

# Innehåll

	Författarens tack .....	6
	Illustrationer .....	7
1	Att tänka på hjärnan (med hjärnan) .....	9
2	Från kroppsvätskor till nervceller – om psykets beståndsdelar .....	20
3	Signaler i hjärnan – det handlar om uppkoppling .....	36
4	Från Big Bang till storhjärnan .....	51
5	Förnimmelse, varseblivning och rörelse .....	75
6	Det stoff som minnen vävas av .....	97
7	Den utvidgade hjärnan och den skadade – om nya uppfinningar och ingrepp .....	116
	Efterord .....	139
	Lästips för den intresserade .....	141
	Register .....	146

## Författarens tack

*Ett tack till Annalie Clark som har gett mig klartänkta råd, i synnerhet om hur jag skulle förtydliga det svårbegripliga. Ett tack även till den utomordentligt kunniga Dr Liz Somerville som har lärt mig mycket om fossila kranier, föregångare till människokraniet. Samt till Jenny som har stöttat och uppmuntrat mig.*

# Illustrationer

- 1. Ett människohuvud i genomskärning. Anatomisk skiss av Leonardo da Vinci, ca 1490 ..... 24**  
© Alinari Archives/Corbis
- 2. Neuron av olika slag ..... 27**  
Teckningar av Brigette Zwickel-Noelle, ur H. Reichert, Introduction to Neurobiology, 1992, s. 13  
© Thieme New York. Återgivet med tillstånd av förlaget.
- 3. Hur neuronerna kommunicerar ..... 38**  
Ur Z. W. Hall, An Introduction to Molecular Neurobiology, 1992  
© 1992 Sinauer Associates Inc
- 4. Aktionspotential och jonkanaler ..... 42**  
Ur G. G. Matthews, Neurobiology, 1997 © Blackwell Science Inc
- 5. Undvikande beteende hos ett toffeldjur ..... 54**  
Ur R. Eckert, Animal Psychology, 1978  
© 1978 W. H. Freeman & Company.  
Återgivet med tillstånd från förlaget.
- 6. Nässeldjur, sjöstjärna, mask och insekt ..... 57**  
Ur G. G. Matthews, Neurobiology, 1997 © Blackwell Science Inc
- 7. Hjärnans tre delar i den tidiga utvecklingsfasen ..... 59**  
Ur G. G. Matthews, Neurobiology, 1997 © Blackwell Science Inc
- 8. Framhjärnans utveckling ..... 62**  
Ur G. G. Matthews, Neurobiology, 1997 © Blackwell Science Inc
- 9. Cefalisering ..... 64**  
Ur G. G. Matthews, Neurobiology, 1997 © Blackwell Science Inc

10. **Homunculus** ..... 70  
© Natural History Museum, London
11. **Ett sinnesintryck ger två varse-  
blivningar** ..... 76  
© Blackwell Science Inc
12. **Ögat och näthinnan** ..... 80  
Ur F. Delcomyn, Foundations of  
Neurobiology, 1997 © 1998 W. H.  
Freeman & Company. Återgivet med  
tillstånd från förlaget.
13. **Synbanan: från ögat till hjärn-  
barken** ..... 83  
Ur Neuroscience: The Science of the  
Brain, 3:e uppl. © Professor Richard  
Morris/British Neuroscience Association
14. **Mikrokolumner i primära syn-  
barken** ..... 85  
Purvis m.fl., Neuroscience, 3:e uppl. ©  
2004 Sinauer Associates Inc
15. **Lokalisering av ljudet med hjälp  
av koincidensdetektion** ..... 91  
Ur G. G. Matthews, Neurobiology,  
1997 © 2004 Sinauer Associates Inc
16. **Taxichauffören** ..... 104  
Återgivet med tillstånd från Punch Ltd.
17. **Konstgjord evolution av en  
robothjärna** ..... 120
18. **Kokleaimplantat** ..... 124  
Purvis m.fl., Neuroscience, 3:e uppl. ©  
2004 Sinauer Associates Inc
19. **Apan kan tränas att styra en  
robotarm med tankekraft** .. 128  
Duke University Medical Center

## Att tänka på hjärnan (med hjärnan)

Tänk på hjärnan ett slag. Det är en ytterst säregen apparat, ett organ som inte väger mer än drygt 1,2 kg men innehåller ett hundra miljarder nervceller, varav ingen enda har en aning om vem eller vad du är som person. Ja, själva tanken att en cell skulle kunna tänka verkar smått komisk. Cellen i sig är alltför enkelt inrättad. Ändå bygger vårt medvetande om oss själva på just detta, att nervcellerna kommunicerar med varandra via 100 000 miljarder sammankopplingar. Om man tänker efter är det ett djupt besynnerligt faktum, kanske det mest besynnerliga här i världen. Därför kan man med visst fog påstå att en sådan apparat måste ha smått mirakulösa egenskaper. Nå, världen må vara ett mysterium, men inom forskning och vetenskap räknar man inte med underverk. Att uttömmande förklara hur hjärnan fungerar som ren materia betraktad – det är faktiskt årtusendets största utmaning.

Att fundera över hjärnan är på sitt sätt ett problem, eftersom man inte kan tänka på den annat än med just sin egen hjärna. När man nu fullt förståeligt kommer fram till att hjärnan är den mest sinnrika och invecklade apparat som finns i universum, så vitt vi vet, inser man att man hamnat i en labyrinth utan slut. Paradoxen är ju att det där är hjärnans uppfattning om sig själv och troligen inte mer än så. Den självupptagna hjärnan hänvisar till sig själv. Ett cirkelbevis. Den enda säkra slutsats vi kan dra av vårt tankeexperiment är nog att hjärnan är en självupptagen typ, inbilsk och egenkär!

Nå, även om hjärnan är egenkär, måste man tillstå att den förser oss med vissa exklusiva förmågor. Den ligger bakom varje handling, förnimmelse och tanke

hos mig. Med den kan jag låta det förgångna leva upp, jag kan ta ställning på ett omdömesgillt sätt i nuet och planera förnuftigt för framtiden. Med hjärnans hjälp kan jag utan ansträngning forma inre bilder, uppfatta ljudvågor som musik, drömma, dansa, bli kär, skratta och gråta. Men det märkligaste av allt är ändå att hjärnan skapar ett medvetande om mig själv. Jag tycker att jag har min fria vilja, att jag kan välja vad jag vill göra.

Vi har ingen aning om hur medvetandet kan uppstå i en fysisk apparat, och att försöka förstå hur hjärnan bär sig åt är nog den mest besvärliga vetenskapliga uppgift man kan tänka sig. Därmed inte sagt att problemet är olösligt, det är bara det att hjärnan inte är outslitlig, och den har inte obegränsad fattningsförmåga. Men var ligger gränsen för hjärnans intellektuella kapacitet? Och när man har nått den gränsen, kan man i så fall ändå ställa nya frågor om hjärnan? De får ju aldrig något svar? Våra forskare har klart för sig att uppgiften är ganska knäckande. Men inom neurovetenskapen upptäcks nya detaljer i allt raskare takt, vilket visar att den teoretiska gränsen för vad vi kan ta reda på är långt ifrån uppnådd än – om den över huvud taget existerar. Därför bör vi inte misströsta. Människans intelligens har visserligen sina begränsningar, men vi kan med gott mod sträva efter att nå fullständig kunskap om hjärnans fysik, liksom om dess mest gåtfulla egenskap, nämligen medvetandet och vår upplevelse av att kunna vilja och välja fritt.

Fast vi nätt och jämnt inlett vårt resonemang i denna tunna lilla bok har vi redan talat om ”hjärnan” på ett sätt som är begreppsligt förvirrande. Hjärnan är ingalunda någon sorts överlägsen, självständig härskare som regerar i förnäm avskildhet där uppe i skallbenet. Snarare ingår den i ett vidsträckt system som tränger in och påverkar varje vinkel och vrå i kroppen – liksom den påverkas tillbaka. Genom ryggmärgen sträcker sig hjärnan längs hela ryggraden

och sänder ut nervutskott med jämna mellanrum som skickar information till och från varenda kroppsdel. Ingenting ligger utom räckhåll, faktiskt. Varje andetag, vartenda hjärtslag, varje känsla, varje rörelse – inklusive de ofrivilliga eller omedvetna, som att nackhåret reser sig eller maten smälts i magen – alltsammans styrs direkt eller indirekt av nervsystemet, där hjärnan är den slutgiltiga delen.

Ur den synvinkeln är hjärnan inte i första hand en ordergivningscentral. Den blir ständigt själv bombarderad av en skur av meddelanden som väller in både från kroppen och från yttervärlden. Särskilda nervceller som kallas sensoriska neuron eller känselneuron matar via sensoriska nervbanor in denna information till nervsystemet och ger hjärnan information i realtid från yttervärlden liksom om tillståndet i kroppen. Men informationen till och från hjärnan sköts inte enbart av nervceller. Omkring 20 procent av hjärnvolyten består av blodkärl, som förser den energikrävande hjärnan med syre och glukos. Blodet utgör ytterligare en kontaktkanal mellan hjärnan och kroppen och vice versa. Endokrina körtlar i hela kroppen frisätter hormoner i blodet som talar om för hjärnan hur det står till med de olika kroppsfunctionerna. Hjärnan ger också tillbaka instruktioner genom att själv frisätta hormoner till blodbanan som går ut i hela kroppen. När man säger att ”hjärnan” gör si eller så, är alltså ”hjärna” ett kort ord för alla otaliga samverkansprocesser i hela det mångfasetterade och dynamiska system som hjärnan, kroppen och yttervärlden tillsammans utgör.

Människans hjärna är en högt utvecklad och fantastiskt intrikat ”maskin”, som ofta jämförs med den hittills mest komplexa apparat som människan konstruerat, nämligen datorn. Men hjärnor och datorer är i grunden olika. Hjärnan är en evolverad biologisk enhet, uppbyggd av små organiska molekyler, proteiner,

lipider och kolhydrater, ett antal spårelement och en god portion saltvatten. Våra datorer innehåller elektronik och byggs av kisel, metaller och plast. Spelar det någon roll vad en apparat är gjord av? Inte för datorer – där är alla funktioner så kallat medieoberoende, det vill säga att varje operation går rent teoretiskt att utföra i vilket lämpligt medium som helst. Man skulle utan vidare kunna byta ut elektroniken i en dator mot kugghjul och hävstänger eller för den delen hydrauliska eller optiska instrument, utan att själva beräkningsförmågan skulle påverkas (fast det skulle förstås bli trögt och opraktiskt). Att hjärnan bara skulle leverera datorialgoritmer eller att man skulle kunna tänka med kugghjul och hävstänger i stället för nervceller är däremot mindre troligt. Vi ska nog inte förledas att tro att datorer kan fungera som hjärnor, såvida man inte lyckas konstruera dem med biologiskt material (se kapitel 7).

## Från tecken till innebörd

För att få grepp om vilka frågor det gäller och vilka svar vi kan förvänta oss i följande kapitel tänker jag kort förklara hur hjärnan fungerar i en så välkänd, vardaglig situation som den min läsare just håller på med. Vad gör ens hjärna medan den läser? Vad för slags beteende är läsningen? Vad behöver hjärnan utträta för att klara av det?

Uppenbarligen måste hjärnan först lära sig hur man gör. Lika självklart är det att läsandet är ett medel för inläring och sätter igång vår fantasi, vår förmåga att skapa inre bilder. Det fordrar koncentration och uppmärksamhet. När du nu läser mina ord måste hjärnan först sila bort allt som distraherar i omgivningen, det ständigt pågående brus av intryck omkring dig. Men det behöver du inte bekymra dig om, eftersom hjärnan hela tiden ”håller ett öga



på” yttervärlden utan att du är medveten om det. När som helst kan den styra över din uppmärksamhet från baksidan till något viktigare. Du kan också bli distraherad av något *inuti* hjärnan, olika tankar som ständigt dyker upp och tävlar om förstaplatsen i ditt medvetande.

Om man ser till det rent motoriska, så läser du för att hjärnan får en följd av ögonrörelser att samverka. Medan du läser orden här på sidan befaller hjärnan ögonen att hela tiden röra sig mycket snabbt (ca 5 ggr/sek) från vänster till höger (alternativt höger–vänster, eller upp–ned, för andra språk). Du är inte medveten om dessa så kallade sackader, snabba, språngvisa rörelser som avbryts av korta fixeringar, då ögat står stilla i cirka en femtedels sekund. Titta på någon som läser, så begriper du precis. Ögat sveper inte jämnt över sidan utan hoppar från en fixering till nästa. Det är bara under fixeringen som hjärnan riktigt kan ta in texten. Man kan inte läsa under sackaderna; ögat rör sig alldeles för snabbt. Men att det är suddigt och otydligt under rycken märker man lyckligtvis inte, eftersom hjärnan fungerar så att synintrycken motas bort för att undvika överbelastning.

Läsa kan man alltså bara göra *mellan* sackaderna, därför att ögat är stilla, men dessutom därför att blicken då är centrerad över centralgropen (*fovea*), en fördjupning i gula fläcken på näthinnan. Fovea är platsen för ögats detaljseende (se kapitel 5) men den kan bara ta in en ytterst liten del av den synliga omvärlden. Som – bokstavig! – tumregel gäller att centralgropen omfattar den del av synfältet som motsvarar en tumnagels storlek på en armlängds avstånd. Där urskiljer man tydligt bokstäver av normalstorlek, men bara 7–8 stycken åt gången. Det gäller för hjärnan att beordra ögonmusklerna att röra sig precis så mycket som behövs för att detaljseendet ska hamna just i den bit av texten som man behöver se tydligast *precis efter det att sackaden har upphört*. När ögat

närmar sig slutet av en rad skapar hjärnan en automatisk retur till vänster, lagom stor och på samma gång lätt nedåtriktad, så att första ordet på nästa rad hamnar i centralgropens fokus.

Nu har vi enbart tagit upp hur hjärnan styr ögonrörelserna, som om inget annat påverkade åt vilket håll man riktar blicken. Men naturligtvis påverkas det inbördes läget mellan öga och boksida av hur man rör huvudet, kroppen eller boken. Hjärnan måste alltså hela tiden förutse och reglera alla uppdykande faktorer som påverkar ögats position i förhållande till texten. Det faktum att man lätt och ledigt kan läsa på tåget samtidigt som man äter sin kexchoklad och dricker ur sin kaffemugg är bevis nog på att hjärnan smidigt löser sin uppgift. Vad mer är, det görs automatiskt. Allt sker omedvetet. Skulle man behöva tänka medvetet på allt det rent mekaniska eller motoriska, då skulle man fortfarande vara analfabet!

Att man inte medvetet varseblir hjärnans alla aktiviteter står klart om man tänker på den personliga förståelsen av en tryckt eller skriven text. Medan man läser är man inte medveten om att ens textintag är alldeles uppstyckat och splittrat, dels genom ögats hackiga framfart, dels genom att man bara avkodar 7–8 bokstäver åt gången då ögat är stilla. Tvärtom, man har en stark förnimmelse av att man förstår innehållet i ett enda obrutet flöde, ja, till och med att man kan läsa flera ord eller hela meningar i ett svep. Men så är det inte. Läser jag en mening där ett ord har mer än ett uttal och/eller mer än en innebörd, till exempel ”halt” som ”stopp där” eller ”halt” som ”lätt att halka”, gör ju tvetydigheten det svårare för hjärnan att ge mig en läsförståelse utan avbrott. Om jag hittar ordet ”halt” i början av en mening, blir jag kanske inte säker på betydelsen förrän längre fram när sammanhanget står klart. Eftersom jag inte läser en hel mening i ett svep har hjärnan inget val. Den måste välja endera innebörden (eller betoningen) och hoppas att det duger.