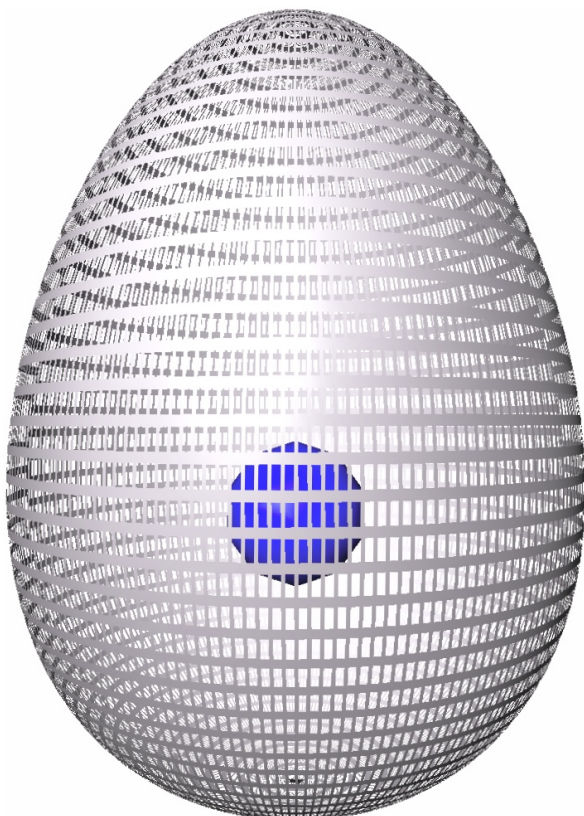
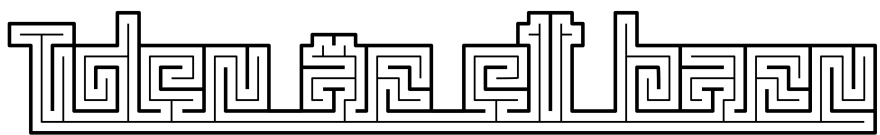


Björn Skoruppa

TIDEN ÄR ETT BARN



វិទ្យាសាស្ត្រ វិទ្យាសាស្ត្រ



Paradoxa förlag

ISBN: 978-91-527-4441-3

Original text copyright © Björn Skoruppa, 2022
All rights reserved.

Paradoxa förlag.

Författare: Björn Skoruppa, 1959–. Titel: Tiden är ett barn.

Tryckt i Litauen via Författares Bokmaskin, Stockholm 2022.

Typsnitt titelblad: Gortyna marrow (författarnamn) och Gortyna (titel).

Framsida illustrerad av Björn Skoruppa. Äggets ekvation:

$$x = \sin \beta, y = a \cdot b^{\cos \beta}, 0 \leq \beta \leq 2\pi,$$

där $b = (\text{spetsig del})/(\text{trubbig del})$, och $a = 2/(b - b^{-1}) \cdot (\text{längd})/(\text{bredd})$.

Övriga illustrationer och figurer:
Björn Skoruppa.

Innehållsförteckning

Om bokens tillkomst.....	5
Inledning.....	7
Del I. Ett barn som leker, flyttar brickor.....	9
Elliott.....	11
Kapitel 1. Vad är tid?.....	15
Kapitel 2. Upplevelse av tidens gång.....	21
Kapitel 3. Hur flödet kan stillas.....	31
Kapitel 4. Förflutet och framtid.....	37
Kapitel 5. Tidsriktade sannolikheter.....	45
Kapitel 6. Lagar för det oförutsägbara.....	51
Kapitel 7. Slumpens objektiva tidsriktning.....	58
Sylvie.....	68
Kapitel 8. Blandning och fysisk symmetri.....	70
Kapitel 9. Spår.....	80
Kapitel 10. Registreringar och minnen.....	89
Kapitel 11. Livets framväxt.....	97
Kapitel 12. Tidsflödets källor.....	105
Kapitel 13. Orsak och verkan.....	117
Kapitel 14. Former av slump och osäkerhet.....	126
Del II. Bland det vårdslöst uthållda.....	133
Ludwig.....	135
Kapitel 15. Tidens fysikaliska egenskaper.....	138
Kapitel 16. Den pysande gasen.....	144
Kapitel 17. Termodynamikens tidsriktade kaos.....	150
Kapitel 18. Vad är entropi?.....	156
Kapitel 19. Tidens yttersta gränser.....	165
Kapitel 20. Självorganisation.....	174
Kapitel 21. Tidsriktning i mikrokosmos.....	183
Niels.....	192
Kapitel 22. Mätparadox och kvantkunskap.....	194
Kapitel 23. Tidsasymmetriernas brokiga familj.....	203
Kapitel 24. Lagen om statistisk tidsasymmetri.....	212
Kapitel 25. Den empiriska prövningen.....	219
Kapitel 26. Tidsasymmetriernas ursprung.....	228
Kapitel 27. Ett modelluniversum.....	235
Kapitel 28. Kartan och svaret.....	245
Satosi.....	250
Epilog: Slumpen, Gud och vetenskapen.....	252

Föreslagna bidrag till existerande teorier.....	261
Noter.....	267
Källförteckning.....	360
Sakregister.....	407

*

Appendix: Tidigare opublicerade artiklar (separat volym)

Appendix I. Time reversal invariance and asymmetry in probability based laws.....	11
Appendix II. A proposed law for statistical time asymmetry.....	38
Appendix III. Derivation of a probability distribution function for time-continuous Markov processes.....	55
Appendix IV. Derivation of rate equations from time-directed probabilities of individual particles	62
Appendix V. Time asymmetry in macroscopic stochastic processes.....	76
Appendix VI. Probabilistic time asymmetry in quantum mechanical processes.....	98
Appendix VII. The influence of boundary conditions on a probabilistic evolution governed by time symmetrical laws.....	119
Appendix VIII. Statistical entropy difference.....	138
Appendix IX. Statistical entropy difference in disequilibrium chemical processes.....	155
Appendix X. A sketchy derivation of the Equilibrium Principle from a modified 'Past Hypothesis'.....	168
Appendix XI. Derivation of a relation between volumes and the number of molecules in a spontaneously expanding ideal gas.....	179
Appendix XII. Stoßzahlansatz revisited: How law-like time asymmetry in statistical mechanics manifests itself in systems consisting of one or two particles	186
Appendix XIII. Upplevt tidsflöde.....	213

Om bokens tillkomst

För fyrtiofyra år sedan gick en yngling med vaga framtidsplaner och intresse för matematik och fysik ur gymnasiet. Vid sidan av fotboll, vänner och skönlitteratur ägnade han sin fritid åt att konstruera matematiska formler och bevis. När han såg sig omkring, tyckte han sig se ett samhälle präglad av otyglad tekniktillväxt, miljöförstöring och brist på medkänsla. En sådan värld är knappast i behov av fler matematiker och fysiker som bidrar till att skapa kraftfulla teknologier och maskiner som hamnar i händerna på aningslösa och ovarsamma människor. Så han gjorde sig av med matematikböckerna och ägnade de följande tio åren åt åldringsvård, skrivande, u-landsarbete och teater.

Mödan som lades på dessa områden bar dock klent med frukt, och längtan växte efter större intellektuella utmaningar. Medan den unge mannen fördjupade sig i olika filosofiska problem som väntade på sin lösning, snubblade han över en bok om tid som nyss hade skrivits av en nobelpristagare i fysik. Han blev förvånad över författarens brist på klokhet, och han inspirerades att konstruera tankeexperiment och skissa på egna teorier om tidens asymmetrier. Knappt utan att han märkte det drog matematiken och fysiken åter in honom i sin lockande värld.

Det har nu förflutit trettiofyra år sedan idén föddes att skriva denna bok om tidens gång. Projektet beräknades inledningsvis att ta omkring ett år i anspråk, men i takt med att antalet lästa artiklar och böcker i ämnet steg, gled det planerade slutförandet allt längre in i framtiden.

År 1994 började jag läsa fysik på universitetet. Där stod snart klart att vägen till självständig forskning inom denna vetenskap är lång och osäker, vilket föranledde byte av utbildning till psykologprogrammet. Inom ramen för detta program godkändes 2002 mitt examensarbete om upplevelse av accelererande tid med stigande ålder. Under studietiden fick jag kännedom om en på Chalmers tekniska högskola verksam fysiker som jag sände ett manuskript av boken till. Denne uppmanade mig att skriva vetenskapliga artiklar, vilka han åtog sig att hjälpa till att få publicerade i databasen arXiv. Så gjorde jag men 2009 visade sig publikationen gå om intet på grund av att artiklarna låg utanför professors eget forskningsområde. Efter ännu ett par fåfänga försök återstod därefter endast möjligheten att ge ut teorierna i bokform på eget förlag.

Kanske har du framför dig en rik samling filosofiska och vetenskapliga uppslag eller kanske en redogörelse för mer än trettio år av villfarelser. Tiden får ge svar. Jag vill likafullt varmt tacka Dorte Hildebrandt, David Wahlstedt, Alexander Berman och Pauline Eriksson för deras uppmuntran och värdefulla synpunkter.

Björn Skoruppa, Göteborg, 2022.

Inledning

Denna bok är ägnad att söka svar på en fråga som har sysselsatt åtskilliga tänkare genom århundradena:¹

Varför går tiden?

Eller klädd i vetenskaplig språkdräkt:²

Hur kan vi bäst beskriva sambandet mellan den subjektiva tidsupplevelsen och den objektiva tid som uppträder i form av en mätbar storhet inom naturvetenskapen?

Ett svar finns i bokens avslutande kapitel, och på väg dit uppkommer en rad frågor som visar sig vara lika fundamentala som den ursprungliga.

Bokens första del behandlar upplevelsen av tidens gång samt skillnaden mellan förfluten tid och framtid som de framstår i vardagslivet och för det mänskliga psyket. Därtill kommer beskrivningar av tidens relation till slumpen och livsprocesserna i syfte att fördjupa dessa perspektiv.

Bokens andra del behandlar tidens roll inom fysiken och inleds av ett förslag till definition av tid. Därefter följer en analys av skillnaden mellan förflutet och framtid i en enkel gasprocess, vilken bereder väg för liknande undersökningar rörande himlakroppar, självorganisation och kvantprocesser. Detta utmynnar i en ny fysisk lag, som är uttryck för en grundläggande asymmetri med avseende på tidens båda riktningar.

Texten är tänkt att föra läsaren genom en labyrinth, vars utgångspunkt är upplevelsen av tid. Färden går genom psykologin, filosofin, biologin och sannolikhetsläran, via fysiken och astronomin till universums ursprung och materians minsta beståndsdelar. Flera av de sidogångar som öppnar sig under resans gång leder åter till utgångspunkten – läsarens egen upplevelse. Den avslutande epilogen visar på vägar ut ur labyrinthen och in i gränslandskapet mellan vetenskap och metafysik.

För att underlätta framkomligheten genom de snåriga ämnena är strikt tekniska sidospår placerade i appendix samt i några av noterna, vilka även rymmer referenser till annan litteratur. Den som i största möjliga mån vill undvika matematikens och fysikens irrgångar kan nöja sig med att läsa de fem berättelserna samt kapitel 1, 2, 3, 4, 12, 13 jämte de spekulativa utblickarna i epilogen. Kapitel 9, 11, 13, 14, 18, 20, 22, 23, 25 och 27 utgör sidospår och bör endast läsas av dem som hyser särskilt intresse för det ämne som det aktuella kapitlet behandlar. Slutligen kan den som uteslutande är intresserad av tidens roll inom fysiken ägna sig åt att läsa kapitel 5–8, 14–28 samt appendix I–XII.

Ingången till labyrinthen utgörs av en kort berättelse. Välkommen in.

Del I. Ett barn som leker, flyttar brickor

*Tiden är ett barn som leker,
flyttar brickor,
ett barns herravälde.*

(Herakleitos, ca 500 f.Kr.)

Elliott

Från min låsta position i sjukhussängen skall jag försöka samla tankarna och ge en saklig och detaljerad redogörelse för vad som har hänt. Jag anser det vara av yttersta vikt att förhållandena blir kända – ur såväl rättslig som vetenskaplig synvinkel.

Det är nu två år sedan jag lämnade mitt arbete som professor Franks assistent. Skälet till vår separation var att denne man försökte krossa mitt huvud med hjälp av en brevpress, strax efter att jag hade råkat trampa ihjäl en av hans myror. Den gången lyckades jag undkomma honom genom en sönderslagen fönsterruta, och jag kunde dra mig tillbaka med ett par mindre blessyrer. Oansett min stora respekt för professorn blev detta för mycket för mig, och från den dagen fram till i tisdags kväll har jag nogsamt hållit våra vägar skilda åt.

Ett osammanhängande telefonsamtal från professorns sida satte oss åter i kontakt med varandra. Han lämnade inget utrymme för frågor, men hans tal om en ”epokgörande upptäckt” och en ”ny era för myrforskningen” väckte mitt intresse till den grad att jag tackade ja till hans inbjudan trots de farhågor som den upphetsade tonen väckte.

Dagen efter telefonsamtalet stod jag utanför dörren till hans förfallna hus med en tilltagande känsla av olust. Dörren slogs upp och där stod min forne uppdragsgivare: hans hår var tovtigt, kläderna lika ovärdade som någonsin, och ögonen lyste ur sina hålor. Den hesa rösten förde med sig dunster av unken andedräkt.

– Jag måste få visa resultatet för någon. Och du vet att jag litar på ditt omdöme, Elliott.

Så länge våra åsikter inte går isär, tänkte jag, medan han med ett fast grepp förde mig genom ett rum som gav intryck av att tjäna som virkeslager. Vi kom snart in i det som en gång hade varit vardagsrummet. Där såg jag till min förvåning att professorn hade brutit upp taken till övervåning och vind och på så vis tredubblat rummets höjd. Mitt på golvet stod ett kolossalt, konstgjort träd utan löv och med regelbundna förgreningar. Professorn såg på mig.

– Nå, vad tycks?

Jag betraktade konstruktionen från olika håll.

– Det ser fint ut, svarade jag försiktigt.

Professorn gick ut mot rummets mitt och harklade sig.

– Det här är platsen för min upptäckt. Här har jag äntligen lyckats bevisa att den antarktiska trädmyran saknar förmåga att förnimma tid och rum.

Detta var en större sensation än jag vågat föreställa mig! Frågan om den eventuella förekomsten av temporal och spatial perception hos

denna sällsynta gaddstekel har utgjort grunden för uppslitande tvister bland myrforskare i flera decennier. I ett tillstånd av spänd förväntan och glömsk om mina tidigare farhågor sjönk jag ned i en solig fåtölj.

Professor Frank startade en filmprojektor, och på den motsatta väggen projicerades bilder av en myra som uppenbarligen hade blivit filmad, då den kröp omkring på det konstgjorda trädets grenar. Professorn talade forcerat:

– Jag placerar alltid myran någonstans mitt i trädet och studerar dess rörelser tills toppen eller roten är nådd. Se hur myran stannar upp vid varje förgrening och lika ofta väljer var och en av de tre möjligheterna: grenen upp till vänster, grenen upp till höger eller grenen som leder nedåt.

Han gjorde en hastig skiss på ett papper som låg på golvet.

– Detta bevisar, fortfor han, att vägvalet är fullständigt slumpartat och att den antarktiska trädmyran inte har något som helst lokalsinne. Att den dessutom saknar tidsuppfattning framgår av att den betar sig likadant oavsett klockslag och årstid.

– Men hur förklarar ni myrans tendens att röra sig uppåt i trädet?

– Den beror naturligtvis på att fler grenar leder uppåt än nedåt!

Inte utan beundran såg jag resten av filmen, medan professor Frank berättade om sina vedermödor på väg mot målet. Slutligen stannade han projektorn.

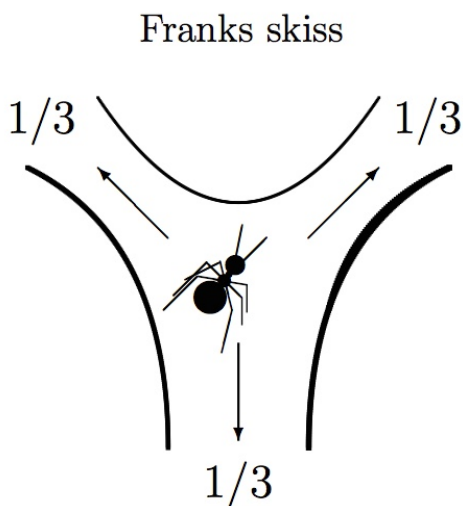
– Nå, vad säger du?

– Detta är inget mindre än en entomologisk sensation!

Rodnande som en stolt skolpojke började professorn spola tillbaka filmen. Han glömde därvid att slå av projektorns lampa, och vi kunde nu se myran krypa baklänges i trädet. Professorn gjorde en ansats att släcka, men i samma ögonblick observerade jag något märkligt.

– Vänta, herr professor, låt det vara tänt.

Med storögd förundran kunde vi iaktta hur myran på sin baklängespromenad valde väg på ett helt annat vis, än när filmen spelades framlänges. Vägvalen vid grenklykorna fördelade sig inte längre jämnt mellan de tre alternativen. I stället hamnade myran på grenen nedåt dubbelt så ofta som den hamnade på någon av grenarna som ledde uppåt. Fradga började ansamlas i professors munvinklar och han



harklade sig gång på gång. Utan att överväga följderna ritade jag en ny skiss på pappret och sa:

– Detta måste innebära att myran antingen gör skillnad mellan tidens båda riktningar, eller att den kan skilja på upp och ned.

Professor Frank vacklade till men återfick balansen med ett fast grepp om en bronsstatyett som låg vid sidan av filmprojektorn.

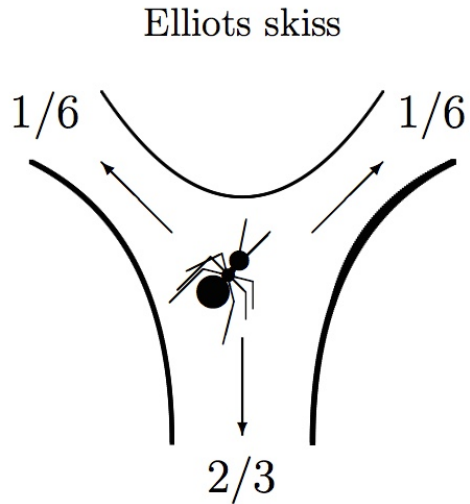
– Inser du, sade han med ostadig röst, att du därmed ifrågasätter mina slutsatser?

– Kanske finns det någon matematisk förklaring! utbrast jag.

Sakta sänkte professorn den tunga pjäsen, och ögonen var mer blodsprängda än någonsin.

– Var så ytterst vänlig och ge mig den förklaringen genast i så fall.

Jag blev honom svaret skyldig, vilket bildade upprinnelsen till den besinningslösa våldsakt som förklarar det tillstånd jag nu befinner mig i.³



*

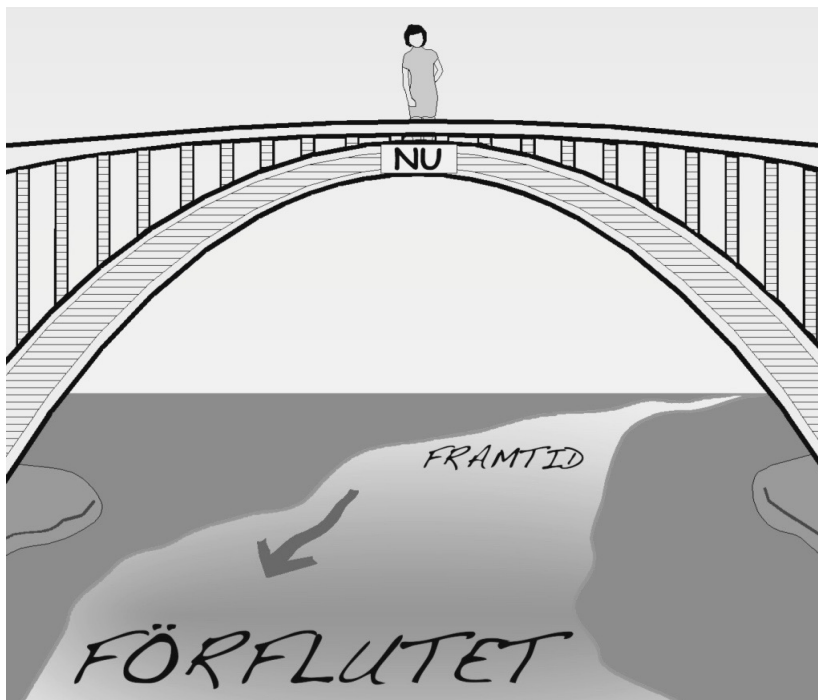
Kapitel 1. Vad är tid?

För varje ord som du läser i denna bok förflyter en tidsrymd. Sådant är vårt omedelbara möte med tiden: Varje tanke, varje upplevelse, varje handling är förknippad med en känsla av att tid har passerat. Ibland tycks den virvla fram i dans, ibland kryper den fram med plågsam långsamhet. Upplevelsen ger dessutom intryck av något slags rörelse mot framtiden. Tiden förefaller obevekligen föra oss mot nya erfarenheter, utan att vi har möjlighet att hindra dess förlopp. Denna företeelse brukar benämnas *tidens gång* eller *tidsflödet*.⁴

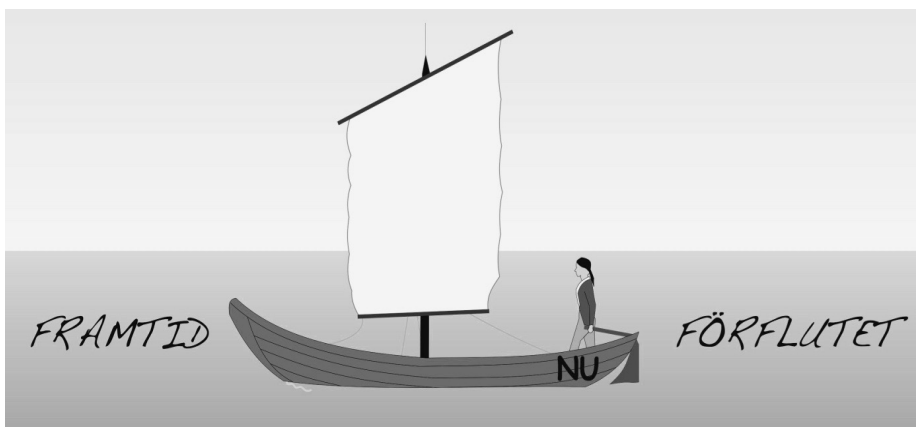
Filosof, fysiker och andra tänkare har genom åren spekulerat över fenomenet, men dess upphov är fortfarande oklart.⁵ Är tidsflödet fysiskt och mätbart, eller har det sitt ursprung i vår subjektiva upplevelse? Har den upplevda rörelsen från förflutet till framtid sin grund i fysiska lagar? Är det möjligt att förklara varför tiden går? Så lyder några av de frågor som är ämnade att finna svar i denna bok.

Det motsägelsefulla tidsflödet

En vanlig metafor för tidsflödet är en flod med ett stillastående nu, där tiden med alla dess skeenden kommer flytande förbi (figur 1).⁶ Jaget kan



Figur 1. Tidens flod



Figur 2. Färd genom tiden

bildligt talat vara vänt antingen mot det förflutna eller mot framtiden, beroende på om uppmärksamheten är riktad mot förflutna minnen eller framtida planer.⁷ Detta perspektiv på tiden ger sig exempelvis till känna i uttryck som ”vintern närmar sig” eller ”tiden går”. Enligt en annan och nästan lika vanlig metafor är tiden i stället ett medium som vi rör oss genom (figur 2), vilket avspeglar sig i uttryck som ”ta sig igenom natten” eller ”vara på väg mot seger”.⁸

Inom fysik och annan naturvetenskap möter oss en helt annan bild.⁹ Här finns inget tidsflöde. Tiden är snarare något vi kan mäta och som ger möjlighet att sortera händelser. Varje tidsrymd har en bestämbar längd som är oberoende av våra upplevelser. Till vår hjälp har vi klockor som genom teknikens utveckling allt bättre stämmer sinsemellan, och som tillåter oss att med ökande exakthet fastställa tidsintervall. Denna opersonliga tid är möjlig att addera, subtrahera, uppstycka och jämföra, och den sätter allt större prägel på människornas liv. Arbetstider, skolscheman och planerad fritid jämte den finkalibrerade tidtagningen inom idrottens och vetenskapens värld bär vittnesbörd om vår tilltagande uppmärksamhet på den mätbara tiden.

Den intuitiva upplevelsen av tidsflödet är följaktligen helt frånvarande i den naturvetenskapliga beskrivningen av världen, och inom fysiken saknar begreppet *nu* mening.¹⁰ Vi står därmed inför en paradox: Tidens gång är en oskiljbar del av vår upplevelse av omvärlden men förefaller vara spårlöst försvunnen, när vi vill studera den inom vår mest grundläggande naturvetenskap.

Tidens ifrågasatta existens

Ett sätt att försöka undslippa tidens motsägelsefullhet är att ifrågasätta att tiden över huvud taget finns. Kanske är den, som vissa tänkare har

hävdad, endast en illusion.¹¹ Ingen har ju någonsin hört, sett, berört, luktat eller smakat på tid.

Emellertid har påståendet att tiden inte existerar flera möjliga tolkningar. Medan en historiker eller en filosof kanske menar att tidsbegreppet saknar entydig definition,¹² kan en fysiker avse att ”de fundamentala ekvationerna i grunden inte innehåller någon tidsvariabel”.¹³ Utifrån så stränga kriterier existerar dock i stort sett ingenting förutom ett fåtal fysikaliska storheter och grundformer (vilket skulle innebära att de tänkare som förespråkar kriterierna inte existerar själva).¹⁴ I denna bok är utgångspunkten i stället ett vidare existensbegrepp, enligt vilket något *existerar* om det är möjligt att verifiera och studera metodiskt inom vetenskapen.

Att tiden inte går att förnimma med sinnena är ur ett sådant perspektiv ingen avgörande invändning mot dess existens. En motsvarande otillgänglighet finner vi även hos andra fenomen som vetenskapen befattar sig med. Få människor betvivlar att rummet omkring oss existerar, trots att vi inte kan förnimma det i sig självt utan endast genom materia som befinner sig i detta rum. Inte heller kan vi med våra sinnen direkt förnimma nationsgränser, pengars värde, vänskapsband eller universums expansion. Likafullt är vetenskapliga observationer och studier av dessa fenomen fullt möjliga, och i den meningen finns de.

På motsvarande vis är det i allra högsta grad rimligt att anta att tiden existerar.¹⁵ Vi kan mäta den med våra klockor, liksom vi kan mäta rummet med våra måttband. Med hjälp av tiden kan vi dessutom ordna händelser och förnimmelser i våra minnen. Snarare än att förneka tiden bör vi därför försöka förena de motstridiga bilderna: å ena sidan individens subjektiva tidsupplevelse och å andra sidan fysikens mätbara tid.

Det upplevda och det mätbara

En blick i ordboken leder dessvärre ännu längre bort från ett enat tidsbegrepp. En äldre svensk ordbok tilldelar ordet *tid* fem huvudbetydelser, vilka i sin tur är uppdelade i inte mindre än åttiotre individuella innebörder.¹⁶ Det är en tid som ilar, strömmar, flyger, förstör, läker sår, och som kan ges och tas, vinnas och förloras. Vidare ger ordboken exempel på metaforer som tidernas morgon, tidens ansikte och barn av sin tid.

Frågan är om det går att bringa ordning i denna förvirrande mångfald. Är det verkligen en och samma objektivt mätbara tid som ikläder sig alla dessa skepnader? Faktiskt finns tecken på att det förhåller sig så. Visserligen ger vi tiden vitt skilda egenskaper i de metaforer som den figurerar i, men dessa avspeglar snarare skiftningar i den mänskliga upplevelsen av tid än skiftningar i den objektiva tidens egenskaper. Avskalad sina subjektiva aspekter framträder tiden i tre grundformer:¹⁷ en *dimens-*

*ion*¹⁸ vars utsträckning vi mäter med klockor ("tiden har inget slut"), ett *intervall* i denna dimension ("en tid på 100 meter som är i världsklass"), och en bestämd *punkt* inom ett sådant intervall ("tid för ankomst är 12.35"). I grunden framtonar därför ett tämligen enhetligt tidsbegrepp.

Den beskrivning och analys av tiden som efterhand växer fram i denna bok kommer att bygga på antagandet, att det finns en förbindelse mellan den fysikaliskt mätbara tiden å ena sidan och den subjektivt upplevda tiden å andra sidan.¹⁹ Dessutom kommer den subjektiva upplevelsen av tid att tillmätas stor betydelse vid sidan av de vetenskapliga observationerna av densamma. Trots allt är den subjektiva upplevelsen ursprunget till all vår kunskap, och vetenskapliga teorier och utsagor är uttryck för våra försök att generalisera sådana upplevelser. Den mätbara tiden är ur den synvinkeln på intet vis mer verklig än den upplevda.²⁰ Däremot har vi människor vanligtvis lättare att nå enighet om ett fenomenets vetenskapligt mätbara egenskaper, än att nå enighet om de subjektiva upplevelser som ett fenomen ger upphov till.

En värld utan tid

Innan vi ger oss i kast med den personliga tidsupplevelsen, skall vi söka en fastare grund för våra efterforskningar. Ett sätt att uppnå detta är att ge tiden en formell definition, och ett försök i den riktningen utgör huvudtema för kapitel 15. Emellertid är det redan nu lämpligt att skapa en intuitiv bild av vad tid egentligen är, och av vad tiden tillför vår värld. I syfte att förstå detta skall vi göra ett tankeexperiment som innebär ett avskaffande av tiden. Eller rättare sagt kommer *nästan* all tid att avskaffas. För att världen skall vara möjlig att undersöka, måste ju observatörer kunna förflytta sig och på något vis registrera omgivningens beskaffenhet – vilket kräver tid.

Låt oss alltså föreställa oss att tiden stannar, och att vi beskriver de upplevelser som skulle vänta oss, om vi flög fram över den tidlösa jordens yta på jakt efter lagbundenheter.

Först förflyttar vi oss i ett stillastående ögonblick i vårt nuvarande universum. På planeten jorden finner vi orörliga materiansamlingar i form av bland annat hav, berg, öknar, växter, djur, hus och maskiner, men något uppenbart system är omöjligt att urskilja. Olika sorters materia förefaller vara koncentrerade till vissa platser, utan att tydliga regelbundenheter går att se.

När vi ger oss ut i rymden och flyger fram mellan himlakropparna, möter vi en liknande blandning av ordning och kaos. En del astronomiska fenomen återkommer visserligen gång efter annan i denna nästan helt tomma rymd, men storlekar och positioner för galaxer, stjärnor, planeter och svarta hål framstår som

tämligen godtyckliga. Det förefaller som om inga naturlagar är urskiljbara i denna tidlösa värld.

Slutligen krymper vi ned oss till en atomkärnas storlek för att undersöka det tidlösa tillståndet i mikrokosmos. Här upptäcker vi hel del ordning: Exempelvis är atomkärnorna regelmässigt omgivna av elektroner, vars antal ofta motsvarar kärnans positiva laddning, och kristaller består av atomer som är placerade i närmast perfekta rader. Dock visar sig reglerna vid närmare betraktande ha ständiga undantag. Den enda strängt lagbundna regel vi kan formulera är att materian kan anta ett fåtal grundformer – ett litet antal mycket små partiklar grupperade enligt vissa mönster.

Vad händer då om vi för en bråkdel av en sekund släpper den fångna tiden fri och sedan åter stannar den? Det visar sig att universum knappt genomgår någon förändring alls. Med undantag för ljus och vissa andra former av strålning (samt vissa mycket små partiklar som färdas med oerhörd hastighet) har det mesta på jordklotet endast förflyttat sig högst marginellt. Om vi liksom i förra ögonblicket ger oss ut i rymden, märker vi visserligen att avlägsna galaxer under den gångna bråkdelen av en sekund har fjärrmat sig avsevärt från vår egen, men deras inre strukturer uppvisar endast mycket små förändringar.

Om vi tillåter oss en större ”förflyttning” i tiden, förslagsvis några miljoner år, visar sig de flesta galaxer, stjärnor, planeter och deras huvudsakliga strukturer bestå. Likaså märker vi att summan av energin liksom summan av de elektrisk laddningarna och av en del andra mindre kända storheter är konstanta genom tiden.

Mycket är sig alltså likt från den ena tidpunkten till den andra, medan sådan överensstämmelse inte kunde observeras när vi förflyttade oss i rummet. Där fanns i stort sett inga regler alls som styrde hur förhållandena skiftade från den ena rumspunkten till den andra, och inte ens de mest enhetliga föremålen uppvisade konsekventa regelbundenheter på någon storleksnivå. Förändring av positionen i tiden visar å andra sidan på en betydande lagbundenhet, genom att materian är beständig genom denna dimension.

Vi verkar här ha funnit en utmärkande egenskap hos tiden. Föremål som existerar i ett visst ögonblick existerar som regel även några sekunder senare. Stjärnor, klippblock, stolar, myror, atomer och ljusförmedlande partiklar liksom nästan all annan materia kännetecknas av denna tidens konserverande egenskap.

Tid präglad av beständighet och förändring

Universum uppvisar sålunda något slags konstans genom tiden. Hur stämmer detta med att tid framstår som präglad av rörelse och förändring?²¹ Ja, paradoxalt nog förefaller just materians beständighet genom tiden göra att vi förknippar tid med förändring. Eftersom världen är sig så lik från det ena ögonblicket till det andra, blir vi uppmärksamma på skillnader mellan angränsande tidsskikt, och de kan ge oss ledtrådar om orsakssamband (mer om detta i kapitel 13). När vi däremot låter vår uppmärksamhet röra sig genom olika delar av rummet, är bristen på kontinuitet i regel så stor att det är meningslöst att fokusera på skillnader mellan olika punkter i detta rum. Förändringar som kommer till uttryck i samband med våra olika positioner i *tiden* blir således ofta registrerade och är viktiga att förstå, medan skillnader i rumsligt avseende är så självklara att vi endast undantagsvis lägger märke till dem (som exempelvis i fråga om skillnad i temperatur mellan inomhus och utomhus). Detta är ett starkt bidragande skäl till att vi betraktar förändring som en egenskap som utmärker tiden snarare än rummet.

Den viktigaste beständigheten av alla – sett från vår egen synvinkel – är att de flesta föremål och människor existerar från ena ögonblicket till det andra. Hur skulle vi annars över huvud taget kunna leva? Denna materians *konservering* och individens kontinuitet genom tiden är själva fundamentet för vår tillvaro, där våra upplevelser binder samman de olika ögonblicken till en sammanhängande subjektiv tid.

Kapitel 2. Upplevelse av tidens gång

Vår omedelbara upplevelse av tiden är att den går, flödar eller på något annat vis rör sig. De flesta människor – i alla fall i den industrialiserade delen av världen – ger i undersökningar uttryck för detta.²² Vari upplevelsen har sitt ursprung är däremot höljt i dunkel.

Vanligtvis grundar sig upplevelse av rörelse på att ett stycke materia rör sig i förhållande till annan materia. Exempelvis framstår en på marken liggande sten som orörlig, eftersom den är stilla i relation till omgivningen. Ur ett annat perspektiv är emellertid samma sten ett slags passagerare på planeten jorden, som rör sig med hög hastighet i sin bana runt solen, allt medan solen i sin tur cirklar runt Vintergatans centrum. Huruvida vi beskriver solen, stenen eller något annat föremål som stilla eller i rörelse är därför en fråga om vilket *referenssystem* vi betraktar föremålet i relation till.

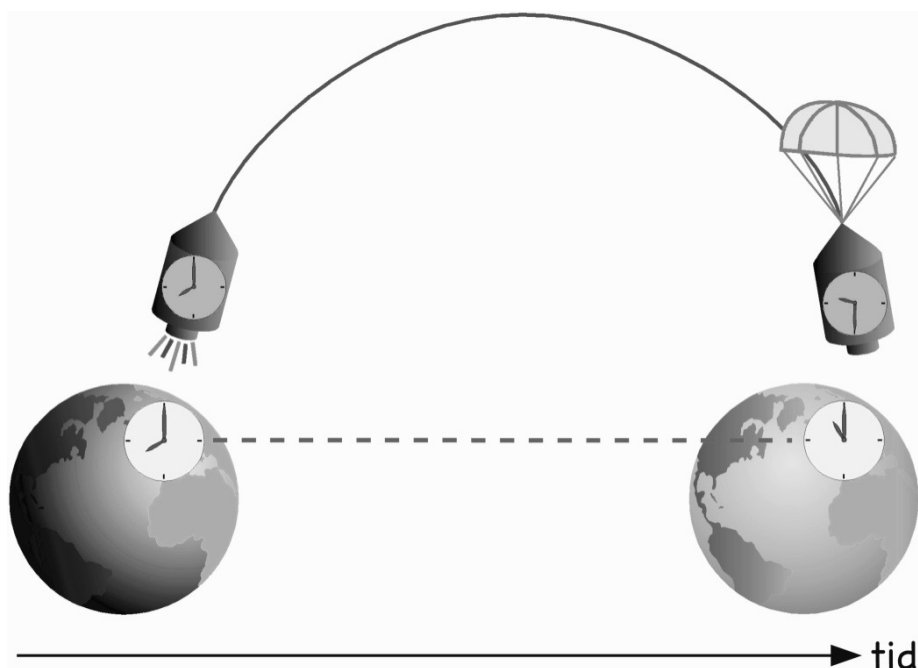
Den som i enlighet med detta synsätt frågar sig vad tiden rör sig i förhållande till har svårt att finna ett meningsfullt svar. Tiden har inget att röra sig i relation till – vare sig något närstående fenomen eller något som är fjärran. Visserligen flyttar sig visarna över urtavlan, men det är ju ingen förflyttning av tiden själv. Det är förvisso möjligt att hävda att tiden rör sig i förhållande till *nuet*, men som det kommer att framgå i kapitel 4 saknar nuet objektiv och fysikalisk innebörd. Frågan är varför vi människor ändå är benägna att tillskriva tiden en rörelse.

Objektivt skiftande tidsintervaller

Om vi dessutom vill ta reda på hur *fort* tiden går, uppkommer ytterligare problem. Eftersom vi saknar något att mäta tidens rörelse i förhållande till, förefaller talet om tidens hastighet vid första anblicken att vara meningslöst.²³ Det kan vara lockande att – i likhet med flera tidigare tänkare – retoriskt efterfråga enheten för denna hastighet.²⁴

Filosofier har genom åren försökt definiera tidens hastighet i mer objektiva termer, dock utan större framgång. Någon har exempelvis framkastat idén att det finns ytterligare ett slags tid jämte klocktiden.²⁵ I så fall skulle nuet kunna röra sig i förhållande till denna dolda extra tid. Det har även förekommit andra försök att teoretiskt underbygga idén om ett objektivt tidsflöde,²⁶ men bristen på empiriska belägg för sådana teorier innebär att de komplicerar beskrivningen av tiden utan att tillföra något av vetenskapligt värde. Teorier om ett objektivt tidsflöde har därför inget vetenskapligt stöd.

I vissa situationer förefaller dock tiden även i objektiv bemärkelse gå med olika hastighet. Enligt *relativitetsteorin* kan nämligen mätning av samma tidsintervall skilja sig mellan olika observatörer (en beskrivning



Figur 3. Referenssystem med olika tidmätning: Klockan i rymdkapseln går långsammare än klockor på jorden

av tidens roll i denna teori finns i kapitel 19). Detta visar sig bland annat ske då klockor går olika fort i system som rör sig i förhållande till varandra, exempelvis vid jämförelse mellan klockan i en kringfarande raket och en klocka på jorden.

Om en raket lämnar vår planet och efterhand avlägsnar sig med en hastighet nära ljusets för att därefter återvända, kommer klockan i raketen att ha gått betydligt långsammare än klockorna på jorden (figur 3; i denna och kommande figurer kommer tidsaxelns pil att peka mot framtiden). Alla fysikaliska och kemiska processer har likaså gått långsammare i raketen än på den lämnade planeten, och avvikelsen från jordtiden mäts rimligen i enheten sekunder per sekund. Om det har passerat ett år i rymdkapseln jämfört med två år på jorden, har tiden i kapseln enligt detta synsätt gått med en hastighet av en halv kapselsekund per jordsekund.

Detta kan låta som en mycket underlig enhet för en hastighet, vilket det också är. I fysikalisk mening är en sekund per sekund ingen enhet alls, eller rättare sagt något som brukar gå under namnet dimensionslös enhet. Dimensionslösa enheter är i och för sig inte ovanliga.²⁷ Det underliga är snarare att tilldela en *hastighet* enheten sekund per sekund, eftersom hastighet i vetenskapliga sammanhang brukar mätas i kilometer per timme eller annan relation mellan längdenhet och tidsenhet.²⁸

Emellertid upplever den rymdresenär som har accelererat uppemot ljushastigheten inte den *subjektiva* tiden annorlunda än människorna på jorden. Följaktligen kan relativitetsteorins skiftande mätningar av tidsintervall visserligen med lite god vilja tolkas som varierande tidshastigheter, men de kan knappast betraktas som uttryck för ett varierande tidsflöde.

Mätning av tidens hastighet genom skattning av tidsintervall

Trots frånvaron av objektivt tidsflöde upplever vi människor utan tvekan att tiden kan gå olika fort i olika situationer. När vi har roligt eller är djupt koncentrerade på något, ger tiden intryck av att försvinna iväg fortare än normalt, och när vi har tråkigt eller väntar på något efterlängtat, upplever vi i stället att den släpar sig fram.²⁹ Frågan är hur en sådan skiftande tidshastighet kan vara möjlig, om tiden inte rör sig i förhållande till något.

Låt oss försöka ta reda på vilka uttryck den subjektiva tidsupplevelsen egentligen tar. Följande vardagliga exempel, där två människor upplever olika förväntningar och längtan, får bilda utgångspunkt.

Matchen är nästan slut, och Bodil hoppar fortfarande av glädje över bortalagets ledningsmål knappa minuten tidigare. Bredvid henne vrålar Henrik ut sin frustration när hans hemmalag anfaller.

- Ååå, jag fattar inte att klockan kan gå så fort! Men skjut då!
- Inspark, skrattar Bodil. För resten går tiden hopplöst sakta. Hur lång tid har gått sedan vi tog ledningen, tror du?
- En halv minut kanske.
- Nej, aldrig! Det måste åtminstone ha gått ett par minuter!

Hemmasupportern Henrik, som hoppas att matchen skall fortgå tills hans lag har kvitterat, verkar skatta den nyss passerade minuten som cirka hälften så lång som vad klockan anger. Detta är i god samklang med hans påstående att tiden har gått fort efter bortalagets ledningsmål. Bortasupportern Bodil, som snarare längtar efter slutsignalen, skattar i stället intervallets längd som dubbla den verkliga. Det antyder att tiden för henne har gått långsamt, vilket hon också ger uttryck för. De båda åskådarnas upplevelser visar samma tendenser (dock överdrivna) som framkommer i psykologisk forskning om hur förväntningar påverkar skattning av tidsintervall. Personer med positiva förväntningar *överskattar* som regel de av klockan uppmätta tidsintervallen (den som väntar på något gott, tycker sig alltid vänta för länge), medan den som har andra slag av förväntningar i stället *underskattar* dem.³⁰

Att på detta vis jämföra den subjektiva skattningen av tid med klockans objektiva tidmätning kan faktiskt tjäna som ett slags *klocktidgrundad*

mätmetod för den subjektiva tidens hastighet. För Henrik har tiden gått med en halv subjektiv minut per klockminut, medan tiden för Bodil har gått med två subjektiva minuter per klockminut.³¹

Vi har därigenom identifierat ett sätt att mäta tidens hastighet, som stämmer med att vi ibland upptäcker att tiden har gått fort eller långsamt genom jämförelse mellan klocktid och subjektiv tidsskattning. Denna "hastighet" har definierats inom psykologisk forskning, där den har fått namnet *duration judgment ratio* (DJR).³² Enheten är subjektiva minuter per objektiv minut, eller den likvärdiga enheten subjektiva sekunder per objektiv sekund.

En egenhet hos detta mått för tidshastighet är att tiden går fortare ju lägre värde DJR har. Henrik förnimmer att tiden går ovanligt snabbt genom att uppleva en halv subjektiv minut per klockminut, medan Bodil förnimmer att tiden går ovanligt långsamt genom att uppleva två subjektiva minuter per klockminut.

Felbedömningarnas omfång

Ovanstående metod för att mäta tidens hastighet förekommer flitigt inom den del av psykologin som ägnar sig åt upplevelse av tid. Forskare har i olika sammanhang låtit människor skatta objektiva tidsintervall och har då funnit att resultaten i hög grad skiftar mellan olika situationer och individer.

Klocktidsgrundad skattning kan dels ske med *prospektiv* metod som innebär att försökspersonen på förhand får veta att tidsintervallet skall skattas, dels kan skattningen ske genom *retrospektiv* metod som innebär att skattningen inte är aviserad på förhand. I fråga om prospektiv skattning av tämligen korta tidsintervall upp till ett fåtal minuter anses korttidsminnet (som sträcker sig över ett fåtal sekunder) och uppmärksamhet ha viktiga funktioner.³³ Retrospektiv skattning påverkas i stället av den mängd minnen som har kodats in under det aktuella tidsintervallet.³⁴

Resultaten sträcker sig från en subjektiv tid som individen upplever gå mindre än hälften så fort som klocktiden till en subjektiv tid som går drygt dubbelt så fort som klocktiden.³⁵ Toleransen för avvikelser i bedömningarna blev särskilt tydliga i ett experiment, där forskare ville ta reda på hur människor reagerar på manipulerade klockor. Deltagarna informerades om att försöket pågick i halvannan timme, medan försöksledarna i själva verket hade preparerat den synliga klockan i rummet. En grupp fick se en klocka (säkerligen utan sekundvisare) som gick i dubbel hastighet, medan en annan grupp fick se en klocka som gick i halva den normala hastigheten. Ovetande om detta arrangemang visade endast två av de drygt hundra deltagarna misstänksamhet mot de preparerade klockorna.³⁶ Toleransen för skiftningar i den upplevda tidshastigheten förefaller således vara mycket stor.³⁷

I de båda varianter av tidens hastighet som har beskrivits hittills – vid tidsskillnader enligt relativitetsteorin och vid subjektiv skattning av klocktid – bygger hastighetsmätningarna på jämförelse mellan två olika perspektiv på samma tidsintervall. Med tanke på att hastighet i regel betecknar en relation mellan tid och någon annan mätbar storhet, är termen tidshastighet därför något missvisande.³⁸ Termen förekommer inte heller i strikt vetenskapliga framställningar av relativitetsteorin.³⁹ Däremot har benämningen tidshastighet ett visst berättigande inom den gren av psykologin som beskriver den subjektiva tidsupplevelsen, eftersom det i detta sammanhang är fråga om skattning av det subjektiva fenomen som de flesta av oss beskriver i termer av tidens hastighet. Som vi redan har sett föredrar dock forskare andra beteckningar även inom psykologin.⁴⁰ I förhandenvarande bok används likafullt benämningarna tidshastighet och tidens hastighet för enkelhetens skull.

Spontan skattning av tidens gång

Något som mer sällan uppmärksammas är att upplevelsen av tidens skiftande hastighet kan ta sig uttryck på annat vis än vid klocktidsgrundade missbedömningar av objektiva tidsintervall.⁴¹ Låt oss återvända till exemplet med fotbollsmatchen och tänka oss att en annan bortasupporter, Barbro, inte alls gissar fel angående hur lång tid som gått sedan bortalagets senaste mål, men att hon ändå har en stark känsla av att tiden kryper fram ytterligt långsamt. I så fall har hon en upplevelse av långsam tid som inte har någon direkt koppling till klocktiden – ett slags *spontan upplevelse* av tidens flykt.⁴² Forskare har konstaterat sådan upplevelse av tidens hastighet, skild från missbedömningar av objektiva tidsintervall, i flera studier. Särskilt tydligt framträder detta fenomen när det råkar i konflikt med skattningen av klocktiden, som i det nyss nämnda exemplet med Barbro.⁴³ Hon upplever ju långsam tid trots att hon skattar det objektiva tidsintervallet korrekt. Bristen på överensstämmelse mellan dessa olika sätt att mäta tid framkommer även i utsagor av typen ”jag vet att det tar högst två minuter innan trafiksignalen slår om till grönt, men det *känns* som en evighet”.⁴⁴

Spontan upplevelse av tidshastighet brukar i vetenskapliga studier vanligtvis skattas på en skala från ett till sju, där ett står för ”mycket långsam”, fyra för ”normal” och sju för ”mycket snabb”.⁴⁵ Detta sätt att mäta bygger på individens rent subjektiva upplevelser på ett liknande sätt som vid skattning av grad av smärta eller lycka.

Frågan är hur detta sätt att skatta tid förhåller sig till det slag av skattning av objektiva tidsintervall som Henrik och Bodil ägnar sig åt i exemplet med fotbollsmatchen. Något överraskande framkommer inga experimentella samband mellan å ena sidan försökspersoners skattning av spontan upplevelse av tidens hastighet och å andra sidan hur deras

Föreslagna bidrag till existerande teorier

med reservation för att andra författares publiceringar kan ha förbisetts
(nya begrepp är kursiverade och beskrivs i avsnittets avslutning)

Kapitel 1

- Beskrivning av tiden som kännetecknad av beständighet och konstans snarare än förändring (mer stringent formulerad i kapitel 15).

Kapitel 2

- Resonemang till stöd för att skillnader i upplevelse av tidens gång i ett pågående skeende jämfört med i efterhand beror på att fokus skiftar från emotionella faktorer till skattning av tidsintervall.
- Kategorisering av fem olika former av upplevelsebaserad tidshastighet.

Kapitel 3

- Idéhistoriskt stöd för hypotesen att tiden upplevs gå fortare med stigande ålder på grund av samhällets snarare än individens förändring.
- Fem praktiska råd om hur det upplevda tidsflödets hastighet kan minskas.

Kapitel 5

- Definitioner av olika former av tidsrelaterad betingad sannolikhet.

Kapitel 6

- Definition av begreppet *lagbunden sannolikhet*.

Kapitel 7

- Metod för att empiriskt påvisa *statistisk tidsasymmetri* som bygger på antagande om fysisk symmetri.
- Statistisk tidsasymmetri visar sig kunna vara en fysikalisk egenskap hos storskaliga processer.

Kapitel 8

- Resonemang och modeller till stöd för att blandning lyder *lagbundna* framtidsriktade sannolikheter (även formulerat i appendix V, avsnitt 7).

Kapitel 9

- Resonemang och modeller till stöd för att spårbildning lyder *lagbundna* framtidsriktade sannolikheter.
- Utvidgning av begreppet fysisk symmetri till att även kunna tillämpas i abstrakt bemärkelse.

Kapitel 10

- Resonemang till stöd för att inkodning i minnet – i egenskap av att vara en form av neural spårbildning – lyder *lagbundna* framtidsriktade sannolikheter.

Kapitel 11

- Resonemang och empiri till stöd för att livets framväxt och fortlevnad lyder *lagbundna* framtidsriktade sannolikheter.

Kapitel 12

- Belägg för att logiska operationers irreversibilitet spelar en avgörande roll för upplevelsen av tidens gång.
 - Definition av medvetandet byggd på en uppdelning i innehåll, funktion och upplevelse (förlagd till noterna).
 - Människans upplevelse av tiden som ett flöde förklaras av fyra huvudsakliga komponenter.

Kapitel 13

- En rad exempel till stöd för att en verkan kan föregå sin orsak.
 - Resonemang till stöd för att den kausala tidsasymmetrin har sin huvudsakliga grund i det mänskliga perspektivet på kausala samband.

Kapitel 14

- Kategorisering av tre olika former av osäkerhet, varav den slumpmässighet som mäts med *lagbundna sannolikheter* är en.
 - Maximum likelihood-metoden beskrivs som en alternativ metod för att kvantitativt mäta osäkerheter, där *lagbundna sannolikheter* inte är tillämpbara, bland annat för tidigare händelser givet senare villkor.

Kapitel 15

- Definition av tiden som en dimension kännetecknad av konstans och lagbundenhet.

Kapitel 16

- Definition av begreppet *mikroskopiskt kaos* som bygger på antaganden om fysisk symmetri och *lagbundna sannolikheter*.

Kapitel 17

- Expanderande gas visar sig vara möjlig att beskriva med *lagbundna* framtidsriktade sannolikheter men inte med *lagbundna* dåtidsriktade sannolikheter.

Kapitel 18

- Entropiskillnad mellan två tillstånd beskrivs som ett mått på skillnaden mellan de framtidsriktade sannolikheterna för att tillstånden skall övergå i varandra (mer stringent formulerat i appendix VIII).

- Förslag till teoretiskt motiverad nollpunkt för entropivärden, vilket medför att alla andra entropivärden blir negativa (förlagt till noterna).

Kapitel 19

- Resonemang till stöd för att svarta håls utveckling lyder *lagbundna* framtidsriktade sannolikheter (mer stringent formulerat i appendix V).

Kapitel 20

- Resonemang till stöd för hypotesen att självorganisation, exempelvis i form av gravitationell sammanklumpning, lyder *lagbundna* framtidsriktade sannolikheter.
- Resonemang till stöd för hypotesen att friktion, lyder *lagbundna* framtidsriktade sannolikheter.
- Metod för att beräkna entropiökning i samband med gravitationell ansamling.

Kapitel 21

- Beskrivning av hur kvantfysiska processer lyder *lagbundna* framtidsriktade sannolikheter (mer stringent formulerat i appendix VI).

Kapitel 22

- Mätningen visar sig vara av avgörande betydelse för den kvantfysiska tidsasymmetrin, genom att den statistiska tidsasymmetrin kommer till uttryck som en följd av mätningen.

Kapitel 23

- Resonemang till stöd för att såväl elektromagnetiska vågor ut från ett centrum som strålning av radioaktivt ursprung lyder *lagbundna* framtidsriktade sannolikheter (mer stringent formulerat i appendix VI).
- Resonemang till stöd för att vatten- och ljudvågor ut från ett centrum liksom lukters spridning lyder *lagbundna* framtidsriktade sannolikheter.
- Resonemang till stöd för att *K*-mesonens *T*-brott inte är exempel på egentlig tidsasymmetri (mer stringent formulerat i appendix VI).

Kapitel 24

- Informella definitioner av lagen om statistisk mekanisk tidsasymmetri och lagen om generell statistisk tidsasymmetri (mer stringent formulerade i appendix II och V).
- Metod för att härleda termodynamikens tidsasymmetri ur kvantfysikens tidsasymmetri (alternativ metod är formulerad i appendix X).

Kapitel 25

- Skissartad härledning av lagen om statistisk mekanisk tidsasymmetri, vilken dock kräver ytterligare empirisk verifikation.
- Metaforiskt stöd för lagen om generell statistisk tidsasymmetri i form av fysiska förgreningar mot framtiden.

Kapitel 26

- Hypotesen att universums begynnelsestillstånd har en särställning genom att – till skillnad från övriga tillstånd – utgöra någon form av villkor för universums totala utveckling.

Kapitel 27

- Modell som visar att kombinationen av en tidssymmetrisk kvantteori och antagandet att universums begynnelsestillstånd utgör ett villkor för universums totala utveckling kan ge upphov till vårt universums statistiska tidsasymmetri (mer stringent analys är presenterad i appendix VII.)

Kapitel 28

- Hierarkisk översikt över tjugotvå av universums tidsasymmetrier.
- Kortfattad beskrivning av sambandet mellan den subjektiva tidsupplevelsen och den objektiva tid som uppträder i form av en mätbar storhet inom naturvetenskapen.

Epilog

- Beskrivning ett kreativt skikt mellan de slumpartade skeendena på atomär nivå och de deterministiska skeendena på galaktisk nivå.
- Argument till stöd för att vårt universum sannolikt bör vara ett av de enklast möjliga av alla universum i ett förmodat multiuniversum.

Appendix I

- Analys av fyra statistiska asymmetrier med avseende på tiden, varav en inte har analyserats i tidigare arbeten.
- Beskrivning av en statistisk tidsasymmetri på metanivå, vilken kännetecknas av att statistisk T -symmetri men inte dess tidsomkastade motsvarighet äger giltighet inom fysiken.

Appendix II

- Formuleringar av *lagen om statistisk tidsasymmetri* och *lagen om statistisk mekanisk tidsasymmetri*.

Appendix III

- Bevis för att en betingad sannolikhet skild från noll och ett, som är translationsinvariant i tiden och som beskriver en tidskontinuerlig Markovprocess, måste vara tidsasymmetrisk.

Appendix IV

- Härledningar av tre former av "rate equations" med utgångspunkt från *lagen om statistisk mekanisk tidsasymmetri*.

Appendix V

- Formulering av *lagen om generell statistisk tidsasymmetri*.

- Demonstration av att två indeterministiska spel lyder *lagen om generell statistisk tidsasymmetri*.
- Demonstration av att en enkel storskalig indeterministisk process lyder *lagen om generell statistisk tidsasymmetri*.
- Resonemang till stöd för att blandning lyder *lagen om generell statistisk tidsasymmetri* (utförligt formulerat i kapitel 8).
- Belägg för att svarta håls utveckling lyder *lagen om generell statistisk tidsasymmetri*.

Appendix VI

- Formell beskrivning och analys av kvantfysikens tidsasymmetri.
- Bevis för att den neutrala K -mesonens T -brott inte innebär någon egentlig tidsasymmetri.
- Resonemang till stöd för att strålning ut från centrum (även radioaktiv sådan) lyder *lagen om generell statistisk tidsasymmetri*.
- Förslag om att CPT-symmetrin skall begränsas till den unitära utvecklingen av kvantprocesserna.

Appendix VII

- Formell analys av modell som visar att en tidssymmetrisk kvantteori i kombination med ett extremt begynnelsestillstånd kan ge upphov till ett modelluniversums statistiska tidsasymmetri.

Appendix VIII

- Härledning av *statistisk entropiskillnad*, vilket är ett mått på skillnaden i entropi mellan två tillstånd, varav det ena kan övergå i det andra i en isolerad process.
- Härledning av termodynamikens andra huvudsats ur formeln för *statistisk entropiskillnad*.
- Härledning av ett uttryck som beskriver antalet partiklar i en expanderande gas som en funktion av det statistiska sambandet för utveckling mellan begynnelse- och slutvolym.
- T -brottet beskrivs som ett kriterium för entropiskillnad mellan successiva tillstånd snarare än som kriterium för en egentlig tidsasymmetri.
- Beräkning av entropiskillnaden mellan en neutral K -meson och dess antipartikel.

Appendix IX

- Härledning av *statistisk entropiskillnad* vid kemisk ojämvikt.
- Formel för entropiskillnad mellan två mikroskopiska tillstånd i en kemisk process.
- Formel för entropiskillnad mellan ojämviktiga och jämviktiga tillstånd i en kemisk process.

Appendix X

- Skissartad härledning av termodynamikens tidsasymmetri från en modifierad "Past Hypothesis".

Appendix XI

- Härledning av ett statistiskt samband mellan begynnelse- och slutvolym samt antalet molekyler i en expanderande ideal gas.

Appendix XII

- Beskrivning av ett system bestående av en enda molekyl som uppvisar tidsasymmetrisk utveckling, vilken exakt motsvarar utvecklingen hos en expanderande gas bestående av en större mängd molekyler.

- Härledning av slutsatsen att slumpmässig kollision mellan två hårda sfärer i enlighet med *lagen om statistisk tidsasymmetri* sannolikt leder till utjämnade hastigheter mellan de ingående partiklarna, om kvoten mellan deras initiala hastigheter överstiger ett kritiskt värde.

- Beskrivning av den mikroskopiska grunden – med ursprung i *lagen om statistisk tidsasymmetri* – för spridning av värme.

Appendix XIII

- Resonemang till stöd för att upplevelsen av slowmotion i samband med livshotande situationer utgör det mest rättvisande uttrycket för den subjektiva upplevelsen av tidsflödet.

Nya begrepp

Lagbunden sannolikhet: sannolikhet som lyder lagen om relativa frekvensers stabilitet, lagen om frånvaro av systematiska mönster samt är translationsinvariant (kapitel 6).

Lagen om generell statistisk tidsasymmetri: generell fysisk lag som beskriver statistisk tidsasymmetri (kapitel 24 och appendix V).

Lagen om statistisk mekanisk tidsasymmetri: fysisk lag som beskriver statistisk tidsasymmetri i isolerade ojämviktiga processer (kapitel 24 och appendix II).

Lagen om statistisk tidsasymmetri: fysisk lag som beskriver statistisk tidsasymmetri i isolerade processer (appendix II);

Mikroskopiskt kaos: utveckling på mikroskopisk nivå i enlighet med lagbundna sannolikheter baserade på antagandet om fysisk symmetri (kapitel 16).

Omgivande villkorad sannolikhet: tidsberoende form av sannolikhet med två villkorstillstånd (kapitel 5).

Statistisk entropiskillnad: ett uttryck för entropiskillnad som är tillämpligt på såväl mikroskopiska som makroskopiska system (appendix IX).

Statistisk tidsasymmetri: utveckling som sker enligt framtidsriktad men inte dåtidsriktad lagbunden sannolikhet (kapitel 7).

Noter

Inledning

- ¹ Enligt Roeckelein (2008) var Herakleitos (ca 500 f.Kr./1997) och hans samtida de första som försökte att definiera och studera tiden. Ett tidigt försök att i skrift grundligt beskriva och förklara människans upplevelse av tid gjordes av Augustinus (ca 400/1990).

Maddox (1998) rankar sökandet efter "tidspilens" (eng. arrow of time) grundvalar som nummer två bland fysikens olösta problem (med förenandet av relativitetsteorin och kvantteorin på den främsta platsen). I en intervju i Geffer (2011) säger fysikern Sean Carroll: "Understanding how the arrow of time actually manifests itself in numerous circumstances – evolution, ageing, memory, causality, complexity – is still a wide vista of unanswered questions." Klimenko (2022, s. 862) skriver som redaktör till ett temanummer om "tidspilen" att "Explaining the asymmetry of the directions of time (the time arrow) is one of the major challenges for modern science."

- ² Edens (2001, s. 27) formulerar frågan på ett liknande sätt: "How to reconcile the macroscopic asymmetry of observed daily life processes, with the symmetrical microscopic fundamental laws (such as the laws of Newton) is the modern puzzle of time's arrow."

Elliott

- ³ Den som vill fördjupa sig i en matematisk analys av den förvirrade myrans rörelser i trädet hänvisas till avsnitt 7 i appendix I, där Franks och Elliotts "skisser" presenteras med allmänna lösningar. Se även avsnittet "Myran i trädet" slutet av kapitel 25.

Kapitel 1

- ⁴ Price (2011, s. 276) identifierar hos "the flow of time" tre komponenter som han menar var för sig skulle innebära ett stöd för ett objektivt tidsflöde, om de kunde försvaras:

(i) the view that the *present moment* is objectively distinguished; (ii) the view that time has an objective *direction* – that it is an objective matter which of two non-simultaneous events is the *earlier* and which the *later*; (iii) the view that there is something objectively *dynamic*, flux-like, or "flow-like" about time.

I förhandenvarande bok syftar begreppen "tidens gång" och "tidsflöde" på den sistnämnda komponenten (iii) av dem Price föreslår. Komponent (i) behandlas främst i början av kapitel 4. Komponent (ii) benämns "tidens riktning" eller "tids-asymmetri" och betraktas i förhandenvarande bok som fristående från tidsflödet och utgör liksom tidsflödet ett genomgående tema. Jämför not 9.

- ⁵ Se not 1 samt not 244, 253 och 254 för exempel på tänkare från olika tidsepoker och olika delar av världen som har tagit sig an tiden.
- ⁶ För ett par historiska citat som använder denna metafor, se not 244. Begreppet *nu* kan enligt Gruber m.fl. (2018) tillskrivas åtminstone två olika betydelser inom psykologin – en ögonblicklig tidpunkt och ett utdraget perceptuellt nu, som James (1890) har givit namnet *specious present* – samt ytterligare innebörder inom filosofin.

⁷ I hebreiskan och andra semitiska språk ligger det förflutna enligt Roeckelein (2000) framför oss, medan framtiden ligger bakom oss. Núñez och Sweetser (2006) hävdar dock – utifrån analyser av de gester som följer tidsuttryck – att det enda empiriskt belagda exemplet på en spatial tidsmetafor, som står i motsättning till den förhärskande uppfattningen att framtiden ligger framför subjektet, står att finna i språket Aymara som talas i Bolivia, Peru och Chile. I en stor översikt av en olika studier av faktorer som påverkar hur människor i olika kulturer placerar dåtida och framtida händelser drar dock Callizo-Romero m.fl. (2020) slutsatsen, att benägenhet att betrakta det förflutna eller framtiden som liggande framför eller bakom subjektet i hög grad beror på i hur hög grad individens temporala fokus. Individer som är fokuserade på det förflutna har enligt dessa forskare en tendens att betrakta detta som liggande framför dem, medan individer som är fokuserade på framtiden betraktar denna som liggande framför dem.

⁸ Alverson (1994) visar exempel på båda slag av metafor för tidsflödet i fyra olika språk (amerikansk engelska, mandarin, sesotho och hindi-urdu). Han drar efter grundliga analyser slutsatsen att skillnaderna mellan dessa språk med avseende på tiden är marginella, och att detta förmodligen avspeglar att människor i alla delar av världen har en likartad upplevelse av tid. Núñez och Sweetser (2006) ger en översikt över ytterligare forskning på spatiala metaforer för tid i språken engelska, wolof, chagga, kinesiska, turkiska, japanska och amerikanskt teckenspråk. Dessa författare beskriver dessutom ytterligare en form för spatiala tidsmetaforer, där sekventiellt ordnade objekt antas röra sig i tiden utan referens till något subjekt, och de visar att sådana metaforer förekommer i olika kulturer. Exempel på sådana metaforer är ”hösten följer sommaren” och ”din klocka går före”. Se även not 22.

Sinha (2014), som har uppmärksammat bristen på språkliga tidsbegrepp hos Amondawafolket i Amazonas (se not 244 och 249), utgår från antagandet att upplevelserna av tid i hög grad liknar varandra hos människor i olika kulturer. Däremot skriver han att sättet att *tänka* om tid skiljer sig radikalt (ibid. s. 62):

Nonetheless, even if the Amondawa have a similar phenomenological experience of time as a ‘passing’ of events, and even if for them, as for us, duration is a fundamental quality of experience, it seems that they do not think about or talk about time in the same way that ‘we’ (inheritors of a millennia-long tradition of time measurement, and of the progressive implementation of the clock and calendar as fundamental regulators of social life) think about it and talk about it.

Det framstår dock inte som rimligt att, som Sinha förefaller göra, förutsätta att upplevelse i stort sett är oberoende av språkliga begrepp och ”tänkande”, eftersom det finns starka belägg för motsatsen såväl i fråga om färgseende (Roberson m.fl., 2005) som i fråga om tid (se not 246–248 med tillhörande huvudtext).

⁹ Ismael (2015, s. 109) beskriver skillnaden mellan psykologisk och fysikalisk tid:

Time as experienced is said to have four properties that the physical image of time lacks: (i) Asymmetry: there are dynamical asymmetries in the behavior of macroscopic systems that make it easy to distinguish a film of everyday macroscopic processes run forward from their temporal reverse; (ii) Flow: at any given moment, the world seems to be changing, or in flux; (iii) Passage: when we look back over our histories, we see that what was once future is now present, and what was once present is now past; (iv) Openness: at any given moment, there is one possible past and many possible futures.

Jämför not 4.

¹⁰ Callender (2017, s. 21) skriver: ”Physics has always sufficed without positing an A-series. Aristotelian physics, Newtonian physics, Einsteinian physics, and quantum mechanics all manage without positing a special now.” För referens angående A-

och B-serier, se not 108, och för fler referenser angående synen på nuet inom fysiken, se not 113 där även en avvikande åsikt nämns.

- ¹¹ Lucretius förnekade tidens existens redan första århundradet e. Kr. (Lucretius, ca 100 e. Kr/1972). I början av förra seklet förnekade J. M. E. McTaggart (1908) tiden utifrån vad han betraktade som motsägelser i dess natur. Många fysiker betvivlar att tiden kommer att vara ett grundläggande begrepp i en framtida teori som förenar kvantfysik och relativitetsteori (exempelvis Barbour, 1994; Rovelli, 1997). I den så kallade Wheeler-DeWitt-ekvationen, som är ett steg mot ett sådant mål, saknas också tiden som variabel (Callender, 2010b).
- ¹² Den åsyftade historikern är Lundmark (1993) som med utgångspunkt från Wittgenstein (1958) hävdar att tiden inte "finns därute", eftersom tidsbegreppet inte låter sig definieras entydigt. Hur Lundmark i sin tur definierar "finnas" framgår dock inte. Den åsyftade filosofen är McTaggart (1908) som omnämns i not 11. Angående försök att definiera tid, se not 309 samt kapitel 15 i förhandenvarande bok.
- ¹³ Citatet är översatt från Rovelli (1997, s. 213). För fler referenser om tidens ifrågasatta existens från fysikers sida, se not 320 och 325.
- ¹⁴ Callender (2017, s. 110) skriver: "The philosophers advocating timelessness all suffer a common flaw too: these arguments succeed in eliminating time only by raising the standards for what counts as time impossibly high." Callender (2017, s. 113) föreslår i stället en kompromiss: "fundamentally, there is no time, but nonetheless time (and with it change, predictions, and so on) arises in certain regimes."
- ¹⁵ Ett välformulerat försvar för tidens existens som parameter i framtida fysiska teorier finns hos Smolin (2001).
- ¹⁶ Östergren (1964) ger ordet tid följande fem huvudbetydelser: (a) den oavbrutna, opåverkbara följd av timmar, dagar och år, (b) tidsålder, tidsperiod, tidsavsnitt, skede, (c) tillfälle, (d) tidpunkt o.d. och (e) begrepp för att beskriva tidsangivelsernas variationer på olika delar av jordklotet o.d.
I Nationalencyklopedins ordbok (1996) anges sex betydelsenyanser av ordet tid, utan att dessa delas in i ytterligare kategorier. Denna reducering av tidsbegreppets komplexitet har skett till priset av att den subjektiva, omedelbara betydelsen av tiden som ett flöde i princip helt har utelämnats.
- ¹⁷ I en utgåva av Svenska akademins ordbok (2006) anges dessa tre huvudbetydelser av tid. Det motsvarande engelska ordet *time* skiljer sig något från det svenska, och Evans (2005) finner i sin språkliga analys åtta olika distinkta betydelser samt drar slutsatsen att tid som varaktighet (eng. *duration*) är den mest grundläggande och ursprungliga betydelsen.
- ¹⁸ Begreppet dimension avhandlas i kapitel 15.
- ¹⁹ Gruber m.fl. (2020, s. 2) skriver:
[...] an investigation of time should include all human temporal experiences and then it must contrast them (with experiments) to what physics (particularly spacetime cosmology) has to say about those very same phenomena. After all, there would appear to be but one time.
- ²⁰ Goody (1988, s. 26) skriver:
We aim to understand that GT [government time] and 'scientific' time and the absolute time of Newton or providence *do not* provide the framework for an eternal universe in which we, mortals, briefly and helplessly live. The humanly imagined forms of time are not absolute or primary. They are derivations, abstractions, perceptions, language forms *of our own creating*. They are secondary 'studies in transcendental technique' made possible by the primary, pre-existing, private time which the nervous system subserves.
- ²¹ För tid förknippad med rörelse, se not 309.

Kapitel 2

- ²² Block m.fl. (1996) jämför svar från studenter från USA, Japan och Malawi på frågor om upplevelse av tiden och dess flöde, och de fann en relativt stor enighet om att "time progresses from past to future". De två första historiska vittnesbörden om ett tidsflöde som författaren till förhandenvarande bok har lyckats finna är Konfucius (500 f.Kr./2016, s. 122), som lär ha sagt stående vid en flodstrand "Allt flyter, oupphörligt, dag som natt", och Platon (ca 400 f.Kr./1985) som talar om "det som födes och rör sig i tiden".

Somliga antropologer har hävdade att naturfolk har en radikalt annorlunda tidsupplevelse än den moderna människan (Evans-Pritchard, 1940; Murungi, 1980; Whorf, 1956), men mycket tyder på att dessa påståenden är starkt överdrivna. Friedman (1990) anser att skillnaderna mellan industriella och traditionella kulturer är ganska små med avseende på sådan upplevelse. Antropologen Alfred Gell (1992) skriver att det inte existerar något "sagoland", där människor upplever tiden markant annorlunda, vare sig i fråga om tidens gång eller med avseende på någon annan aspekt. Angående tidsupplevelse som kulturberoende, se även not 94 och 254. För empiri om detta, se not 8 och 249.

- ²³ Dicks (2016, s. 5) skriver:

In order to define such a *flow of time* we need two things: first, something that is doing the flowing, something that executes the flow-motion; and second, we need something with respect to which the change in the flowing subject can be defined. Both things are missing in Newtonian space-time.

- ²⁴ För välformulerad kritik av teorier som bygger på förekomsten av ett objektivt tidsflöde, se Smart (1980). Davies och Gribbin (1991) framför liknande synpunkter.

- ²⁵ Schlesinger (1980) försöker på ett motsägelsefritt vis ge objektiv mening åt begreppet *tidsflöde* med hjälp av en extra tidsdimension. Redan på 300-talet föreslogs förekomsten av två tidsdimensioner – varav den ena är förknippad med ett konstant flöde från framtid till förflutet – av den grekiske filosofen Iamblichus (Turetzky, 1998). Se även not 322.

- ²⁶ För tämligen välartikulerade teorier om ett objektivt tidsflöde, se McCall (1976), Schlesinger (1980), Ellis (2013), Holster (2004) samt Cortés och Smolin (2015). Se referenser i Gruber m.fl. (2020) för ytterligare förslag av detta slag. Emellertid verkar flertalet teorier om tidsflödet utgå från att det är av subjektivt ursprung (se not 253), och Hartle (2005) undergräver hypoteser om förekomst av ett objektivt tidsflöde genom att ge belägg för att det skulle innebära evolutionära nackdelar för en informationsprocessande robot i en värld utan ett objektivt nu, att *inte* dela upp tiden i förflutet, nu och framtid. Eftersom det inte finns något empiriskt stöd för raden av fantasifulla förslag på hur upplevelsen av tidens flöde kan ges en fysikalisk grund, kommer dessa förslag inte ägnas någon nämnvärd uppmärksamhet i denna bok, särskilt som den subjektiva upplevelsen kan förklaras utan att själva flödet tillskrivs någon fysikalisk realitet (se kapitel 12).

- ²⁷ Exempelvis saknar decibel, som anger ljudstyrka, dimension. För ytterligare ett exempel på dimensionslös enhet av typen tidsenhet per tidsenhet, se not 77.

- ²⁸ I mindre vetenskapliga sammanhang kan dock hastighet mätas i andra enheter än sådana som uttrycker en relation mellan längdenhet och tidsenhet. Exempelvis är det helt rimligt att konstatera att "ljudet blev hastigt starkare", vilket kan mätas i enheten decibel per sekund, att "smärtan växte långsamt i styrka", där enheten kan vara subjektiva smärtenheter per timma, eller att "vinterkylan kom fort i år", där enheten skulle kunna vara temperaturgrader per dygn.

- ²⁹ Skillnad mellan hög tidshastighet vid rolig sysselsättning och låg tidshastighet vid tråkig sysselsättning framkommer såväl vid spontan skattning av denna hastighet (Wearden, 2015) som vid skattning av objektiva tidsintervall (Gable och Poole,

2012). Upplevelse av sådan skillnad tycks dessutom återfinnas i olika kulturer (Block m.fl., 1996). För mer om emotionella faktorerets betydelse, se not 51 och 52.

- ³⁰ Edmonds, m.fl. (1981) lät försökspersoner (utan att på förhand veta att experimentet gällde tidsupplevelse) skatta antingen en minut eller fyra minuter långa tidsintervall efter att ha väntat på en positiv, neutral eller negativ händelse. De som hade positiva förväntningar (liksom Bodil som längtar efter slutsignalen) överskattade enminutsintervallet med i medeltal 14 %, medan de andra två grupperna underskattade det samma med 31 % respektive 38 %. I fråga om fyraminutersintervallet framkom liknande skillnader mellan grupperna. För en annan välbekant situation där positiv förväntan påverkar tidsskattning, se not 380.

Emellertid finns skäl att tro att tidsskattningen för åskådare på en fotbollsmatch kompliceras av andra emotionella faktorer, som exempelvis ilska och känslolintensitet, vilka vid sidan av förväntan har visat sig leda till förändrad skattning av tidsintervall (Campbell & Bryant, 2007; Droit-Volet & Meck, 2007). Block och Gruber (2014) skriver att uppmärksamhet kan förmodas påverka bedömningen av den återstående tiden av en fotbollsmatch men tar inte ställning till om detta leder till felskattningar.

I en studie av Noulhiane m.fl. (2007) visar sig tidsskattningarna vid prospektiv tidsskattning (d.v.s. då personen i fråga på förhand vet att tidsintervallet skall skattas) ge längre skattningar av tidsintervall (d.v.s. att tiden går långsammare) för en person som hör ett obehagligt ljud, än för en person som hör ett positivt laddat ljud. Här kan förväntningar om att få slippa respektive få fortsätta njuta av ljudet tänkas spela roll. Dock går tiden enligt denna studie som mest långsamt vid neutralt stimuli, vilket förmodas bero på att högre grad av upphetsning (eng. *arousal*) ger längre prospektiva tidsskattningar. Angrilli m.fl. (1997) ger använder visuella stimuli och får något annorlunda resultat, vilket Noulhiane m.fl. (2007) menar beror på skillnader i processandet av auditiva och visuella stimuli.

- ³¹ Dock innebär inte den subjektiva felskattningen av tiden att den subjektiva upplevelsen av *alla* tidens aspekter ändras. Sålunda visar experiment och erfarenhet att fenomen som exempelvis frekvens i fråga om ljud och blinkande ljus *inte* påverkas av att tiden upplevs gå fortare eller långsammare än vanligt (Pariyadath & Eagleman, 2007).

- ³² Inom den del av psykologin som behandlar subjektiv skattning av tid, förekommer detta sätt att mäta tidshastighet flitigt. McGrath och O'Hanlon (1967) använder termen "rate of subjective time" för kvoten (subjektiv tid)/(objektiv tid), medan Neuringer och Harris (1974) benämner den "rate of phenomenal time flow". Bentov (1977 enligt Newman, 1982) har infört termen "index of consciousness" för samma kvot, medan Hicks (1992) använder beteckningen "subjective time rate", och Block och Zakay (1997) samt Hancock och Weaver (2005) föredrar "duration judgment ratio" (DJR). Se även not 75.

- ³³ Modeller för prospektiv (det vill säga på förhand aviserad) tidsskattning upp till någon minut beskrivs av exempelvis Thatcher (1979), Block och Zakay (1996, 2008), Wearden (2001) samt Droit-Volet & Meck, 2007). Dessa modeller bygger på uppmärksamhet och något som liknar ett räkneverk (eng. *accumulator*). Se även not 62.

- ³⁴ För en god beskrivning av forskning och teorier rörande retrospektiv (tillbakablickande) skattning av tidsintervall, se Block och Zakay (1997, 2008), som menar att beläggen för betydelsen av stimulinas komplexitet och därmed mängden inkodade minnen är tydligare i vid retrospektiv än vid prospektiv skattning (omväxlande stimuli ger längre retrospektiva skattningar av tidsintervall). För långa intervall är beläggen för betydelsen av mängden inkodade minnen inte lika tydliga, vilket delvis kan bero på att upplevelsen av dessa intervall inte har ägnats lika stor

uppmärksamhet. Dock tyder forskningsresultaten på att även långa tidsintervall upplevs som längre vid högre upplevelseintensitet, exempelvis vid jämförelse mellan upplevelse av dagtid och natttid (Campbell, 1997), vid olika kroppstemperaturer (Campbell m.fl., 2001), under grottvistelser (se not 35) och vid upplevelse av accelererande tid med stigande ålder (se not 88). Stöd för hypotesen att även i efterhand spontant upplevd tidshastighet är beroende av upplevelseintensitet finns i not 49 och 88 samt i appendix XIII, avsnitt 5, där det framkommer att sådan tidshastighet bygger på samma sorts skattningar som retrospektiv klocktidsgrundad tidshastighet.

³⁵ En studie som tydligt visar på vidden i felskattningar av objektiva tidsintervall är McGrath och O'Hanlon (1968), där tidshastigheten mätt i subjektiva sekunder per objektiv sekund (DJR) för enskilda individer spänner från 0,26 till 2,62 vid produktion av ett tidsintervall på 2 minuter och mellan cirka 0,5 och 2 för tidsintervall på 1, 4 och 8 minuter. I fråga om mycket långa tidsintervall trodde två personer som befunnit sig i isolerade grottor 58 respektive 174 dagar att de hade vistats ungefär hälften så lång tid i sin grotta som de i själva verket hade gjort (Fraissee, 1973). Skattning av timplånga intervall vid isolering uppvisar en liknande grad av underskattning (Aschoff, 1985), vilket innebär en subjektiv tidshastighet omkring 0,5 subjektiva sekunder per objektiv sekund.

³⁶ Albert (1978) redovisar studien med de manipulerade klockorna, där dock ingen direkt fråga tycks ha ställts till deltagarna om huruvida de misstänkte att klockorna visade felaktig tid. Sackett m.fl. (2010) ställde däremot en direkt sådan fråga rörande en faktiskt 7,5 minuter lång uppgift bestående av att lösa anagram, som påstods ta 5 respektive 10 minuter i anspråk, och i denna studie uppgav 5 av 109 deltagare att de misstänkte att klocktiden hade manipulerats efter att detta hade föreslagits som en möjlighet. Gissningsvis påverkar tidsintervallets längd hur svår en manipulation är att upptäcka.

³⁷ Den största överskattning av tidsintervall som författaren till förhandenvarande bok har funnit är hos Bschor m.fl. (2004), där enstaka maniska individer upplevde att en knappt 13 minuter lång naturfilm från Tanzania var mer än tre gånger så lång som den faktiskt var, medan de 30 maniska försökspersonerna i medeltal uppskattade att den var 28 minuter, d.v.s. mer än dubbelt så lång som i verkligheten. Gissningsvis kan denna kraftiga överskattning av tidsintervallen (jämfört med not 47) bero på att maniska personers skattningar är särskilt känsliga för uttråkning.

³⁸ Se not 28.

³⁹ I relativitetsteorin används i stället termen *tidsdilatation* (se sidan 166) som benämning på att samma tidsintervall har olika längd utifrån olika referenssystem.

⁴⁰ Se not 32 och 75. I artiklarnas rubriker tillåter sig dock forskarna ofta att använda termer som "passage of time" (åtskilliga exempel finns i källförteckningen).

⁴¹ Martinelli och Droit-Volet (2021, s. 2) skriver: "There are very few studies that have experimentally investigated PoT [passage of time] judgments in the laboratory." PoT judgment motsvarar *spontan upplevd tidshastighet* i förhandenvarande bok.

⁴² Doob (1971) var tidig med att särskilja den omedelbara upplevelsen av tiden, som han kallade *primary judgment*, från klocktidsbaserad tidsskattning. Wearden (2015, s. 167) beskriver de utmärkande dragen hos spontant upplevd tidshastighet och menar att den är särskilt känslig för positiv och negativ förväntan.

⁴³ Diskrepans mellan spontant upplevd tidshastighet och skattning av objektiva tidsintervall framgår av not 46. Den har också visat sig vid hypomani (se not 47), vid sensorisk deprivation (Reed, 1979), flow (Rutrecht m.fl., 2021) samt under meditation (Droit-Volet & Heros, 2017).

Motsättning mellan spontan bedömning av tidshastighet å ena sidan och skattning av objektiva tidsintervall å andra sidan har även framkommit hos deprimerade.

erade personer i flera olika studier (för metaanalys, se Thönes och Oberfeld, 2015), där tidsintervallen bedömdes såväl under tiden de pågick (d.v.s. prospektivt) som i efterhand (d.v.s. retrospektivt). I andra studier återfanns dock inte denna motsättning beträffande depression (Bschor m.fl., 2004), medan den däremot förekom vid mani (se not 47). Oberfeld m.fl. (2014) spekulerar i att skillnaderna mellan olika studiers resultat kan bero på om skattningen av den spontana bedömningen av tidshastighet sker i (stimulerande) laboratoriemiljö eller i (enahanda) hemmiljö.

⁴⁴ Wearden (2015, s. 165) ger ett liknande exempel: ”Q: ‘How long were you in the queue for?’ A: ‘About 5 min, but it felt a lot longer’.”

⁴⁵ Droit-Volet och Wearden (2016), Sackett (2010), Watt (1991) och Wearden (2015) använder en sådan sjugradig skala i sina studier av spontant upplevd tidshastighet.

⁴⁶ Droit-Volet och Wearden (2016), Droit-Volet m.fl. (2017) samt Droit-Volet m.fl. (2018) har utfört en serie experiment, där det inte kan konstateras något signifikant samband mellan spontant upplevd tidshastighet av tidsintervall och förhandsaviserad (prospektiv) skattning av objektiva tidsintervall mellan 0,1 och 33 sekunder. Beträffande tidsintervall mellan 2 och 32 minuter kunde däremot Droit-Volet m.fl. (2018) finna ett sådant samband. I Droit-Volet m.fl. (2017) första experiment framkommer dessutom beträffande tidsintervall mellan 3 och 7 sekunder ett signifikant negativt samband mellan å ena sidan graden av glädje och längden på producerade tidsintervall (vilket indikerar att tiden går långsammare med ökad glädje) och å andra sidan ett positivt samband mellan graden av glädje och spontant upplevd tidshastighet. Droit-Volet m.fl. (2017) visar därmed en direkt motsättning mellan klocktidsbaserad upplevd tidshastighet och spontant upplevd tidshastighet.

⁴⁷ Mezey och Knight (1965) studerade lindrigt maniska personer och fann att dessa med statistisk signifikans skattade 3 sekunders pågående tidsintervall som längre än vad icke maniska personer gjorde. Skillnaden mellan de maniska personernas och kontrollpersonernas skattningar var däremot inte statistiskt signifikant vid produktion av 30 sekunder långa tidsintervall. Spontant upplevde personerna med mani snarare tidshastigheten som *snabbare* (dock ej statistiskt signifikant), när de var i akut manisk fas än då de hade tillfrisknat. Bschor m.fl. (2004) fann en liknande motsättning mellan skattade tidsintervall och hos maniska personer, vilken visade statistisk signifikant skillnad gentemot kontrollgrupp såväl i fråga om spontant upplevd tidshastighet som i fråga om på förhand aviserad (prospektiv) skattning av ett tidsintervall på knappt 13 minuter. Se även not 37.

⁴⁸ Se not 43.

⁴⁹ Wittmann (2017, s. 88) beskriver sådan motsättningen mellan skattning av pågående och passerad tid:

The time paradox holds for shorter temporal durations – when we first experience half an hour of lived time and then look back at the same interval. However, when it is a matter of evaluating years or decades – as is the case for a lifetime – only the retrospective dimension, that is, the fullness of memory plays a role.

Att referenspunkten har betydelse genom att händelsefattig tid i efterhand upplevs gå fortare än händelserik tid konstaterades redan av James (1890).

Denna så kallade *semesterparadox* – myntad av Hammond (2012) – har fått sitt namn av att en semester ofta känns kort i pågående men lång i efterhand. Olika sinsemellan motsägande förklaringar har givits: mängden av minnen (James, 1890), kontrasterande önskemål om hastig respektive långsam tid (Doob, 1971; se citat not 51) samt olika grad av uppmärksamhet på tidens gång (Buanomano, 2017; Coull m.fl., 2004; Michon, 1978).