

Med hjälp av förberedande försök visar författaren vad som är kritiskt, t. ex. temperaturskillnaden mellan olika delar av fisken. Han undersöker efterhand de olika parametrarna systematiskt, orden (t. ex. sjudning) definieras, mätresultaten presenteras och struktureras. Riktigt perfekta blir dock inte experimenten – den ena gäddan är ju inte den andra lik. Det är därför svårt att reproducera experimenten. Författaren (till professionen f. d. arkitekt på KF) gör därför istället ett konstgjort material med fiskköttets egenskaper. Detta formar han till perfekta cylindrar, plattor etc. Därigenom går försöken att reproducera; han kan t. ex. göra två likadana gäddattrapper.

Ur kokexperimenten härleds formler. Dessa jämförs med teorin enligt allmänna värmeledningsekvationen. Slutligen sitter längst bak i boken ett skjutmått med vars hjälp man kan mäta fiskens tjocklek. Skjutmättet är graderat i koktid. *Så arbetar en sann experimentalist* – en som både har en fråga, söker svaret på den, arbetar systematiskt och sam-

tidigt inser att ingenting är så praktiskt som en god teori.

Ja, det är mycket som krävs. Det räcker inte att som August Strindberg vara en lidelsefullt intresserad experimentalist men utan öppenhet för resultaten. Han visste oftast på förhand vad han ville skulle inträffa – och så såg han till att resultaten också gick att tolka i enlighet med ursprungsidéerna. Lyckades inte detta, kunde han alltid skylla på »makterna«:

»Som metallurgien lärt mig, att bly avdrivet i en degel, fodrad med benaska, alltid avgivit en smula silver och att detta silver lika oföränderligen innehållit en helt ringa mängd guld, drog jag den slutsats att kalciumfosfat såsom förnämsta beståndsdel i benaska borde utgöra den väsentliga faktorn vid gulds framställande ur bly.

Det visade sig verkligen ock, att bly smält på en bädd av kalkfosfat alltid färgades guldgult på underytan. Makternas ogunst avbröt experimentens fullbordande.«

Ur *Inferno* av August Strindberg

### *Experiment, modell och teori i samverkan*

I en kunskapsutveckling kan det börja som ett dis, en vag aning som bygger på erfarenhet, ett dis som långsamt förtätas. Man färdas kors och tvärs över ett problemområde tills man blir bekant med alla stigar och avkrokar. Tankarna hamnar i det undermedvetna, stiger åter till ytan och i stunder av klarsyn övergår de i en välformulerad struktur. Kanske hamnar man i ett blindspår. Då visar naturvetenskapen sin styrka – den är beredd att överge en ståndpunkt som visar sig vara felaktig. Nya begrepp och samband formuleras ständigt. Det kan återigen börja som ett dis, en vag aning. Slutligen kan ett begrepp och en ny teori vara formulerade.



Ett exempel: Varför tränger luften in överallt? Aristoteles beskrev detta som naturens »*rädsla för vakuum*«, »horror vacui«. Hans formulering var knappast någon förklaring och långt mindre en teori för motviljan mot tomrum. Inte heller gick det att *mäta* denna påstådda rädsla, och Aristoteles vakuumentori blev därför hängande i luften. Inte förrän Torricelli kläckte idén att vi lever omgivna av ett lufthav, fick man en modell för tanken och inspiration för hur man kunde skapa mätinstrument för lufttryck (barometern).

Begrepp som är stringenta inom fysiken behöver tyvärr inte betyda något meningsfullt för alla icke-fysiker. Ibland är det nästan som om det vore tvärtom. När t. ex. Björn Afzelius vid en utomhuskonsert på Christinehof sommaren 1986 förklarade varför han måste stämma om sin gitarr så ofta, sa han: »Till en början är det varmt en sådan här fin sommarkväll, och då hänger strängarna som hängmattor. Sedan blir det svalare, och strängarna krymper. Det är något med *längdutvidgningskoefficient*«. Konstpausen fylldes med ett svagt publikfnitter. Och så fortsatte han: »*Längdutvidgningskoefficient* är det ENDA ord jag kommer ihåg från fysiken i skolan. Och det kommer jag bara ihåg för att det är så fånigt.« Ett igenkännande sus spred sig genom hela publiken! Även jag skrattade. Alltför många har aldrig uppfattat naturvetenskapens begrepp som något annat än tråkiga. Den positiva sidan – att begreppens stringens gör att missförstånd går att undvika – har så väldigt svårt att nå fram.

### *Att söka fast mark*

Vad kan man då göra om man som forskare vill försöka sig på att popularisera? Eller om man som lekman vill förstå

men inte gå hela vägen in i vetenskapen? Båda parter måste acceptera att det inte *går* att utgå bara från begrepp, sammanhang och i vetenskapen invävda sociala samspel. Man är istället hänvisad till att försöka utnyttja analogier och metaforer, knyta an till andra områden och acceptera framställningar som »det är som om ...«, »det är som när ...«. Problemet är att det hela på det sättet kan bli till ett rent gungfly. Den ursprungshistoria som var åtminstone halvriktig i munnen på den som berättade kan tolkas nästan hur som helst av den som lyssnade, beroende på vart hon förs av alla dessa »som om«.

Ibland blir alltihop bara obegripligt. Föreställ dig att du tidigare bara hade mött den tvådimensionella världen och där visste allt om cirklar och rektanglar. Så förs du plötsligt ut i den tredimensionella världen. Där blir du helt förvirrad när du ser en cylinder. Från ett håll ser den ut som en cirkel, från ett annat som en rektangel. Vad är nu detta? Du vet ju sedan tidigare att det inte finns något som är både rektangel och cirkel – men likväl är cylindern sådan?!

Så kan det vara att möta vetenskap – det går inte ihop med de sammanhang man redan har. Det behövs stor ödmjukhet i den här situationen, liksom i alla möten mellan kulturer och i alla möten mellan olika språk. Det mest handfasta – experimenten och mätresultaten – kan ibland bli till den bästa mötespunkten.

### *Frågor och svar*

Här skulle jag kunnat placera de flesta av de frågor och svar som hamnat i andra kapitel. De som finns med här är utvalda för att ytterligare belysa mångfalden av de frågor som kan dyka upp med anknytning till fysik.

Jag var på en studentuppvaktning nyligen, och där fick man en lapp med fysikaliska enheter uppräknade. Meningen var att man skulle försöka sjunga texten på melodin »Studentsången«. Jag har blivit av med lappen. Vad stod där?

Jag är inte alldeles säker, för det kan finnas flera olika versioner. Här får du en med enheter bara ur det internationella system, SI, som idag *alla* nationer skall ha infört sedan länge, och som också engelsmännen kanske så småningom tänker införa, tum efter tum...:



W kg m Wb s  
 $\Omega$  m T A rad  
 cd Sv N s  
 $\Omega$  A m lx dB  
 $^{\circ}$  C  
 W/m<sup>2</sup>  
 J/kg  
 H V C kg/m<sup>3</sup> mol  
 m/s<sup>2</sup>  
 m/s<sup>2</sup>  
 F!

Får du ihop det? Om inte, får du nedanstående fusklapp, där du säkert klarar att sjunga studentsångens melodi med högerspalten som text:

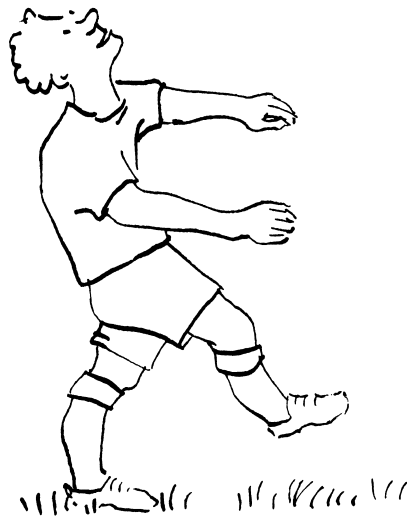
### SI (Système International d'Unités)

Melodi: Studentsången

W kg m Wb s	Watt Kilogram Meter Weber Sekund
$\Omega$ m T A rad	Ohm Meter Tesla Ampere Radian
cd Sv N s	Candela Sievert Newton Sekund
$\Omega$ A m lx dB	Ohm Ampere Meter Lux Decibel
$^{\circ}$ C	Grader Celsius
W/m <sup>2</sup>	Watt per Kvadratmeter
J/kg	Joule per Kilogram
H V C kg/m <sup>3</sup> mol	Henry Volt Coulomb Kilo-gram per Kubikmeter Mol
m/s <sup>2</sup>	Meter per Sekundkvadrat
m/s <sup>2</sup>	Meter per Sekundkvadrat
F!	Farad!

**Om man kastar en boll rakt upp i luften, så trillar den ju ner efter ett tag. Hur länge står den stilla i luften innan den vänder ner? Vad händer i vändpunkten?**

Att det skulle vara något speciellt med vändpunkter och en väsensskillnad mellan uppåtgående och neråtgående rörelser är en gammal tanke. Fysiken gör ingen skillnad på dessa, åtminstone inte fysiken efter Newton. Det finns hela tiden en kraftpåverkan neråt på bollen – tyngdkraften medverkar till att bollens hastighet uppåt i vertikalled varje sekund minskas med  $9,81 \text{ m/s}$ . Till slut byter rörelsen riktning – hastigheten uppåt blir negativ, dvs. rörelsen är riktad nedåt. Men det händer inget särskilt i vändpunkten, och »hur länge som bollen står stilla« beror helt och hållet på vad du menar med »står stilla«, dvs. hur exakt hastigheten noll skall gälla. Skall det gälla supersupersuperexakt är det tidsintervallet oändligt kort, alltså  $0$ .



**Friktion, dvs. motstånd mot förändringar, ställer alltid till problem. Kan man inte ha den till något bra istället?**

Jo, absolut. Och det har vi också hela tiden. Det är *friktion* som gör att du överhuvudtaget kan resa dig, att bord och stolar står stilla och att dina ben inte bara glider ifrån dig när du försöker gå. Det är ökad friktion som man försöker åstadkomma när man skaffar sig däck med bättre väggrepp. Listan på exempel över hur friktionen är nyttig för oss kan göras mycket lång.

I fysikens utbildningsvärld sågs dock friktionen förr (före datorernas tid) som något som mest ställde till med problem. Det kunde vara så svårt att lösa fysikuppgifter om man skulle ta hänsyn till friktionen, att det ofta stod i uppgifterna »Bortse från friktionen«. Nu är denna instruktion inte längre så vanlig, och väl är det. För den som löser problem där man »bortser från friktionen« kan ju få för sig att friktionens inverkan faktiskt i praktiken är försumbar. Och det är den verkligen inte – hade så varit fallet hade t. ex. evighetsmaskinerna kunnat fungera. ¶



**Varför är det så lätt att hålla balansen på en cykel i rörelse men nästan omöjligt att göra det när farten tar slut?**

Än en gång måste jag få börja med att ifrågasätta frågan. Inte är det lätt att hålla balansen på en cykel, inte! Tänk att vi glömmer så fort, allt detta besvär vi har som barn att lära oss cykla.

Tro inte ett ögonblick att det är cykeln som håller balansen när den är i rörelse – det är istället cyklisten. Duktiga cyklister med god balans kan klara att hålla balansen bara med ändan, medan vi andra håller balansen mycket med våra kompensatoriska vridningar på styret.

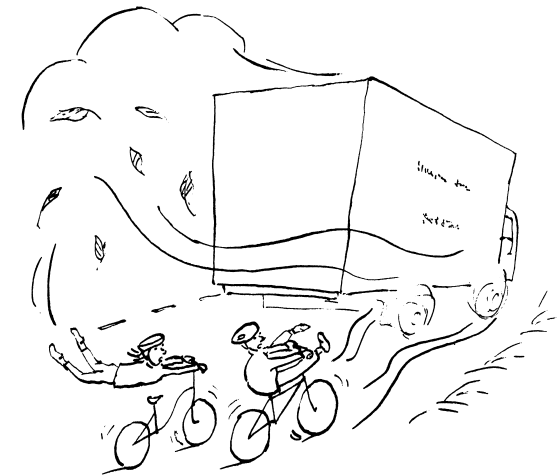
Visst finns det också en liten balanserande gyrokraft i cykelhjulens rörelse, men den är inte stor, för det är inte så stor massa inblandad i den rörelsen. Var och en som känt på gyrokrafterna när det är tyngre saker som roterar vet emellertid att också gyrokrafter kan bli nog så stora. Ett roterande hjul ändrar *inte* sin rotationsriktning med mindre än att det finns påverkande krafter. ¶



**Om man kör fort, är det som om löv och skräp dras in bakom bilen. Är det som om de vill följa med i rörelsen?**

Löv *vill* garanterat ingenting enligt naturvetenskapens beskrivningar. De utsätts däremot för precis detsamma som det du känner när du på cykel blir omkörd av en stor lastbil i hög fart. Särskilt om lastbilen kommer nära, kan du känna hur du sugs in bakom bilen.

Det hela handlar om en tryckutjämningsprocess. Bakom lastbilen skapas det ett dynamiskt tryck (ett rörelsetryck), och därmed sjunker det statiska trycket och både löv och cyklar dras ditåt. Samma fenomen kan man använda tekniskt för att få ner trycket i slutna system. En vattensug fungerar enligt den principen. Vatten får strömma genom ett rör med en förträngning som gör att vattnet från kranen får en extra hög hastighet just där. Vid förträngningen finns en öppning från sidan som leder till den behållare som man vill tömma på luft. Och luften sugs mycket riktigt med i vattnets rörelse, och trycket sjunker i behållaren. ¶

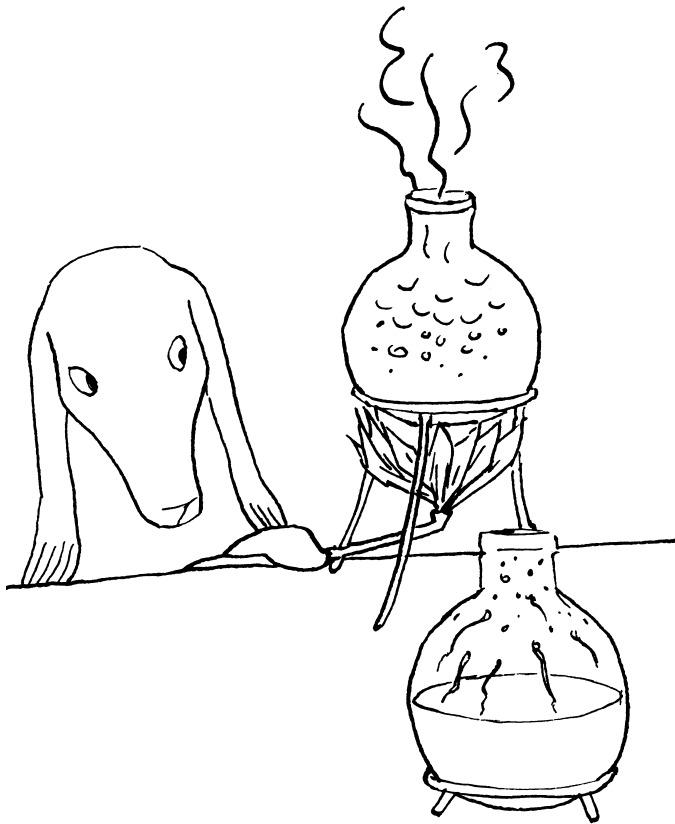


**Vad är det för skillnad på en vätska som kokar och en som dunstar? Det blir ju samma resultat av bådadera.**

Från alla vattenytor (och alla andra ytor också, även ytor av fast material) finns det alltid en avdunstning. Somliga vattenmolekyler lämnar då vattenytan som ånga. Samtidigt sker det hela tiden också en kondensering – delar av den vattenånga som finns i luften övergår till att bli vattendroppar på väggar eller kanske rentav på redan existerande stora vattenytor.

Avdunstningen är möjlig eftersom alla molekyler i ytskiktet på en vätska inte har samma energi. Vid avdunstning är det de mest energirika som ger sig av – de behöver sin överskottsenergi för att alls kunna lämna ytan. Avdunstningen leder till att den genomsnittliga temperaturen på den vätska som finns kvar blir lägre. En jämvikt uppnås.

Vid kokning kan alla molekyler medverka, även de under ytan, men vid avdunstning är det bara ytmolekyler som kan lämna vätskan. För vatten gäller som beskrivits i ett tidigare exempel att ångbubblor inte kan nå ytan förrän vid 100 grader (se s. 117). ¶



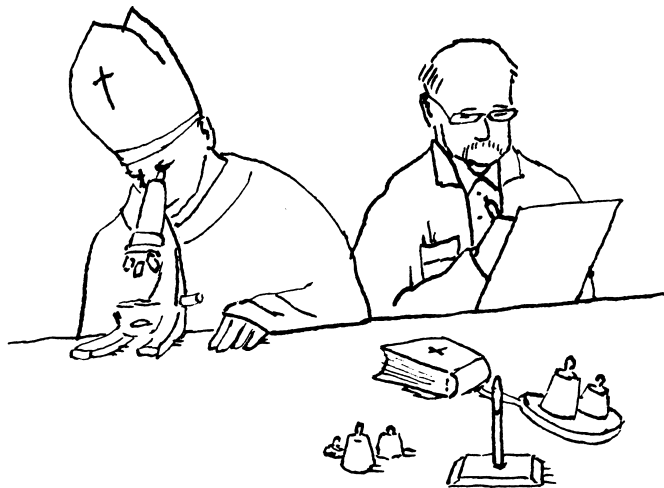
**Jag vet att det finns syre och kväve (och lite annat) i luften. Hur är det då när man kommer upp på Himalayas höjder? Finns där mindre syre än kväve i den luften jämfört med luften på havsnivå? Är det därför som det är svårare att andas där?**

Nej. Anledningen till att det är svårare att andas uppe på Himalaya är att lufttrycket är mindre där. Att det alltså helt enkelt finns mindre luft per kubikmeter.

Man skulle i och för sig kunna tänka sig att det tyngre syret var mer representerat vid havsytan än högre upp (massförhållandet mellan syre och kväve är 32:28), men det finns ingen sådan skillnad. Luftens sammansättning är praktiskt taget konstant hela 100 km uppåt. Där börjar den kosmiska strålningens inflytande att bli märkbart, molekyler sönderdelas och den genomsnittliga molekylvikten minskas. Att luftens sammansättning håller sig så konstant också högt upp är ännu ett exempel på hur oordningen, det utjämnande, alltid tenderar att ta över.

Ett annat luftexempel: Du sitter antagligen nu i ett lagom tempererat rum och märker inte av att det som egentligen är »värme« i luften är molekylernas oordnade rörelse som hela tiden pågår med den genomsnittliga hastigheten 500 m/s. Det som gör att du *inte* märker det är att molekyler rör sig i alla riktningar. Det finns en liten sannolikhet för att alla plötsligt skulle kunna röra sig åt samma håll. Att den sannolikheten är så liten att den är försumbar vet du eftersom varken du eller någon annan råkat ut för det. Det som i det fallet skulle hänt hade varit något synnerligen märkbart: du hade svepts med eller snarare slagits ner med hastigheten 500 m/s. ¶





**Det må vara hänt att vetenskaper håller på med olika saker och var för sig har olika teorier och metoder. Men där ute, på gränsen till det okända, där går vetenskaperna väl ändå samman?**

De starkaste ambitionerna att föra samman vetenskaper till ett enat helt brukar komma från starkt religiösa människor. Själv har jag svårt att se varför vetenskaper skulle gå samman just vid gränsen till det okända. Tvärtom är det så att där i gränslandet är de olika vetenskaperna ofta ännu mer särskilda än i normalfallet i sitt sökande efter ny kunskap.

Jag har full respekt för att människor kan vilja blanda tankemönster från olika håll även om vi kanske inte är så vana vid det i vår kultur. Det kändes till exempel *mycket* ovant men också lite spännande att läsa fysikböcker från de forna öststaterna med marxistiska diskussioner mitt i fysiken. För mina ovana ögon var det rent nonsens – men ändå intressant.

Vad gäller tro kontra vetande är den diskussionen givetvis evig. Men om man vill försöka få med religiösa aspekter in i fysiken, hör de inte mer hemma i den ännu inte uppfunna fysiken än vad de gör i den klassiska.

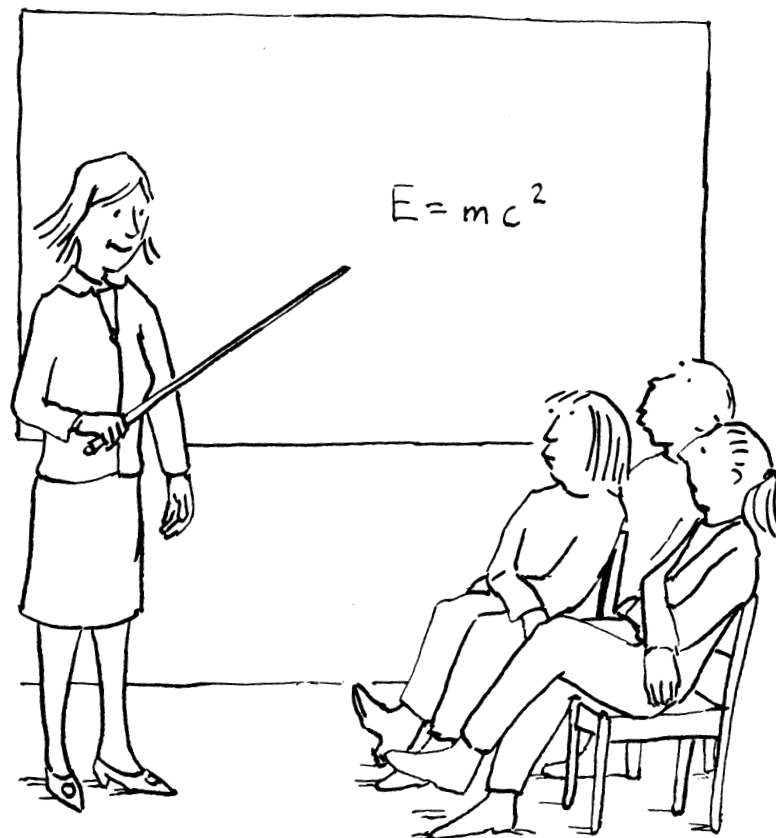
Det som för samman tro och vetande är att båda representerar tankemönster som människor kommit på och kommit överens om i olika subkulturer. Så långt är jag med på att alla tankemönster har starka förenande karaktärer. ¶

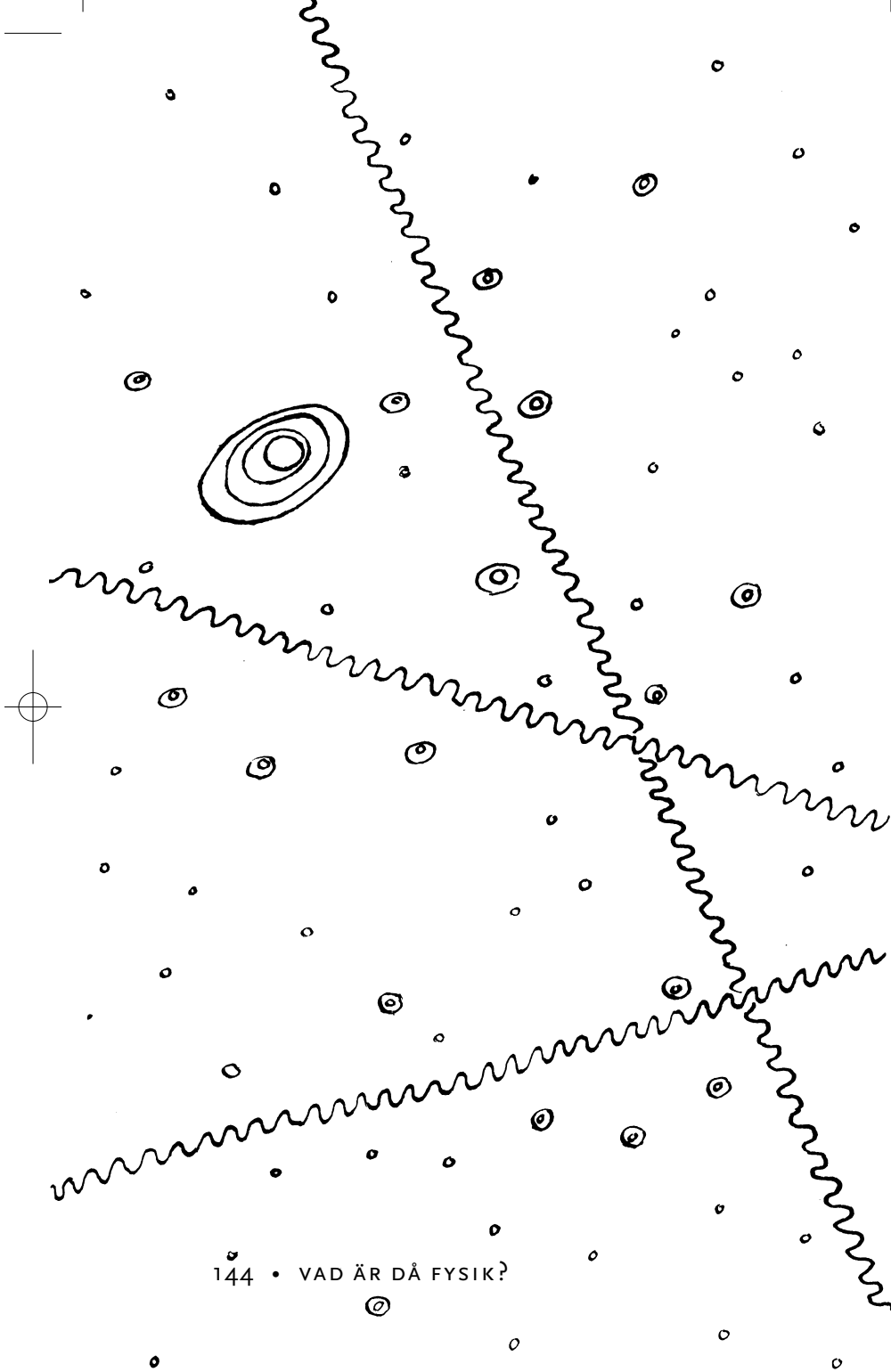


### Kan man förklara Einsteins relativitetsteori så att »medelsvensson« begriper?

Det beror förstås på vad du menar med »förklara« och »begripa«. Jag är allmänt lite skeptisk till hur mycket man egentligen kan lära sig av andras framställningar. Det är faktiskt konstigt hur stora förväntningar vi har på att kunna förstå just tankar och teorier. Ingen förväntar sig efter en kort genomgång av urmakarens arbete att hon eller han därmed blir amatörrumakare och direkt kan laga klockor. Det faller på något sätt på sin egen orimlighet. Men däremot finns det förväntningar på att *tankar* skall man kunna förstå så att populärvetenskap i någon bemärkelse skall leda till att man »förstår« och det fullt ut.

Det enda sätt jag vet att undvika att populärvetenskap blir undanlidande och lite av ett korthus är att anknyta till det erfarenhetsbaserade. Det är därför som jag håller relativitetsteorin och den moderna fysiken utanför den här boken. Istället finns det med sådant som du möter *till vardags* och som du kanske därför redan har ett förhållningssätt till. Ett förhållningssätt som kanske kan ha berikats på någon punkt genom det du läst här, och som också kan påverkas senare när du med dessa kanske nya tankar i huvudet råkar in i en snarlik situation. ¶



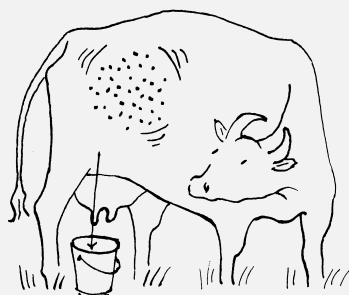
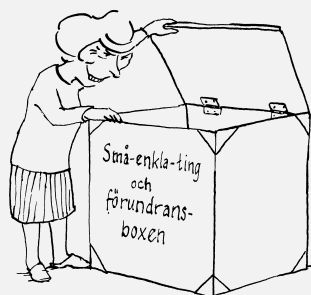


### Vad hade hänt med oss människor om det inte hade funnits någon kosmisk strålning?

Jag vet inte. Jag vet faktiskt inte. Hade vi alls funnits? Man fick då börja med att tänka sig ett jordklot av en helt annan sort än vårt där inte de övre atmosfärlagren var utsatta för ständigt genomträngande joniserande strålning. Nere på jorden är vi människor tämligen väl skyddade genom atmosfären, och de flesta av de tiotals myoner och elektroner som träffar dig varje sekund genom bakgrundsstrålningen har skapats vid kollisioner i atmosfären. Hur mycket de påverkat människan och hennes evolutionära utveckling genom tiderna har jag ingen aning om. ¶

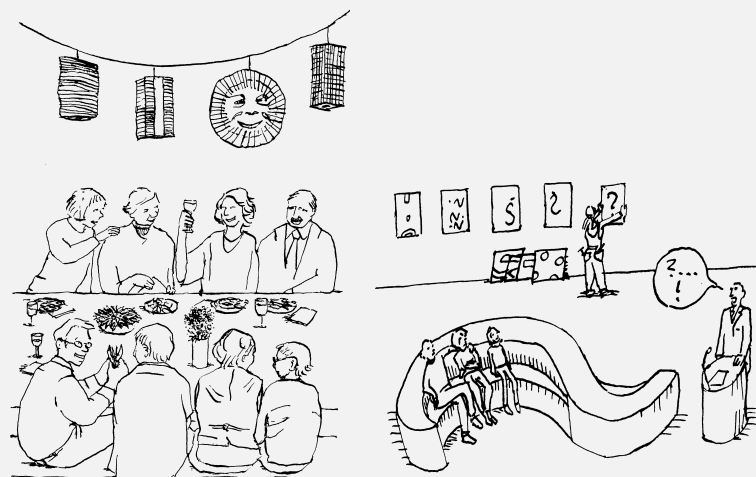
## KAPITEL 6.

# Erfarenhetsbaserad kunskap och vetenskaplig kunskap

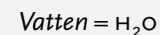


Verkligheten är möjlig en. I varje fall är vi människor så skapade att vi ofta måste ha det som utgångspunkt för att inte känna oss helt förvirrade. Varenda individ lämnad åt sig själv ser verkligheten från sitt håll och ser därför helt andra saker än andra människor. Små barn gör sig ofta helt egna föreställningar, s.k. teorier, om hur allt hänger samman. Vuxna hjälper förstås också till.

Vetenskapernas bidrag till att göra världen sammanhängande är att de kan förtydliga, fördjupa och förnya.



*Sammanhangsföreställningar* är här ett viktigt ord – det är synnerligen värdefullt att kunna bli helt överens om åtminstone ett fåtal grundläggande sammanhang. Ett inledande exempel: det är rätt och riktigt att:



Ändå uttrycker detta bara en bråkdel av allt som finns att säga om vatten. Vatten är livsnödvändigt för djur, människor och växter och viktigt som transportmedel och lösningsmedel. Vatten är en bristvara i stora delar av

världen vilket utgör ett av de största globala problemen. Men vatten transporterar också sjukdomsalstrande organismer, löser upp och sprider livsfarliga kemikalier och tar med sig miljöföroreningar ut i havet och ner i grundvattnet. Vatten kan alltså inte – trots att det är ett enda ämne – beskrivas särskilt väl med utgångspunkt från en enda vetenskap. Räcker det då med många vetenskapers samlade bilder?

### *Vart räcker alla vetenskaper – tillsammans?*

Föreställ dig en människa med ett tomt huvud i vilket man bara lade in fysikens världsbild. Hon skulle inte klara sig särskilt många sekunder.

Föreställ dig sedan att man tog *alla* vetenskapers världsbilder och lyckades få in dem i människans hjärna utan att motsättningarna blev alltför förlamande. Hon skulle ändå inte klara sig särskilt länge.

Människans världsbild har nämligen starka inslag av tyst kunskap vilken inte finns med i de formella vetenskaperna. Så även om vetenskaperna är nödvändiga för utvecklingen av kunskap, är de långt ifrån tillräckliga. Det krävs mer. Och detta »mer« är något som vi ofta omedvetet tillför i vetenskapliga, flervetenskapliga eller tvärvetenskapliga arbeten. Något som kommer med på köpet eftersom forskare inte bara är vetenskapsmän utan också människor. Man kommer faktiskt verkligheten närmare genom att tänka på vetenskapsmän som inte bara *forskare* utan också som *människor* som är forskare.

Alla vetenskaper renodlar. Naturvetare berömmar sig visserligen av att hålla sig till verkligheten genom att göra experiment, men redan innan den s. k. verkligheten (jag

exemplifierar den här med ett träd) kommer in i laboratorier eller andra forskningsmiljöer har den *lövats av*. Den betraktas sedan genom ett vetenskapens raster. Under processen fram till eventuell teori eller annat resultat sker det en *kvistning* och *barkning*, en *uppsågning* och en *stapling*. Slutresultatet, själva vedtraven, symboliserar ett vetenskapligt resultat, t. ex. en teori eller en hel vetenskap.

Men en annan vetenskap betraktar verkligheten (trädet) på ett helt annat sätt och kommer därför fram till en helt annan vedtrave. Eller så gör den kanske rentav en stol eller ett hus av trädet. Och visst har vedtravarna, stolarna, husen etc. alla hämtat sitt material ur verkligheten; visst är de nära förbundna med verklighetens träd. Men det hjälper inte hur många av dem man lägger samman: *de kan ändå aldrig tillsammans bli till ens ett enda träd*.

Det finns bara en autentisk världsåskådning som är användbar som livskunskap för en människa och det är människans egen. *Vetenskapliga* världsåskådningar är alla så aspektfattiga att de inte räcker långt som livskunskap ens om man kunde addera dem. Likväl har vetenskapen en avgörande roll för människors världsåskådning. Den ger oss verktyg för att tänka med så att vi kan komma underfund med våra tankar. Den ger oss möjligheter att ställa våra världsåskådningar mot andra människors så att vi åtminstone delvis kan se världen på samma sätt. Och till sist: Den ger oss möjlighet att vidareutveckla vårt kunnande på ett sätt som vi kan kommunicera till andra människor.

Det gäller att ta till sig dessa fördelar och samtidigt inse att vetenskap inte är allt. Varje människa måste hela tiden själv både *göra* och *reflektera*. Som nyckelmeningar gäller: *Tankar når inte långt utan erfarenhet* och *Erfarenhet når inte*

*långt utan tankar.* Tillsammans kan de meningarna möjligen se ut som ett Moment 22, men det är de inte. Den första säger snarare: »Prova! För man kan inte veta förrän man provat«, medan den andra säger »Det räcker inte med att prova. Man måste också betänka sina erfarenheter!«. Det är de betänkta erfarenheterna som kan leda vidare. Det är bara de som går att ta med sig från den ena situationen till den andra.

### *Tänka framåt eller bakåt*

Om i det gamla Grekland ett litet barn frågade »varför ligger det ett ekollon här?« skulle man svara »det ligger ett ekollon här *för att* det skall kunna växa upp en ek«. Grekerna hade en *teleologisk*, dvs. en ändamålsinriktad förklaringsmodell. Om du däremot idag är ute med ett litet barn som undrar över ekollonet, svarar du: »Lille vän, titta upp! Det står en ek här. Det är den eken som tappat ekollonet.« I våra *mekanistiska* tankemönster måste orsak komma före verkan.

Det är inte fel vare sig att säga att ekollonet ligger där för att det skall kunna växa upp en ek *eller* att säga att ekollonet ligger där för att eken har tappat det. Men tanken förs helt skilda vägar av de två förklaringsmodellerna, den första *teleologisk*, ändamålsinriktad, den andra *mekanistisk*, orsaksbunden. Om ekollonet ligger där för att det skall kunna växa upp en ek, då spelar det ju inte någon roll vad man gör. Om det däremot ligger där bara för att eken har råkat tappa det – då är loppet redan kört vad man än gör.

Få har genomskådat att vår tids drivkraft, tekniken, har ett tankemönster som är just det gamla teleologiska. Om man skall bygga en klocka, gör man det *för att* den skall visa

tid. Konstruktören bygger liksom in sin avsikt i klockan. Att han sedan bakefter kan applicera den naturvetenskapliga förklaringsmodellen (som är mekanistisk) och förklara att klockan fungerar på grund av det och det, förändrar inte det primära: han gjorde klockan utifrån ett »för att«-perspektiv.

Tänk om vi också utanför tekniken skulle kunna nå viss kunskap bättre genom att leta också efter avsikter, inte bara efter orsaker? All ny kunskap från universums yttersta ner till mikrokosmos minsta detalj förvånar oss ju ständigt genom att just peka på hur funktionsduglig, hur makalöst ändamålsinriktad uppbyggnaden av naturen förefaller vara. Ändå vägrar vi naturvetare styvnackat att söka efter kunskapsstrukturer baserade på avsikter. Är det egentligen rimligt? Är det inte snarare så att vi borde tillåta oss att sträva efter *tankeekonomi*? Och våga stå för att sådana tankar är ekonomiska, som är bra att tänka med, bra att se med, bra att höra med, bra att leva med. Tänk om det blir helt andra människor som dras till forskning med »för att«-förtecken, avsiktsförtecken, än till forskning med orsaksförtecken? Kvinnor, till exempel?

Mer eller mindre medvetet har vi alla utifrån naturvetenskapens dominans bibringats en diffus känsla av att andra förklaringsmodeller än den mekanistiska måste vara »fel«. Det är som om de teleologiska förklaringarna åtminstone underförstått skulle handla om makterna, om tomtarna och trollen eller kanske rentav om Gud. Det är inte många som öppet vill stå för att de på ett litet barns undran om varför det regnar, kan svara »Det regnar för att blommorna skall växa!«.

Man tror att man måste dra till med vattnets kretslopp i naturen, och att endast detta är »rätt« svar. Men i själva

verket handlade barnets fråga om samband. Och att svara med sambandet »utan vatten inget liv« är om möjligt ännu mer grundläggande än vattnets kretslopp.

### *Att göra och reflektera*

All kunskap skaffar vi oss genom *observationer*, såväl direkta iakttagelser som experiment, och *teorier*. Alla skapar sig ständigt teorier så att de kan se strukturer och mönster, så att de får ordning på sina observationer och så att de kan foga in nya erfarenheter. En del teorier är privata och speciella. Men det är de gemensamma och generella teorierna som är de viktigaste. De går att diskutera med andra och de har en bärkraft, ett överlevnadsvärde och en förklaringsförmåga, som brukar vara större än de hemmasnickrade.

Tvärvetenskap i projektform skall inte förväxlas med vetenskap. En vetenskap utgörs av språk, metoder, utövare, inbyggd kvalitativ granskning. Ja, en vetenskap *är* sitt språk och sina metoder. Den tvärvetenskapliga projektkunskapen kan inte formuleras på de enskilda vetenskapernas språk. Skall den leda vidare, måste åtminstone några människor stanna kvar där i detta nyskapade »tvära«. Annars finns ingen tillgänglig att granska (vem skulle granska granskarna?), och ingen kan idka kunskapsvård, ställa nya frågor, hitta begrepp och strukturer, ja, ett språk, som det går att bygga vidare på så att man i bästa vetenskapliga anda kan stå på varandras axlar.

Det mesta av dagens vetenskap har haft föregångare som varit ovetenskapliga eller flervetenskapliga eller tvärvetenskapliga. Idag väller det fram nya kombinationer. Tiden fungerar inte längre som ett naturligt säll som skiljer det över-

levnadsvärda från dagsländorna. Istället är det så mycket som sker samtidigt. Det gör att vi inte ens kan hålla oss med bilden att fakta är eviga och teorier flyktiga. *Jag tror nästan det är tvärtom*. En teori, också en föråldrad sådan, kan man alltid återuppliva, men vilka »fakta« man kan observera beror helt på vilka tankemönster man har i huvudet.

### *Populärvetenskap – saga eller vetenskap?*

Som en av medlemmarna i panelen i »Fråga Lund« och andra snarlika sammanhang undrar jag ständigt över om populärvetenskapen och vetenskapen ens är släkt. Om jag bara berättar sagor? Jag vet ju att vad människor tar till sig inte främst handlar om vad jag säger utan om vad de *upplever* som åhörare och tittare. Vad de tror att jag säger. Självt söker jag ofta tröst i historien om den gamle norrländske mannen, som alltid hade en björkkvist i munnen. Om man frågade honom vad han hade den till, sa han: »Jo, jag har den för att hålla tankarna isär!«

Jag tycker det är så makalöst bra sagt att jag härmar det rakt av. Jag kan ibland till och med inbilla mig att jag ser min egen osynliga björkkvist i munnen; den som jag skapat mig en bild av just för att hålla tankarna i sär. Inte kan man beblanda fysik med tankar från andra områden. Fysik är ett strikt avgränsat område med sitt eget språk, sin egen struktur, sina egna begränsningar, sin egen klarhet. Då något fysikaliskt skall komma över mina läppar, kan och vill jag förstås inte hindra att det uttalas på skånska och exemplifieras med sådant som jag fäst mig vid. Därmed blir det i viss mening personligt; kunskap som bärs av en människa. Jag vet också att »min« fysikframställning, så som människor uppfattar den, hämtar sin färg av hur

människor ser på mig i övrigt. Jag accepterar alltså, fast med vanda, att man inte kan hålla isär fysikern och människan i övrigt i mig. Jag är ju en *individ*, en odelbaring. En människa som är forskare.

Men det ändrar inte ett dugg på att jag försöker och försöker och försöker – och tänker fortsätta att försöka – vara tydlig i vad som är fysik och vad som är annat. Och vad som är känslor, ett område på vilket fysiken inte har någonting överhuvudtaget att bidra med. Inte någonting. Detta är varken en fördel eller en brist; det är en av många effekter av fysikens natur.

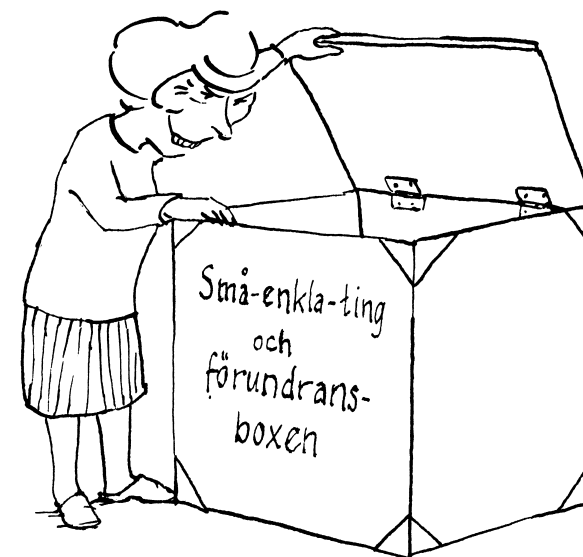
### Frågor och svar

De allra flesta frågor vi ställer till vardags är tvärvetenskapliga eller kanske inte vetenskapliga alls. Det är givetvis inget fel med det – så är ju verkligheten. Det går ofta att urskilja *delar* av en fråga som kan besvaras utifrån en viss vetenskap – och det är stort nog, för det gör ofta resten enklare. Det finns mycket att vinna på att från den politiska dagordningen ta bort sådant som man *inte* kan bestämma över (eftersom det är knutet till de obönhörliga naturlagarna) och samtidigt därmed tydligare få se just vad människan *kan* bestämma över.

### Kan ni som är så lärda glädja er över små enkla ting? Kan ni någon gång bli förundrade? Måste ni i så fall genast analysera orsaken till er förundran?

Jag känner mig verkligen inte »lärdd«. Snarare mer o-lärd för varje år som går. Och allt oftare hör jag mig svara: »Det vet jag inte. Har inte en aning om det.«

Frågor som denna gör mig lite generad men samtidigt manad till eftertanke. Det är klart att vi blir glada över små enkla ting, och att vi blir förundrade – jag skulle vilja hävda att vi kanske rentav blir både gladare och mer förundrade än de flesta. Särskilt inom det egna ämnesområdet. Där har vi våra verktyg, och det är ju så väldigt roligt att få använda dem. *Den glädjen tar aldrig slut.* ¶

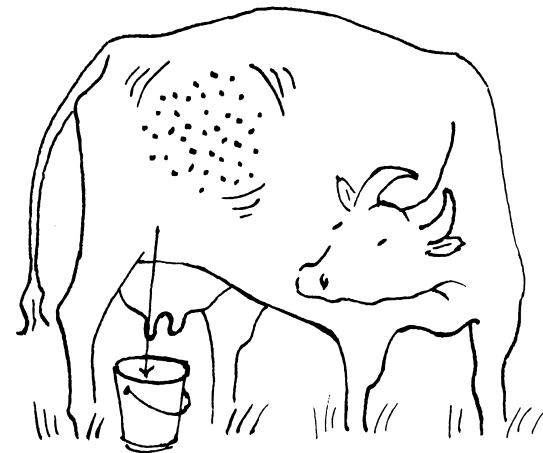


## Varför är mjölken vit när kossan är brun och gräset grönt? Och hur kan sedan smöret bli *gult*?!

Här tar jag bara fasta på relationen mellan smörets gulhet och mjölkens vithet. De andra påpekandena om den bruna kossan och det gröna gräset är nog inte menade att tas på allvar. Eller? Tänk bara på hur du själv kan sätta i dig mat av alla olika färger utan att därför själv få matens färg på de celler du bygger upp. Inte ens urinen ändrar ju färg beroende på vad vi äter och dricker – mer än i undantagsfall, rödbetor t. ex.

Men frågan om smörets gulhet och mjölkens vithet är spännande. Framför allt är det spännande att mjölken är *vit*. Kon har den enastående förmågan att kunna skapa en *jämn* blandning, en emulsion, av sitt animaliska fett och vatten. Det är det som gör mjölken vit. Människan klarar inte att göra detta maskinellt, långt mindre för hand. Vi kan inte åstadkomma en jämn blandning av smör och vatten. Men att blanda t. ex. gulgrön olivolja med vatten, det kan man göra. Och det blir inte utspätt gulgrönt utan något ganska så färglöst. Sätter man igång och vispar blandningen, blir den vit, men det beror på luften som kommer in när man vispar och de lufthåligheter som skapas då. När ljuset bryts och reflekteras i dessa luftbubblor, påverkas ljus av alla olika våglängder lika mycket, dvs. tillsammans ger de en vit reflex.

Men nu har jag kommit långt ifrån ursprungsfrågan om den vita mjölken, så nu slutar jag med att säga att jag inte tycker det är ett dugg konstigt att smör är gult. Att mjölken är *vit* är däremot något att bli förundrad över. ¶

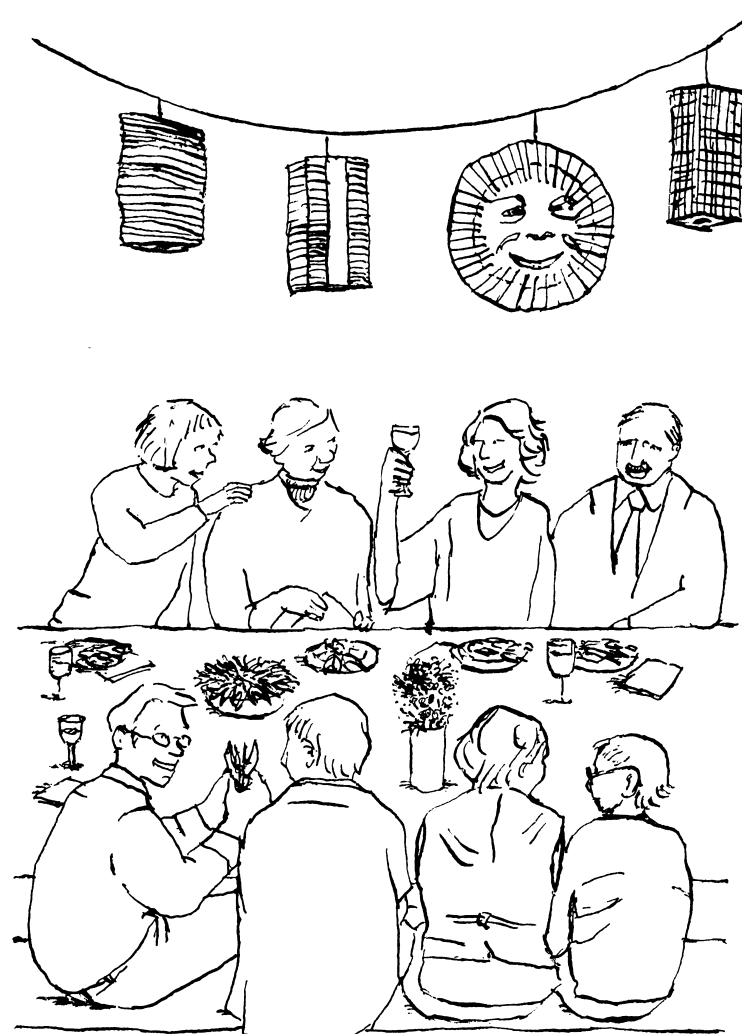




I augusti tycker jag att det plötsligt börjar bli så mörkt på kvällarna. Är det sant att det sker plötsligt – eller är det bara så att det gradvis blivit mörkare sedan midsommar men att det plötsligt märks vid kräftorna i augusti?

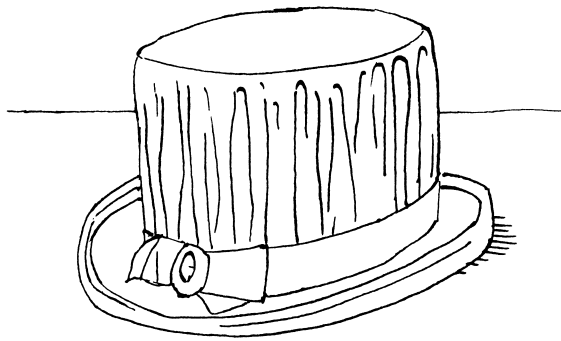
Här vill jag *inte* föreslå att du skall rita upp jorden i dess bana kring solen och med iakttagande av jordaxelns lutning försöka räkna dig fram till hur dagsljuset varierar i längd under året. Det är alldeles för svårt. Det finns ett mycket enklare sätt: gå till almanackan och läs av solens upp- och nergång. Och så rita en kurva över detta från januari till december.

Du kommer då att se att ungefär en månad före och en månad efter midsommar är dagen ungefär lika lång hela tiden. Visst har den avtagit från midsommardagen till sista veckan i juli men inte så mycket. Men därefter minskar dagens längd mer och mer för varje dag som går och allra mest minskar den kring höstdagjämningen. Sedan fortsätter minskningen men i allt långsammare takt och redan mot slutet av november har vi nästan nått den definitiva botten. En månad före och en månad efter vintersolståndet är dagen ungefär lika kort hela tiden. Först fram emot slutet på januari börjar det åter ljusna märkbart, dag för dag. Allra snabbast ökar dagslängden vid vårdagjämningen, sedan planar det ut och så är det midsommar igen. ¶



**Forskning är viktig för all utveckling, det vet vi. Men ibland läser man om avhandlingar som verkar väldigt smala och utan egentlig mening. Hjälper de verkligen vårt framåtskridande eller är deras främsta syfte att leda fram till en doktorshatt?**

Det är inte alltid som de stora, människonära och vardagsnära frågorna kan eller bör göras forskningsbara. Det är inte heller alltid som vare sig forskarvärlden eller allmänheten reagerar särskilt positivt när en forskare faktiskt griper sig verket an med en vardagsnära fråga. Så var det t.ex. för den kvinna som lade fram en avhandling om att städa badrum. Det var minst 20 år sedan, och jag hoppas att bemötandet hade blivit bättre idag. Metodiskt var det en god avhandling, men det var som om doktoranden hade utfört en förbjuden handling genom att forska om badrumsstädning. Det kom ramaskrin inte bara från forskarsamhället utan också från allmänheten. »Fru Svensson« skrev i Aftonbladet att forskningen skall väl inte hålla på



med sådant som jag, fattig skurgumma, gör varje dag – och det var en uppriktigt indignation. Andra, jag t. ex., tog faktisk kontakt med forskaren eftersom jag menade att det skulle vara en bragd om det kom fram forskningsresultat som kunde påverka utformningen av badrum så att vi alla lade några minuter mindre i veckan på att städa dem.

Vanligare än avhandlingar som handlar om sådant som direkt kan tillämpas, är avhandlingar som i stora delar bara kan läsas av andra forskare. Inom alla områden finns det avhandlingar som inte visar på särskilt stor självständighet hos doktoranden och kanske inte heller någon unik förmåga. Det är då viktigt att komma ihåg att en forskarutbildning är just en *utbildning*, och att avhandlingen inte brukar vara en slutstation utan för många utgör en början.

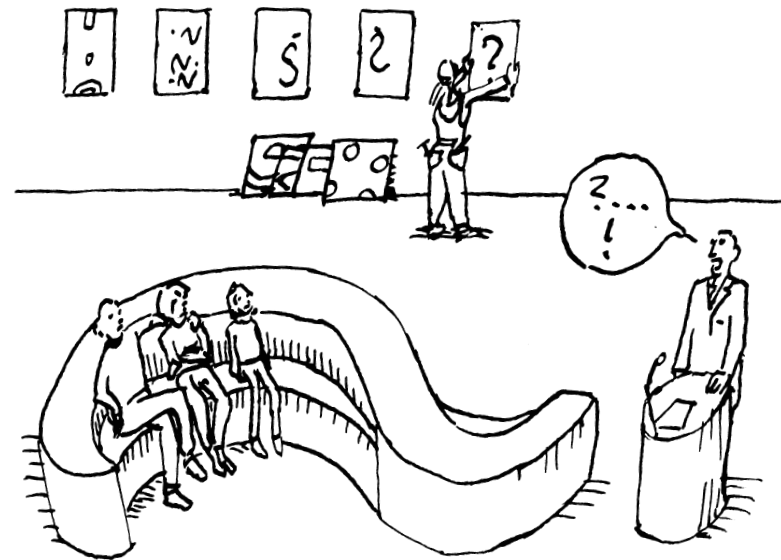
Det viktigaste med avhandlingar och disputationer är – tycker jag – själva öppenheten i förfarandet. En människa arbetar fem år, kanske mer, med sitt forskningsområde och lägger sedan fram sin avhandling. En annan äldre forskare, kvalificerad på området, får i uppdrag att vara opponent och att granska det gjorda arbetet. Samtalet dem emellan tas offentligt i närvaro också av den betygsnämnd som sedan skall avgöra om avhandlingen är godkänd eller underkänd. Bättre än så tror jag inte att vi människor kan arbeta för att medverka till att:

- systematisera och ackumulera kunskap
- artikulera nya frågor
- hantera metoder och data på ett genomskådligt sätt
- generalisera utifrån vunna erfarenheter
- ständigt ifrågasätta huruvida det inte finns också andra perspektiv som gör att resultaten kan te sig annorlunda. ¶

**I högtidstal hör man ofta kombinationen vetenskap och konst. Har de egentligen något med varandra att göra?**

Ja. En av beröringspunkterna är att båda lyfter fram nya *frågor*. Samtidigt finns det en grundläggande skillnad i vad vetenskap och konst använder frågorna till. Medan vetenskapen genast ger sig i kast med att försöka formulera om frågorna vetenskapligt och hitta *svaren* på dem och sedan hålla upp svaren framför omvärlden, tar konsten på sig rollen att försöka hitta frågor, accentuera dem och att sedan hänga upp själva *frågorna* framför människorna. Så att människorna själva får svara – eller leva vidare med frågorna.

Man skulle kunna förenkla detta till att säga att konsten visar upp frågetecknen medan vetenskapen visar upp utropstecknen. Det kan ibland bli mycket fruktbara möten mellan forskare och konstnärer. Ibland, när det gnistrar till riktigt, händer det att en konstnär får fatt på just ett svar, ett utropstecken, som han i sin tur gör om till en fråga, ett frågetecken. ¶



## KAPITEL 7.

# Samband och sammanhang

Naturvetenskaplig kunskap handlar om *sammanhang* och *samband mellan sammanhang*. Man försöker hitta vad som är gemensamt i ett antal enskilda fall och man försöker också förstå *varför* somliga företeelser har så mycket gemensamt. Man växlar hela tiden mellan att ur exempel försöka härleda teorier (*induktion*) och att ur teorier försöka förutsäga vad som händer i det enskilda fallet (*deduktion*). Låt mig ta några klassiska citat som illustration:

*Induktion* beskrevs av Aristoteles som att det *går* att bli varse det allmänna i det enskilda. Ofta handlar det om att ur *flera* enskilda exempel härleda eller åtminstone göra troligt något mer allmänt. Newton skrev: »Att säga att varje föremål har en inneboende egenskap genom vilken det ger påtagliga effekter på omgivningen – det är att säga ingenting. Men att härleda två eller tre allmänna principer för rörelse utifrån några observerade händelser och att därefter beskriva hur alla andra kroppar också lyder dessa principer – det skulle vara ett mycket stort steg.«

*Deduktion* handlar om det motsatta: att ur en teori kunna förutsäga vad som händer i det enskilda fallet. Boltzmann: »Ingenting är så praktiskt som en god teori.«

I själva verket utgörs det naturvetenskapliga tänkandet av ett subtilt *samspel* mellan just det induktiva (att ur ett antal enskilda exempel nå fram till något som gäller

generellt) och det deduktiva (att kunna utnyttja övergripande begreppsdefinierade samband för att kunna synliggöra eller förutse det som gäller i det enskilda fallet). Det är genom arbete *både* induktivt *och* deduktivt *och* med experimentell inriktning som naturvetenskapen formas. En av dem som tydligast uttryckt detta är Einstein när han sa att »All kunskap om verkligheten *utgår* från erfarenheten och *utmynnar* i den«.

### *Styrka och svaghet*

Andelen »slå-upp-kunskap«, dvs. encyklopedisk kunskap, i fysiken är låg. Detta är både en tillgång och ett dilemma. Man når ytterligt begränsade fysikkunskaper genom att bara slå upp och plugga in – det må sedan handla om att lära sig det enskilda på exempelnivå eller om att lära sig det enskilda på övergripande formelnivå. Inte heller kommer man särskilt långt inom fysiken genom att som i språkstudier lära sig en mängd glosor. Det är istället sammanhang, induktion och deduktion, som skall till.

Det naturvetenskapliga språket är sparsmakat och håller sig till ett fåtal begrepp som i sin namngivna form utgör ett fåtal »ord«. Det är dem man behöver få fatt på och sedan använda som skelett. Dessa begrepp, och de lagar som knyter samman dem, har en stringens och en skärpa som gör att de var för sig kräver mycket tankemöda innan man kan få in dem i sitt tänkande. Tröskeln som man skall över för att alls kunna få fatt på detta något som kallas för fysik kan därför vara hög.

Fast samtidigt skall man inte konstra till det alltför mycket. Det gäller att hitta någon liten ände och utifrån den börja gissa sig till helheter. Därvidlag skiljer sig inte fysiken

från något annat område. Inte heller i att det sedan kan komma till nya exempel och ständigt modifierade helheter, och att en oändlig lärspiral kan uppkomma. Det särskiljande är »bara« detta att naturvetenskapen har sin bas i ständig upprepning av induktion, deduktion och experiment. Ju tidigare man kommer underfund med den basen, desto bättre är det.

### *Coda*

Nu blev det visst precis så där torrt som naturvetenskap ofta är, och det dessutom i självaste avslutningen. Förlåt! Men kanske finns det åtminstone någon läsare som liksom jag själv tycker att det som står på de båda närmast föregående sidorna är det kanske viktigaste i hela boken. »Allt« står egentligen där.

Fast så är det bara om man har exempel med sig som bakgrund till det abstrakta. Då blir det abstrakta levande inte bara på sin egen nivå utan också i övergångarna (induktion och deduktion) mellan det konkreta och det abstrakta. För att ytterligare bidra till det kommer det fler exempel i de appendix som följer.

Men dessförinnan vill jag citera T.S. Eliot:

*Mellan idé och verklighet  
mellan rörelse och handling,  
faller skuggan.*

En sådan skugga kan i sämsta fall utgöra en åtskiljande barriär mellan idé och verklighet, alltså mellan det abstrakta och det konkreta. Men den kan också skapa ett rum där man i lugn och ro kan binda samman: spana åt ena sidan (idén), åt den andra (verkligheten) och så tillbaka igen. På jakt efter ständigt nya sammanhang. ¶

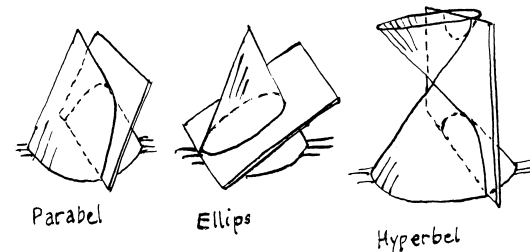
## Appendix 1.

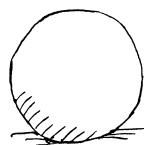
### Mer om några samspel mellan matematik och fysik

Fysik och matematik har periodvis varit starkt inflettade i varandra. Ibland har de utvecklats samtidigt. Ibland har matematiken bara funnits där, till gagn för fysiken.

Ett nog så intressant exempel är hur kunskapen om parabler, ellipser och hyperbler utvecklades. Det skedde först genom de gamla grekernas förtjusning i kägelsnitt. Deras kunskaper var kanske inte så praktiskt värdefulla för deras samtid, mer än just för kägelsnittens egen skull. Men när Galilei och Kepler tvåtusen år senare skulle tolka kastbanor och planetbanor, kom formalismen väl till pass. Parabelformen visade sig ge en utmärkt matematisk beskrivning av bl. a. kastbanor. Ellipsformen gav en utmärkt matematisk beskrivning av bl. a. planetbanor.

Om man funderar närmare över detta, kan man bli något förbryllad. Snitt genom några käglor ger upphov till några geometriska former, som sedan visar sig passa bra för beskrivning av rörelser i kosmos ?!





Sfär

En annan matematisk grundbeskrivning som man har mycket nytta av i fysiken är klotet, sfären. Det är en av de allra vanligaste geometriska formerna i naturen. Det sfäriska finns med inte bara i synliga former utan också i konstruktions- och tankevärlden. Så är t.ex. sfärer utmärkta som *hjälpstor* om man vill räkna på flödet av det som utgår från en punkt och som sprids lika mycket i alla tänkbara riktningar. Läger man en tänkt sfär med radien 1 dm kring en sådan strålkälla, måste den förstås passeras av lika mycket som det som hade gått igenom en tänkt sfär med radien 2 dm. Men eftersom den andra sfären inte har dubbel så stor yta som den första utan *fyra* gånger så stor, blir intensiteten i genomströmningen på den större sfären bara en fjärdedel så stor? Vi som vant oss vid den matematiska formalismen skriver då glatt att ifrågakraften, fält etc. är proportionella mot  $1/(\text{radien})^2$ , och vi skaffar oss en vana från det ena fysikområdet till det andra att hantera samband som innehåller  $1/(\text{avstånd})^2$ . ¶

## Appendix 2.

### Exempel på betydelsen av en tankevända

År 1619 skedde ett tankegenombrott av gigantiska dimensioner. Fram till dess hade människor i ungefär 1500 år trott på Claudius Galenos och hans utsaga att blodet bildades av den föda man åt och den dryck man drack. Denna tro förblev intakt trots att det borde varit möjligt för alla och envar att inse det omöjliga i föreställningen. Människan kan omöjligen äta och dricka många gånger sin kroppsvikt varje dygn, och det var vad hon hade behövt göra för att genom mat och dryck skapa sitt blodflöde. Men man var ändå så fast i sin föreställningsvärld, att det behövdes en William Harvey för att åstadkomma synvändan att det *måste* vara frågan om ett kretslopp för att människans blodflöde skulle vara möjligt. Tankegenombrottet skapade stora förändringar, inte av människans kropp i sig utan av hennes sätt att uppfatta sin kropp. *En ändring i tanke-mönstret förändrar verklighetsuppfattningen.*

Minst lika stora tankeförändringar (och många sådana!) som den Harvey introducerade skulle vi behöva nu. Vi behöver nya *tecken att tänka med*. Eller rentav nya *mönster att tänka med*, mönster baserade på att vi lever i ett slutet rum, vi människor på jorden. I många miljösammanhang skulle vi behöva lika starka kretslopps bilder över själva cirkulationen som den som Harvey kom fram till gäller för blodets omlopp. ¶

### Appendix 3. Jordens historia på ett år

Jorden är 4,6 miljarder år gammal. Byt skala till lite hanterligare proportioner och tänk dig jordens historia komprimerad till ett år och börja den 1 januari. Först i mars (efter 1 miljard år alltså) kommer de enklast tänkbara formerna av liv. Men inte förrän i maj utvecklas sådana organismer (cyanobakterier), som klarar att använda vatten som vätekälla. De bakterier, som fanns tidigare, var hänvisade till miljöer där det fanns svavelväte eller organiska vätskor. Nu blir det plötsligt möjligt för liv att förekomma tämligen oberoende av omgivningen. Det börjar myllra.

Cyanobakterierna var i någon mening felkonstruerade – under sin fotosyntes avgav de nämligen syre, vilket de själva inte tålde. Men cyanobakterierna kunde klara sig ändå genom de ofantliga mängder av järnjoner, som fanns i vattnet. Dessa slog sig samman med syret till järnoxid, som föll till havets botten, och cyanobakterierna kunde leva vidare i ett syrefattigt hav. Detta pågick i 1 miljard år, vilket motsvarar två–tre månader i vår komprimerade historia.

En miljard år under tämligen oförändrade villkor – det kallar jag ekologisk jämvikt! Men sedan kom katastrofen. Cyanobakterierna fick bittert känna av naturresursernas begränsning – de klarade själva fotosyntesen men inte avfallet. Efter 1 miljard år var järnjonerna slut! Och när inte något fanns kvar som kunde binda syret, blev cyanobakterierna till *en miljöfara för sig själva*.

Att syre är ett kraftigt gift beror på att det inaktiverar enzymer. Nutida liv, t. ex. människan, har ett väl utrustat skydd just mot syrets enzympåverkan. De anaeroba bakte-

rier som fortfarande lever och frodas dödas snabbt när de kommer i kontakt med luft.

I själva verket ändrades förstås hela syrebalansen på jorden genom järnjonernas ändlighet i havet. Det som var en katastrof för cyanobakterierna medverkade till att syrehalten i atmosfären växte till sig. Ett avgörande steg var taget mot de flercelliga organismernas landkrabbeliv. Efterhand blev människoliv möjligt. Den enes död blev verkligen den andres bröd. ¶





## Appendix 4.

### Exempel på stora genombrott inom fysiken

År 1666 var *annus mirabilis*, mirakelåret, för den klassiska fysiken. Då återvände den 24-årige Isaac Newton till Cambridge som varit stängt under två år medan digerdöden härjat. Under de två år som Isaac Newton tillbringat i sitt föräldrahem hade han skapat stora delar av den mekanik, gravitationsteori, optik, differential- och integralkalkyl, som delvis är giltig än idag. Någon omedelbar genomslagskraft i vetenskapsvärlden fick inte hans resultat. Man hade precis vant sig vid att förklara alla fenomen utifrån Descartes' virvlar. Och Newton själv hjälpte inte heller till att åstadkomma ett snabbt paradigmskifte. Hans *Naturvetenskapens matematiska principer*, den s. k. *Principia*, gavs inte ut förrän 1686, dvs. 20 år efter det att idéerna hade börjat växa. *Opticks* kom ännu senare, 1704.

Långt in på 1700-talet verkade många vetenskapsmän som om Newtons naturlagar inte existerade. Ett skäl till att Newtons tankar hade svårt att slå igenom, kan vara att de var alldeles för bra:

»Om man beträffande *Newtons* upptäckt av ljusets sammansättning skulle kunna säga att, om han ej gjort denna upptäckt omkring år 1669, skulle antagligen någon annan hava gjort den ett eller annat 10-tal år senare. Och om han vid samma tid, eller ännu tidigare, icke hade upptäckt differentialkalkylen, skulle säkerligen *Leibniz'* upptäckt ändå hava kommit, måhända endast några år fördröjd. Men då det gäller *Principia* – attraktionslagens *monumentum aere perennius* – så kan man påstå, med en sannolikhet, som gränsar till visshet, att ingen annan människa någonsin

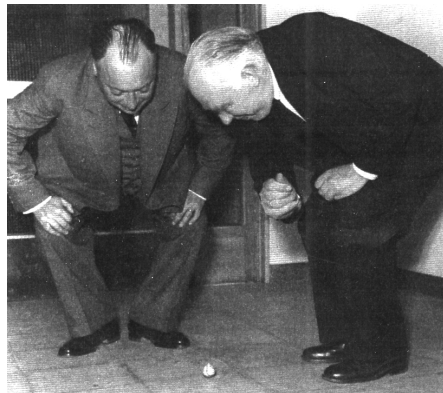
skulle kunna hava författat ett dylikt verk, om *Newtons* arbete hade uteblivit. Med all säkerhet skulle själva gravitationslagen hava blivit funnen och formulerad även utan *Newton*, och en eller annan skulle i sinom tid hava uppträtt och härur härlett *Keplers* lagar och planeternas rörelse, en *annan* skulle hava funnit att även kometernas banor härur kunna härledas, en *tredje* skulle hava visat att planeternas massor på detta sätt kunna bestämmas, en *fjärde* att jordklotets avplattning härav är en nödvändig följd, en *femte* att vårdagjämningens precession är en konsekvens ur gravitationslagen, en *sjätte* hade förklarat ebb- och flodfenomenen, en *sjunde* kunde måhända visa hur man ur ett fåtal observationer på jordens yta är i stånd att beräkna en komets eller planets bana kring solen, en *åttonde*, säkerligen icke utan hjälp av ett dussintal andra astronomer, skulle med mycken möda hava härlett och förklarat månens rörelse kring vår jord. Tid efter annan skulle måhända någon stor man hava uppträtt, som kunnat förklara två eller tre av dessa fenomen på en gång.

Men att *i ett slag* härleda alla dessa företeelser ur en enda enkel lag, att förklara såsom genom ett trolleri alla svåra gåtor som mänsklighetens visaste män förgäves grubblat på i nära två tusen år och samtidigt ge en begriplig uppfattning av hela universum – det är ej förbehållet en vanlig dödlig.« Så skrev astronomiprofessorn Carl Charlier i förordet till sin översättning av *Newtons Principia* till svenska 1927.

År 1905, nästa *annus mirabilis*, var det första stora året för det vi fortfarande kallar »den moderna fysiken«. Albert Einstein publicerade det året fyra olika artiklar i *Annalen der Physik*. Var och en av dessa innebar paradigmskiften.

Två av dem handlade om den speciella relativitetsteorin. De innebar bl. a. att ljushastigheten i vakuum alltid är  $3,0 \times 10^8$  m/s oberoende av mottagarens eller sändarens hastighet, och att det inte behövdes någon eter för att bära fram ljuset. Detta var svårt att acceptera för Albert Michelson som i åtskilliga år försökt mäta eterns hastighet – etern var detta tänkta något som man antog behövdes för att bära fram ljuset så som ljudet bärs av luften. Michelson klarade inte att ta till sig att etern enligt Einstein är obefintlig och att ljushastigheten alltid är konstant, oberoende av sändare och mottagare. Han fortsatte att mäta och mäta.

Det gick dock fortare för Einsteins idéer att bli allmänt accepterade än vad det gjorde för Newtons, och tendensen är att paradigmskiften sker snabbare och snabbare. Paradigmskiftet från »newtonfysiken« till »einsteinfysiken« till vår samtids fysik har ingalunda utplånat Newtons teorier. De allra flesta fenomenen kan fortfarande beskrivas och förklaras på klassiskt sätt. Den klassiska fysiken är ständigt utmanande – även för de stora bland de moderna fysikerna. ¶



*Wolfgang Pauli och Niels Bohr, två av den moderna fysikens förgrundsgestalter, studerar tipp topp-snurran. Fotot är taget vid invigningen av nya lokaler för fysikinstitutionen i Lund 1951.*