

Submitted to the Faculty of Educational Sciences at Linköping University in partial fulfilment of the requirements for the degree of Doctorate of Philosophy

Studies in Science and Technology Education No 17

# **Från Novis till Expert: Förtrogenhetskunskap i kognitiv och didaktisk belysning.**

**Lars-Erik Björklund**

**Nationella forskarskolan i  
naturvetenskapernas och teknikens didaktik**

**fontD**



**Linköpings universitet**  
**UTBILDNINGSVETENSKAP**

Linköpings universitet, Institutionen för samhälls- och välfärdsstudier,  
Norrköping 2008

Studies in Science and Technology Education (FontD)

The Swedish National Graduate School in Science and Technology Education, FontD, <http://www.isv.liu.se/fontd>, is hosted by the Department of Social and Welfare Studies and the Faculty of Educational Sciences (OSU) at Linköping University in collaboration with the Universities of Umeå, Karlstad, Stockholm, Linköping (host) and the University of Colleges of Malmö, Kristianstad, Kalmar and Mälardalen. FontD publishes the series *Studies in Science and Technology Education*.

Distributed by:

The Swedish National Graduate School in Science and Technology Education, FontD,  
Department of Social and Welfare Studies  
Linköping University  
S-601 74 Norrköping  
Sweden

Lars-Erik Björklund (2008)

Från Novis till Expert: Förtrogenhetskunskap i kognitiv och didaktisk belysning.

ISSN 1652-5051

ISBN: 978-91-7393-894-5

Copyright: Lars-Erik Björklund

Printed by: LiU-Tryck, Linköping University, Linköping, Sweden

## INNEHÅLL

Förord.....	iv
1 Inledning .....	1
Vetenskap och beprövad erfarenhet.....	1
Professionsutbildningar.....	2
Experten - den förtrogne praktikern.....	3
Avhandlingens mål .....	5
Syfte.....	5
Forskningsfrågor.....	5
Avhandlingens struktur.....	6
2 Val av metod.....	9
Forskningsansats.....	9
Kvalitet på källor och data .....	10
Analysverktyg.....	13
Repertory Grid Technique .....	17
Forskningsetisk analys av Repertory Grid - studien.....	18
Källor: Databaser och tidskrifter.....	19
3 Experter och expertis .....	23
Forskning på experter och expertis.....	23
Experters egenskaper och förmågor.....	24
Dreyfus: Hur Novisen blir Expert.....	26
Steg 1: Novisen.....	28
Steg 2: Avancerad nybörjare.....	28
Steg 3: Kompetent.....	30
Steg 4: Den skicklige .....	32
Steg 5: Experten.....	33
Debatt om bröderna Dreyfus och deras beskrivning av Experter.....	36
Teori och Praktik.....	37
Tacit Knowledge.....	38
Förtrogenhetskunskap .....	42
Sammanfattning .....	42
4 Kreativitet, skapande och pedagogisk bedömning i skolan.....	45
Skapande verksamhet i skolans teknikämne.....	45
Teknik och Design.....	46
Designprocessen: Funktion till struktur.....	46
Nya modeller för undervisning om design och skapande.....	50
Portföljvärdering av elevers skapande arbete i bild.....	51
Produktkriterier.....	51
Processkriterier .....	53
Sammanfattning .....	58
5 Problemlösning, allmänt och i teknikens värld.....	59
Teorier och modeller kring problemlösning.....	59

Artefaktens funktion och struktur.....	62
Structure-Behaviour-Function .....	67
Designprocessen .....	69
Skillnad i Novisers och Experters problemlösningsprocess .....	71
Komplexitet i stora tekniska system .....	76
Sammanfattning .....	79
<b>6 Implicit lärande och implicita minnen .....</b>	<b>81</b>
Två kognitiva system .....	82
Explicita minnen .....	82
Implicit inläring och minnen.....	83
Neurofysiologisk förståelse av det implicita systemet.....	88
Studier av implicita minnens aktivitet .....	90
Sammanfattning och slutsatser .....	92
<b>7 Förmågor beroende av Implicita system.....</b>	<b>95</b>
Inledning .....	95
Kognitiv teoretisk modell med tolkningar .....	95
Förmågan att se och upptäcka.....	98
Det explicita systemet ser på världen.....	98
Det implicita systemet ser på världen .....	99
Studier som visar på två olika sätt att se .....	101
Att se med hjälp av tidigare lagrade mönster.....	103
Att se sekvenser och att förutsäga framtiden .....	105
Två sätt att kategorisera .....	105
Amygdala påverkar observationsförmågan .....	106
Ett parallellt, implicit synsinne .....	107
Oförmåga att se .....	108
Att bedöma och att ta beslut.....	109
Exempel på studier av bedömningsförmåga .....	111
Att bedöma skapande arbete, en Repertory Grid-studie .....	114
Att ställa en medicinsk diagnos .....	118
Att ta beslut under press.....	120
Att träna beslutsfattande .....	122
Att agera.....	123
Behaviorismen och de implicita systemen.....	123
Att agera under stress.....	123
Automation och simultankapacitet .....	125
Idrottsutövning under explicit eller implicit kontroll.....	126
Sammanfattning, syntes och slutsatser .....	129
<b>8 Diskussion och implikationer .....</b>	<b>131</b>
En modell för förtrogenhetskunskap.....	131
Tidigare forskning om tyst kunskap i ny belysning.....	132
Tacit knowledge enligt Polanyi .....	132
Utveckling av expertis enligt Dreyfus .....	133
Beprövad erfarenhet.....	134
Didaktisk diskussion och implikationer.....	136
Minnen av kontext och situation.....	136

Det utsagda och självklara .....	136
Problemlösningsförmåga .....	137
Hur skapas implicita minnen .....	139
Förtrogenhet som färdighet att se och urskilja.....	140
Reflektionens roll för implicita minnen .....	142
Förtrogenhet i att bedöma .....	143
Att använda sina implicita minnen .....	144
Att våga lita på sin intuition.....	144
Implikationer för skolans teknikämne .....	145
Design och konstruktion .....	145
Att se och förstå komplexa system .....	146
Begreppsförståelse och Conceptual change.....	147
Implicita minnens betydelse för våra forskningsmetoder.....	148
Intervjuteknik, experter kan mer än de kan berätta om .....	148
Repertory Grid lyfter experters tysta kunskap .....	150
Analys, att skapa mening i en observation.....	151
Vetenskap och beprövad erfarenhet.....	151
Slutord.....	152
English summary .....	153
From Novice to Expert: .....	153
Intuition in a Cognitive and Educational Perspective.....	153
The Intuitive Practitioner: .....	157
Referenser .....	167
Bilaga 1 The Repertory Grid Technique.....	186

## Förord

Under min uppväxt i Dalarna fick jag glädjen att uppleva såväl naturens sällsamheter, musikens, konstens och inte minst ordets sällsamma kraft och påverkan på oss människor. Min pappa Svante var folkskollärare och kantor, han hade velat bli arkitekt och fyllde vårt hem med musik och tavlor. Han lärde mig att fotografera och tillbringade många kvällar i mörkrummet tillsammans med mig. Förväntansfullt studerade vi bilderna som så magiskt växte fram i framkallningsskålen. När han gick i pension fick jag ärva hundratals med böcker om pedagogik och psykologi. Min mamma Margareta lärde sig köra bil och att spela tvärflöjt vid trettio års ålder. Hon har sedan som musiklärare glatt unga elever i hela sitt liv. Hon läste Pelle Svanslös för mig redan som litet barn och lärde mig uppskatta allt det som finns i litteraturens värld. Ett tidningsurklipp från 1962 visar en gänlig 9-årig gosse med veckans biblioteksfynd i en välfylld kasse på väg hem till underbara äventyr i fjärran länder och tidsåldrar. Min därmed uppövade förmåga att läsa snabbt och effektivt har varit mig till ovärderlig hjälp i min karriär, till civilingenjör, som lärare och nu som forskarstudent. Min lillebror, Thomas, ratade böckerna och ogillade stillasittandet i skolan. Han blev en handlingens man, som genom att undersöka, pröva och testa lärde sig inte bara ”veta att” utan också ”veta hur”. Det han inte kan om bilar, båtar, motorer, navigation, kameror, dykning, bergsklättring och websidesdesign är inte värt att veta och framför allt, mycket av hans kunskaper och förtrogenhet med världen går inte att läsa sig till. I ett hem vibrerande av skaparlust, fyllt av musikinstrument, verktyg, penslar, böcker, tavlor, handarbeten, pyssel och knåp växte det upp två så olika gossar och det känns underbart att med den här avhandlingen knyta ihop säcken, att visa hur kunskap kan manifesteras på olika sätt och bygga på såväl beprövad erfarenhet som boklig kunskap.

Ett avhandlingsarbete kan synas vara en ensam individs kamp mot tiden och det tomma papperet, men kan inte utföras utan stöd och uppmuntran av en stor skara nära och kära. Min fru Katarina som är van vid mina vansinniga projekt, tack för att Du stod ut med att hantera en familj och två hus på egen hand, tack för alla gånger Du lyssnat, lugnat, läst, kommenterat och kramat om mig. Tack Erika för att Du finns där med dina kloka kommentarer och att Du inte glömt bort att jag är din pappa. Tack My för att Du svarat på mina konstiga frågor och för att Du fortfarande inte gett upp hoppet om att vi ska skapa

fantastiska sagor tillsammans. Bland mina lärarkollegor finns de som inte vetat vad jag gör men ändå stöttat mig och trott på mig genom alla dessa år: Jan, Sven, Lars-Alfred och många fler på min gamla fysikinstitution. Tack alla nya vänner jag fått i FontD: Eva, Margareta, Britt, Ian, Ola, Mathias, Magnus, Maria, Per, Pernilla, Anders, Fredrik och alla andra som jag suttit och arbetat tillsammans med i kurser och seminarier. Tiden i Norrköping, speciellt de sista åren har förgyllts av djupa diskussioner om system och komplexitet med min ”teknikpartner” Classe Klasander och biologen Carl-Johan Rundgren. Men man behöver stöd för att skriva också, människor som ger sig tid att läsa, reflektera och ge återkoppling. Tack till FEST-gruppens medlemmar; Anna, Ann, Peter, Leif och andra som vid olika tillfällen dykt upp vid seminarier och diskussioner för att kommentera texten som skickades samma natt. Tack Jan Schoultz för diskussionerna vid köksbordet i Åtvidaberg. Tack Aadu Ott och Anders Redfors som läste och kommenterade mitt slutseminarium. Tack till min vänner Karin Runyeon, Pia Jansson och Gunilla Rainer för er hjälp att läsa korrekturet. På FontD ska min doktorandkollega Karin Stolpe ha ett extra tack för all den tid hon la ner på att läsa och kommentera min snåriga och i vissa stycken miserabla text. Tack ni andra som arbetat på FontD; Anna Ericson som med oändligt lugn och alltid med ett leende hållit ordning på oss förvirrade doktorander, Föreståndaren Helge Strömdahl som aldrig lyckades samla alla till sin älskade surströmmingsskiva, Thomas Ginner för ditt stöd och alla dina spännande studiebesök, Lena Tibell med sin vackra ö och aldrig sinande entusiasm, Jan-Erik Hagberg den eftertänksamme och alla andra som skapade en spännande och intressant forskarutbildning i Naturvetenskapernas och Teknikens Didaktik.

Och slutligen ett oändligt stort tack till min handledare Lars Lindström som lät mig göra denna fantastiska resa på kunskapens hav utan att alltför ofta kritisera mina utflykter och utsvävningar i litteraturen. Med din hjälp hittade jag till slut en kurs mot en vänligt sinnad hamn, och även om skutan är medfaren och saknar akribi så finns i lastrummet en last som jag nu överlämnar till läsaren att värdera.

Linköping i april 2008

Lars Björklund





# 1 Inledning

## Vetenskap och beprövad erfarenhet

*Undervisningen skall vila på vetenskap och beprövad erfarenhet* är en uppmaning inskriven i styrdokumentet för skolan. Samma uppmaning gäller andra områden där det allmänna levererar tjänster, exempelvis sjukvård, socialvård och rättsvård. Inom många områden och i takt med förändringar i utbildningssystemen har det skett en förskjutning från beprövad erfarenhet mot vetenskaplighet, mätbarhet, spårbarhet och rationalitet. I denna förskjutning ingår också en minskad tro på värdet av förtrogenhet och icke verbaliserbar, tyst eller dold kunskap. Inom min egen värld som lärarutbildare är denna trend tydlig. Gångna tiders metodiklärare som ofta var erfarna praktiker från fältet har ersatts med teoretiskt utbildade didaktiker, ibland utan större lärarerfarenhet men med en gedigen vetenskaplig bakgrund.

Syftet med den här avhandlingen är att bidra till förståelsen av erfarenhetsbaserad kunskap, det vi ibland refererar till som färdigheter, förmågor och i slutändan förtrogenhet.

Området har tidigare behandlats av såväl filosofer som pedagoger och inte minst genom den forskning som har bedrivits kring experter och expertis.

Jag väljer i avhandlingens ena del att belysa området ur två andra perspektiv, dels det neurokognitiva forskningsfältet, dels det didaktiska. Genom att sammanställa, integrera och jämföra resultat från psykologins, beteendevetenskapens, neuromedicinens och neurofysiologins forskningsfält försöker jag skapa en modell för hur en individ bygger förtrogenhet inom ett speciellt fält, en förtrogenhet som leder till expertis. Då mina data kommer från studier av människor i olika roller och situationer, är resultatet inte fokuserat på en viss yrkesgrupp i en viss situation. Mina slutsatser och den modell jag använder kan därför användas för att beskriva och förstå olika aktörer i olika sammanhang.

I den andra delen av min avhandling fokuserar jag på tre aspekter av förtrogenhet som låter sig beskrivas och förklaras av min modell: Förmågan att se och upptäcka, förmågan att bedöma samt förmågan att ta beslut och att agera. Även den här delen av avhandlingen bygger framför allt på andras studier av människors beteende såväl under kontrollerade betingelser som i naturligt förekommande situationer. Dessa resultat använder jag sedan för

att diskutera tidigare forskning om expertis, lärande, problemlösning, omdöme med mera. I ett avslutande kapitel för jag resonemanget vidare mot implikationer för skolan och forskningen.

Inom många vetenskaper är den normala verksamheten inriktad mot att förstå och beskriva det egna fältets fenomen med en, för varje område, egen uppsättning pusselbitar. Ett vetenskapligt bidrag anses den tillföra, som antingen med egen empiri skapar nya pusselbitar och/eller hittar nya och mer användbara sätt att sammanfoga de bitar som redan finns. Denna normalvetenskap skapar med tiden allt större förståelse inom ett fält. Den bild som bitarna ger upphov till blir tydligare och mer användbar för att inte bara beskriva utan också att förstå ett fenomen.

I den här studien söker jag befintlig kunskap från olika forskningsfält, letar pusselbitar ur andras lådor, bitar som passar samman för att utvidga eller fördjupa bilden av mina egna forskningsobjekt. Mitt bidrag till vetenskapen blir då inte att skapa nya pusselbitar utan att finna och föra samman bitar i ett mönster som ingen annan prövat. Jag gör inga anspråk på att utveckla kunskapsinnehållet i t.ex. neurofysiologi eller experimentalpsykologi utan mitt mål är att utvidga didaktikens förståelse av kunskap och speciellt den kunskap som är relaterad till erfarenhet och praktik i skapande verksamhet. Förhoppningsvis kan detta användas för att vidareutveckla undervisningen i olika professionsutbildningar.

## Professionsutbildningar

I all slags professionsutbildning är målet att tydliggöra en del av den kunskap, den förmåga, förståelse och förtrogenhet en erfaren praktiker innehar för studenten eller lärjungen. Detta gäller speciellt utbildningar till lärare, läkare, brandmän, ingenjörer, piloter och andra yrken som verkar inom områden som karakteriseras av komplexitet och stress.

Den enskilde expertens kunskaper är bundna till den kontext som hör till expertens profession. För att komma åt den här specifika kunskapen behöver man vanligen studera varje specialitet för sig. Studier av olika experter och expertis har dock visat att det finns förmågor, förhållningssätt och färdigheter som är gemensamma för praktiker inom vitt skilda områden. Dessutom verkar utvecklingen av dessa kunskapsaspekter, och kanske speciellt det som brukar kallas förtrogenhetskunskap, följa liknande spår och påverkas av samma faktorer i en progression från novis till expert.

## Experten - den förtrogne praktikern

För det första utvecklar experten en förmåga att se, observera och identifiera. Hon lär sig att bortse från det som är onödigt och kan koncentrera sig på det som är relevant. Hon lär sig att upptäcka det som inte syns och att dra slutsatser och förutse vad som komma skall. I förlängningen av detta ligger förmågan att bedöma, att se vad som rätt och fel, vad som är moget och omoget, färdigt och ofärdigt, gott och dåligt, farligt och ofarligt. Bedömningen sker inte i en medveten analytisk process utan experten upplever att något är hotande eller lovande, direkt och automatiskt. Tillsammans med bedömningen ligger en förmåga att välja mellan olika alternativ, att ta beslut. Detta verkar ske utan analys eller rationell medveten logik. Man gör det man känner är rätt. Wayne Gretzky, ishockeyspelaren, säger:

*– Jag åker bara dit pucken kommer att vara om en stund, inte där den är!*

Ingemar Stenmark uttrycker sig om sin tankeförmåga i en intervju:

*– Mina ben tänker fortare än jag!*

En brandförman svarar på frågan från en forskare hur han tar beslut:

*– Vi gör inga val!*

En skotsk stormästare i schack, Jonathan Rowson, beskriver sin bedömningsförmåga som:

*– Jag analyserar inte, jag ser de direkta hoten och möjligheterna på samma sätt som en boxare upplever sin situation i ringen!*

Att se, bedöma och att ta beslut leder ofta fram till ett agerande. Hos experten smälter dessa steg samman i ett omedvetet, automatiskt och intuitivt beteende. Det karakteriseras av snabbhet och effektivitet och kan pågå samtidigt som en annan mer medveten aktivitet. Individerna kan ibland uppleva detta högpresterande tillstånd som *flow* eller att man är *in the zone*.

Expertens förmåga att se är inte ofelbar, experten bedömer felaktigt, tar felaktiga beslut och reagerar automatiskt och oflexibelt. Hon har svårt att bedöma både sin egen och andra experters kompetens. Experten inser inte att saker som för henne själv är självklara kan vara svåra och komplicerade för andra. När vi frågar experten om de kunskaper som leder henne får vi ofta otydliga svar. Det verkar som om kunskapen som ligger bakom dessa färdigheter är dold eller tyst. För dem som vill skapa objektiva, rationella observations-, bedömnings- och beslutskriterier är det ofta problematiskt att få experter att tala.

När jag använder termen expert i den här texten menar jag en individ som har lärt sig behärska något så väl, att hon betar sig och uppfattas som kompetent och duktig. Det kan röra sig om triviala saker som att knyta ett skosnöre, gå i en trappa, räkna enkla matematiska tal, men också att behärska sociala interaktioner, lösa komplicerade uppgifter eller att göra professionella bedömningar. Jag intresserar mig framför allt för de förmågor och färdigheter som tar tid att utveckla och där man ser en tydlig progression från novis till expert: den beprövade erfarenheten.

## Avhandlingens mål

Många författare har bidragit med beskrivningar och förklaringar av utvecklingen av experters förmågor. Ett flertal teoretiska ramverk har använts för att försöka bygga modeller och teorier. I den här avhandlingen använder jag en inom psykologin känd teori om ett tudelat explicit och implicit lärande, *the dual system*. Genom att komplettera den med den moderna hjärnforskningens studier av deklarerbara och icke deklarerbara minnessystem vill jag föreslå en ”neurodidaktisk modell” för hur noviser utvecklas till experter. Modellen bidrar till att öka förståelsen för vad vi menar med förmågor, färdigheter och förtrogenhetskunskap. Den används sedan för att belysa utvecklingen av tekniska förmågor och färdigheter och för att ge didaktiska implikationer för undervisning och vidare forskning. Mitt forskningsbidrag är inte att komma med nya specifika rön inom neurokognition och neurodidaktik utan att ge en integrerande och syntetiserande beskrivning av det aktuella forskningsläget. Det är en avhandling i didaktik med inriktning mot teknikundervisning och andra ämnen som behandlar den skapande processen.

## Syfte

Syftet är att bidra till förståelsen av vad som egentligen händer när människor genom engagemang och lång erfarenhet utvecklar förmågor, färdigheter och förtrogenhet, det som vi kallar beprövad erfarenhet.

## Forskningsfrågor

- Hur påverkar den moderna kognitionsvetenskapen förståelsen av Polanyis begrepp *Tacit knowing* och bröderna Dreyfus modell för *Novis-Expert-utvecklingsprocessen*?
- Vilka beteenden, egenskaper, förmågor hos experter kan belysas av detta?
- Hur kan detta påverka undervisning i ämnen som är inriktade mot elevers problemlösande, skapande och kreativa utveckling?
- Vilka implikationer för forskning inom utbildningsvetenskap har detta?

## Avhandlingens struktur

Empirin för den här avhandlingen är framför allt studier och resultat som andra forskare har redovisat i vetenskapliga artiklar, böcker och konferenser. Resultatet skall vara en syntetiserande forskningsöversikt och metoden beskrivs i *Kapitel 2, Metod*. Empirin används för det första för att ge en traditionell forskningsöversikt i tre bakgrundskapitel och för det andra som indata i två resultatkapitel.

Det första inledande bakgrundskapet, *Kapitel 3, Experter och expertis*, ger läsaren en beskrivning av det aktuella läget inom expertforskningen koncentrerat till de förmågor, färdigheter och egenskaper som är gemensamma mellan olika professioner, yrken och aktiviteter. Kapitlet beskriver en modell för novisers utveckling till experter som har använts inom professionsutbildningar av olika slag och som utgör avhandlingens utgångspunkt. Här presenteras teorier, modeller och i sammanhanget relevanta termer som intuition, mönsterigenkänning och tyst kunskap. Dessa fenomen och egenskaper förklaras sedan på en underliggande mer detaljerad nivå med hjälp av psykologiska experiment som redovisas och analyseras med hjälp av en kognitiv modell bestående av två kvalitativt skilda inlärnings- och minnessystem, ett explicit och ett implicit.

I *Kapitel 4, Kreativitet, skapande och pedagogisk bedömning i skolan*, behandlas en tänkt tillämpning av avhandlingsarbetets resultat, skolans teknikundervisning. Avhandlingen har ett didaktiskt syfte och det är att bidra till kunskap om hur människor utvecklar sin förmåga att lösa problem, sin kreativitet. Jag intresserar mig speciellt för detta så som det behandlas i grundskolans teknikämne och vill med mitt arbete bidra med kunskap som utvecklar undervisningen i konstruktion, problemlösning och design.

Det tredje bakgrundskapet, *Kapitel 5, Problemlösning, allmänt och i teknikens värld*, är en forskningsöversikt över områden som tillhör teknikens och problemlösningens domäner, till vilka denna avhandling kan bidra med nya insikter och kunskap. Detta bidrag presenteras sedan i diskussions- och implikationskapitlet (kapitel 8).

I resultatets första del, *Kapitel 6, Implicit lärande och implicita minnen*, sammanställer och skapar jag det teoretiska, kognitiva ramverk som blir de glasögon, det verktyg, jag sedan använder. Här beskrivs de resultat den experimentella psykologin, neuromedicinen och

neurofysiologin kommit fram till om *the dual systems*. Den experimentella psykologin knyter jag här ihop med den djupare och mer detaljerade nivån, dvs. de resultat som dagens hjärnforskning redovisar. (En del av detta avhandlingsarbete har publicerats och presenterats och finns med som en del av den engelska sammanfattningen.) Dessa resultat skulle också ha kunnat presenterats i bakgrundsdelen, men då jag kopplar samman resultat och studier från olika vetenskapliga fält, drar egna slutsatser och gör en syntes av dem passar de bättre som en del av mitt resultat. Jag använder sedan den uppkomna modellen för att förstå utvecklandet av färdigheter och förmågor kopplade till expertis, det blir en del av mitt analysinstrument för att besvara mina forskningsfrågor.

I det därpå följande andra resultatkapitlet, *Kapitel 7, Förmågor beroende av Implicita System*, använder jag den psykologiska modellen för att studera ett stort antal vetenskapliga artiklar och forskningsstudier av olika förmågor där modellen med *the dual systems* har relevans. Kapitlet är strukturerat för att visa på utveckling av olika aspekter på experters förmågor och egenskaper: att se, att bedöma, att ta beslut och att agera. Resultaten gör det möjligt för mig att föreslå en modell för hur färdighet, förmåga och förtrogenhet utvecklas. Denna modell använder jag sedan för att utveckla, fördjupa, förklara och diskutera det som har redovisats i bakgrundskapitlen. I detta kapitel presenteras en studie av lärare som bedömer elevarbeten, en empiri som dels testar en intervju metod, Repertory Grid, dels ger ett visst stöd för hur min modell kan användas för att förklara hur erfarenhet förändrar bedömningskriterier.

I *Kapitel 8, Diskussion och implikationer*, drar jag bland annat slutsatser om vad förekomsten av ett implicit lär- och minnessystem betyder för teknikundervisning och ställer hypoteser för vilka didaktiska implikationer det kan medföra. Modellen och beskrivningen av vårt implicita inlärnings- och minnessystem har mycket att tillföra forskning och forskningsmetoder inom det utbildningsvetenskapliga fältet och några sådana synpunkter lyfts upp.

Som avslutning, kopplat till den engelska sammanfattningen, följer därpå:

*Bilaga 1, The Repertory Grid Technique* (Björklund, 2008) som är ett kapitel i en internationell forskningshandbok om den metod Repertory Grid jag dels använder, dels utvecklar förståelsen av i min avhandling.





## 2 Val av metod

### Forskningsansats

Avhandlingen följer i stort Jarl Backmans (1998) beskrivning av hur man genomför forskningsöversikter och litteraturgranskningar. Författaren menar att den här typen av arbeten har utvecklats till en egen självständig forskningsdisciplin och att de svarar mot ett stort behov mot bakgrund av en allt större informationsmängd inom olika vetenskapsområden. Han särskiljer den från den klassiska litteraturgranskningen som ingår i all forskningsverksamhet. Forskningsöversikten har som uppgift att sammanfatta och integrera empirisk forskning och söker kausala samband, den försöker generalisera, generera teorier, modeller och finna praktiska tillämpningar.

Backman varnar för att studien kan bli för allmänt hållen och menar att granskningen måste vara strukturerad och ha som mål att göra en syntes, *research synthesis* och inte bara bli en litteraturöversikt eller bibliografi.

En forskningsgranskning följer en struktur som ofta liknar traditionell forskning men delarna har i vissa fall ett annat innehåll och syfte. Forskningsfrågan blir i en studie av detta slag lite mer otydlig och kan för vissa tolkas som icke forskningsbar med oprövbara, odefinierade, diffusa, mångtydiga eller för snäva begrepp (Backman, 1998).

Man kan särskilja två strategier, en kombinatorisk där data jämförs, trianguleras, kompletteras och ställs emot varandra och en mer tydligt komparativ, kritisk dito. I mitt fall är det den första ansatsen som har använts. Den uppdelning och specialisering som präglar forskning idag gör att resultat från ett område ofta är helt okänt för ett annat. Så visar det sig t.ex. att de studier som gjorts om sjuksköterskors professionella utveckling (expertutveckling) inte alls refereras av de forskare som 10 år senare studerar läkares expertutveckling. Resultat från olika delar av psykologin, neurofysiologin, beteendevetenskapliga studier m.m. jämförs eller sammanställs heller inte i den traditionella litteraturen. Min förhoppning är att en bred sökning av och analys över domängränserna ska göra det möjligt att beskriva experters utveckling på ett mer allsidigt och användbart sätt.

Hur urvalet i datainsamlingen gjorts måste noggrant specificeras, vilka källor, databaser, bibliografier har studerats, vilka sökmetoder och sökkriterier som har använts. Begränsningar i omfattning eller tid måste anges, allt för att göra troligt att data inte är utvalt för att passa en i förväg uppställd hypotes.

Forskningsansatsen har använts under några decennier och beskrivs i den internationella litteraturen som en *Integrative research review* (Cooper, 1984; Cooper & Cooper, 1989; Light & Pillemer, 1984). Cooper beskriver ansatsen på följande sätt:

*Integrative reviews summarize past research by drawing overall conclusions from many separate studies that are believed to present the state of knowledge concerning the relation(s) of interest and to highlight important issues that research has left unsolved. From the readers's viewpoint, an integrative research review is intended to replace those earlier papers that have been lost from sight behind the research front and to direct future research so that it yields a maximum amount of new information.*  
(s.11)

I den integrerande forskningsansatsen sammanställs för forskningsfrågan viktiga resultat från många olika studier till en tydlig beskrivning av den för tiden aktuella ståndpunkten, men visar också på detaljer och delfrågor som ännu inte är lösta. För läsaren lyfts dessutom tidigare forskningsresultat upp som idag skymms av forskningsfronten och som kan ge uppslag och idéer till fortsatt forskning (s.11)

## Kvalitet på källor och data

Det normala vid den här typen av arbeten är att söka i publicerat material, vetenskapliga tidskrifter och i bokverk. Materialet kan ofta enkelt nås via bibliotek och nättjänster. Publicerat material har dock ofta en snedfördelning, *bias*, och beskriver studier och försök som givit starka och entydiga resultat. Forskare har ofta studier med mer tveksamma och otydliga resultat liggande som opublicerade manuskript, *the file drawer problem*. Om studierna är hypotesprövande finns det en stark skevhet i vad som sänds in för publicering och likaså vad som sedan antas. En förkastad nollhypotes, dvs. att en behandling eller intervention givit en påverkan, sänds in för publicering åtta gånger oftare än studier där man inte kan förkasta densamma (Light & Pillemer, 1984, s. 36). Författarna menar att denna bias

är *a serious one, substantiated by both survey and empirical findings* och måste påpekas när man utför en litteraturöversikt.

Ett nästan okänt problem med vetenskapliga artiklar är det osäkra kvalitetsbedömningssystem som ibland använts. Peer review systemet har i flera studier visat sig ha brister. Interrater-subjektivitet på mycket låga värden har beskrivits i litteraturen. Enstaka artiklar, även i erkända tidskrifter, med uppseendeväckande resultat bör därför behandlas försiktigt.

Opublicerade doktorsavhandlingar och akademiska uppsatser är kvalitetssäkrade genom att flera seniora forskare har läst och diskuterat dem. Akademiska institutioner har regler för hur kvaliteten skall säkras, ofta i samarbete med andra universitet. Internationellt är det inte så vanligt att avhandlingar publiceras och man får ta personlig kontakt med författarna. Tack vare det extra utrymme som en akademisk avhandling medger innehåller de ofta mycket mer ingående beskrivningar av resultat, metod och analys än en komprimerad tidskriftsartikel.

För att förstå den enorma datamängd en studie av det här slaget genererar kan ett konkret exempel från min studie vara belysande: I en för forskningsproblemet relevant text som bröderna Dreyfus bok *Mind over Machine* återfinns ett intressant begrepp *intuition*. I databasen ERIC används detta som sökord och genererar då ett stort antal, mer än 1000 träffar. En intressant referens, R0, kontrolleras och visar sig vara en intressant artikel om intuition. Genom att läsa den kan man få uppslag och hänvisningar till mer litteratur. Referenslistan i R0 pekar på texter som enligt författaren är relevanta inom området, men man bör vara medveten om att de inte alltid är aktuella. Det tar tid att skriva och få en artikel publicerad vilket ger en tidslucka i referenslistan. Direkt hämtning av dessa i artikeln angivna texterna ger nu ett antal äldre referenser; P1. P2. P3 och så vidare.

I många databaser kan man söka också framåt i tiden och leta efter citeringar av den aktuella artikeln och på det sättet få nyare och mer aktuella referenser: S1, S2, S3... Ofta ger denna sökning dessutom en uppfattning om det vetenskapliga värdet eller åtminstone om den debatt ursprungsartikeln givit upphov till.

Det lönar sig ofta att följa upp en artikel i de efterföljande utgåvorna av den aktuella tidskriften. Kritik i ledare, korta debattinlägg och svar lyckas inte alltid komma med i databaserna och dyker då inte upp i sökresultaten.

Genom att söka på den ursprungliga artikelns författare och medförfattare kan man följa deras forskning i ett längre perspektiv och den vägen få nya uppslag och sökbegrepp.

I en text finner man ofta nya begrepp, definitioner, kategorier och nya spår. I det aktuella fallet dyker nya sökord som *gut feeling*, *tacit knowledge*, *implicit learning* och *automation* upp, de kan vara förtydliganden av ursprungsbegreppet eller kanske helt nya spår som ger upphov till nya unika analyskoder.

Det kan vara fruktbart att byta ut det specifika studieobjektet i en artikel i sin sökprofil. En studie av läkares utveckling av expertis kan följas upp med liknande sökkriterier men på en annan yrkesgrupp. Forskningsresultat på sjuksköterskors expertutveckling nås som tidigare nämnts med svårighet via forskningslitteraturen om läkare. När det gäller tyst kunskap och expertutveckling finns många studier gjorda inom sport och idrott men även inom hälsovård, undervisning, studier av ingenjörer, arkitekter, hantverkare, musiker med flera. Då jag letar efter generella förmågor så kan studier av alla yrkesgrupper ha relevans i min studie. Värt att notera är att jag inte söker den specifika, kontextbaserade kunskapen som varje expertgrupp är i besittning av.

Ibland kan sökningar i allmänna databaser på Internet liksom naturligtvis Google scholar ge intressanta nya spår. Sökmotorerna på Internet hittar även interna rapporter, texter, proceedings från konferenser och annat material som inte är publicerat. Det skrivs dessutom fortlöpande antologier och sammanställningar av forskning som publiceras i böcker och i konferensproceedings som också behöver studeras.

Då jag är intresserad av kausala samband och förklaringar behöver jag också leta i medicinsk och neuromedicinsk litteratur. Det kräver en viss anatomisk kunskap för att förstå om en artikel om skador på amygdala kan vara intressanta i detta sammanhang eller om en magnetröntgenundersökning av vad som händer när försökspersoner lär sig använda uppfinnarspel är relevant. Den senare artikeln genererade en avgörande idé om att nya områden av hjärnan används när man uppnår en viss expertförmåga (Göcker, 1997). Jag har en bakgrund som medicinteknisk civilingenjör och har arbetat med forskning vid en radiologisk institution och har därför en, om än begränsad, möjlighet att följa även den här typen av forskning. Värt att betona är dock att jag inte är intresserad av att beskriva hjärnans

funktion på en detaljerad neurofysiologisk nivå. Min kunskap om komplicerade system och funktionsaspekter som beskrivs i kapitel 5 får leda mig i arbetet till en användbar beskrivande modell.

Arbetet med att söka och läsa den här mängden av material kan tyckas orimligt stort och det har vad jag vet inte gjorts av någon tidigare inom detta område och med denna ämnesöverskridande ambition. De som försöker göra översikter håller sig normalt inom sina egna forskningsdomäner och gör en *research review*.

## Analysverktyg

Den metod jag har följt för att strukturera, analysera och underlätta teorigenereringen beskrivs av Bengt Starrin et al. under namnet *Teorigenerering på empirisk grund* (Starrin et al., 1991). Det är en vidareutveckling av *Grounded Theory* (Glaser, 1992). Denna metod kan användas till att söka och analysera såväl kvalitativa som kvantitativa data. Metoden beskriver hela vägen från data till teori och visar på vägar att sortera och strukturera de av data uppkomna idéerna. Metoden säger att en kod-kategori, ett spår, ska följas tills det blivit mättat, dvs. inget nytt intressant framkommer. Ibland kan detta ske snabbt, ibland följer en kategori med länge i studien och visar sig kanske till slut vara den huvudkategori som ger upphov till en teori. Detta är metodens för- och nackdel, man kan inte i förväg avgöra hur mycket tid ett spår kan ta till att bli mättat. Å andra sidan behöver man inte slutföra undersökningar som inte ger något mer för teorigenereringen. Detta faktum leder ofta till kritik av forskare som är vana vid att först bestämma omfattningen av en undersökning, genomföra den och sedan analysera resultatet. Exempelvis så följer man två lärare under tre veckors undervisning i en viss klass och det datamaterial som då har samlats in är utgångspunkten för analysen.

Jag har upplevt mättnad inom den beteendevetenskapliga litteraturen och inom psykologins område. Hjärnforskningen är däremot inne i ett intensivt skede med nya upptäckter hela tiden. Jag har valt att avsluta mina sökningar i årsskiftet 2007-2008 då de resultat jag funnit räcker för min modellbyggnad.

Grounded Theory och liknande induktiva metoder har kritiker. Enligt Wallén (1996) anser Popper att en teori som bara framkommer ur empiriska data inte är generaliserbar, man kan dessutom inte göra förutsättningslösa observationer. Än värre är att teorin inte kan valideras med samma data som har genererat den, kan alltså inte falsifieras.

Starrin problematiserar också förhållandet mellan data och teori och ställer upp fyra krav(s.32):

- Teorin måste passa data, den ska byggas upp utifrån data och dessa får inte väljas för att passa en på förhand uppställd hypotes.
- Teorin måste fungera, den måste kunna förklara det som hänt och som uttrycks i data.
- Teorin ska vara handlingsrelevant för praktiker.
- Teorin måste kunna modifieras av nya data, den ska vara falsifierbar.

Kritik har på senare tid förts mot kravet att vara teorilös, att det varken är möjligt eller eftersträvansvärt. Goldkuhl och Cronholm förespråkar en utveckling av metoden, *The Multi Grounded Theory*, som tillåter, och till och med kräver, att man till sina data fogar existerande teorier och att den egna teorin ska valideras i förhållande till dessa (Cronholm, 2005). Författarna jämför sin metod med abduktion men menar att i deras fall används både induktion och deduktion men i olika skeden av forskningsprocessen.

När det gäller forskning kring expertutveckling finns bara några enstaka ansatser till teoribildning och jag låter därför dessa studier ingå i datamaterialet utan att i förväg ta ställning till deras eventuella värde, området blir på detta sätt nytt och teorilöst för mig liksom för de flesta andra observatörer.

Starrins metod förutsätter att man är öppen, fördomsfri och är intresserad av området. Genom att man i studien tillåter en mångfald av datainsamlingsmetoder, tillåter sig att ändra frågor och teknik under studien, tillåter sig att vara intuitiv och har en estetisk distans utvecklar man enligt författarna en teoretisk känslighet, en fingertoppskänsla. Ett från början mycket stort datamaterial kan på detta sätt reduceras till mer hanterliga mått.

*För att göra detta krävs att allt material betraktas som data oavsett om dessa utgörs av omedelbara resultat, som t ex ett konstaterat samband mellan två variabler, andras tolkningar av dessa resultat eller idéer som framförs i litteraturen. (Starrin et al., 1991)*

Data genererar vid genomläsningen begreppsmässiga koder (kategorier) och dessas hypotetiska relationer genererar i sin tur teori. I en första fas, under den öppna kodningen,

genereras substantiva koder på en begrepps nivå. Forskaren ställer sig ett antal frågor till data som:

- Vad uttrycker de data jag har?
- Vilken kategori eller egenskap hos en kategori indikerar denna händelse?
- Vad är det som förklarar de grundläggande processerna och resultaten?
- Är variabler grundade i data så de kan betraktas som relevanta?

I mitt eget konkreta fall finner jag följande kategorier i data som behandlar:

- samtidighet, studier av förmåga att göra två saker samtidigt
- omedvetenhet, studier av hur individer agerar utan att vara medvetna om att, hur eller varför de agerar
- observationsförmåga, förmåga att se komplicerade mönster och sammanhang
- kvalitetsförändringar vid bedömning, val och agerande
- intuitivt agerande
- omedveten inläring och minne

När dessa kategorier/spår är mättade på information kan idéer genereras som i sin tur kan sammanföras och bilda teoretiska koder. Framtagning av teoretiska koder ger omfång, nya vyer och andra perspektiv. De exempel som tas fram av Starrin kommer framför allt från sociologisk forskning men flera av kodfamiljerna lämpar sig för att använda i min studie; orsak-verkan, process, grad och inte minst den teoretiska kodfamiljen. Denna fas kallas selektiv kodning och man fokuserar nu kodningen mot en huvudvariabel och på de variabler som kan relateras till huvudvariabeln. Denna blir en empirisk vägvisare för ytterligare datainsamling och sortering

Teorin växer fram genom flera konsekutiva teoriutkast som utvecklar den slutliga teorin. Det handlar om att:

- föra upp data till en begreppsmässig nivå
- utveckla varje kategoris egenskaper
- presentera hypoteser kring relationer mellan kategorier och eller deras egenskaper

- integrera dessa relationer med andra kategorier
- förbinda den framväxande teorin med andra teorier

En huvudvariabel karakteriseras av att den är central och kan relateras till så många kategorier som möjligt och dessas egenskaper. Den måste förekomma ofta i data.

Huvudvariabeln visar sig vara den kategori som tar längst tid att mäta. Den ska också på ett lätt och meningsfullt sätt kunna relateras till kategorier.

Exempel på de sökbegrepp och substantiva koder jag har arbetat med:

<i>Kontextens betydelse</i>	förmågors betydelse av sammanhanget
<i>Intuition</i>	känsla, subjektivitet, icke-rationellt beteende
<i>Mönsterigenkänning</i>	förmågan att se komplicerade eller subtila mönster och strukturer i tid och rum, Holistic Pattern recognition
<i>Tyst kunskap</i>	Att inte kunna tala om det man vet/kan eller introspektion.
<i>Systemtänkande</i>	Förmåga att se helhet och relationer, systemtänkande, komplex.
<i>Bedömningsförmåga</i>	Bedömning av kvalitet, subjektivitet, självförtroende. Analys, diagnos, bedömning av egen och andras förmåga.
<i>Att välja och ta ett beslut</i>	Rationalitet, integration, automation. Kvalitet.
<i>Samtidighet</i>	Förmåga att göra två saker samtidigt, mental choking
<i>Omedveten kunskap</i>	Studier om förmåga att se, bedöma och agera omedvetet, unconscious, unaware, implicit
<i>Omedveten inlärning</i>	Att lära sig något omedvetet och förmåga att omedvetet använda sådan kunskap

Vid analys och integration av dessa studier framstår allt klarare en huvudvariabel, en modell eller en teori som har förklaringsvärde på alla dessa fenomen och studerade förmågor. En modell som bygger på två olika kognitiva system, ett explicit, deklarerbart system och ett implicit och icke-deklarerbart. Vissa otydligheter och motsägelser förklaras och reds ut genom att öppna ytterligare ett forskningsfält, det neurofysiologiska där aktuella resultat från olika avbildande studier stödjer och utvidgar modellen mot inte två utan flera separata kognitiva system. Sökningen fortsätter i litteratur kring neurofysiologiska forskningsresultat med fokusering på implicita kognitiva strukturer och deras funktion. Genom att använda teknikens systemtänkande och SBF modellen som beskrivs i kapitel fem kan man skapa en modell där neurologiska strukturer som amygdala och striatum och deras beteende eller



reaktioner på stimuli förklarar individers beteende på nästa systemnivå; beteenden som studeras av psykologer i en kontrollerad laboratoriemiljö. Dessa studier beskriver egenskaper och förmågor hos individer dvs. strukturer med ett beteende som kan användas för att förklara eller beskriva experters förmågor och beteende på den högsta systemnivån. Att dra slutsatser och att härleda implikationer för undervisning och forskning på grundval av neurofysiologernas detaljkunskaper är lika omöjligt som att förstå en elektronisk apparat på elektron- eller komponentnivån. Det är på en mellannivå från experimentalpsykologernas studier som man kan hitta resultat som går att använda för att dra slutsatser och finna implikationer relevanta för undervisning.

Ett märkligt faktum är att teknikens egen metod att förstå och skapa komplicerade tekniska system går att använda för att förstå människans komplicerade kognitiva system! Och det i syftet att förstå denna systemmetod i sig själv!

## Repertory Grid Technique

I resultatdelen ligger egna empiriska data från en intervjuundersökning av fyra lärare som bedömer skapande arbete. Produkterna och processerna som bedöms är av olika slag: webdesign, texter från gymnasiets projektarbeten och artefakter tillverkade i teknikämnet år nio. Metoden som används, The Repertory Grid Technique, beskrivs i en separat text (Björklund, 2008). De tillkom under en pilotstudie för att se om Lars Lindströms produkt och processkriterier (Lindström, 2007) kunde spåras hos lärare inom andra skapande verksamheter än bildämnet. Resultaten är intressanta och kan analyseras med hjälp av den kognitiva modellen. Då intervjumetoden är mycket tillämpbar på tyst kunskap finner jag det värdefullt att ta med studien i avhandlingen. Man kan bland annat se hur erfarenhet hos bedömande lärare minskar vikten av formella kriterier och att kriterier som *kreativ*, *spännande*, *originell* och liknande blir vanligt förekommande.

Repertory Grid är en intervjumetod som antas "fiska" i den tysta dimensionen. Då den bygger på informantens jämförelser av välkända objekt (element) kringgår man det problem som en expert har att beskriva vad som är av hög kvalitet på ett explicit sätt. Det finns studier som redovisas senare som påstår att förmågan att bedöma komplicerade objekt sjunker när man försöker medvetandegöra sina underliggande kriterier (Dijksterhuis, 2004, 2006). När man fiskar i kunskapsdammen genom att be informanten berätta vad som är viktigt att beakta kommer hon inte att göra ett adekvat urval utan lyfta det som ligger i ytan, nära till inspektion

och deklarerbart. Viktiga kriterier som är *extra tysta* dras aldrig upp ur dammen och vid en förnyad bedömningsrond kommer bakgrundsmaterialet att vara förminskat vilket kan leda till en annan och mindre informerad bedömning. I sammanhanget kommer också vår oförmåga att beakta ett stort antal variabler att försämra vårt omdöme.

Den teoretiska modell som jag använder för att förstå förtrogenhet och som bygger på psykologers modell av ett implicit lär- och minnessystem är kompatibel med och utvecklar Kellys (1955) egen psykologiska teori, *Personal Construct Psychology*.

### **Forskningsetisk analys av Repertory Grid - studien**

De etiska koder och regler som är tillämpliga vid den här typen av studie handlar framför allt om individskyddet och krav på information, samtycke och publicering (Petersson, 1994; Vetenskapsrådet, 2002). Som i många andra fall uppstår dock vägningssituationer och då behöver värdet och kostnaden för projektet i sig och för berörda parter definieras.

### **Värde av forskning och tillämpning av eventuella resultat**

Att förstå vad som påverkar en lärare i sin bedömning av ett elevarbete har värde för såväl forskarsamhället som för en skola och dess lärare. Dylig kunskap kan påverka lokala arbetsplaner och riktlinjer för bedömning på en skola och vara betydelsefull som kompetensutveckling för enskilda lärare. Studien initierades av ledningen på en skola, som ett led i kompetensutvecklingen av sina lärare. De lärare som deltog hade anmält sig frivilligt och intervjun utfördes på ordinarie arbetstid. En Repertory Grid intervju tar ungefär en timme.

### **Forskningsprocessens påverkan av individer**

Som forskningsobjekt deltog frivilligt anmälda lärare som tog med elevarbeten till intervjun. Eleverna som hade skapat dessa arbeten var helt anonyma och de hade redan fått sina betyg. Skolans rektor och lärarna var informerade om mitt syfte och undersökningens metoder och hade givit sitt samtycke. Lärarna hade full rätt att när som helst avbryta samarbetet.

### **Information**

Information är något som alla koder betonar som viktigt ur etisk synvinkel. I de fall forskningsobjektet eller objekten inte påverkas fysiskt eller psykiskt kan det i vissa fall räcka med information utan en direkt fråga om samtycke. Bedömning är en del av lärarens ordinarie

arbete och intervjumetoden visade bara vad informanten själv valde att berätta. Intervjun gjordes efter det att eleverna fått sina betyg och den kunde därför inte otillbörligt påverka betygssättningen.

### **Publicering**

Forskningsfrågorna krävde inte att enskilda lärare kunde identifieras i rapporteringen, det handlade inte om bedömning av enskilda individer utan var ett försök att få en provkarta av bedömningskriterier. Den koppling till erfarenhet i tjänsten (novis-expert) som redovisas i den här avhandlingen var inte en ursprunglig fråga, då ingen sådan hypotes fanns vid tiden för studien. Skolans ledning och lärarna uttryckte dock ett intresse av att jämföra nya och erfarna lärares bedömningskriterier och dessa data fanns tillgängliga. Genom att nämna antal år i yrket ökar möjligheten att identifiera en individ vilket är ett problem i studier av så här få lärare.

### **Källor: Databaser och tidskrifter**

Sökning har framför allt skett med hjälp av de sökverktyg som ett universitetsbibliotek ställer till förfogande. Jag har framför allt använt de i forskningssammanhang kända databaserna som ERIC, Academic Search Premier, JSTOR, PsycARTICLES, ScienceDirect, SpringerLink, Taylor & Francis, och Wiley InterScience. De hade störst betydelse i början av arbetet men som tidigare beskrivits har den litteratur som identifierats hela tiden gett nya uppslag, nya sökord och kunskap om nya forskningsdomäner där expertis har behandlats.

Beskrivningar och redovisningar av andras forskningsresultat, som är mina data, har sorterats i olika kategorier. Dessa har emellertid förändrats under arbetets gång och referenshanteringsprogrammet EndNote har varit ovärderligt för att hålla ordning på artiklar och annat material. Jag har i endnotes databas lagt in *abstract* och nyckelord för att sedan kunna använda de sök- och sorteringsfunktioner som finns tillgängliga i detta program.

De följande sidorna visar ungefärligen omfattningen av sökningen med en uppräknig av de viktigaste forskningsdomänerna med exempel på tidskrifter som har använts i studien. Till detta kommer böcker, avhandlingstexter, uppsatser och liknande material.

## **Hjärnforskning**

Brain, Mind & Consciousness, The Cognitive Neurosciences, Neural Networks, Neuropsychologica, Memory & Cognition, Memory, Cerebral Cortex, Journal of Cognitive Neuroscience, Neuron, Journal of Cognitive Neuroscience, Brain Research Reviews, NeuroImage, NeuroImage, Human Brain Mapping, TRENDS in Neurosciences, The Journal of Neuroscience, Spine, European Journal of Neuroscience, NeuroImage, Neuropsychology, Journal of Neurophysiology, Experimental Brain Research, The Neuroscientist,

## **Psykologi**

Neuropsychologia, Perception, Visual Cognition, Current Opinion in Neurobiology, Neurobiology of Learning and Memory, Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience, Behavioral Neuroscience, Science, Cognitive Science, Consciousness and Cognition, Journal of Cognitive Neuroscience, Brain and Cognition, Cognitive Neuropsychology, Academy of Science, Archives de Psychologie, Annual Review of Psychology, Academic Medicine, Acta Psychologica, Current directions in Psychological Science, Journal of Mathematical Psychology, Psychological Review, Journal of Neurophysiology, Psychological Review, Consciousness and Cognition, Psychonomic Bulletin & Review, Trends in Cognitive Sciences, Journal of Personality and Social Psychology, American Psychological Science, Psychologist, Psychological Bulletin, Emotion, British Journal of Psychology, Cognitive Psychology, Journal of Experimental Social Psychology, Journal of Applied Psychology, Memory and Language, The Quarterly Journal of Experimental Psychology, Journal of Memory and Language, Annual Review of Psychology, Canadian Journal of Experimental Psychology, Journal of Comparative Psychology, Personality and Social Psychology Bulletin, Journal of General Psychology, Child Development, Journal of Experimental Psychology: General. Learning, Memory & Cognition. Applied. Human Perception and Performance. Psychology of Music, Current directions in Psychological Science, Psychological Record, Epilepsia, Journal of Behavioral Decision Making, Nature, Learning & Behaviour, Psychology and Aging, Political Psychology, Health Psychology, Scandinavian Journal of Management, Business Horizons, Management Learning, Innovative Leader, Organizational Behaviour and Human Decision Processes, International Journal of Entrepreneurial Behaviour & Research, International Journal Human-Computer Studies, British Journal of Management, Journal of Management Information Systems, International Journal of Training and Development, Journal of Management Studies, Journal of Organizational Behavior, The Psychology of Reasoning and Motivation, Continental Philosophy Review, Computers in Human Behavior, Review of General Psychology,

Philosophical Psychology, Journal of Constructivist Psychology, British Journal of Clinical Psychology, Teaching of Psychology, Applied Cognitive Psychology,

### **Företagsekonomi**

European Journal of Marketing, International Journal of Nonprofit and Voluntary Sector Marketing, Journal of Marketing Research, Journal of Managerial Psychology, International Journal of Evidence Based Coaching and Mentoring, Journal of Physical Therapy, Neuropsychological Rehabilitation, Psychotherapy, Thinking & Reasoning, Complexity,

### **Didaktik**

Assessment & Evaluation in Higher Education, Review of Educational Research, Educational Researcher, Educational Psychology Review, Educational Researcher, Learning and Instruction, Educational Psychologist, Educational Psychology, Educational Studies, Teaching in Higher Education, Journal of Research in Science Teaching, Science Education, Educational Psychologist, American Educational Research Journal, The American Mathematical Monthly, Journal for Research in Mathematics Education, Educational Gerontology, Journal of European Industrial Training, International Journal of Science Education, Reflective Practice, Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, Cognitive Systems Research, Educational Researcher, British Educational Research Journal,

### **Teknik**

Bulletin of Science, Technology & Society, International Journal of Educational Research, The Journal of Technology Studies, Research in Engineering Design, The Journal of Design and Technology Education, Machine Design, Journal of Technology Education, International Journal of Technology and Design Education, Electronic Journal of the Society for Philosophy and Technology, Research in Science & Technological Education, Journal of European Industrial Training, Design Studies, Linköping Electronic press,

### **Medicin, sjuk och hälsovård**

Ergonomics, International Journal of Industrial Ergonomics, Journal of Clinical Nursing, American Journal of Nursing, Educational Psychology Review, Journal of Advanced Nursing, Academic Medicine, Quality and Safety in Health Care, Quality Management in Health Care, Medical Education, Advances in Health Sciences Education, The American Journal of Psychology, Journal of the American Society for Information Science and Technology, International Journal of Training and Development, Journal of Art and Design Education, Systemic Practice and Action Research and Strategic Change,

### **Sport och idrott**

Sports Sciences, Psychology of Sport and Exercise, Athletic Insight.



## 3 Experter och expertis

### Forskning på experter och expertis

När forskningen kring experter och utveckling av expertis tog fart för ungefär 100 år sedan studerade man exceptionellt duktiga individer, genier. Det kunde röra sig om uppfinnare, kompositörer, vetenskapsmän, författare och andra med allmänt erkända verk och gjorda upptäckter. Man sökte efter medfödda orsaker eller speciella miljöer som kunde förklara deras excellens. Längre trodde man på en samvariation mellan generell intelligens och kreativitet men något stöd för detta var svårt att finna (Chi, 2006). Två resultat av denna tidiga forskning var att utvecklingen av expertis alltid tar lång tid, i många fall tio år eller mer, och att experten äger en stor kunskap inom sitt speciella område samt att den är väl organiserad och strukturerad (Gobet, 2005).

Den nutida forskningen har mer fokuserat på den utveckling av expertis som vanliga människor genomgår, den har en mer relativ syn på expertis. Man studerar vad som skiljer noviser från experter, jämför deras färdigheter och förmågor inom ett specifikt område. En hypotes som tidigt framkastades för att förklara de skillnader man kan iaktta är att experten tänker djupare, snabbare och mer abstrakt.

Forskning inom detta paradigm pågår kontinuerligt och resultat från ett stort antal praktiker presenterades senast i en 900-sidig antologi (Ericsson, 2006a). Man kategoriserar individers kompetens utefter en skala som bygger på bland annat tid i yrket men även den status och anseende de åtnjuter av sina kollegor. Hoffman (1998) använder följande kategorier:

*Naïve, Novice, Initiate, Apprentice, Journeyman, Expert and Master.*

Den naive är någon som är helt okunnig inom ett område, sedan sker en kontinuerlig utveckling av kompetens fram till experten som är en mycket kompetent, briljant yrkesman, högt värderad av sina likar. Expertens omdöme är osedvanligt gott och han kan hantera även komplicerade och ovanliga problem med stor färdighet och utan synbart besvär. Dessa förmågor har han fått genom en lång och intensiv erfarenhet inom ett specifikt fält. En *Master* är experternas expert, den som fungerar som lärare och den som sätter standard och ideal inom en profession.

En annorlunda modell av kompetensutveckling som både beskriver utvecklingen från novis till expert och försöker förklara orsakerna därtill ges av Herbert och Stuart Dreyfus i boken *Mind over Machine* (1986). Bröderna Dreyfus beskriver utvecklingen i fem steg:

*Novice, Advanced, Beginner, Competence, Proficiency and Expert*

De menar att utvecklingen sker som ett resultat av dels inläring av kontext och situationsrelaterad kunskap, dels motivation och ett stort personligt engagemang. Deras modell har använts för att beskriva och förklara beteendet inom många olika professioner: sjuksköterskor, lärare, piloter, officerare med flera.

Dessa två nutida traditioner inom expertforskning använder delvis termer på olika sätt och det är viktigt att förstå i vilket sammanhang man befinner sig när man läser om noviser och experter. Förutom dessa två vetenskapliga diskurser kring expertis finns dessutom en mer vardaglig syn på expertis där någon definieras som expert om de kan svara på svåra frågor.

## Experters egenskaper och förmågor

Den amerikanske pedagogen och forskaren David Berliner använder Dreyfus modell när han söker *The wonders of exemplary performance in teaching*. Med resultat från ett flertal studier uppmärksammar han ett antal egenskaper och förmågor hos duktiga lärare och påstår (Berliner, 1986, 1994a, 2001) att en lärare som blivit expert i jämförelse med novisen:

- är expert enbart inom sitt eget ämne och speciella kontext
- utvecklar ett automatiskt beteende för de handlingar som återkommer ofta i verksamheten
- är mer flexibel och utnyttjar bättre uppkomna situationer i undervisningen
- är socialt mer känslig för det som krävs när de löser ett problem
- beskriver och uppfattar problem på ett kvalitativt annorlunda sätt
- känner snabbare och mer korrekt igen kritiska situationer i klassrummet
- använder längre tid i början när de löser problem men har en rikare uppsättning verktyg med sig för att lösa problemen.



En liknande lista över experters generella förmågor och egenskaper har presenterats av Chi och andra forskare vid studier av experter inom många andra professioner:

- Experter genererar de snabbaste och bästa lösningarna till problem, det bästa draget i schack, den bästa designlösningen etc. Speciellt utmärker experterna sig i komplexa miljöer och under tidspress (Chi, 2006; De Groot, 1965).
- Experter ser och upptäcker detaljer och fenomen som noviser inte kan se. De ser subtila mönster i en röntgenbild och hittar ledtrådar där andra inte ser någonting. De upptäcker dessutom *the deep structure of a problem or situation* (Chi, 2006).
- Experter organiserar kunskap kring ett specifikt problemområde (De Jong & Ferguson-Hessler, 1986).
- Experter ser abstrakta principer i ett problem och kan med hjälp av dessa angripa och lösa t.ex. ett fysikaliskt problem (Chi et al., 1981).
- Experter använder *forward reasoning* medan noviser använder *backward reasoning* (Dhillon, 1998; Priest, 1992).
- Experter löser problem utan att behöva reducera det till mindre delar, har förmåga att se och beskriva komplicerade system där olinjäritet och slump styr. Noviser har ett beteende som på dessa punkter är det rakt motsatta (Jacobson, 2001).
- Experter undersöker ett problem noga och länge innan de försöker sig på en lösning och de är hela tiden beredda att ändra sitt arbetssätt om situationen så kräver (Middleton, 2002).

Den ursprungliga tanken om att experten äger generella, kontextfria förmågor som kanske till och med är nedärvda har övergetts. I stället anses de ha skaffat sig specifika ämnesanknutna kunskaper och färdigheter som inte låter sig transfereras till andra sammanhang. Som David Perkins skriver i en artikel:

*-Thinking at its most effective depends on specific, context-bound skills and units of knowledge that have little application to other domains. To the extent that transfer does take place, it is highly specific and must be cued, primed and guided; it seldom occurs spontaneously. The case for generalizable, context-independent skills and strategies that can be trained in one context and transferred to other domains has proven to be*

*more a matter of wishful thinking than hard empirical evidence* (Perkins & Salomon, 1989).

Även om experter är experter inom sina egna specifika fält och deras problemlösande förmåga inte tycks kunna överföras till andra områden så kan man urskilja ett antal gemensamma beteenden och förhållningssätt hos experter:

- De ser mer och urskiljer bättre vad som är relevant.
- De har alla en mer utvecklad bedömningsförmåga.
- De gör bättre val och gör säkrare bedömningar.
- De agerar snabbare och mer flexibelt.
- De löser problem på ett mer direkt sätt.
- De kan inte berätta om vad de kan.

Man kan naturligtvis förklara dessa egenskaper hos experterna med att deras kunskap är av högre kvalitet, är djupare, mer organiserad och så vidare. Men om vi vill påverka den här utvecklingen, snabba på den eller förfina den genom förändringar i utbildningssystemet behöver vi veta mer om vad som egentligen sker i dessa individer som yttrar sig på detta sätt. Bröderna Dreyfus gjorde redan för 40 år sedan ett sådant försök.

## Dreyfus: Hur Novisen blir Expert

Under de senaste 40 åren har människans förmåga som problemlösare uppmärksammats av forskning inom flera discipliner. Efter *Sputnikchocken* på 1950 talet uppstod i Amerika ett stort intresse för möjligheten att använda datorer för att skapa Artificiell Intelligens, AI. Försvarsmakten satsade stora resurser och resultat lät inte vänta på sig. Inom några få år menade forskare som Herbert Simon att man hade löst gåtan och att man kunde efterlikna människans problemlösande förmåga och beteende med en dator. Program togs fram som kunde lösa matematiska problem, lägga pussel och till och med spela schack. AI-forskningen var tänkt att användas för att kontrollera flygplan, styra företags affärsstrategier men framför allt för att få ett idiotsäkert effektivt och snabbt försvar. Vid tecken på fara skulle snabba rationella beslut kunna tas och motåtgärder automatiskt sättas in. Just det senare scenariot bekymrade en vetenskapsfilosof och psykolog, Hubert Dreyfus, som började skärskåda AI-forskningens påstådda framsteg, bl.a. på uppdrag av RAND-Corporation, ett företag som

satsade stora pengar inom området. Tillsammans med sin bror Stuart, en datorprogrammerare, publicerade de sina resultat i boken *Mind over Machine* (1986). I denna skrift kritiseras AI-forskarna för uppblåsta och vilseledande resultat och framför allt för att inte vidkännas sina problem och misslyckanden. Det som idag gör texten värd att läsa är att författarna identifierar och beskriver den typ av problem som människan tycks vara bättre på att utföra och hur denna förmåga utvecklas i olika steg från Novis till Expert. Dreyfus återkommer i *What computers still cant do* (Dreyfus, 1992) till ämnet och fördjupar där sin beskrivning av människan som problemlösare.

AI-forskningen överlevde kritiken även om speciellt förhoppningarna att samla experters kunskap i databaser, så kallade expertsystem tonades ned något. Allmänt antogs att experter inte ville dela med sig av sin kunskap. Dreyfus däremot lutade sig mot filosofer som Heidegger, Merleau-Ponty och Wittgenstein och förklarade att orsaken var att experternas kunskap var dold eller tyst, *a tacit knowledge*, enligt den beskrivning Michael Polanyi gjort redan 1965. Dreyfus mest intressanta bidrag till expertforskningen är en beskrivning av hur en individ utvecklar en färdighet i en viss praktik i fem distinkta steg, *the five stages of skill acquisition*, från att vara novis till att bli expert. I senare arbeten tillför Hubert Dreyfus två ytterligare steg i sin beskrivning, där framför allt förmågan att kunna tala om sin kunskap utvecklas, något som sker när experter arbetar som lärare. De steg bröderna Dreyfus definierar är:

*Novice, advanced beginner, competent, proficient, and expert.*

Jag har valt att i tolkningen av detta arbete och den översättning som nu följer ge dem svenska namn. De kursiverade avsnitten bygger på Dreyfus originaltext översatt till svenska av mig. Bröderna Dreyfus modell används av relativt få forskare och författare i Sverige men undantag finns, speciellt då inom Arbetslivscentrum och gruppen kring Bo Göranson, exempelvis i *Dialogue, skill and tacit knowledge* (Göranson, 2006). Hänvisningar till Dreyfus finns hos svenska forskare som studerar t.ex. sjuksköterskor (Göransson et al., 2007) och lärare (Colnerud, 1995) i deras yrkesroll.

## Steg 1: Novisen

*Novisen bygger sin förståelse och sin behandling av de problem han ställs inför på objektiva kontextfria kännetecken, fakta och regler. Dessa är oberoende av omgivning och situationen. Behandlingen av dylika otvetydiga element sker med hjälp av väl definierade regler och kallas "information processing", informations- eller databehandling. Om man känner igen bokstaven E på förhållandet och placeringen av tre horisontella och en längre vertikal linje använder man sig av informationsbehandling. Om man å andra sidan känner igen ett E för att den upplevda bilden matchar något man tidigare sett många gånger och lärt sig att kalla bokstaven E använder man istället en holistisk mönsterigenkänning (holistic template matching).*

*Exempel på detta beteende finner man hos en individ som börjar lära sig att köra bil. Tidpunkten för när man ska byta växel bestäms av bilens hastighet som är en kontextfri egenskap hos bilen, avståndet som ska hållas till en framförvarande bil likaså. En nybörjare i schack lär sig att sätta ett poängtal på pjäserna oberoende var dom står på brädet och i vilken situation man befinner sig. Han/hon lär sig att följa regeln: om summan av värdet av tagna pjäser överskrider egna förlorade så skall ett drag utföras. Den nyutbildade sjuksköterskan har lärt sig att mäta temperatur, blodtryck och mycket annat och att jämföra dessa värden med max och min värden för att kunna ta beslut. En novis strävar efter att utföra ett gott arbete men då han/hon ännu inte har en sammanhängande förståelse av hela problemsituationen bedömer han/hon sitt arbete efter hur väl han/hon följer inlärd regler.*

En novis är alltså inte okunnig, han/hon befinner sig på den nivå vi som utbildare lämnar honom/henne efter genomgången examen. Förhoppningsvis är studenten då full av explicit kunskap och förståelse. Novisens beroende av fast struktur och tydliga regler och metoder har visats i många undersökningar.

## Steg 2: Avancerad nybörjare

*Prestationsförmågan ökar vartefter novisen får erfarenhet av verkliga situationer och uppnår så småningom en acceptabel nivå. Detta ökar hans/hennes kunskap med fler kontextfria fakta och mer avancerade och sofistikerade regler, men möten med den ofta komplicerade verkligheten ger novisen också en medvetenhet om att vissa fenomen inte kan beskrivas i en*

*kontextfri rationalitet. Likheten mellan aktuella element och tidigare upplevda uppmärksammar honom/henne på nya meningsskapande element. Dessa kallas situerade, (situational). Regler för att styra beteendet kan nu hänföras till såväl kontextfria som situerade kunskapskomponenter. En hundägare kan lära sig känna igen sin hunds skall utan att kunna beskriva varför eller hur. De skillnader i ljudets egenskaper som man med teknisk utrustning skulle kunna mäta upp har hundägaren inte medveten tillgång till. På samma sätt används inte fakta och kännetecken för att identifiera smaken av kaffe. Den avancerade nybörjaren använder situerad kunskap om motorns ljud för att välja växel. En schackspelare börjar kunna ana och kunna undvika överlastade situationer, se starka och svaga strukturer på brädet. En sköterska lär sig av erfarenhet att skilja andningsljudet från en patient med ödem eller lunginflammation. Den avancerade nybörjaren börjar se och bedöma den här typen av kunskaper som viktiga och användbara, trots att de i många fall inte lätt låter sig göras explicita och verbaliserbara.*

Den nya situerade kunskapen som Dreyfus här beskriver har mycket gemensamt med Polanyi's *Tacit knowledge* men känns även igen i modernare texter av t.ex. Johannesen (1999) som skriver, i Wittgensteinsk anda, att nästan alla känner igen en klarinetts klang men att experter som kompositörer och instrumentmakare har ett mycket finare öra för olika kvaliteter hos instrumentet. Han skriver också om saker som *står fast*, där vi inte behöver fundera eller tänka utan att vi bara *känner* vad som är rätt. Detta är en av den pragmatiska filosofins starkaste argument för att vi inte styrs av en kognitiv mental process. Vi behöver inte tänka för att känna empati med ett ledset barn, inte fundera över riskstatistik för att låta bli att hoppa ut över ett stup (Johannesen, 1999).

Den senare Wittgenstein menar att vi inte styrs av regler utan av det vi lärt oss, den erfarenhet vi skaffar oss, i praxis. De i skolans tidiga år numera bekanta 10-kamraterna ( $1+9=10$ ,  $2+8=10$ ...  $5+5=10$ ) infördes i matematikundervisningen då det visade sig att elever i högre årskurser räknade fel på dessa uppgifter, däremot inte  $5+5$  (Neuman, 1989). Detta var ju det problem som vanligen presenterades i undervisningen och som gav resultatet 10. Idag drillas 8 åringar i alla kombinationer av tal där summan blir 10.

Det är möjligt att utbildningsväsendet kan föra studenter till en avancerad nybörjares nivå. Det krävs då att utbildningen innehåller många exempel på praktik och fallstudier, verksamhetsförlagd utbildning mm så att den erfarenhetsbaserade situerade kunskapen också

kan läras in. Berliner menar dock att denna utveckling sker först efter ett eller två år i läraryrket (Berliner, 1986, 1994a, 1994b, 2001). Lärare med egen erfarenhet kan som många forskare menar överföra delar av sina ”tysta kunskap” i berättelser och anekdoter i kollegierummet.

### Steg 3: Kompetent

Vartefter den avancerade nybörjaren lär sig att känna igen allt fler situerade och även fler kontextfria element i sin praktik blir till slut den totala mängden av fakta ohanterlig. Det behövs en förmåga att koncentrera sig på de viktigaste delarna. Att lära sig sortera och prioritera.

*Den avancerade nybörjaren lär sig så småningom att använda en hierarkisk beslutsprocess. Först väljs en plan för att organisera problemsituationen och genom att koncentrera sig på en mindre del, på de viktigaste faktorerna enligt den valda planen, förenklas och förbättras prestationen. En kompetent aktör tolkar en problemsituation utifrån en uppsättning fakta. Vikten, värderingen av dessa fakta är beroende av närvaron av andra saker. Han/hon har lärt sig att när just denna konstellation uppträder skall en bestämd slutsats dras, ett visst beslut fattas eller kan ett visst fenomen förväntas och bör undersökas.*

*En kompetent bilförare följer inte längre enbart de regler som gör körningen säker och lagenlig utan ser målet för körningen som huvudsaken. Är målet att hinna till en viss plats inom en viss tid väljer den kompetente en vägsträcka som är lämpligast, ignorerar vackra vyer, kör närmare andra bilar än normalt, gör djärvare omkörningar och kan tom begå lagöverträdelser. Den kompetente schackspelaren kan bestämma sig, efter att ha övervägt olika alternativ att gå till attack mot motståndarens kung. Han ignorerar då novisens regler, tar risker och offerar egna spelare för att uppnå det överskuggande målet. Stuart Dreyfus bidrar med en berättelse om sin egen utveckling till kompetent schackspelare och förklarar hur hans egen fokusering på den analytiska delen av schackspelet som många matematiker fascinerats av också utgör en begränsning av hans utveckling till denna, den kompetentes nivå. För att komma vidare mot stormästarnivån krävs att man engagerar sig i dels studie av gamla mästars partier, dels att man börjar spela snabbschack.*

I en intervju med en stormästare menar bröderna att de får en förklaring till varför kvinnor sällan blir stormästare; *de saknar intuition!* Förklaringen till detta paradoxala uttalande var

just att de kvinnor som var engagerade i schack ofta var matematiker som ville utveckla sin analytiska förmåga, och därför stannade på den kompetenta nivån. Som stöd för denna tes refereras till ett uttalande av en ovanligt skicklig 15-årig ungersk kvinnlig stormästarinna som spelat sedan 4-årsåldern: *I play Chess by instinct.*

*Att bestämma sig för en handlingsplan är besvärligt. Novisen lutar sig på igenkänning av kontextfria fakta, den avancerade nybörjaren använder speciella situerade element först då de uppträder i ett stort antal och blir uppenbara. De lär sig alltså att känna igen inlärd komponenter och särdrag. De tillämpar sedan inlärd regler och procedurer. Om handlingen misslyckas upplevs ansvaret ligga i felaktiga regler och aktören känner inget personligt ansvar. Den kompetente som måste planera sin verksamhet utifrån ett urval av indata får ett mycket större eget ansvar och ett känslomässigt engagemang för utgången/resultatet. Trots att både förståelsen och beslutsprocessen bygger på objektiv information blir han/hon djupt involverad i vad som händer därefter. Ett lyckat resultat liksom ett misslyckat ger djupa och starka spår och minnen kopplade till den plan som hade valts och det perspektiv på problemet som valts.*

Detta är den nivå av kompetens som många psykologer, kognitionsvetare och AI-forskare studerar och beskriver då de söker en modell för den gode problemlösaren. Den mycket kände AI-forskaren och nobelpristagaren Herbert Simon försökte förstå hur vi väljer planer, mål och strategier och hur problemsituationer kan omvandlas till mer eller mindre regelstyrda procedurer som leder fram till en lösning av problemet. Hans resultat visade att vi agerar som mer eller mindre kompetenta när vi löser pussel, spelar enklare spel eller löser andra okända eller ovanliga problem.

Hubert Dreyfus däremot kritiserar synen att allt intellektuellt beteende utgår från att vi alltid fattar regelbaserade beslut. Han menar att vi ofta, för att inte säga i de flesta situationer, inte tar medvetna beslut, grundade på regler eller med en medveten planering. När vi går, cyklar, känner igen ett ansikte, använder vårt sunda förnuft, samtalar eller i övrigt agerar i vardagens många bestyr, är vi då inte intelligenta? Hur bedömer vi och hur känner vi igen problem som borde lösas, är de också möjliga att upptäcka med hjälp av regler och procedurer? Det senare problemet brottades redan Platon med. Jag kommer att senare beröra George Ryles argumentering kring samma problem. Polanyi menar, som jag återkommer till, att det är vår

intuitiva kunskap som gör oss uppmärksamma på ett problem och också leder oss framåt i en undersökande process.

De följande två nivåerna i bröderna Dreyfus beskrivning av kompetensutveckling karakteriseras av ett snabbt, ledigt och engagerat beteende som inte liknar det långsamma och rationella resonerande som kännetecknar den kompetente problemlösande experten.

#### Steg 4: Den skicklige

*Upp till denna nivå ägnar sig aktören åt reflekterande, medvetna och genomtänkta val av såväl mål, planer och beslut. Dreyfus liknar det vid Hamlets vanda i "att vara eller inte vara". Denna form av val eller beslutsfattande anses i psykologisk litteratur som det vanliga och normala. Dreyfus menar dock att empirin från studiet av vårt vardagliga beteende pekar på att detta är ett undantag snarare än regel.*

Den skicklige är starkt involverad i sin verksamhet och upplever densamma från ett perspektiv färgat av sina tidigare upplevelser. Vissa särdrag kommer på grund av detta att bli starkt framträdande medan andra hamnar ur fokus och nedprioriteras. Nya händelser och situationer förändrar dessa detaljers absoluta och relativa vikt, liksom planer och förväntningar modifieras och ändras.

*Detta är inte ett medvetet val eller resultatet av en objektiv process utan händer därför att den skicklige har erfårit liknande situationer tidigare och minnen av dessa "triggar" planer som tidigare har fungerat och förväntningar av resultat som tidigare uppnåtts.*

*Vi upplever och bedömer inte en situations möjligheter genom att medvetet relatera olika fakta och element i densamma. Den skicklige boxaren börjar sin attack, inte genom att använda regler för var hans egen och motståndarens kroppar befinner sig i förhållande till varandra. Det är när hans upplevelse av den totala visuella bilden framför honom och hans upplevelse av den egna kroppens situation matchar minnet av en tidigare upplevd liknande situation som framgångsrikt ledde till seger som han attackerar. Denna intuitiva förmåga att känna igen ett mönster utan att behöva dela upp dem i enskilda faktorer kallar vi för holistisk mönsterigenkänning (holistic similarity recognition).*



Intuition och ”know-how” bygger alltså på en förmåga att känna igen sig i tidigare erfarenheter. Dreyfus använder dessa båda termer på samma sätt och skiljer inte på kognitiva eller praktiska färdigheter. Deras användning av termen holistisk ska ses som en motsats till reduktionism, uppdelning i specifika detaljer. De fortsätter:

*Intuition är resultatet av ett djupt engagemang och upplevelse av likhet och får inte tolkas som irrationalitet, gissningar eller någon övernaturlig inspiration. Den är en förmåga vi alla kan använda för att hantera vardagens återkommande problem på ett intelligent och effektivt sätt. Intressant är hur i vår tradition intuitionen har tillskrivits kvinnor och bedömts mindre värd än den manliga rationaliteten. Den skicklige aktören organiserar och förstår sitt värv med hjälp av tidigare erfarenhet, intuition, men analys och värdering av dessa faktorer och planering och beslut fattas medvetet enligt regler som upplevs som meningsfulla.*

*En skicklig bilförare som närmar sig en kurva på en regnvåt väg upplever intuitivt att bilen går för fort. En medveten process startar där alternativ som att bromsa, lägga på gasen eller kanske välja ett speciellt vägval i kurvan utvärderas och ett val sker. Den skicklige schackspelaren känner utan ansträngning igen ett stort antal lägen i spelet. Före varje drag dyker intuitiva möjligheter upp som utvärderas och omformas till en plan. Han vet intuitivt att en attack är möjlig men väljer medvetet den bästa planen och strategin.*

Den skicklige läraren uppmärksammar intuitivt att klassen eller vissa elever inte hänger med i en genomgång och gör ett medvetet val av alternativa förklaringsmodeller eller handlingsätt (Johansson & Kroksmark, 1998). Kanske väljer han att med utgångspunkt från ett konstruktivistiskt perspektiv testa elevernas begreppsförståelse för att planera sitt undervisningsinnehåll så att det anpassas bättre. Möjligen funderar han i sociokulturella termer om hur elevens lärande påverkas av den tid han får tillsammans med läraren eller någon annan mer kompetent person och planerar sin tid för att uppnå detta. Vanligen undgår det honom hur och varför och med vilken skicklighet han kunde upptäcka problemet i första rummet.

## Steg 5: Experten

*När vi går, småpratar, kör bil eller lever våra normala sociala liv tar vi normalt inte några medvetna rationella beslut om hur eller varför vi agerar. Vi är dessa sammanhang experter och en expert vet vanligen vad och hur man ska handla baserat på en mogen och väl praktiserad erfarenhet. Experten funderar inte över vardagens alla små problem och hur de*

*ska lösas. Experten blir ett med sin bil och upplever inte ens att han/hon kör en bil utan att han/hon kör. På samma sätt som den gående upplever att hon går, inte att hon lyfter och manipulerar sina ben och fötter. Piloter flyger när de blivit experter medan nybörjare kontrollerar ett flygplans styrorgan. Stormästare i schack upplever inte att de manipulerar pjäser på ett bräde utan upplever sig delta i en värld av möjligheter, hot, styrkelägen, underlägen, hopp och fruktan. I ett snabbparti undviker de faror och attackerar på samma automatiska sätt som en tonåring som spelar ett dataspel eller som vi själva undviker välkända föremål på väg till telefonen. När kirurgen, sköterskan, läraren, direktören, advokaten och andra blivit experter är de totalt engagerade och uppvisar ett skickligt framförande av sina förmågor.*

*Experten löser inte problem eller fattar beslut, de gör bara vad som brukar fungera!*

*Flygkontrollanterna ser inte lysande fläckar på sina skärmar och använder regler för att styra och kontrollera trafiken. De befinner sig själva i luftrummet, ser flygplan och reagerar på vad de ser och känner igen risker och möjligheter.*

Här varnar Hubert Dreyfus för de planer USA vid den tiden hade att utveckla ett helautomatiskt försvarssystem, "Star Wars", där ett datorprogramms regler, motsvarande en kompetent analytiker skulle ta beslut om åtgärder som gäller liv eller död för en hel nation. Han menar att inför sådana situationer behövs en erfaren mänsklig experts intuitiva förmåga att känna igen hot och fatta relevanta beslut.

*Inom expertforskningen har vid flera tillfällen röntgenläkares diagnostiska förmåga studerats. Man har då kunnat visa att dessa efter ett antal år i yrket formar diagnostiska hypoteser och drar slutsatser med utgångspunkt från relevanta särdrag i röntgenbilden. Detta tyder på att de befinner sig på nivå 3, den kompetente problemlösaren. En expert borde dock kunna lära sig att känna igen mönster av mörka och ljusa regioner som triggar minnen av liknande upplevelser och därmed diagnoser. Någon reduktion eller uppdelning av bilden i speciella kännetecken och särdrag borde inte behövas (på samma sätt som vi inte känner igen ansikten på detta sätt). Inte heller behövs kriterier och regler för hur diagnosen skall göras.*

Det verkar som om utvecklingen från kompetent till expert sker under stress, antingen för att tiden är knapp eller för att ett beslut måste tas trots att det inte finns fullständig information.

Dreyfus förutsägelse om läkares möjlighet att bli experter på detta sätt har visats i flera senare undersökningar och det verkar vara just individer som måste arbeta under tidsbrist som uppnår denna nivå (Schmidt & Boshuizen, 1993).

Stuart Dreyfus egen berättelse om hur hans snabbschackspelare kollegor utvecklades till schackmästare stöder också den här tesen.

Den praktiska expertis vi alla uppvisar kräver ofta snabb reaktion och omedelbara beslut. Slalomåkaren Ingemar Stenmark tog under en minut i backen ett nästan oändligt antal beslut för att kunna gå segrande över mållinjen. Hans kommentarer och svar på intervjufrågor avslöjar en egen förståelse av den process som givit honom hans expertis:

*Mina ben tänker fortare än min hjärna!*

*Konstigt, ju mer jag tränar ju mer tur får jag!*

*De e bar å åk!*

*De går int å förklar för en som int begrip!*

Den bild vi ger av en fulländad, allt behärskande expert kan få oss att tro att experten aldrig behöver tänka efter och alltid gör rätt. Det är naturligtvis inte sant, även om handlingarna i många fall är automatiska och oreflekterade stannar experten upp och tänker om tid finns eller situationen är kritisk.

Donald Schön beskriver erfarna arkitekter som reflekterande praktiker och menar att detta är ytterligare ett steg i kompetensutvecklingen (Schon, 1987). Kroksmark (1997) finner stöd för att den intuitive läraren både före och efter insatsen i *kritdammet* reflekterar över sin praktik.

Hubert Dreyfus har i senare forskning på läkare som gjort akademisk karriär och blivit lärare funnit en kategori han kallar *superexpert*. De uppvisar samtidigt expertens och den kompetentes egenskaper, de kan beskriva varför de gör på ett visst sätt och deras kunskap är inte dold eller tyst.

Bröderna Dreyfus tankar och modell har satt starka spår inom professionsutbildningar och i litteraturen kring tacit knowledge men inom den klassiska litteraturen om kunskap saknas de ofta. I en antologi om lärande och kunskap och kunskapsformer, *How People Learn: Brain,*

*Mind, Experience, and school* (Bransford et al., 1999) saknas referenser till såväl Polanyis *Tacit Knowledge* som till bröderna Dreyfus *Mind over Machine*.

## Debatt om bröderna Dreyfus och deras beskrivning av Experter

Bröderna Dreyfus tidiga arbeten (Dreyfus & Dreyfus, 1979, 1980) satte snabbt spår i professionsforskningen inom hälso- och sjukvård, speciellt efter det att Benner (1984) visat på sjuksköterskors utveckling till experter i enlighet med Dreyfus modell. En debatt uppstod och pågår ännu om huruvida hälsovården verkligen ska bygga på know-how och intuition (English, 1993). Vissa utbildningsinstitutioner har sedan dess byggt sin verksamhet på en Novis-expert modell medan andra håller kvar vid att bedömning och beslut enbart ska tas på rationella, logiska och vetenskapliga grunder. Vi känner här igen den svenska debatten kring beprövad erfarenhet respektive vetenskaplighet som i grunden har förändrat sjuksköterskeutbildningen i Sverige.

En debatt om vad som menas med en expert finns också i litteraturen (King & Appleton, 1997). De flesta som skrivit om Tacit knowledge och expertis använder *peer evaluation* för att identifiera experter, arbetskamrater får bedöma sina kollegor. Många menar att det rätta sättet är att utvärdera de studerades resultat. Då ordet expert har en i allmänt språkbruk något annorlunda mening behöver det poängteras att Dreyfus använder ordet för att beteckna ett speciellt beteende hos praktiker av olika slag. En expert i hans mening utnyttjar hela sin kunskapsbas, explicit och implicit kunskap. Om experten känner igen sig gör han/hon det som enligt erfarenheten har fungerat bäst. Om problemet är nytt och tidigare ej erfaret faller experten tillbaka i en kompetent eller kanske till och med novisroll med de fördelar och nackdelar det för med sig. Den tidsbesparing som expertens kunskap leder till gör det möjligt att lägga mer tid på komplicerade delar av ett projekt.

Johansson och Kroksmark (2004) talar om två användningar av den intuitiva kunskapen, dels att se, att upptäcka vad som händer i klassrummet, dels att gå till handling omedelbart och på det för ändamålet bästa sättet. De senare beskriver dessutom hur den intuitive läraren lägger ned stor möda på förberedelser och planering för att sedan i klassrummet kunna följa sin intuition. Många lärare reflekterar också efter lektionens slut för att ytterligare förbättra sig. Noteras ska kanske att expertisen i detta fall i första hand handlar om att vara lärare inte att vara expert på sitt ämne. Det senare kan till och med ha negativa konsekvenser då man som kompetent lärare har svårt att se vad som är svårt och komplicerat, själv känner man ju hela

tiden igen sig och rör sig i en välkänd värld, något som visats i flera studier (Hinds, 1999) och som jag återkommer till i denna text. Detta kan innebära att man som lärare koncentrerar sig på fel moment i undervisningen. Jag frågade hur fysiklärare på universitetsnivå betraktade ett av studenter upplevt svårt ämne; kvantmekaniken. Typiskt var att lärare som i 10-15 år undervisat på kursen hade svårt att se några direkta svårigheter medan andra lärare som sysslat med andra kurser uttryckte sin stora respekt för ämnets svårigheter.

Den långa tid i en praktik som verkar krävas för att uppnå expertis, enligt flera studier 10 år eller mer, har förvånat många. Att lång tid ibland inte enbart räcker till för en utveckling till expert har av vissa använts som en kritik av Dreyfus femstegsmodell, t.ex. av Vibeke Rischel med flera (2008) som i en studie av sjuksköterskor inte kunde finna stöd för att enbart tid i yrket skulle utveckla kompetens. De kommer fram till att individens egna specifika upplevelser, deras *situated knowledge* har större betydelse. Andra menar också att tiden måste fyllas med medveten, planerad träning, *deliberate practice*, för att tio-årsregeln skall gälla (Ericsson & Lehman, 1996). Bröderna Dreyfus har ett eget svar på frågan, förutom tid krävs engagemang; *it has to hurt*. Detta är ett av de spår jag följer upp i min studie. Experter har kritiserats för att bli för automatiska, att fastna i rutiner och att ha svårt att ta till sig nya metoder och arbetssätt. En del av den forskning som bedrivs av Bo Göranzons grupp på KTH handlar om detta. Det största problemet verkar dock vara kunskapsöverföring, att föra vidare den dolda kunskapen mellan medarbetare. Med de dialogseminarier som denna grupp under flera år bedrivit se t.ex. (Göranzon et al., 2006) försöker man bl.a. lyfta experters tysta och dolda kunskaper genom att använda berättelser, narrativ, och reflektion om tidigare genomförda projekt.

## Teori och Praktik

Efter Descartes framväxte en syn på teori och praktik som byggde på en åtskillnad mellan kropp och tanke. Alla handlingar, praktik, föregicks av en tanke och det var kvaliteten på denna tanke som bestämde kvaliteten på handlingen. Med övning och träning kunde handlingen automatiseras och den en gång medvetna kunskapen tystna. Som naturlig följd av detta uppstod en skillnad i status mellan verksamheter med ett tydligt tankeinnehåll och de rent praktiska. Denna värdering lever vi ännu med inom utbildningssystemet och idén att all handling styrs av en tankeprocess, *a ghost in the machine*, finns som ett av argumenten för att förvetenskapliga olika yrkesprofessioner och utbildningar. Motbilder finns dock, George Ryle som är mest känd för att ha hävdat att det är skillnad mellan att veta att och att veta hur,

*Knowing how and knowing that* (Ryle, 1949 s. 27), går till hårt angrepp på idén att handling alltid föregås av en tanke. Om det vore så, skriver han, så måste även en medveten tanke föregås av en tanke, som i sin tur måste föregås av en tanke osv. Att starta upp en sådan cirkel av orsaker och verkan blir omöjligt.

*But if, for any operation to be intelligently executed, a prior theoretical operation had first to be performed and performed intelligently, it would be a logical impossibility for anyone ever to break into the circle* (Ryle, 1949 s. 30).

## Tacit Knowledge

Michael Polanyi är den som myntar begreppet *tacit knowledge* och menar att vi alla har kunskap som vi normalt inte kan tala om; ”*We know more than we can tell*” (Polanyi, 1966 s. 4). Han refererar till ett flertal beteendevetenskapliga experiment som tyder på att vi kan lära oss att reagera på omedvetna stimuli. Polanyi talar om partikulär kunskap som var för sig och utanför sitt sammanhang inte betyder något men som tillsammans ger en mening och förståelse av ett komplicerat fenomen. Polanyi vill därför inte skilja på teoretisk och praktisk kunskap, att veta och att kunna.

Vår förmåga att känna igen dofter, ansikten, klanger, stämningar etc. är mycket väl utvecklad men svår att verbalisera. Denna kunskap kan dock kommuniceras. Med hjälp av polisens identifikation-kit kan vi genom att jämföra vårt minne av ett ansikte med stegvis uppbyggda bilder av syntetiska ansikten lyfta vår dolda kunskap upp i ljuset. Mästaren kan överföra sin expertkunskap genom att bedöma och jämföra en lärlings resultat och beteende med det *rätta* resultatet. Överhuvudtaget verkar vår förmåga att göra jämförande analys vara väl utvecklad när det gäller den här typen av kunskap. En expert kan ge ett sammanfattande omdöme för ett slöjdarbete, ett konstverk, en hästs gångarter, fotbollsspelare passningar, sångprestationer, uppsatser och mycket annat. Ofta kan de inte specificera de kriterier, *particulars*, som legat till grund för bedömningen.

*Not only in artistic judgment but in all our ordinary judgments of the qualities of things, we recognise and describe deviations from a norm very much more clearly than we can describe the norm itself* (Schon, 1987).

Lars Lindströms arbete med kriterier i bedömning av elevarbeten i slöjd och bild är ett exempel på hur dessa kriterier kan tydliggöras. Han visar att lärares sammanfattningsbetyg väl stämmer med bedömningen av de sju enskilda kriterier som identifierats och används i bedömningsinstrumentet (Lindström, 2007; Lindström et al., 1999).

På samma sätt verkar de fragment av kunskaper som hela tiden når oss från omvärlden, de är var och en obetydliga och intetsägande. Om vi samlar dem under en längre tid i en viss kontext, arbetsmiljö, kommer mönster och upprepningar att ge oss en mer fullständig beskrivning av det vi håller på med. Polanyi talar om en proximal kunskap som ligger nära oss och vår kropp, sinnesupplevelser som verkar obetydliga i isolering men som tillsammans kan ge ny kunskap om något yttre fenomen, något distalt. Läkare lär sig med sin erfarenhet att känna igen en kombination av detaljer i utseende, bakgrundshistoria och härkomst och använder detta för att nå fram till en snabbare och bättre diagnos (Schmidt & Boshuizen, 1993). Vi känner den proximala kunskapen endast som en funktion, en relation till något mer konkret, till en upplevelse av ett distalt fenomen. I ett experiment medförde uttalandet av vissa stavelser att försökspersonen fick en elektrisk chock och all uppmärksamhet riktades mot den upplevelsen. Trots att personen snabbt lär sig att undvika denna påföljd så förblir han omedveten om vilka stavelser han undviker, denna kunskap blir underförstådd och tyst.

När en blind person första gången använder en blindkäpp upplevs dess krockar med föremål i omgivningen som stötar och tryck i handen. Efter en tids tillvänjning upplevs de som stötar mot käppens spets, käppen har blivit en förlängning av vår kropp och medierar information om omgivningen. Vi upplever inte den proximala effekten av stötar i handen utan en distal perception av käppens spets när den träffar andra föremål. Den inlärda kunskapen från handen är funktionell och relationell. Något liknande händer när vi använder en skruvmejsel, det är inte trycket i handen och anspänning av muskler som är vår upplevda kunskap om vad som händer, det är skruvmejselspetsens kontakt med skruvhuvudet eller kanske till och med skruvspetsens kontakt med träet vi känner. Tandläkaren upplever undersöknings-probens kontakt med patientens tandhalsar och *känner* statusen på tandemaljen. I ett samtal med en tandläkare framkom det att det kan ta två år innan man fått denna fingertoppskänsla. Innan dess förstår man inte vad läraren på tandläkarhögskolan talar om. Kvinno läkaren som skadat den hand hon normalt använder vid undersökningar känner plötsligt inte igen sig, kan inte orientera sig och blir novis på nytt.

Den här typen av diskussion förs numera kring artefaktens medierande funktion, både i dess roll för att förändra ett objekt, skruvmejseln, och för att förändra vår kunskap om världen, blindkäppen. Intressant blir då hur mediering, i Polanyis termer: kopplingen mellan proximal och distal kunskap skapas.

Polanyi menar att när vi känner igen ett ansikte ger vi omedvetet akt på ett antal kännetecken och anletsdrag som relaterar till av oss kända personer. Det är själva igenkännandet som blir den explicita, artikulerade kunskapen. På ett liknande sätt kan vi relatera till förändringar i anletsdrag, kroppshållning, tonfall, gester, ögonrörelser med mera för att bedöma en persons känslöstämning.

Polanyi argumenterar för att *tacit knowing* är förklaringen till att vi överhuvudtaget kan uppfatta problem och att vi kan bedöma om en lösning är fruktbar. Vetenskapsmannen använder sin intuition för att följa en ledtråd mot en upptäckt. På detta sätt blir den tysta kunskapen en viktig del i den vetenskapliga metoden.

*Tacit knowing is shown to account: for a valid knowledge of a problem, For the scientist's capacity to pursue it, guided by his sense of approaching its solution, for a valid anticipation of the yet indeterminate implications of the discovery arrived at in the end (Polanyi, 1966).*

Polanyi refereras vanligtvis med avseende på det första kapitlet i boken *Tacit Knowledge* som behandlar tyst eller dold kunskap men har även i det nästföljande kapitlet om *Emergence* stor aktualitet. Här beskriver han den utveckling mot reduktionism som man kan se inom alla naturvetenskapens fält, där t.o.m. biologer ibland anser att biologins problem kan brytas ned, beskrivas och förstås med kemiska och fysikaliska begrepp. Polanyi varnar för detta synsätt och argumenterar med hjälp av flera exempel för ett systemperspektiv.

*Vi antar att tyst eller dold kunskap uppstår genom att ett antal partikulära kunskapsfragment pekar mot och medför kunskap om något större, viktigare. Om vi då koncentrerar vår uppmärksamhet inte mot detta större utan mot partikulärerna, delarna, försvinner den integrerande effekten och vi uppfattar inte helheten lika starkt.*



Detta är den klassiska motiveringen för ett systemperspektiv, att en högre systemnivå styrs av de lagar som reglerar den underliggande nivån. Men hur denna organiseras kan inte förstås genom att studera organisationsprinciperna på den lägre nivån. Som exempel tar Polanyi schack där reglerna för hur pjäser får flyttas och relateras till varandra inte förklarar principerna för spelet på en högre nivå. När man tillverkar tegel beror tegelstenens egenskaper på råmaterialet och processen under densamma men när katedralen ska byggas kommer andra nivåer av regler för organisationen att gälla; murare, byggmästare och arkitekter bestämmer på sina, i detta avseende skilda, systemnivåer. Polanyi analyserar ett muntligt framträdande i ett systemperspektiv där talljud, ord, meningar, stil och litterär komposition måste beskrivas på olika systemnivåer, var och en är beroende av föregående underliggande nivå men styrs av sina egna regler. Varje nivå av objekt påverkas alltså på två sätt, dels av dess ingående element, dels av den helhet som de själva ingår i:

*It is impossible to represent the organizing principles of a higher level by the laws governing its isolated particulars. (Polanyi, 1966).*

Polanyi får stå som grundare av den moderna beskrivningen av tyst eller dold kunskap men han betonar starkt att han inte vill ställa denna mot den etablerade rationella, explicita kunskapen utan föredrar att se dem som olika delar av människans kunskapsresurser, *her knowing*.

I Sverige tolkas Polanyi framför allt av Bertil Rolf (1991) men även av Sven Erik Liedman. I inledningen till *Ett oändligt äventyr* (Liedman, 2002) beskriver författaren begreppet intuition som ett ord som blivit så vagt och mångtydigt att det snarare sveper in ett problem i dunkel än kastar ljus över det.

Liedman jämför sedan intuition med omedelbara insikter till skillnad från sådana som bara kan vinnas genom längre resonemang eller genom mödosamt hopsamlad erfarenhet. Insikter som vi når fram till utan att kunna prestera goda sammanhängande resonemang för hur vägen dit tillryggalades, kunskap som föregår den som kodifieras i teorier. Han särskiljer på två av de exempel på tacit knowledge Polanyi tar upp. Pianistens förmåga att blixtnsnabbt tolka noter och spela ett avancerat musikstycke som Liedman menar är exempel på kunskap som har tystnat. Förmågan att känna igen ett ansikte utan att minnas detaljer och egenheter å andra sidan är exempel på kunskap som alltid varit och måste vara tyst.

## Förtrogenhetskunskap

I den modell av novis-expert utveckling jag studerar är förtrogenhets- eller erfarenhetsbaserad kunskap i centrum. När jag i detta sammanhang använder uttrycket *att ha förtrogenhet* menar jag att det inte finns någon oro eller tvekan över hur situationen eller problemet skall hanteras, man känner sig *bekväm*. Det kan gälla en *praktisk* färdighet som att ta ett passande ackord på gitarren, luta sig på rätt sätt i en slalomport eller lägga i en ny växel när motorljudet känns ansträngt. Det kan vara en förmåga att ställa en medicinsk diagnos, utan att medvetet leta efter symptom och detaljer, att lära sig *läsa av* elevens förståelse av en besvärlig lektionssekvens. Man *känner igen sig* i situationen på samma sätt som man känner igen ett bekant ansikte i en folkmassa.

Det handlar alltså inte om en analyserande process följd av logik och argumentation.

Det är i denna mening ingen större skillnad på att veta hur man skall angripa ett matematiskt problem, hur man ska tolka en mening på ett främmande språk eller förklara ett fysikaliskt begrepp. Förtrogenheten finns när ingen medveten sökande tankeprocess uppstår men den resulterande handlingen ändå tyder på en erfarenhet, ett *kunnande*. Den här typen av *kunnande* beskrivs av Kjell Johannesen i hans tolkning av Wittgenstein, av Bengt Molander och även av Polanyi när han beskriver *tacit knowledge*. Då den här typen av kunskap bygger på associationer och minnen av tidigare upplevda situationer är den starkt kontext-beroende.

Orsaken att jag för samman så många kunskapsaspekter under rubriken förtrogenhet är att mycket talar för att förtrogenhetskunskap byggs i ett funktionellt och strukturellt eget minne med egenskaper radikalt skilda från de traditionella inlärningscentra i hjärnan.

## Sammanfattning

I det här kapitlet lyfter jag fram expertforskningens beskrivningar på hur människor utvecklas, blir kompetenta och hur de skaffar sig färdigheter och förmågor. Flera av de egenskaper som lyfts fram som typiska för experter tyder på att det inte bara handlar om en inkrementell förbättring eller förfining av förmågor gentemot novisen. Det rör sig om mer radikala förändringar som antyder att flera olika kognitiva strukturer utvecklas i olika hastighet och av olika orsaker. Polanyi talar om *omedvetna kännetecken* och *proximala detaljer* medan bröderna Dreyfus använder uttryck som *holistic pattern recognition*.

Detalj eller helhet, vem har rätt? Kan det vara så att människan har två sätt att se, bedöma och att kategorisera; ett som analyserar detaljer och ett annat som känner igen helheter?

Det finns flera frågor som är intressanta att belysa:

- Varför tar utvecklingen så lång tid?
- Varför är utvecklingen så kopplad till en speciell kontext?
- Varför uppnår inte alla de senare nivåerna i Dreyfus modell?
- Varför är så mycket av det här kunnandet dolt och tyst?

I kapitel sex och sju återkommer jag och fördjupar mig i dessa frågor.

De forskningsresultat om experter jag har refererat till beskriver generella förmågor och beteenden. Avhandlingens resultat är tänkta att utmynna i implikationer för undervisning i design, speciellt i skolämnet teknik. I de följande två kapitlen ger jag en bakgrund till såväl design i skolans teknikundervisning som teknisk problemlösning i allmänhet.



## 4 Kreativitet, skapande och pedagogisk bedömning i skolan

### Skapande verksamhet i skolans teknikämne

Den svenska grundskolan har i sin läroplan (1994) flera allmänna mål och riktlinjer. Bland dessa tilldrar sig avsnitt som berör förmågor till skapande och kreativa aktiviteter mångas intresse. I Skolans *uppdrag* (Utbildningsdepartementet, 1994) sägs att:

*Skapande arbete och lek är väsentliga delar i det aktiva lärandet.  
Skolan ansvarar för att varje elev efter genomgången grundskola  
har utvecklat sin förmåga till kreativt skapande.  
Förmåga till eget skapande hör till det som eleverna skall tillägna sig.*

Med hänsyn till i vilket sammanhang dessa uttalanden görs är det troligt att författarna framför allt tänker på de estetiska ämnena i samband med skapande verksamhet.

I kursplanen för Teknikämnet (Skolverket, 2001) återkommer hänvisningar till skapande verksamhet:

*Att själv praktiskt pröva, observera och konstruera är ett fruktbart sätt att närma sig teknikens primära frågor om mål och möjligheter och att erövra en förståelse som är svår att nå på annat sätt.  
Utifrån ett praktiskt och undersökande arbete åskådliggörs både den tekniska utvecklingsprocessen: **problemidentifiering, idé, planering, konstruktion, utprovning och modifiering** och hur den teknik som omger oss är länkad till olika och ofta inbördes beroende system.*

Den i fetstil markerade texten är den enda konkreta handledning läraren får för att planera sin undervisning i, och om, tekniskt skapande och utveckling.

## Teknik och Design

Internationellt har intresset ökat för kreativitet, design och konstruktion och har nu fått ett stort utrymme i skolan i många länder. Teknik som eget skolämne är dock bara ett par decennier gammalt och det saknas forskning och en diskussion om ämnets innehåll och form (Lewis, 2006).

När man läser engelsk litteratur är det viktigt att uppmärksamma skillnader i betydelse för termer som *design* och *problem solving*. Det engelska ordet *design* används på ett liknande sätt som det svenska ordet problemlösning och är ett samlande begrepp för alla faser i en skapande aktivitet, även tillverkning. *Problem solving* används på engelska för att beteckna ett väl formulerat problem med en entydig, ofta algoritmisk lösning som ibland kan generaliseras till liknande uppgifter (Kimbell, 2006). I kapitel fem beskrivs dessa två problemformer som *ill defined* respektive *well defined*.

I en svensk kontext används däremot termen design ofta för att beskriva ett konstnärligt skapande, ägnat till estetisk och eller funktionell formgivning av olika produkter. Det svenska teknikämnet behandlar *Den Konstruerade Världen* i flera olika aspekter och perspektiv. Skapande och konstruktion, design, har en viktig roll även i Sverige och speciellt i avsnitten om bedömning och i betygskriterierna betonas vikten av att eleven utvecklar insikter, kunskaper och förmågor i praktiskt skapande.

I andra länder anses design som mycket centralt och är därför ett prioriterat inslag i teknikundervisningen. Detta gäller i USA där det intar en central roll i Standards for Technology Education (Itea, 1996) såväl som i England där det är det dominerande inslaget i det obligatoriska skolämnet Design and Technology (DSCF, 2000).

### Designprocessen: Funktion till struktur

Designbegreppet, en artefakts funktion och tillkomst studeras sedan några år av en internationell forskargrupp ledd från Universitetet i Delft; projektet kallas *The dual nature of technological artefacts*. En av gruppens medlemmar, Marcel Scheele (2001) skriver att en teknisk produkt, en artefakt, karaktäriseras av att konstruktören byggt in en kommunikativ mening om dess funktion. När man konstruerar en bil är det funktionen *bil* man levererar, inte en mängd metall och plast sammanfogat på ett komplicerat sätt. Överföringen från funktion till teknisk struktur är en mycket komplicerad process som liknar den då en konstnär försöker

få fram ett estetiskt uttryck med hjälp av de materiella resurser, tekniker och metoder som finns att tillgå.

Peter Kroes (2001) menar att designprocessen är ett mycket eftersatt forskningsområde och att man knappt har börjat studera den dualism som finns i en teknisk artefakts egenskaper och beskrivning:

*Å ena sidan är artefakter fysikaliska objekt eller processer, med en specifik struktur (uppsättning egenskaper), vilka styrs av fysikens lagar. Å andra sidan, är en viktig del i beskrivningen av varje tekniskt objekt dess funktion; om man för ett ögonblick bortser från funktionen är artefakten blott och bart ett fysiskt objekt. Det är tack vare sin funktion som den blir ett tekniskt objekt, "a technological artefact". Funktionen kan inte betraktas separat från den kontext i vilken artefakten skall användas. Funktionen är, då den är ett medel för att uppnå ett mål, "means to an end", förankrad i denna kontext, i denna verklighet. När vi på detta sätt ser en medveten påverkan från den sociala världen (i motsats till den fysikaliska världen), kan vi kalla funktionen för en social konstruktion, den är skapad i ett socialt sammanhang. En teknisk artefakt är samtidigt som den är en fysisk konstruktion även en social dito. Den har två ontologiska beskrivningar, "a dual ontological nature". Studerar vi människors verksamhet inom konstruktion och design finner vi att deras tekniska kunskap består av såväl kunskap om fysiska strukturer som kunskap om funktioner (Kroes, 2001 s. 1).*

Designprocessen kan tolkas som en problemlösande process som översätter en önskad funktion till en struktur. Processen börjar vanligen med att man samlar kunskap om den önskade funktionen, en designspecifikation, för att som slutprodukt skapa en design som är en beskrivning eller ritning av ett fysiskt objekt, system eller process och som realiserar den önskade funktionen. Hur når då konstruktörer och innovatörer detta mål? Följande citat är taget från beskrivningen av det svenska teknikämnets karaktär och uppbyggnad:

*Utifrån ett praktiskt och undersökande arbete åskådliggörs både den tekniska utvecklingsprocessen– problemlösning, idé, planering, konstruktion, utprövning och modifiering (Skolverket, 2001).*

Här återfinns den syn på utvecklingsprocessen som var rådande i början av 1990-talet. Inom teknikundervisningen anammar man ett naturvetenskapligt arbetssätt. Teknikern liksom

vetenskapsmannen förmodas arbeta efter en generell standardiserad metod. John Williams (2000 s. 49) beskriver det på följande sätt:

*The process was a prescriptive and linear one of defining the problem, gathering information, forming a hypothesis, making observation, testing hypothesis and drawing conclusions.*

Kritik mot denna tolkning av designprocessen återfinns i en översikt av ett tiotal liknande modeller av Rob Johnsey (1995) och sammanfattas av Brent Mawson (2003 s. 117):

*The paradigm is fatally flawed, and that continued adherence to it is having a detrimental impact on children's learning in technology.*

Tron på förekomsten av en generell vetenskaplig metod verkar ha uppstått ur den form som vetenskapliga arbeten presenteras på, i artiklar och avhandlingar, och mindre ur en realistisk beskrivning av den naturvetenskapliga forskningsprocessen. Williams (2000) menar att då denna process används som en arbetsmall i skolans undervisning kan den till och med försvåra elevens kreativa utveckling. Den vetenskapliga metoden beskriver dessutom inte den i sammanhanget mest intressanta hypotesgenererande fasen utan den verifierande. Inom teknikundervisningen har man trots denna kritik vid flera tillfällen prövat att arbeta efter standardiserade sekventiella designmetoder:

*Design-make-appraise" (Australien 1994)*

*Identify-design-make-evaluate" (England 1995)*

*Define problem-ideas-model-test" (ITEA, USA 1998)*

Även inom högre utbildningar återfinns man den här tron på att det finns en metod för innovation och design. På ingenjörsutbildningar som KTH, CTH, LiTH med flera provas just nu ett liknande koncept:

*Conceive-Design-Implement-Operate (Sverige och USA 2001).*

Dessa modeller är alla sekventiella och linjära, detta trots att studier av designprocessen visar på en mycket större komplexitet. Baynes (1992) citerad av Williams (2000) skriver:



*The processes involved in designing are not linear, they do not always start from human needs, and they do not always proceed in an orderly way. They are reiterative, spiralling back on themselves, proceeding by incremental change and occasional flashes of insight.*

På 1980-talet studerades problemlösningsprocessen av några teknikfilosofer, en av dem, Rachel Laudan, (1984) visar en problemlösningsprocessen inte alltid startar i att lösa ett problem, *a means to meet an end*, utan styrs av ekonomiska, estetiska och kulturella värden. Mycket teknikutveckling sker därför att det är roligt, *sheer fun and joyment*, att skapa något nytt.

Studerar man tekniker i arbete kan man enligt bl.a. Petroski (1996) inte se någon generell metod. Utvecklingsprocessen skapas och förändras efter hand i takt med situationens krav. Processen ser olika ut hos olika individer och man kan se hur studenter som åläggs följa en på förhand uppgjord metodisk plan arbetar parallellt med att dels lösa uppgiften dels tillgodose lärarens krav och önskemål om metod. Detta har ofta ingen eller till och med en negativ påverkan på elevens kreativa utveckling.

Enligt de senaste 20 årens studier inom området, finns inga vedertagna generella lösningar och metoder för teknisk utveckling och design. Trots detta kräver såväl svenska som internationella styrdokument att det ska ske en utveckling av elevens konstruerande och skapande förmåga som bygger på detta antagande. Samma förhållande kan ses inom teknikundervisning världen över (Mawson, 2003). I den svenska kursplanen framhålls att:

*Mål att sträva mot; eleven utvecklar förmågan att omsätta sin tekniska kunskap i egna ställningstaganden och praktisk handling.*

*Mål som eleverna skall ha uppnått i slutet av det femte skolåret:*

*– kunna med handledning planera och utföra enklare konstruktioner.*

*Mål som eleverna skall ha uppnått i slutet av det nionde skolåret:*

*– kunna göra en teknisk konstruktion med hjälp av egen skiss, ritning eller liknande stöd och beskriva hur konstruktionen är uppbyggd och fungerar.*

*Kriterier för betyget Väl godkänd*

*- Eleven genomför en egen konstruktionsuppgift, beskriver med relevanta begrepp och termer konstruktionen och dess komponenter och motiverar sina val av material, redskap och utformning.*

*Kriterier för betyget Mycket väl godkänd*

*- Eleven ger alternativa förslag även då det redan finns instruktioner eller färdiga lösningar samt utvärderar sitt eget arbete.*

Ingenstans förtydligas och förklaras dock vilka kunskaper och förmågor som behöver inhämtas respektive utvecklas och hur detta kan gå till.

## Nya modeller för undervisning om design och skapande

På senare tid har alternativa koncept prövats, ibland kraftigt kontrasterande mot den tidigare beskrivna traditionella sekventiella och strukturella modellen. Mioduser och Dagan (2007) varnar också för att lära eleverna arbeta efter en modell med distinkta sekventiella steg i en generell designprocess. De förordar att man i stället skall skapa en förståelse för och kunskap om designprocessens olika funktionella delar och steg, inte att förordas en viss följd av dem:

*The functional approach emphasizes the teaching and study of design functions (rather than stages): issues identification and definition, exploration and investigation, decision-making, planning, making, and evaluation. At every stage of the process the problem solver may use more than one of the design functions (Mioduser & Dagan, s. 135).*

Författarna finner som resultat av en stor studie där de två metoderna jämförs att studenter som arbetar efter den funktionella, ej ordnade, metoden utvecklar kvalitativt bättre lösningar:

*The functional approach towards design instruction was more effective than the traditional structural approach for supporting the construction of holistic, flexible, and effective mental models of the design process of technological solutions (Mioduser & Dagan, 2007 s. 135).*

Författarna påpekar också att mer forskning behövs för att förstå de mentala modeller noviser och experter använder vid design och problemlösning.

Den kreativa processen har studerats under lång tid inom andra estetiska områden. Om vi antar att faktorer som påverkar utvecklingen av en skapande förmåga kan vara generella som studierna av expertis antyder; så kan kunskaper om bild- och slöjdprocessen ge uppslag till hur teknikämnets designprocess kan förstås och utvecklas.

## Portföljvärdering av elevers skapande arbete i bild

I *Portföljvärdering av elevers skapande arbete i bild*, en delstudie i utvärderingen av skolan 1998 med avseende på de nya läroplanerna, studerar Lars Lindström et al. (1999) hur skapande arbete kan bedömas och utvärderas. Under arbetet har man tagit fram ett antal produkt- och processkriterier som är avsedda att användas för att mäta en utveckling av kreativ förmåga. Efter utprovning på olika stadier från förskola till gymnasium och med ett mycket stort antal bedömningar av elevarbeten anses instrumentet vara såväl tillförlitligt som lättanvänt. Flera av dess bedömningskriterier skulle kunna anpassas till kreativt arbete i teknikämnet, det som i stycket ovan definierats som design. De skulle därmed kunna utgöra en grund för tydliggörande av förmågor och egenskaper som kan och bör utvecklas inom teknikämnet. Lindström beskriver och definierar tre produktkriterier och fyra processkriterier i sitt mät- och bedömningsinstrument.

### Produktkriterier

#### Kriterium 1: Förverkligande av intentionen med bilden

Detta det första produktkriteriet avser att bedöma graden eller kvaliteten i förverkligandet och trycker på vikten av att bedömningen inte grundar sig på enkla kriterier av typen att *det blev något som fungerar*. Detta formuleras av Lindström:

*I en kreativ arbetsprocess utvecklas och förändras visionen under arbetets gång. Intentionen, dvs. det man vill få fram, kan också förändras, men den är vanligen mer konstant. Det är den inre kompass som vägleder arbetet. Om man ständigt ändrar intentionen (avsikten) med det man gör, blir arbetsprocessen ryckig och fragmenterad. Håller man däremot fast vid intentionen, men prövar olika vägar att förverkliga denna (dvs. omsätter olika visioner), så ökar möjligheten att finna den lösning som "stämmer" med intentionen.*

Lindströms text antyder att det skulle vara möjligt att omformulera detta kriterium till t ex teknikämnet:

*Om det rör sig om en designuppgift eller konsthantverk kan aspekter som rör föremålets funktion komma in i bilden. Kommer föremålet att fungera som det är tänkt i sitt sammanhang?*

För teknikämnet skulle det första kriteriet således kunna handla om funktion och problemlösningens resultat, lösningens funktionalitet. Vad är elevens intention, mening med artefakten och hur förverkligas detta i resultatet. Noteras bör dock att i ett tekniskt sammanhang är *att det ska fungera* ett starkt krav, ambitionen hos eleven kan vara för hög.

## Kriterium 2: Färg, form och komposition

Det andra produktkriteriet kan tolkas som en förmåga att behärska uttrycks- och kommunikationsformer. Det räcker inte att skapa en teknisk produkt, en artefakt, den ska också kommuniceras till omgivningen. Eleven ska med hjälp av olika kommunikativa stöd kunna förklara funktion och användning. Hon ska kunna beskriva sin produkt i text och ord, kunna demonstrera, rita skisser, tillverka ritningar och på andra sätt dokumentera sin produkt. Förmågan att skapa och producera dessa kommunikationsformer behöver naturligtvis också beskrivas i processtermer.

Eleven bör också känna till och behärska de inom varje tekniskt delområde kända och använda teknikerna och metoderna, de heuristiska hjälpreglerna, tumreglerna eller *the tricks of the trade* som är viktiga för att nå ett gott resultat.

Motsvarigheter till detta kriterium hittar man i teknikkursplanen i Kriterier för betyget Väl godkänd:

*– Eleven genomför en egen konstruktionsuppgift, beskriver med relevanta begrepp och termer konstruktionen och dess komponenter och motiverar sina val av material, redskap och utformning.*

### Kriterium 3: Hantverksskicklighet

Lindström skriver:

*Hantverksskicklighet syftar på förmågan att välja och använda material och tekniker... Alla material och tekniker skapar möjligheter till gestaltning, men de har också sina begränsningar. En hantverksskicklig person vet vad som kan göras och har därtill förmågan att göra det. Det är vanligt att hantverket nedvärderas eller missförstås som något rent mekaniskt och manuellt. Men hantverksskickligheten är inte bara till hjälp för en människa att förverkliga sin vision; den tillåter honom eller henne också att föreställa sig resultatet av sitt arbete. En person som kan sitt hantverk har rikare valmöjligheter än en som inte kan det. Han kan visuellt utforska olika alternativ i sitt medvetande genom att fråga sig: "Vad skulle hända om jag gjorde så i stället?"*

Detta produktkriterium finns redan beskrivet i kursplanen för teknik.

*Bedömning i ämnet teknik:*

*Elevens förmåga att välja och använda relevanta redskap och material beaktas, liksom den manuella skickligheten och kapaciteten när det gäller att fullfölja en större uppgift.*

Denna beskrivning kan direkt jämföras med en av de nivåbeskrivningar för det tredje kriteriet, som anges av Lindström:

*2. Bilderna tyder på viss förmåga att hantera material och tekniker, men det finns stora brister i tillämpningen.*

### Processkriterier

De fyra följande kriterierna, inriktar uppmärksamheten på arbetsprocessen, dvs. hur eleven gått tillväga för att lösa uppgiften. Det är förmågor, förtrogenhet och i flera fall förhållningssätt, *studio habits of mind* (Winner, 2003), som enligt professionella utövare och flera vetenskapliga studier av konstnärer är sammankopplade med kreativitet. Dessa processkriterier är troligen i än större mån applicerbara på annan skapande verksamhet.

#### Kriterium 4: Undersökande arbete

*Undersökande arbete syftar på den envishet och det tålamod med vilka eleven gripit sig an och fullföljt arbetet ... att eleven följer upp "samma" problem genom en rad arbeten eller experiment. Man prövar olika möjligheter, ser vad som händer och avgör vad som inte håller måttet. (Lindström et al., 1999)*

Även i kursplanen för teknikämnet beskrivs denna förmåga som önskvärd t.ex. i kriterier för betyget Mycket väl godkänd:

*– Eleven ger alternativa förslag även då det redan finns instruktioner eller färdiga lösningar samt utvärderar sitt eget arbete.*

Som senare kommer att visas är denna förmåga viktig för utveckling av expertis och den är dokumenterad i studier inom många teknikområden. Kursplanen för teknikämnet beskriver dessa mål som:

- Eleven utvecklar förmågan att reflektera över, bedöma och värdera konsekvenserna av olika teknikval,*
- Eleven utvecklar förmågan att omsätta sin tekniska kunskap i egna ställningstaganden och praktisk handling*

Hur dessa mål ska uppnås är dock otydligt.

#### Kriterium 5: Uppfinningsförmåga

Lindström förklarar detta processkriterium på följande sätt:

*Kreativa personer upptäcker ofta nya problem när de arbetar med en uppgift. De prövar nya lösningar, ofta genom att kombinera idéer och lösningsförslag på ett oväntat sätt. Det finns ett nära samband mellan dessa utmärkande drag och det som nämnts ovanom undersökande arbete, eftersom man måste fördjupa sig i en uppgift under en längre tid för att komma på var de intressanta problemen finns och hitta sätt*

*att gripa sig an dem. Upptäckter genom misstag eller "lyckliga tillfälligheter" förutsätter att man är mentalt förberedd. Men denna inre beredskap är inte tillräcklig för att ett kreativt språng skall äga rum. För att omformulera problem och pröva nya lösningar, behöver man också ett visst mod och en vilja att ta risker.*

En okänd Nobelpristagare lär ha kommenterat detta på följande sätt:

*Man måste ha tur, och vara förberedd för att kunna se vad som är intressant.*

En av de viktigaste egenskaperna hos en designer eller en konstruktör är att våga ta risker. Karl Popper menar att förmågan att göra djärva antaganden, hypoteser, är det som driver vetenskapen framåt. Och flera författare (Davies, 2000; Kimbell et al., 2004) beskriver detta som ett av de viktigaste målen för teknikundervisningen: att ge eleverna självförtroende att våga och att skapa en miljö i skolan där det är tillåtet att misslyckas. Omsorg om eleven, att begränsa svårigheter för läraren och att säkerställa att alla lyckas med sina projekt kan omedvetet skapa en miljö där det inte är acceptabelt att ta risker, att misslyckas.

För att främja risktagande krävs att fokus i undervisningen inte ligger på slutprodukten, utan att processen och de erfarenheter och den kunskap som uppkommer även vid ett misslyckat försök värderas lika högt. I ett nyligen presenterat utvecklingsprojekt inom ämnet Design och Technology i England fokuserar en forskargrupp kring Richard Kimbell speciellt på idégenerering och elevers risktagande. Att ha, att utveckla, att optimera och att verifiera idéer (Kimbell et al., 2004). Ett samarbete har inletts mellan Richard Kimbell och forskare samt lärare knutna till lärarhögskolan i Stockholm. (Skogh, 2006)

I nivåbeskrivningarna för detta kriterium i US98 (Lindström et al., 1999) finner vi följande formulering:

*4. Eleven ställer ofta upp egna problem eller omformulerar dem som läraren har ställt. Hon går ständigt vidare och experimenterar regelbundet, är villig att ta risker och finner ofta oväntade lösningar på problem.*

En liknande formulering finner vi i den svenska kursplanen för teknikämnet, i bedömningskriterier, på nivån Mycket väl godkänt:

*-Eleven ger alternativa förslag även då det redan finns instruktioner eller färdiga lösningar*

## Kriterium 6: Förmåga att utnyttja förebilder

*Studier av skapande verksamhet visar nästan utan undantag på betydelsen av andras arbeten och sätt att tänka. Skapande är inte en så privat och individuell process som vi ofta föreställer oss. Det ingår alltid i ett socialt sammanhang. Nya idéer dyker ofta upp när man studerar eller lånar stildrag från en annan person. Denna påverkan kan vara allmän eller gälla något speciellt. Man kan t.ex. studera en genre (t.ex. porträtt), en stil (t.ex. popkonst) eller en enskild konstnärs produktion för att se vad som förenar och skiljer olika verk åt och få en uppfattning om hur tillvägagångssätt och ämnesval utvecklats. Eller man kan också söka efter något särskilt som man vill lära sig och dra nytta av i sitt eget arbete. Intresset kan gälla såväl idéer som formspråk och tekniker(Lindström et al., 1999).*

Att söka förebilder och finna samband mellan dessa och eget arbete är en mycket aktiv och mångsidigt sammansatt process. Tidigare fanns ett motstånd mot detta i skolan, eleven skulle skapa fritt, vara nyskapande. Kreativitet skulle inte hämmas av förebilder och modeller. Fortfarande används uttryck som *tips och tricks* i nedsättande mening inom lärarutbildning och fortbildningsverksamhet. Inom annan skapande verksamheter som programmering är det en accepterad och beprövad metod för att utveckla sin problemlösande förmåga.

I den nu gällande kursplanens strävansmål för ämnet teknik kan man läsa att eleven:

*utvecklar sina insikter i den tekniska kulturens kunskapstraditioner och utveckling*

I beskrivningen av ämnets karaktär:

*-Denna process vilar på tradition och praxis, observationsförmåga, nyfikenhet, uppslagsrikedom, företagsamhet, inflytande från andra kulturer – och lärorika misslyckanden ... Genom att följa teknikens historiska utveckling ökar ämnet möjligheterna att förstå dagens komplicerade tekniska företeelser och sammanhang. Att själv praktiskt pröva, observera och konstruera är ett fruktbart sätt att närma sig*



*teknikens primära frågor om mål och möjligheter och att erövra en förståelse som är svår att nå på annat sätt.*

I beskrivningen av perspektivet Konstruktion och verkningssätt:

*-I ämnet ingår att pröva olika tekniker och tekniska lösningar för att bygga upp en teknisk repertoar.*

Kriterium 7: Förmåga till självvärdering

*Personer som arbetar skapande besitter ofta en förmåga att inta en mängd olika ståndpunkter eller perspektiv. När de betraktar sitt eget arbete, inriktar de sig omväxlande på tekniska aspekter, formspråket, idéinnehållet, osv. De utvecklar en uppsättning värderingsnormer eller en checklista som riktar in deras uppmärksamhet och styr den skapande processen. Precis som i arkitektens skapandeprocess krävs ett hermeneutiskt synsätt, en förmåga att växla mellan detalj och helhet. I dagens ofta mycket komplicerade verklighet är en förmåga att se system och sammanhang av stor vikt (Lindström et al., 1999).*

Värdefrågor har fått en ny och viktig roll inom såväl naturvetenskap som teknik. Redan i kursplanens beskrivning av teknikämnets roll och syfte nämns detta:

*Nyttjandet av teknik reser nämligen en rad etiska frågor som berör grundläggande värderingar, till exempel vad gäller teknikens konsekvenser för miljön. Också många andra sidor av tillvaron, som arbetsliv, boende och fritid, påverkas av tekniken. Individens och gruppernas möjligheter att utöva inflytande och makt är i stor utsträckning beroende av hur tekniken utformas och utnyttjas i samhället.*

Ett av uppnåendemålen i teknik för år 9 lyder som följer:

*– kunna analysera för- och nackdelar när det gäller teknikens effekter på natur, samhälle och individens livsvillkor.*

Även för den tekniska designprocessen har denna bedömnings- och värderingsförmåga stor vikt då en produkts värde bestäms inte bara av dess funktion utan även hur den påverkar sin omgivning; vad ersätter den, vilka människor berörs och hur, vilka nya problem uppstår på grund av den lösning som valts? Förmågan till personlig värdering av sitt eget arbete och process kan man inte se så tydligt i kursplanen men om jag tolkar Lindström rätt så är det en av de förhållningssätt som verkar starkt kopplade till en kreativ utveckling. Jag återkommer till detta senare i avhandlingen.

## Sammanfattning

Tekniklärare i skolan har som uppgift att skapa förutsättningar för elevers lärande i bland annat design och konstruktion. Enligt många studier är de beskrivningar av en designprocess som återfinns i styrdokumentet för enkla och kan inte användas för att styra och planera undervisningen.

Teknikdesign är en form av kreativ problemlösning och som beskrivits ovan kan flera av Lindströms kriterier för kreativ utveckling i bildämnet anpassas till teknikämnet, men det saknas också vissa delar. Konstnärligt arbete genomförs ofta individuellt medan teknik utvecklas i grupp, *teamwork*. Eftersom projektarbete i grupp är den arbetsform som används både i tekniska utvecklingsmiljöer och i skolans teknikundervisning bör bedömningskriterier för detta arbetssätt formuleras. Exempel på moment att bedöma kan vara grupporganisation, arbetsorganisation, planering, kommunikation i gruppen och presentation av resultatet.

Jag fokuserar dock på de processkriterier som Lindström beskriver. Kan man förklara hur dessa förhållningssätt påverkar en individs förmåga att lösa problem, att bli mer kreativ? Går det att förstå dessa processkriterier som faktorer i en utveckling av expertis?

Jag menar att detta är möjligt med hjälp den modell jag beskriver i senare kapitel om implicit lärande och minne.

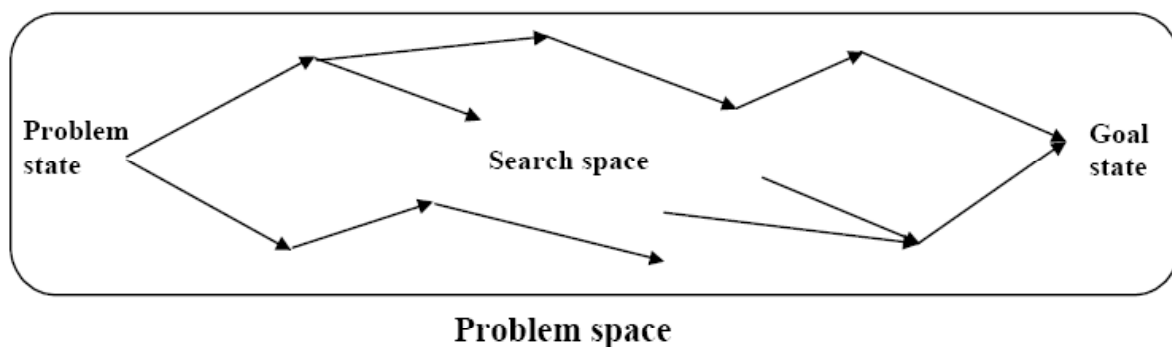
För att bättre förstå de utmaningar designexperter ställs inför kommer det nästkommande kapitlet beskriva dels problemlösning i ett generellt, teoretiskt perspektiv dels teknikens speciella förutsättningar och problem. Här visas också hur man inom tekniken skapat metoder för att kunna hantera, förstå och skapa stora komplicerade system.

## 5 Problemlösning, allmänt och i teknikens värld

Inom de konstnärliga praktikerna har kreativitet, dess uppkomst och utveckling studerats sedan länge. Lars Lindströms (2007) arbeten visar på vägar till att såväl identifiera som att utveckla förmågor som leder till kreativitet. Vad förenar och vad särskiljer då tekniskt och konstnärligt skapande? Kan det finnas generella förmågor eller förhållningssätt som påverkar människors möjlighet att skapa, konstruera och att lösa problem inom många olika områden? För att kunna besvara sådana frågor behöver vi dels en beskrivning av problemlösningsprocessen på ett mer generellt plan och dessutom kunskap om teknikens speciella förutsättningar.

### Teorier och modeller kring problemlösningsprocessen

Ett problem kan vara litet och bestå i sökandet av en enstaka enkel handling eller ett val; men det kan också vara komplicerat och sammansatt av sekvenser av delproblem som skall lösas. Problemlösningsmodellen kan beskriva delproblem eller hela den större processen.



Figur 5.1 Problemlösningsprocessen enligt Newell och Simon (Middleton, 2002 s. 68)

Processen beskrivs vanligen som en förflyttning från ett utgångsläge, ett problemtillstånd, via sökandet genom en problemrymd med olika möjliga alternativ fram till ett mål, en lösning på problemet. Utgångsläget, *the problem state*, är beskrivningen och förståelsen av uppgiften, hur problemet är formulerat och definierat. Lösningprocessen beskrivs som en sökning i en lösningsrymd, *the search space*, som består av alla i sammanhanget möjliga och tillåtna *drag*, handlingar och val. När man funnit en användbar väg framåt till målet, *the goal state*, är problemet löst. I exempelvis spelet schack kan problemtillståndet vara ett specifikt läge någonstans under partiet. Detta tillstånd kan vara förenat med hot från motspelaren eller med positiva möjligheter för spelaren att stärka sitt läge, att förbättra sina möjligheter att vinna.

Problemrymden är i detta exempel alla i spelet för tillfället tillåtna drag. Målet är att hitta det bästa draget. Lösningsrymden kan mitt i ett schackparti vara mycket stor och många forskare har de senaste 50 år intresserat sig för hur en schackspelare kan hitta och välja optimala lösningar på en i många fall mycket begränsad tid. Vad är det som får en stormästare att se vad som är relevant, att bedöma och att snabbt ta goda beslut?

Som ett led i försöken att skapa artificiell intelligens med hjälp av datorprogram som kan lösa olika typer av problem, skapades redan i början av 1970 talet en sådan modell över problemlösningsprocessens olika faser, som visas i figur 5.1 (Newell & Simon, 1972).

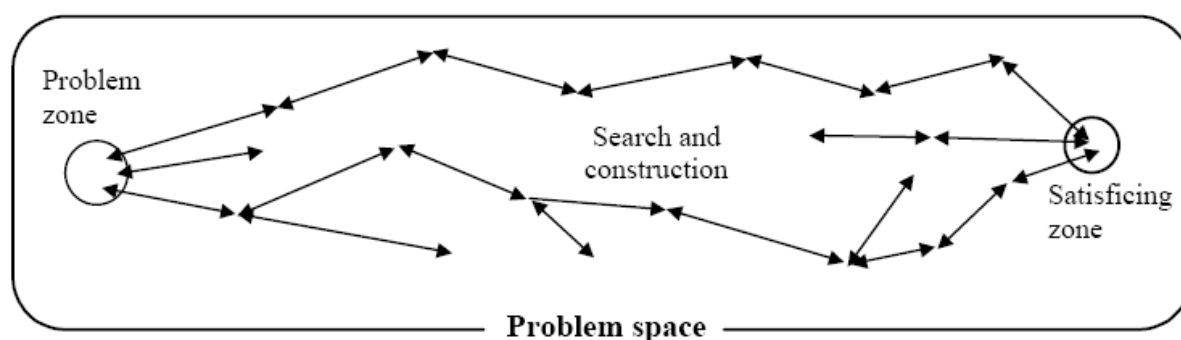
Newell och Simons forskningsgrupp försökte skapa datorprogram som skulle kunna lösa generella problem. De letade efter *A General Problem Solver* och man nådde vissa framgångar med att göra program som exempelvis kunde spela enkla spel och som kunde lösa enkla matematiska problem. För allmänheten presenterade man flera häpnadsväckande program som datorpsykologen Eliza, ett datorprogram som tycktes uppföra sig intelligent och kunde föra en terapeutisk dialog med en människa.

När man började utveckla sina modeller och program började studera hur människor egentligen gör när de löser problem framstod det mer och mer klart att dessa inte verkade använda de rationella och logiska metoder som datorerna programmerades med. Människor verkar använda sig av genvägar och tumregler, heuristiska metoder som minskar antalet alternativa val i problemrymden. Det framstod dessutom allt tydligare att lösningen av verkliga problem inte alltid kunde beskrivas i denna enkla modell.

I litteraturen delas därför problem upp i olika kategorier, den modell som beskrivs i ovanstående stycke och figur 5.1 kallas för ett väl definierat problem, *a well defined problem* (Middleton, 2002). Till ett sådant problem finns en eller flera lösningsmetoder, algoritmer, och det existerar vanligen minst en lösning. Den här typen av problem stöter elever på i skolan. Genom att lösa och träna på typiska problem inom olika ämnesområden bygger de med tiden upp en repertoar av algoritmer och lösningsmetoder och utvecklar en förmåga att använda dessa i ett stort antal specifika exempel. Att lära sig en generell metod som löser många olika slags problem verkar vara svårt och de studier av överföringseffekter, transfer, som gjorts har hittills givit mestadels negativa resultat (Carragher & Schliemann, 2002; Goldstone & Son, 2005; Lave, 1988; Thorndike & Woodworth, 1901). Detta till trots är det

ett ofta uttalat mål för undervisningen i skolan att eleverna ska kunna överföra sin kunskap till nya och annorlunda situationer. Det används ofta som ett kriterium, ett bevis på förståelse.

Med mer realistiska, verkliga problem, *ill defined problems* (Middleton, 2002) är utgångsläget, det egentliga problemet, dåligt beskrivet och anses ligga någonstans inom ett obekant område, *a problem zone* och är inte en väl definierad utgångspunkt. Detta innebär att problemzonen måste utforskas som en inledande fas i processen. Det är inte säkert att det finns kända metoder, algoritmer, för att leta sig fram i lösningsrymden och de måste därför ofta skapas, konstrueras i varje enskilt fall. Det är heller inte säkert att det finns endast en lösning och inte alltid en perfekt sådan. I problemlösningsprocessen ingår därför att finna kriterier för att utvärdera en lösning och välja en tillräckligt bra och användbar slutpunkt inom ett lösningsområde, *the satisficing zone*. Enligt Middleton är det Herbert Simon själv som skapar uttrycket *a satisficing solution*.



Figur 5.2 Problemlösningsprocessen enligt Howard Middleton (2002 s. 70)

En reviderad modell över problemlösningsprocessen såsom den beskrivits ovan och visas i figur 5.2 har skapats av den australiske forskaren Howard Middleton. Han inför termerna *the problem zone*, *the search and construction space* samt *the satisficing zone* i modellen. Med Middletons modell kan mer realistiska problem ur vardagen beskrivas och han har själv gjort detta i ett flertal studier av yrkeskunnande, *vocational studies*, i olika miljöer (Middleton, 2002, 2003, 2005).

Lösningen av ett problem kallas ofta för en artefakt, något som är skapat av en människa. En artefakt behöver inte vara något man kan ta på. En metod, en beskrivning av hur man ska göra något eller en process kan också kallas artefakt.

## Artefaktens funktion och struktur

Såväl Simons som Middletons modeller beskriver problemlösningsprocessen men angriper inte, försöker inte förstå, vad som händer i varje fas. Problemet löses och implementeras i en konkret artefakt. Genom att beskriva artefakter på två olika sätt, i funktions- och strukturtermer, kan problemlösningsprocessen beskrivas på ett nytt och för analysen intressant sätt.

Idén om funktionell kunskap är inte ny. Redan 1809 försökte Jean Hachette och andra vid École Polytechnique i Frankrike att klassificera mekaniska apparater efter funktion och tog fram översiktliga beskrivningar av elementära mekanismer, vilket åtnjöt stor popularitet under mer än 100 år framåt (Ferguson, 1993). Redan 1697, instiftade den svenska ingenjören Christopher Polhem ett *Laboratorium Mechanicum* på Kungsholmen i Stockholm för att utbilda ingenjörer och främja studier av maskiner som skulle kunna stötta den ekonomiska utvecklingen i Sverige. Polhem skapade en serie modeller, ett *mekaniskt alfabet*, som var nödvändiga för en *mechanicus* att ha kunskap om och kunna använda när han designade komplicerade maskiner. Polhem tolkade de fem krafterna från *Hero of Alexandria* – hävarmen, kilen, skruven, blocket, veven eller vinschen som vokalerna i sitt alfabet. 1729 framhöll Polhems sedermera berömda elev; Carl Johan Cronstedt, nyttan av en sådan samling:

*Så nödigt som det är för en boksijnt, att kunna prompt hafwa i minnet alla ord som fordras till en menings och skrifts komponerande, äfwen så nödigt är det för en Mechanicus att hafwa alla simpla rörelser bekant och prompt i minnet.*

Studenterna fick själva tillverka sina egna mekaniska bokstäver i trä och kunde med hjälp av denna kunskap både förstå och designa komplexa maskiner. Polhems mekaniska alfabet överlevde honom själv och det användes som undervisningsmaterial på det första tekniska institutet, Chalmers, i Sverige ända fram till 1840-talet. 1779, när alfabetet ingick som en del av Kongliga modellkammaren skrev föreståndaren Jonas Norbergs följande:

*alla bekanta enkla rörelser til et antal af 80 stycken, unga Mechanicis til en märkelig hjelpreda, då de äro rådvilla om den kraften eller rörelsen, som lämpligast kan appliceras til deras Mechaniska Inventioner.*

Ett trettiotal av Polhems mekaniska bokstäver finns att beskåda på Tekniska museet i Stockholm men även via museets hemsida.

Tidigt under artonhundratalet tog Robert Fulton, ryktbar för sin ångbåt, upp idén med ett mekaniskt alfabet. I sin bok *Emulation and Invention*, där Hindle (1981) visar hur stora uppfinnare som Morse och andra ofta har en konstnärlig bakgrund citeras Fulton :

*The mechanic should sit down among levers, screws, wedges, wheels etc. like a poet among the letters of the alphabet, considering them as the exhibition of his thoughts, in which a new arrangement transmits a new idea to the world.*

Vikten och utvecklingens krav på ny och snabb design och problemlösning har nu satt fokus på artefaktens funktioner mer än någonsin. Julie Hirtz et al. beskriver ett funktionellt språk konstruerat för att effektivisera och utveckla design, produktutveckling och arkitektur:

*In engineering design, all products and artefacts have some intended reason behind their existence: the product or artefact function. Functional modeling provides an abstract, yet direct, method for understanding and representing an overall product or artefact function (Hirtz et al., 2002 s. 65).*

David Barlex (1995) beskriver i en konferenstext hur idén om grundläggande funktionella byggblock än idag lever i teknikundervisning i England. Han beskriver ett hjälpmedel för att lösa mekaniska problem av samma typ som Polhems mekaniska alfabet.

Inom ramen för ett teknikfilosofiskt forskningsprojekt med centrum vid Delft University of Technology i Holland har man utvecklat en teoretisk modell där en artefakt beskrivs på dels ett funktionellt dels ett strukturellt sätt, *the Dual Nature of Technological Artefacts*. Peter Kroes har tidigare nämnts i den här texten och beskriver projektets syfte:

*Technical artefacts are objects with a technical function and with a physical structure consciously designed, produced and used by humans to realise its function. But as a mere physical object, it is not a technical artefact. Without its function, the object loses its status as a technical artefact. This means that*

*technical artefacts cannot be described exhaustively within the physical conceptualisation, since it has no place for its functional features* (2002 s. 294).

Walter Vincenti beskriver i sin bok *What engineers know and how they know it* (1990) hur kunskaper och metoder används av utvecklingsingenjörer vid en amerikansk flygindustri. Det har blivit ett standardverk inom teknikfilosofin. Vincenti studerar ett antal historiska fall och drar med dessa som utgångspunkt upp en struktur av kunskap och förtrogenhet. Han behandlar sex kategorier vid sin analys om design och konstruktion:

- *Fundamentala designbegrepp*
- *Kriterier och teknisk specifikation*
- *Teoretiska verktyg, ofta matematiska*
- *Kvantitativa data*
- *Praktiska överväganden*
- *Design metoder*

Kroes menar att det saknas en kategori för kunskap om funktioner. Den första kategorin är den som mest liknar funktionell kunskap. Den inbegriper verkningsätt som beskriver hur en apparat, *a device* fungerar, med Polanyis ord; *how its characteristic parts... fulfil their special function in combining to an overall operation which achieves the purpose* (Vincenti, 1990). Kroes efterlyser en mer systematisk analys av vad kunskap om funktion är och hur den relateras till kunskap om fysikaliska egenskaper.

Ett problem beskrivs gärna i funktionella termer, vi söker ”*a means to reach an end*”, vi vill nå en lösning som gör skillnad, åstadkommer något. Vi vill komma över ån, hämta vatten, kyla mjölken, släcka elden osv. Ett problem blir väldefinierat då vi kommit på vad som skall uträttas, beskrivet i funktionella termer. Den färdiga lösningen till ett problem däremot, som kan vara i form av en prototyp, en modell, en beskrivning eller ritning, beskrivs och dokumenteras i strukturella termer. Strukturbeskrivningen av en artefakt talar om vilket material som används, vilken form och storlek den har, hur delkomponenter förbinds och organiseras tillsammans med varandra i såväl tid som rum.



Den ursprungliga engelska termen ”*structure*” har en något annorlunda och vidare betydelse än den svenska termen *struktur* som i Sverige oftast används för att beskriva en ytas egenskaper eller hur något är uppbyggt, sammansatt.

En artefakts struktur eller fysiska egenskaper kan beskrivas på många olika sätt; vi kan mäta dess längd, höjd, bredd, beräkna dess volym och beskriva formen på olika sätt. Vi kan mäta massa, beräkna densitet, hårdhet, elasticitet och formbarhet. Vi kan studera hur den påverkas av ljus, magnetism, elektricitet, beskriva dess färg, reflexionsförmåga, elektriska resistans och mycket annat. Dessa strukturegenskaper behandlas ofta inom skolans naturvetenskapliga ämnen men de räcker inte för att vi ska kunna skapa och konstruera artefakter med en viss funktion.

Funktion är vad artefakten gör eller hur den påverkar eller påverkas av omgivningen. Vi talar om artefakters medierande egenskaper, hur artefakten antingen kan påverka ett objekt under vår kontroll eller styrning, t.ex. en spade, ett strykjärn etc eller hur den kan låta ett objekt påverka oss och vår uppfattning om världen; ett förstoringsglas, en blindkäpp eller en kalender. Artefakters medierande egenskaper och hur de kan *lagra* kunskap och påverka hur vi svarar på frågor studeras och beskrivs av Säljö (2000) och andra forskare i ett sociokulturellt perspektiv (Schoultz et al., 2001). I kapitel åtta visas hur detta perspektiv går att förena med ett kognitivistiskt perspektiv på intervjusituationer.

### Designprocessen i ett funktionellt perspektiv

I en problemlösningsprocess försöker vi översätta en funktionell beskrivning av ett problem till en strukturell beskrivning av en artefakt, vi gestaltar en önskad funktion i en struktur.

$$\text{FUNKTION} = f(\text{STRUKTUR})$$

Skillnaden mellan struktur och funktion beskrivs målande i en sång av Mikael B Tretow:

### ***Den makalösa manicken***

- Titta här står en manick som ser rätt konstig ut, det är en jättestor mojäng med en förnicklad strut, här är kugghjul och propellrar så vitt jag kan se, kanske du kan vara hygglig och förklara vad det é
- Jo alltså strömmen kommer in igenom hålet där och går sen vidare till verket fram till motorn här, som får driva den här cykelpumpens pistong som sen blåser på propellern så propellern går i gång
- De går hit de går dit de går runt en liten bit, å den startar på ett kick, de é en makalös manick
- Ja ha ja jag tror jag fattar men vad gör den här maskinen egentligen?
- Jo propellern driver runt ett litet aggregat som pumpar vatten genom tratten till en termostat som i sin tur leder vattnet till ett skovelhjul, som sitter fast i en mast i vårt cykelskjul
- Ja tack men va é de för en maskin va har man den till menar jag
- Jo i ändan utav masten é de en pedal som trampar runt en gammal cykel utav märket National, å då så får man ström från cykelgeneratorn där, de blir en tio tolv ampere så där ungefär
- Tack snälla professorn men jag vill veta va de é för en apparat
- Jo alltså strömmen som man får från generatorn då, de é just så mycket så manicken börjar gå, för ser du strömmen går tillbaks till början hela tin å så går den av sig själv, de é en evighetsmaskin
- Va ska man me den till? om den inte gör någonting, bara
- Jo de é klart att den gör nånting! på somrarna kan det ibland hända att den går varm å då kan vi ju koka gröt där uppe i tratten
- Har ni byggt den här stora maskinen för att koka gröt ibland?.. på somrarna?

Det är tydligt att reportern får en mycket initierad beskrivning av manickens struktur och dessutom hur de olika detaljerna är sammanfogade och fungerar. Systemets funktion avslöjas dock först i sångens sista rader och är som ofta resultatet av en slump och människors fantastiska förmåga att ta till vara på tillfällen.

Peter Kroes och andra som forskar på designprocessen menar att det inte finns några automatiska, logiska och rationella länkar mellan funktion och struktur. Även om designern eller konstruktören av en speciell artefakt tänkt sig en viss funktion med sin struktur, det som kallas en disposition, så kommer andra funktioner att skapas av användaren. Papperskorgen blir plötsligt en riddarhjälm, en ishink, en pall eller en trappstege etc. då det behövs. En arkeolog som finner ett föremål vid en utgrävning kan enkelt beskriva artefaktens struktur genom att mäta och jämföra men har stora svårigheter att bestämma dess funktion, vad den användes till.

I vårt vardagsliv är detta inget stort problem, vi vet vad vi ska använda för att foga samman två papper, vi vet vad en rakhyvel används till. Vi har en stor erfarenhetsbaserad kunskapsmassa bestående av sammankopplade par av funktion och struktur. Kroes problematisering verkar då vara väldigt akademisk.

När vi står inför nya för oss tidigare okända problem, där vår erfarenhet inte hjälper oss, förstår vi hans resonemang bättre. Novisen söker då febrilt efter fakta, regler och metoder som kan hjälpa till att lösa problemet. Experter däremot bara *gör*, löser problemen, till synes utan ansträngning.

Det finns inga kända logiska regler för att överbrygga gapet mellan de båda beskrivningarna av artefakten, den funktionella och den strukturella (Gero, 2000) utan sammankopplingen måste ske genom någon form av associations- eller matchningsprocess. Då beskrivningarna är av olika *ontologiska* dimensioner så saknas det idag en bra modell för hur människor lyckas med denna uppgift menar forskargruppen kring Kroes. Och ändå lyckas människor.

## Structure-Behaviour-Function

Inom de biologiska vetenskaperna finner vi en vidareutveckling av funktion-struktur modellen i *Structure-Behaviour-Function* eller *SBF* (Hmelo-Silver & Pfeffer, 2004). Det som har tillkommit i beskrivningen av ett fenomen eller artefakt är en mellanform *Behaviour* som beskriver en strukturs beteende, vad som händer och varför. Ofta är detta vad vi i dagligt talar menar med *hur den fungerar*. Ett bra exempel är de svar reportererna får i sången om den makalösa manicken: *Jo propellern driver runt ett litet aggregat som pumpar ..*

Biologen kan beskriva ett hjärtas *Structure* genom att beskriva hur och av vad det är uppbyggt, dess olika fysikaliska egenskaper, var det sitter, hur det är förbundet med andra organ etc. En beskrivning av *Behaviour* berättar hur elektriska stimuli påverkar muskelvävnad och hur dessa drar sig samman och utför en rörelse, den kan beskriva hur blod komprimeras av hjärtmuskeln och hur blodet pressas/pumpas mellan förmak och kammare och senare ut i blodomloppet. En beskrivning av hjärtats *Function* behandlar i stället hjärtat som en delkomponent i systemet människokroppen och beskriver dess betydelse för att föra syre till cellerna eller avfallsprodukter som koldioxid ut ur kroppen. En annan funktion, helt i Delftgruppens anda, kan vara socialt konstruerad som att låta ljudet från hjärtats slag berätta för en diagnosticerande läkare att en patient lever. Evighetsmaskinens funktion verkar vara att koka gröt!

Inom slöjd, hantverk och teknikundervisning organiserar man redan sin kunskap efter *SBF-modellen*. Man studerar materials och strukturers egenskaper, *Behaviour*, och hur ett sammansatt system av dessa strukturer får nya egenskaper och funktioner och skapar då ett överlapp, en koppling, mellan struktur och funktion i det som i Delft-modellen såg ut som ett oöverskridligt gap.

	<u>Problem</u>		<u>Lösning</u>
Delft:	Function	Gap	Structure
SBF:	Function	Behaviour	Structure

Vi lär oss att strukturen *spik* har ett beteende, en funktionell egenskap att hålla två brädor samman, att en skruv har samma funktion men dessutom pressar samman plankorna. Vi lär känna andra strukturer som lim, tejp, rep, bultförband, magneter, kardborreband med flera som alla på olika sätt uppvisar ett beteende, en funktion att förbinda två objekt. Vi bygger en repertoar av par av strukturer och deras beteende. Om vårt problem kan identifieras som funktionen att *hålla samman* två brädor så finns förutsättningarna att vi associerar till något av våra inlärdas S-B par.

Beteenden hos kända strukturer blir funktionella byggstenar med vars hjälp vi skapar lösningar till vårt problem (Gero, 2000).

## Designprocessen

Att göra den ovan beskrivna matchningen handlar om att jämföra två mentala *databaser*. Forskningen känner inte till någon medveten, logisk, rationell metod för att göra detta. En sekventiell, medveten, sökning skulle ta alldeles för lång tid. Jämför gärna med problemet att komma på namnet på en person vi möter - vi vet inte medvetet hur vi känner igen människor. Det handlar om en implicit, dold kunskap. Orsaken till att vi kan lösa problem bygger på en mönster-igenkännande förmåga och vi får här en koppling mellan designprocessen och vissa människors extra goda förmåga att lösa problem, att känna igen mönster.

Paul Nightingale beskriver i en artikel skillnaden mellan teknik och vetenskap och menar att vetenskap utgår från något känt för att skapa en teori, en modell som är okänd. Tekniken däremot utgår från ett känt mål och försöker skapa förutsättningarna, strukturen som gör att man kan uppnå målet. Vetenskapens resultat kan därför inte bara extrapoleras för att tillämpas i tekniska lösningar. Nightingale menar att teknikern måste lita på tyst, socialt konstruerad kunskap:

*The paper explores why scientific patterns cannot be perfectly extrapolated for complex, non-trivial technologies and shows why technical change is dependent on learnt tacit conceptions of similarity that cannot be reduced to information processing*  
(Nightingale, 1998).

Inom kognitiv psykologi har man försökt att förstå hur en individ löser problem av olika slag. Vad är det som leder fram till en handling? Vad är det som gör att människor antingen bara plockar fram en lösning eller i stället med hjälp av algoritmer och regler försöker lösa problemet? Vissa forskare anser att man alltid försöker kalkylera, använda regler men att man då man kör fast tillåter sig att gissa, att försöka komma ihåg. Andra menar att det pågår två parallella processer som tävlar om att komma med ett svar, den snabbaste bestämmer hur problemet ska lösas. Gordon Logan (1988) som är en av de tidigaste med en modell som betonar exemplets roll, *the instance theory*, menar att då man skapat tillräckligt många minnen av specifika problem och deras lösningar så slutar man använda kalkyler och algoritmer och övergår till att använda en direkt utantillkunskap, *a lookup table* (Kalish et al., 2004).

Ett intressant spår utgår från hur individen bedömer sin egen förmåga att lösa problemet, en utvärdering som sker i ett tidigt skede av problemlösningsprocessen och som går snabbt och ofta omedvetet. Olika modeller som förklarar hur denna bedömning går till har varit på förslag. En tidig modell beskrev en övervakande funktion i hjärnan som kunde detektera om ett svar på ett problem fanns i minnet, vilket manifesterades i en uppfattning om att man kunde lösa problemet. Senare modeller menar att det är en känsla av *familiarity* med själva problemet och inte lösningen som ger den första bedömningen av om problemet är lösbart. Detta går fort och om denna känsla är svag går individen inte vidare och söker i minnet utan svarar snabbt – vet inte. Asher Koriat och Ravit Levy-Sadot sammanfattar sina resultat i en experimentell studie av *Feeling of Knowing*:

*A high level of familiarity is necessary to drive memory search (2001 s. 50).*

Det är resultatet av den här självbedömningen som bestämmer vilken strategi som används. En annan forskare visade att försökspersoner hade en stark förmåga att bedöma sin egen förmåga och att bedömningen utgick från om de hade erfarenhet av liknande uppgifter, inte om de visste svaret (Schunn et al., 1997 s. 3):

*The strategy selection is governed by a familiarity-based feeling-of-knowing process.*

Denna känsla av igenkännande eller återseende av ett problem kan beskrivas med det svenska begreppet förtrogenhet.

Att design och problemlösning handlar om matchning av två kunskapsdatabaser utnyttjas i TRIZ, ett datorbaserat innovationshjälpmedel byggd på *The Theory of Inventive Problem Solving* (Altshuller, 1994; Braham, 1995). I en stor databas av patenterade uppfinningar sker en sökning utifrån en funktionell sökprofil som innovatören har angivit. Individens egen erfarenhet av strukturers funktion utvidgas här med miljontals exempel.

Kunskap om hur problem beskrivs i funktionella termer och en stor kunskapsbas om olika strukturers beteende i funktionella termer och en matchningsmekanism verkar vara förutsättningar för innovation och kreativitet. För en teknisk innovatör är det alltså viktigt att beskriva sitt problem i funktionella termer för att inte låsa sig vid traditionella strukturer (Hirtz et al., 2002; Moss et al., 2006).

Att lära sig se och använda struktur- och funktionsbeskrivningar är svårt; studier har visat att det finns en tydlig skillnad i denna förmåga, kopplat till erfarenhet (Hmelo-Silver & Pfeffer, 2004). I en av dessa forskares studier visades hur biologer med olika erfarenhet beskriver ett naturligt system. Noviser beskriver stenar och grus på botten av ett akvarium som strukturer, de kan inte utveckla deras funktion i ekosystemet. Experter däremot utökar förklaringen med stenarnas plats, beteende och funktion, exempelvis att vissa fiskarter kräver stenar för att kunna föröka sig.

Teknikämnet för grundskolan har i sin kursplan (Skolverket, 2000) ett funktionellt perspektiv. I beskrivningen av teknikens funktion används en övergripande funktionell taxonomi för att beskriva den konstruerade världen.

*Transport, Lagring, Omvandling och Styrning.*

## Skillnad i Novisers och Experters problemlösningsprocess

Forskning på experter inom allehanda områden visar att människor, strategier och arbetsätt i samband med problemlösningsprocessen förändras med ökad kompetens och erfarenhet. Vissa av dessa förändringar är gradvisa förbättringar eller försämringar på en kontinuerlig skala, medan andra är mer radikala. En sådan radikal förändring är fokuseringen då problemet ska urskiljas i *the problem zone*.

Noviser och andra med liten erfarenhet inom ett problemområde använder sig av något som har kallats *Backward reasoning*, baklänges resonerande. De fokuserar på och utgår i sitt resonemang från lösningstillståndet, målet. Genom att *gissa* olika lösningar och sedan testa och utvärdera dessa med hjälp av problemformuleringen provar man sig fram till en rätt eller åtminstone en godtagbar lösning. En vanlig benämning är på denna metod är *Trial and Error*.

Flera studier visar hur experter använder en relativt stor del av den totala tiden i den första fasen av processen till att fokusera på problemet. I denna utforskande och undersökande fas försöker experten att identifiera vad som egentligen behöver göras i problemzonen; se figur 5.2. En lösning eller väg mot en lösning tycks sedan komma relativt snabbt (Dhillon, 1998; Heyworth, 1999). Beteendet brukar beskrivas som *Forward reasoning*. Experten har

dessutom en överlägsen förmåga att i ett illa definierat problem urskilja och bryta ned detsamma i lösbara delproblem (Ho, 2001).

Några konkreta problem hämtade från matematikens värld åskådliggör utvecklingen från novis till expert vad gäller problemlösningstrategier:

#### UPPGIFT 1: Problemformulering: $5+2=X$ vilket är talet $X$ ?

En 4 åring måste vid lösningen av detta problem förlita sig på vilda gissningar: 52, 712, 2, 5, ... En 7 åring har lärt sig en algoritm. Talen har fått en mening genom den räkneramsa man lekt och tränat fram och åter: 1, 2, 3, 4, 5, ... och addition tolkas som att röra sig framåt i ramsan, alltså 5, 6, 7. Vissa barn behöver använda fingrarna medan andra kan hantera uppräknandet mentalt. Om problemet omformuleras till  $2+5=X$  kommer barnet att börja på 2 och räkna 2, 3, 4, 5, 6, 7. Ett äldre barn kan tillägna sig en heuristisk regel; att alltid börja med det största talet alltså 5, 6, 7 vilket minskar arbetsinsatsen. Ett än mer erfaret barn har "lärt" sig ett stort antal enkla problem,  $5+2$  behöver inte beräknas utan kan hämtas ur minnet och det är bara osäkerhet som gör att vissa barn kontrollräknar med en algoritm. Det är i flera studier visat att det här minnet inte är byggt på någon förståelse av addition utan just är ett exempel på utantillkunskap. Uppgifterna  $5+2$  och  $2+5$  är unika och annorlunda problem som råkar ha samma svar (Carpenter et al., 1993; Hecht, 1999; Sciamia et al., 1999).

#### UPPGIFT 2: Problemformulering; $12/4=X$ , Vilket är talet $X$ ?

Uppgifterna har hittills varit som Herbert Simons beskriver i figur 5.1, väl definierade och det finns en algoritmisk lösning. Problemets utgångspunkt är att utföra en division, lösningsrymden är alla reella tal och lösningen är värdet på  $X$ . En novis, t.ex. en 7 åring som ställs inför uppgiften koncentrerar sig på lösningen,  $X$ , och gissar en lösning t.ex.  $X=7$ . Utvärderingen kan han inte göra själv utan här krävs en lärare eller någon form av automatiserat rättningsystem. Om eleven får fler chanser fortsätter gissandet tills eventuellt rätt lösning nås. Han har inget begrepp om lösningsrymdens storlek och inga heuristiska regler som kan begränsa gissandet. En 11-åring har mer domänkunskap i matematik, kan sin multiplikationstabell och har en del kunskap om vad som menas med division. Vanligen kan problemrymden begränsas i detta fall till tal mindre än 12. Denna heuristiska regel gäller om inte täljaren är mindre än ett, något som eleven kanske ännu inte råkat ut för. Detta är typiskt för heuristiska regler, att de gäller under vissa förutsättningar, att de är approximativa och egentligen kräver en erfarenhet som novisen ännu inte har för att fungera perfekt. En vanlig



nybörjarstrategi är även här att fokusera på lösningen och söka ett tal,  $X$ , som multiplicerat med 4 blir 12. Ånyo börjar eleven gissa, mer intelligenta gissningar men ändå gissningar.

Gissning	Test	Rätt resultat	
$X=5$	$5*4 < 12$	NEJ	
$X=4$	$4*4 < 12$	NEJ	
$X=3$	$3*4 = 12$	JA	SVAR $X=3$

11-åringen klarar utvärderingen själv tack vare kunskaper om multiplikation och gissningsproceduren kan gå ganska snabbt. Hon kan tack vare sina multiplikationskunskaper och dennas kunskapsrelation till division skapa/konstruera en lösningsmetod som Middleton beskriver i sin modell, figur 5.1. Fortfarande utgår hon från ett gissat resultat, en lösning, som verifieras, eleven använder ett bakåtresonerande, *Backward reasoning* eller *Trial and Error*.

Ett problem som inte är så väl definierat, ett tekniskt designproblem, där Middletons modell i figur 5.2 passar bättre, hur löser en novis detta?

### UPPGIFT 3: Att bygga en bro

Du ska ta dig över en 2 meter bred strid bäck med mjuka strandkanter. Du ska kunna transportera saker till andra sidan som tillsammans med dig själv väger 100 kg. Det finns ett antal grenar, plankor, pinnar, snören och annat på din sida av bäcken.

En novis som aldrig sett en spång eller någon annan form av bro och inte heller har sett någon form av pråm eller båt måste nu ge sig in i ett gissande och prövande. På samma sätt som i räkneuppgiften utgår han från en gissad lösning, en struktur byggd av det material som finns till hands. Lösningen testas sedan med utgångspunkt från problemformuleringen.

Ju mer erfarenhet av egna och andras lösningar man har ju mer *intelligenta* gissningar kan göras. Det finns dock ingen garanti för att en novis ska lyckas med en uppgift av detta slag.

Schack brukar betecknas som en analytisk och för tänkandet krävande verksamhet. Schack har studerats med stort intresse under det senaste halvsekle av ett flertal forskare för att därigenom förstå hur människor löser problem. En bidragande orsak är förekomsten av ett kvalitetsbedömningssystem, en *rating*, som med god överensstämmelse kan mäta expertisen hos en spelare.

Hur uppför sig då en novis som problemlösare i ett schackparti?

#### UPPGIFT 4: Att välja det bästa schackdraget

Mitt i ett schackparti skall du välja ett lämpligt drag som ska antingen minska ett uppkommet hot eller förbättra din situation gentemot din motståndare.

Problemsituationen är det aktuella läget med ett mer eller mindre tydligt hot eller möjliga förbättringar i det egna läget. Lösningsrymden är alla tillåtna drag. Lösningen är det drag som du gör. Middletons modell i figur 5.2 påvisar tydligt komplexiteten i uppdraget, det gäller att identifiera problemet.

En novis använder i detta läge *Trial and Error* som metod, tänker sig ett hypotetiskt drag och försöker utvärdera detta med hjälp av de regler han känner om vad man får göra och ett antal heuristiska regler. Pjäser kan värderas efter ett poängsystem vilket gör det möjligt att bedöma om ett offer av en pjäs ska göras. Det finns också heuristiska regler som ger tips om hur situationer kan bedömas, att centrum är viktigt att behärska, att vissa ställningar är bättre än andra. En novis kan också försöka göra en värdering genom att tänka framåt; vad kommer motspelaren att svara med, vad kommer i så fall jag att göra osv. Om man kan förutse och analysera framtidens olika alternativ fram till ett avslut av spelet så kan det aktuella draget värderas. Datorprogram som spelar schack likt det som första gången slog en stormästare, *Deep Blue*, använder denna metod. Människor har dock små möjligheter till att använda denna extremt beräkningsintensiva metod. Redan vid ett försök till en analys tre drag in i framtiden blir antalet möjliga kombinationer astronomiskt. Värderingen av framtida drag och motdrag är svår att göra på ett rationellt sätt (De Groot, 1965; Fernand Gobet & Herbert A. Simon, 1996; Reingold et al., 2001).

#### Hur experten löser problem

En erfaren och kompetent aktör på den nivå som bröderna Dreyfus kallar expert använder inte *Trial and Error* i samma utsträckning som en novis. De använder vad som i litteraturen kallas *Forward Reasoning*. De fokuserar på problembeskrivningen och efter, ofta en längre tid, ger de ett riktigt svar eller en acceptabel lösning utan synbarliga svårigheter. Vissa forskare menar att experten gör en utvärdering av möjliga lösningar i huvudet och kan förkasta dåliga gissningar på ett tidigt stadium och därför tar den undersökande fasen så lång tid. Andra menar att experten känner igen sig i sitt stora erfarenhetsminne. Hur kommer då en expert

bete sig i de exempel som tidigare nämnts? I det andra exemplet divisionsuppgiften; 12/4, finner de ur sitt erfarenhetsminne svaret direkt, 3! Den här expertisen uppnår de flesta, vi behöver ingen algoritm eller heuristisk regel, vi bara vet. Om vi får berätta hur vi gjorde återfaller vi kanske i en novismetod men vi kan inte berätta var eller hur vi egentligen funnit lösningen.

I teknikuppgiften har experten erfarenheter av broar och transportuppgifter och kan direkt välja material och metod för att få en godtagbar lösning (Cross, 2004). Som expert vet vi vad som kan förbinda, hålla samman, två plankor. Beteende och egenskaper hos spikar, skruvar, lim och snören är inget vi behöver begrunda när vi är experter. Vi vet vilka material som flyter och hur de ska formas för att få en hög flytförmåga. Stormästaren i schack gör ingen analys av situationen utan *känner igen* problemställningen i sitt enorma mönsterminne där hon har kvalitetsmärkta lösningar som framstår direkt som det bästa och ibland enda möjliga draget (Simon & Gobet, 1996). Schackspelaren skaffar sig ett bibliotek av ställningar och lösningar som är kvalitetsbedömda dels genom direkta upplevelser under spelet men inte minst genom den reflektion som alltid följer på ett spelat parti. Den erfarna intuitiva spelaren slår oftast en analytiskt skicklig motståndare om hon litar på sin implicita kunskap, sin intuition.

Det verkar alltså som om expertis grundar sig på en stor erfarenhetsbaserad kunskapsmassa inom det område problemet är definierat i. Det handlar inte om att tänka djupare, klarare, snabbare, mer abstrakt eller att ha fått generella förmågor att se och lösa problem utan att ha tidigare erfarenheter som liknar det aktuella problemet (Sternberg, 1998).

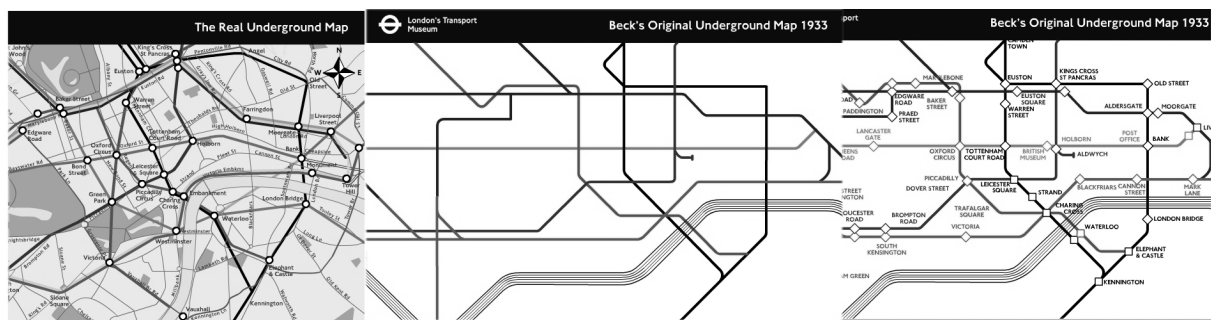
### Expertis inom Designaktiviteter

Nigel Cross (2004) skriver i en artikel, en review av forskning på problemlösare av olika slag, att experter inom design skiljer sig avsevärt från andra experter. De hanterar alltid *ill defined problems* och han menar att de även beter sig ”illa” d.v.s. de följer inte de regler och metoder som designteoretikerna anbefaller. Han hänvisar till ett flertal studier som tycks visa att experter inte analyserar problemet i den utsträckning som expertforskarna påstår. De har snarare en förmåga att snabbt rama in problemet, *problem scoping*, och kan snabbt koncentrera sig på relevanta detaljer och frågor. När de med utgångspunkt från sin preliminära lösningsansats stöter på problem backar de inte och väljer ett nytt spår utan försöker på alla sätt hantera de uppkomna problemen. Ingenjörer lappar och lagar i sin

konstruktion och arkitekter försöker gå runt problemen. Detta strider mot de rekommendationer vi ger i motsvarande utbildningar. Han menar dessutom att experter problematiserar mer, de ser alla problem som *ill defined* och söker medvetet svårigheter och anomalier. De tar inga avgörande beslut tidigt i processen utan gör val och lämnar så mycket som möjligt till ett senare skede. Cross påpekar också att experter inte är så stabila *forward reasoners*. De växlar sitt fokus mellan möjliga lösningar och problemdefinitionen i ett sökande: *to create a matching problem-solution pair*.

Beskrivningen av en välstrukturerad expert som arbetar med ett tydligt mål med en *top-down* ansats stämmer heller inte. De bästa experterna växlar mellan *top-down* och *bottom-up* och arbetar ofta med parallella lösningar, i som Cross uttrycker det ett sätt att minimera mental belastning. De arbetar dessutom ibland intuitivt. Cross avslutar med att varna för att använda forskning på experter inom andra områden för att förändra designutbildning.

## Komplexitet i stora tekniska system



Figur 5.3 Londons tunnelbana, en beskrivning av ett komplext system

Inom tekniken är problemen ofta av en komplicerad art, artefakterna byggs upp av många delkomponenter som har invecklade samband och relationer med varandra. Människan är inte skapad för den här typen av problem. Vi har svårt att hålla många bollar i luften, att medvetet tänka på, jämföra och resonera kring för många detaljer. Den begränsning i vårt korttidsminne, *working memory*, som upptäcktes redan för ett halvt sekel sedan (Miller, 1956) visade att mellan sju och nio objekt fick plats på en och samma gång. Detta innebär att komplicerade objekt eller system måste beskrivas i få, från varandra isolerade delar och deras inbördes relationer (Paas, 2003). Man måste skapa en systembeskrivning. Ett bra exempel på en systembeskrivning är den karta över Londons tunnelbana som skapades 1933 av en ingenjör, Harry Beck, som övergav en naturalistisk kartliknande och komplex beskrivning till förmån för en mer symbolisk. Beck ritade elektriska scheman och många menar att han där fick idén till sin design. Kartan gavs ut på prov 1933 för bedömning av Londons

tunnelbaneresenärer och blev en stor framgång. Beck fortsatte att förfina kartan fram till 1960 då man tillfälligt lämnade hans design som dock sedan återkom. Figur 5.3 visar hur verklighetens komplexitet, The Real Underground Map, har reducerats till en stiliserad och systembeskrivande lättförståelig form, som nu har 75 år på nacken. Kartan är ett exempel på en mycket lyckad systembeskrivning och utsågs år 2006 som nummer två i en tävling om engelsk design genom tiderna, första pris gick till Concorde-flygplanet. Intressant är hur denna karta där Themsen är det enda realistiskt beskrivna objektet har format Londonbornas syn på sin stad, var stadsdelarna ligger i förhållande till varandra och vilka avstånd man tillryggalägger genom staden.

Att *förstå* en mobiltelefon på komponentnivån, genom att studera dess motstånd, kondensatorer och transistorer är omöjligt. I den tekniska dokumentationen finns därför systembeskrivningar ordnade i hierarkiska nivåer. Genom att hålla antal ingående delar och variabler lågt blir det möjligt att utforska situationen, se sammanhang, leta fel och hitta lösningar på ett problem. Uppgiften för en kompetent designer av en systembeskrivning är att välja den för ändamålet lämpliga detaljeringsgraden och att hålla beskrivningen på rätt nivå. Förmågan att göra detta verkar vara starkt kopplad till lång erfarenhet och expertis (Penner, 2000). Ofta krävs flera beskrivningar på olika hierarkiska nivåer och skapade för olika ändamål. Richard Kimbell, en engelsk teknikdidaktiker berör konceptet med hierarkiskt organiserad kunskap (Kimbell, 1997). I övrigt nämns det sällan i teknikämnets läroplaner eller läroböcker (Klasander, 2006). En orsak till detta förbiseende av ett av teknikens viktigaste verktyg skulle kunna vara den starka position som naturvetenskapliga metoder och teorier innehar i skolans värld. Vetenskapen försöker i stället att reducera ett komplext system till dess elementära beståndsdelar och därifrån beskriva dessas samverkan (De Rosnay, 1997). Genom att modifiera en variabel i taget försöker man dra slutsatser och skapa modeller som kan utvecklas till generella lagar som i sin tur kan ge möjligheter att förutsäga egenskaperna hos ett system *underifrån*. Skalan på beskrivningen i den naturvetenskapliga forskningen blir bara mindre och mindre, från molekyler, via atomer till subatomära nivåer. Det är frestande att tro att om vi känner de allra innersta delarna och de mest fundamentala lagarna så kan allting annat härledas därifrån. Detta är den mytomspunna *Theory of everything* (Pines & Laughlin, 2000). Många vetenskapsmän, speciellt biologer, förkastar denna modell. De menar att den stora komplexiteten i verkliga system och den starka växelverkan av dess ingående delar gör det omöjligt att härleda egenskaper och funktioner. Beteendet hos fåglar som flyger är inte förutsägbart från kunskapen om den levande cellen. I ett komplext, verkligt, system

har varje systemnivå sina egna regler, lagar och modeller och det är normalt omöjligt att dra slutsatser om dessa genom de regler och lagar som finns på en lägre systemnivå (Polanyi, 1966 s. 36).

Att organisera kunskapen hierarkiskt på olika detaljeringsnivåer har gjort det möjligt att skapa och förstå väldigt stora och komplexa tekniska system. Internet är ett konkret exempel där detta systemtänkande är formaliserat i en internationell standard. Exemplet på denna hierarkiska organisation är vanliga i modern teknik. På 1970-talet ersattes de enkla elektroniska komponenterna, motstånd, transistorer och kondensatorer med sammansatta och miniatyriserade hybrid- och integrerade kretsar. Dessa nya superkomponenter blev funktionella byggblock, enkelt ersättningsbara varefter nya material och tillverkningsmetoder utvecklades. I skolans undervisning om elektronik uppstod nu ett problem, skulle man försöka lära sig hur de integrerade kretsarna fungerade, eller nöja sig med att studera vilken funktion de hade. Många lärare ryggade inför problemet: *-en integrerad krets är för komplicerad och den är omöjlig att förklara, vi håller oss till grundläggande enkla komponenter!*

Idén med att använda en integrerad krets är att minska den kognitiva belastningen, att inte behöva förstå den. Det är funktionen hos komponenten som är viktig, inte den inre strukturen.

Med en god systembeskrivning kan ett problem eller designuppgift delas upp i oberoende delfunktioner. Dessa delfunktioner kan sedan i sin tur ytterligare delas ner tills man nått en nivå där den enskilda delfunktionen kan implementeras i en känd struktur. Detta är ”*The Axiomatic Theory of Design*” (Suh, 1998). Hur man brygger över gapet mellan funktion och struktur har berörts tidigare i detta kapitel.

Genom att strukturera arbetet med en komplex konstruktion kan konstruktionsuppgiften fördelas mellan olika individer och arbetsgrupper. ISO/OSI-modellen för generella nätverk eller Internet-protokollen är typiska exempel på hur en hierarkisk nedbrytning möjliggör skapandet av ett stort komplext tekniskt system (Rachel Laudan, 1984).

Ingenjörer som arbetar på en specifik hierarkisk nivå har som uppdrag att leverera en funktion till närmast högre nivå, en funktion i form av en struktur. Som verktyg i sitt eget arbete använder denna ingenjör egna strukturer med väl definierade funktioner som någon på en

underliggande nivå har konstruerat och gjort tillgängliga. På detta sätt kan ett stort antal människor samarbeta och arbeta nästan parallellt i tiden med ett stort projekt.

Ett exempel kan vara klagörande: Uppgiften består i att skapa en hemsida för en bank. På den högsta hierarkiska nivån arbetar programmerare med att skapa applikationen och gränssnittet mot användare och bankens datorer. De använder ett programmeringsspråk med ett stort antal funktioner, implementerade i strukturer (programinstruktioner). De behöver inte bry sig om hur data transporteras över Internet eller hur en bild dyker upp på en bildskärm, de bara använder sina högnivåprograminstruktioner. På nästa underliggande nivå i organisationen skapas dessa nödvändiga programinstruktioner genom att andra programmerare skapar funktioner med hjälp av ett lägre programmeringsspråk, kanske C eller Assembler. Dessa personer behöver inte veta något om banker och kunders behov. Kunskapen är distribuerad och utvecklingen sker på allt lägre och ibland allt mer konkreta nivåer där till slut någon på den fysiska nivån ser till att en fosforpunkt på bildskärmen lyser i rätt färg eller att spänningsnivån i ett telefonmodem är korrekt.

Bygget av ett stort hus eller en motorväg innehåller samma systematisering och fördelning av arbetsuppgifter på olika systemnivåer.

Tidigare har berörts en skillnad mellan skapande i bild och teknik. Tekniken utvecklas ofta i samspel med andra, *i teamwork*. Detta brukar framhållas som argument för skolarbetet att arbeta i projekt och grupparbeten. Det är dock svårt att härma verklighetens tekniska innovationsmiljö. Tack vare de nyligen beskrivna systemmetoderna är det möjligt att fördela arbetet på ett stort antal individer med olika kunskap och färdigheter. Det är bara på en hög, planerande nivå som man grupparbetar, systemingenjörer tillsammans med specialister och experter på olika detaljer i systemet.

## Sammanfattning

I det här kapitlet har jag presenterat ett par teoretiska modeller för problemlösning och beskrivit hur en artefakt kan tolkas i ett funktionellt eller strukturellt perspektiv. Viktigast har dock varit att visa exempel på hur noviser och experter har olika förmågor i sitt sätt att se och formulera problem, lösa problem och att beskriva komplicerade system. Den metod teknikern använder för att beskriva ett komplicerat system försöker jag använda när jag ska presentera mina resultat. Jag tror mig se en förklaring till expertens *forward reasoning* vid

problemlösning i den mönsterdatabas som med erfarenhet byggs i de implicita minnena. I de implicita systemen finns också den parallellt arbetande mönsterigenkänningsfunktion som kan förklara hur idéer och lösningsansatser väcks. Att experter inom design skulle skilja sig från andra experter som Cross påstår håller jag inte med om. I kapitel sju kommer jag att beskriva flera studier på experter inom andra aktiviteter och kan då hänvisa till studier på erfarna läkare som ofta ställer en implicit, preliminär, diagnos som sedan får leda de mer rationella medvetna försöken att påvisa ett sjukdomstillstånd. Erfarna brandmän och officerare tar inte heller fram olika alternativ i valsituationer, de bara gör det som man bör göra. De studier jag där redovisar om bedömningsförmågor, *unconscious thinking* med mera kommer snarare att visa att expertis skapas inom alla områden där problem är illa definierade, av liknande faktorer och förhållanden. Svaren på dessa och tidigare frågor menar jag att man bör leta efter i hjärnans icke-deklarativa minnessystem, de implicita systemen.



## 6 Implicit lärande och implicita minnen

En av mina utgångspunkter eller ”glasögon” i den här avhandlingen är att icke medveten kunskap står bakom uppbyggnad av kompetens och expertis. I den didaktiska litteraturen tas sällan hänsyn till sådan kunskap. Inom didaktiken är sedan Platon och Descartes kunskap definitionsmässigt medveten och uttalbar och tänkande sker med hjälp av språket. I och med att intresset ökar för hur färdigheter, förmågor och förtrogenhet utvecklas blir den medvetna kunskapen otillräcklig som förklaringsmodell och det blir viktigt att studera de omedvetna kunskapsresurserna.

Psykologer från olika forskningsfält har sedan slutet av 1900 talet beskrivit två fundamentalt skilda sätt för människan att hantera information (Frensch & Runger, 2003; Schacter, 1995; Squire, 2004; Tulving & Schacter, 1990). I den engelskspråkiga litteraturen har det första fått benämningar såsom *intuitive, natural, automatic, heuristic, schematic, prototypical, narrative, implicit, imagistic-nonverbal, experiential, mythos* och *first-signal system*; det andra har kallats *thinking-conceptual-logic, analytical-rational, deliberative-effortful-intentional-systematic, explicit, extensional, verbal, logos* och *second-signal system* (Epstein et al., 1996).

Modellen med de två skilda systemen har fått beteckningen *The Theory of Dual Systems* och den har använts för att förklara fenomen och resultat från ett stort antal beteendevetenskapliga experiment. Psykologer har lagt fram två tänkbara förslag till förklaringar till dessa två system. Antingen existerar ett gemensamt minnessystem men två olika processer för att hitta och använda information (Roediger, 1990) eller så finns det två skilda anatomiska minnessystem (Tulving & Schacter, 1990). Det är först under de senaste åren som neurofysiologerna har lyckats visa att den senare modellen är den som har mest stöd. Den avbildande hjärnforskningens nya mätmetoder, bland andra fMRI och PET-scan, har varit nycklar i detta arbete (Patalano et al., 2001; Peigneux et al., 2000). Neurofysiologernas funktionella modell av hjärnans lärande stöder *the Dual System* och beskriver ett anatomiskt separat deklarativt och flera separata ickedeklarativa minnessystem (Squire, 2004). Genom sina avbildande studier av hjärnans aktivitet har man lyckats identifiera flera av framför allt de ickedeklarativa systemens fysiologiska plats, funktion och struktur. Det finns därför en stark konsensus om att vi har mer än ett kognitivt system och att en stor del av vårt kognitiva

tankearbete utförs i det fördolda – omedvetet och automatiskt. Skeptiker finns dock (Butler & Berry, 2001).

## Två kognitiva system

Trettio års studier inom psykologins olika forskningsdomäner har nu resulterat i mer tydliga beskrivningar av människans minnes- och inlärningssystem. De tidigare modellerna om ett episodiskt, ett semantiskt och ett procedurminne har ersatts av en modell med två kvalitativt skilda kognitiva system, det explicita och det implicita. Dagens forskning inriktar sig nu på hur de två systemen interagerar (Gupta, 2002; Sun et al., 2007). Hur omvandlas implicit kunskap till explicit och vice versa? Hur stöder eller stör de två systemen varandra?

### Explicita minnen

I det explicita minnet lagras kunskap och används på ett medvetet och rationellt sätt. Kunskapen är deklarerbar ofta såväl verbalt som i handling och kan användas för att föra rationella och logiska resonemang. Denna minnesresurs utvecklas i 3-4 årsåldern och når sin fulla funktion någonstans i mitten av livet för att sedan avta, ibland drastiskt. Inläringen går relativt snabbt men innehållet förloras efter en tid om det inte sker ett aktivt underhåll och repetition. När ett stimuli aktiverar det explicita minnet kan en association ske, en igenkänning, *recognition*, och vi blir då medvetna om att vi känner igen orsaken till detta stimuli, vi kan namnge det, veta var vi upplevde det tidigare i livet och en mängd andra associativa kunskaper och tillhörande minnen. Strukturellt är det explicita minnet distribuerat till flera olika ställen i hjärnan men mycket av dess innehåll är lokaliserat till hjärnbarken. Systemet har i sin aktiva användning en begränsning i det som kallas *Short Time Working Memory* eller bara *Working Memory* som är ett slags tankebuffert som kan samtidigt hantera flera olika variabler eller data (Marois & Ivanoff, 2005). Working Memory är dock begränsat till att samtidigt hantera 5-9 enskilda variabler vilket ger oss problem när vi försöker hantera många detaljer samtidigt (Miller, 1956). Ett exempel på denna begränsning är antalet siffror vi kan komma ihåg i ett telefonnummer. Vi har svårigheter att behålla informationen längre tid än några sekunder (Peterson & Peterson, 1959) och vi distraheras lätt och ersätter omedvetet det vi försökte minnas med något nyupptäckt. Tiden från en händelse, ett primärt synintryck via perception, bedömning och eventuellt agerande är relativt lång, upp mot en halv sekund eller mer och gör att många motoriska färdigheter inte kan utövas till fulländning enbart med hjälp av detta system. En annan fråga som är kopplad till det explicita systemets långsamhet är omvärldsinformation. Sinnesorganen tar mot en stor mängd information från

omvärlden, en uppskattning av bandbredden har gjorts till ungefär 11 Mbit/s av Zimmerman (1989). Den största datamängden kommer via synen men även hörseln genererar mycket data och snabbt. Det medvetna explicita systemet kan inte hantera dessa datamängder.

Mottagningskapaciteten har mätts upp till 50 bitar/s eller mindre vilket motsvarar datahastigheten från en skrivmaskin. En människa som vill överleva kan inte riskera att missa något i det snabba dataflödet, men hur väljs eller filtreras det viktiga ut? Som redovisas nedan finns det flera anomalier och fenomen som inte har kunnat förklaras i detta systems funktion.

## Implicit inlärning och minnen

Beskrivningen av det andra systemet introducerades i slutet av 1960 talet av minnespsykologer och fick namnet *implicit memory* och inlärningsfenomenet *implicit learning* (Frensch & Runger, 2003; Reber, 1967). Vissa författare väljer dock fortfarande att använda termen *procedural memory* (Gupta, 2002). Då termerna skapats i skilda forskningsdomäner är det få forskare som talar om ett implicit system, vilket jag dock väljer att göra. Med det implicita systemet menar jag alla de inlärningsprocesser och minnen som tillkommit mer eller mindre omedvetet, som inte är deklarerbara men som påverkar vårt beteende, jag sammanför i och med detta implicit inlärning och implicita minnen.

Det implicita minnessystemet är aktiva tidigt i vår levnad. Redan under graviditeten har studier visat att foster lär sig känna igen mammans röst och andra ljud från omgivningen (Gärdenfors, 2000). Implicit inlärning av ett artificiellt språk har visats hos 1 åringar (Gomez & Gerken, 1999) och i andra studier på barn har man funnit ett fullt fungerande implicit inläringssystem (Meulemans et al., 1998; Vinter & Perruchet, 2000). Det implicita minnet och dess inlärningsprocess är således aktivt redan tidigt i livet och vidmakthåller sin funktion utan större degradering ända till livets slut (Dennis et al., 2006; Jenkins & Hoyer, 2000; Vinter & Perruchet, 2000). Implicita minnen är mer robusta och stannar enligt många studier kvar långt efter det att medvetna, explicita, minnen har avklingat (Berry & Dienes, 1993; Cave, 1997; Mitchell, 2006; Reber, 1989; Tulving et al., 1982; Tunney, 2003). Omedvetna implicita minnen av bilder har visats finnas kvar efter 17 år. Det implicita minnet skadas sällan av olyckor eller sjukdomar (Gabrieli, 1998; Vecchio et al., 2004). Dock har vissa specifika neurologiska sjukdomar en nedbrytande inverkan på de implicita systemen, t ex Parkinsons och Huntingtons sjukdomar vilket har varit vägledande för att förstå deras funktion och även att lokalisera dem anatomiskt (Seger, 2006; Squire, 2004). Det implicita minnet är ofta aktivt och fullt fungerande även när människor drabbas av minnesförlust och

det paradoxala händelser att patienter kan lära sig att hantera maskiner och apparater och att lära sig utföra enklare göromål utan att få ett medvetet, explicit, minne av att överhuvudtaget ha varit med om någon läroprocess. De känner inte igen situationen eller de föremål och uppgifter de tränat på.

Ett av de tidigast dokumenterade exemplen på förekomsten av parallella minnessystem beskrevs av en fransk psykolog, Claparède (1911), som berättade om en kvinnlig patient med minnesförlust, *Korsakoff's syndrom*. Kvinnan kunde inte skapa nya medvetna minnen av det hon upplevde och varje morgon på rondan fick läkaren presentera sig och förklara vem han var. En dag gjorde Claparède ett experiment, i handen gömde han ett häftstift och när han hälsade på patienten fick hon ett lätt stick. Nästa gång de möts vägrade hon att ta honom i hand men var i övrigt okunnig om vem han var och vad hon gjorde på sjukhuset. Omedveten om varför hade hon lärt sig att läkarens hand var förknippad med fara. Det visade sig senare i en serie experiment att hon hade en kvarvarande förmåga att lära sig känna igen, men inte återkalla sekvenser av ord och minnas dem i upp till åtta månader. Hon lärde sig att röra sig i sin lägenhet men kunde inte beskriva var t.ex. badrummet låg (Nicolas, 1996).

En för området avgörande studie av implicit inläring gjordes av Arthur Reber (1967). Han studerade inläring och minnesförmåga och lät försökspersoner lära in en lista av artificiella ord. Orden skapades med hjälp av en matematisk algoritm och skulle utgöra meningslösa kombinationer av bokstäver, exempelvis XXRTRXV. Reber ville studera inläring och minne av för försökspersonen tidigare ej kända objekt. När minnet sedan testades upptäckte han att försökspersonerna förutom att känna igen ord de hade lärt sig tidigare också kunde identifiera och känna igen ord som skapats av samma algoritm men som de aldrig tidigare sett. Reber ansåg att de hade lärt sig, avslöjat, algoritmen som alltså var en abstrakt regel.

Försökspersonerna kunde dock inte beskriva regeln och hade ingen medveten uppfattning om att det över huvud taget fanns en dylik. De hade tydligen lärt sig något utan att vara medvetna därom. Reber ansåg detta vara ett exempel på *implicit learning* (Reber, 1967).

Försöket upprepades av honom och flera andra forskare (Berry, 1997; Reber, 1989) och man gjorde allt för att utröna om algoritmen ändå inte hade avslöjats av försökspersonerna. Stora belöningar utlovades för den som kunde beskriva densamma. Man testade till och med yrkesverksamma psykologer men kunde ändå inte påvisa medvetna, explicita minnen av

någon regel eller algoritm. När man till slut presenterade den använda algoritmen visade det sig att den var för invecklad att följa utan hjälpmedel. Ett nytt och annorlunda inlärnings- och minnessystem var upptäckt. Rebers ursprungliga åsikt om att implicit inläring utgörs av abstrakta regler eller algoritmer har övergivits av de flesta forskare (Pacton et al., 2005; Redington & Chater, 1996), de flesta menar i dag att det är minnet av specifika händelser, exempel, mönster och sekvenser som används som ett slags uppslagsverk, *a lookup table*. Speciellt Logan's *Instance and Automation Theory* har betytt mycket för förståelsen av vad som egentligen sparas i det implicita minnet (Dienes & Fahey, 1995; Logan, 1988, 2002). Logan menar att fokusering, *attention*, är det enda som krävs för att minnet av *exemplar* skall lagras men många andra forskare har visat att implicit inläring även sker av det man inte fokuserar på.

I slutet av 1900 talet genomfördes många experiment för att undersöka skillnader i egenskaper hos dessa båda inläringssystem. Med hjälp av en disassociationsmetod lärde man sig att mäta inläringseffekt på implicita och explicita minnen och kunde börja se vilka inre och yttre förhållanden som påverkade de båda systemen.

Inläring av den artificiella grammatiken testades genom igenkänning, *familiarity*, med de inlärd ord. Familiarity yttrar sig som en ibland svag känsla av att ha tidigare stött på något, man kan däremot inte berätta när eller hur. När försökspersoner däremot är säkra på att de kommer ihåg, *recognition*, anses det att de dessutom har fått ett explicit minne vilket komplicerar analysen av experimenten. En metod som ofta används är att låta försökspersonerna ge förslag på hur ord skall kompletteras för att bli fullständiga och det visar sig då att försökspersonerna ofta väljer, helt omedvetet, ändelser som har setts tidigare under träningsfasen.

En annan effekt har också identifierats att bero på implicit inläring: förmågan att känna igen och förutse sekvenser av händelser. I *The Serial Reaction Time Task* (Orrell et al., 2007) får försökspersonerna studera en sekvens av händelser av något slag; det kan vara lampor som tänds eller symboler som visas på en skärm. Objekten dyker upp på olika ställen och försökspersonen ska så snabbt som möjligt identifiera läget genom att trycka på en specifik knapp. Även här styrs objektens läge av en algoritm eller regel och en tydlig inläringseffekt visar sig genom att reaktionstiden minskar. Byts algoritmen under försöken ökar reaktionstiden för att sedan återgå om den ursprungliga algoritmen åter används.

Försökspersonen själv har ingen medveten uppfattning om att det finns något system i sekvensen av händelser och märker inte att algoritmen byts på något annat sätt än att det plötsligt går sämre.

I en än mer intressant metod får försökspersonerna öva att göra förutsägelser av ett komplicerat förlopp, *The Weather Prediction Game* (Kowloon et al., 1994). Detta görs med utgångspunkt från ett antal ledtrådar som presenteras på en skärm. Exempelvis ska en kombination av geometriska figurer användas för att förutsäga det kommande vädret, regn eller sol. Det finns inte någon helt entydig och konsekvent koppling mellan ledtrådar och utfall men i 60 % - 80 % av fallen ger en viss kombination ett speciellt utfall, t ex regn i övriga fall är det slumpen som styr. Även här sker en omedveten inläring av i detta fall en sannolikhet för att ett visst stimuli ska förknippas med en viss respons. Förmågan att gissa rätt ökar med övning. Det är viktigt att varje delförsök ger en tydlig återkoppling, man behöver få veta om man gissade rätt eller fel.

En mer naturalistisk situation undersöktes av Berry och Broadbent (Berry & Broadbent, 1988; Broadbent et al., 1986) i denna studie fick försökspersonerna lära sig att styra ett komplicerat dynamiskt system. De skulle manipulera ingångsvariabler i en industriell process för att uppnå ett önskat produktionsresultat. Sambandet mellan in- och utvariabler var komplicerat men med övning kunde försökspersonerna uppnå en tydlig expertis. Operatörerna kunde däremot sällan beskriva sambandet eller medvetet beskriva några regler eller metoder för hur de styrde processen. På samma sätt som i andra försök försämrades prestationsnivån om reglerna förändrades. Dienes och Fahey (1995) visade senare att den implicita kunskapen som användes i detta försök kunde beskrivas med Logans exemplarmodell.

I många experiment får man en blandning av explicita och implicita effekter och det fanns länge en kritik och skepsis bland psykologer om det egentligen fanns ett implicit lärande. För att kunna skilja effekter av explicit och implicit lärande används sedan 1990-talets början en disassociationsmetod (Curran, 2001; Jacoby, 1991; Jacoby et al., 1993). Effekterna av ett försök testas i två steg, i det första får försökspersonen, fp, uppmaningen att använda alla sina minnen från inlärningsfasen, men även infall, gissningar och intuition. Här dyker då upp såväl implicita som explicita minnen. I nästa steg får fp i uppdrag att försöka undvika svar som hon medvetet känner igen från inlärningsfasen. Om försökspersonens minnen är både medvetna och omedvetna får man nu en skillnad i de svar som anges, en disassociation. Jacoby menar

att man på detta sätt kan identifiera vad som är explicita och implicita minnen. Jacobys metod har använts när försökspersonerna ska fylla i ändelser och komplettera ord men även i experiment där man mätt reaktionstid (Destrebecqz & Cleeremans, 2001).

Disassociationsmetoden har kritiserats, framför allt de kvantitativa beräkningar Jacoby använde för att visa på förekomst av två minnessystem, men fram till dess nya hjärnavbildningstekniker skapades så har det varit en mycket använd metod (Hirshman, 2004).

Med hjälp av disassociationsmetoden har man kunnat visa att implicit lärande sker i en mångfald situationer där man tidigare inte visste att lärande skedde. Implicit lärande sker av fenomen som ej är i fokus, som man inte riktar sin uppmärksamhet mot, som kan finnas i bakgrunden eller vid sidan om den medvetna perceptionen. Lärande sker också då försökspersonen distraheras eller störs av andra stimuli. Lärandet kan ske av extremt snabba situationer. Icke medvetna upplevelser som varat så kort tid som någon millisekund ger ett lärande och beteendeförändringar, subliminal perception (Brendan et al., 1994; Hermans et al., 2003; Stapel & Blanton, 2004). Vissa studier pekar till och med på ett implicit lärande under narkos.

Kritik och skepsis om huruvida det finns olika minnessystem lever fortfarande kvar. David Simons som jag återkommer till i nästa kapitel har i flera artiklar kritiserat framför allt metodiska brister inom forskningen kring implicita minnen. Han och hans kollegor menar att det inte går att bevisa påverkan av enbart implicita minnen, även om en försöksperson påstår sig vara omedveten om ett stimuli (Hannula et al., 2005). Detta metodproblem är samma som diskuterades på 1990-talet, om en människas beteende förändras av en upplevelse så är minnet av denna upplevelse ”definitionsmissigt” explicit. Simons et al. angriper inte själva idén om ett implicit system utan menar bara att de beteendevetenskapliga bevisen är för svaga. Däremot anser artikelförfattarna att de medicinska och neurofysiologiska bevisen för ett parallellt minnessystem har ett större värde.

Genom att studera patienter med olika neurologiska skador och sjukdomar har kunskap om och idéer som stödjer en modell med två system kunnat samlas. Patienter med minnesförlust och oförmåga att skapa explicita minnen kan exempelvis lära sig Rebers grammatik (Meulemans & Van Der Linden, 2003). De uppövar även andra förmågor att lösa problem där

implicit kunskap är avgörande, till exempel spelet *Towers of Hanoi*, där de uppvisar förmågor som är lika goda som hos friska kontrollgrupper (Meulemans & Van Der Linden, 2003).

Andra sjukdomar angriper de implicita minnesstrukturerna och ger upphov till andra symptom. Än mer avgörande har nya fynd i hjärnans struktur som påvisar extra signalvägar från ögonen till amygdala varit (Morris et al., 1999), ett "implicit synsinne".

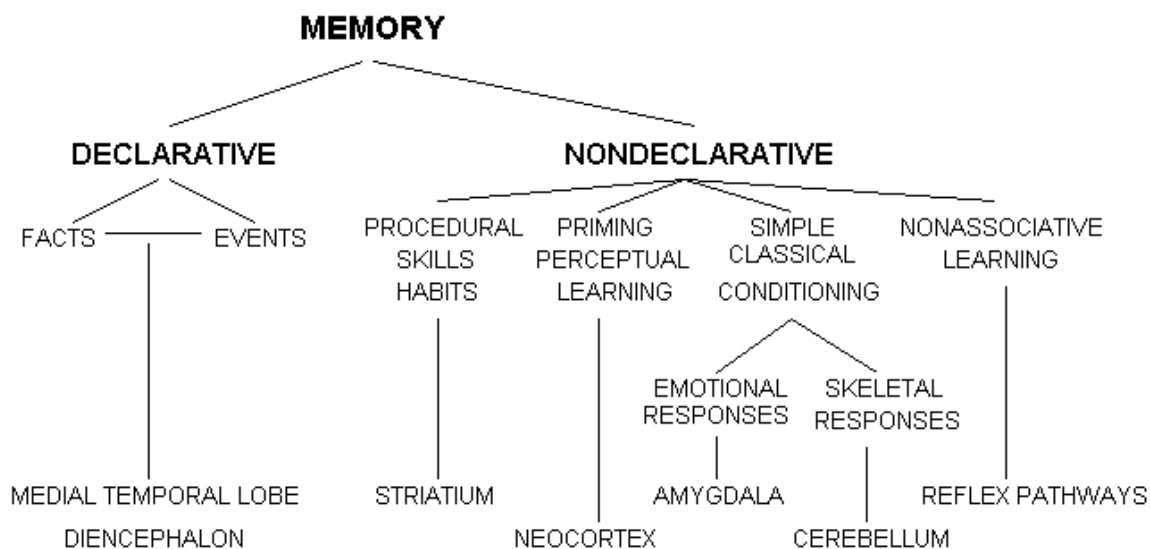
### Neurofysiologisk förståelse av det implicita systemet

Mätmetoder som *functional magnetic resonance imaging*, fMRI, och *positron emission tomography*, PET, har gett forskarna nya möjligheter att studera hjärnans aktivitet. Man kan med dessa avbildande metoder följa hur hjärnans olika delar försörjs av blod och därmed få indikationer om vilka delar som är aktiva. Genom att genomföra traditionella psykologiska experiment under övervakning av hjärnans aktivitet har mycket kunskap och förståelse skapats kring människans inläring, minne och beteende. Framför allt det som berör det implicita lärandet kommer att presenteras här.

Man har visat att många funktionella system i hjärnan kan anpassa sig till omgivningen och förändra sin funktion, de är lärande. Vissa är explicita och ger upphov till deklarerbara, medvetna minnen medan andra är implicita och skapar minnen som används automatiskt utanför medveten kontroll. Tidigare kända system för att kontrollera rörelse, sinnesinformation och känslor har visat sig ha inlärningsfunktioner, de är *plastiska* och kan anpassa sig för att uppnå bättre effektivitet (Phelps & Ledoux, 2005).

I Figur 6.1 presenteras en neurofysiologisk modell över hjärnans olika lärande system.





Figur 6.1 Långtidsminnen i hjärnan (Squire, 2004).

De olika systemen arbetar parallellt med varandra, ibland stödjande, ibland konkurrerande. Två huvudgrupper av minnessystem kan separeras med utgångspunkt från den typ av information de innehåller och hur de används. I de deklarativa minnena sparas vad som är unikt med en specifik händelse, vad som hände, men också tid och plats. Hippocampus har en central roll vid skapandet av dessa minnen, vilka som namnet antyder är medvetna och ofta verbaliserbara (Degonda et al., 2005; Schendan et al., 2003; Voermans et al., 2004). I de icke-deklarativa minnena sparas vad som är gemensamt för ett antal separata händelser, en process som sker stegvis men som gör det möjligt att anpassa sig till en miljö på bästa möjliga sätt (Squire, 2004). Basala ganglierna med striatum och däri ingående caudate och putamen samt amygdala har visats vara aktiva för att minnas situationer kopplade till belöning och fara (Seeger, 2006). Ett tecken på detta är dopaminutsöndring till caudate-putamen som är starkt knutet till upplevelser av positivt och belönande slag (Rogan et al., 2005; Schultz, 2002). Caudate verkar stödja gradvis inläring av sekventiella skeenden, automation eller habituering, som svar på stimuli av olika slag (Tricomi et al., 2006). Amygdala, en djupt liggande struktur som i femtio år varit känd för att reagera på farofyllda situationer har precis som striatum en roll i detta (Pasley et al., 2004; Yin & Knowlton, 2006). Dessa strukturer har ett mycket stort antal förbindelser med andra delar av hjärnan och dessutom egna signalvägar via thalamus från olika sinnesorgan (Ashby et al., 1998; Beaver et al., 2005). Denna dorsala, *Low Route*, som först upptäcktes vid försök på råttor och apor förser de icke-deklarativa minnena med snabb, om än mindre detaljerad, visuell information som inte har gått via

syncentrum (Le Doux, 1996; Morris et al., 1999). Amygdala, som man tidigt förknippade med automatiska faroreaktioner, visar sig modulera och förstärka minnesprocesser både i hippocampus och caudate och kan styra uppmärksamhet mot tidigare registrerade mönster av relevans (Packard & Wingard, 2004; Pasley et al., 2004; Phelps & Ledoux, 2005; Schendan et al., 2003; Schoenbaum & Roesch, 2005; Smith et al., 2006; Vuilleumier, 2005).

Striatum och speciellt caudate har som tidigare nämnts en viktig roll för att skapa ett lärande av procedurer, habitueringar. Striatum och amygdala har också en uppgift att förbereda och fokusera det långsammare medvetna, deklarativa systemet mot viktiga objekt, fenomen och situationer. De mediala temporalloberna där framför allt hippocampus har en central roll för att skapa minnen av individuella episoder står i ett antagonistiskt förhållande till de basala ganglierna. Beroende på situation kan ett system inhibera det andra och ta över kontrollen. Det innebär att striatum inte bara är ett alternativt lärandesystem utan också kan ha en kontrollerande, exekutiv funktion. I en studie av regelinläring sågs aktivering av caudate i början av varje ny uppgift vilket tolkades som att det hade en exekutiv roll, att ge en tidig förståelse av sammanhang. (Seger & Cincotta, 2006)

### Studier av implicita minnens aktivitet

Områden som är aktiva vid implicit respektive explicit inläring har identifierats med hjälp av PET och fMRI studier och striatum sammankopplas allt starkare med implicit inläring (Peigneux et al., 2000; Rauch et al., 1995). Rauch med flera återupprepade försök med *The Serial Reaction Time Task* och kunde visa att implicit inläring av sekvenser medieras av *cortico-striatal pathways* företrädesvis på höger sida av hjärnan (Rauch et al., 1995).

Genom att studera hjärnaktivitet med fMRI då försökspersoner försökte jämföra sekvenser av blinkande lampor var det möjligt att se aktivitet i bland annat de basala ganglierna, ett resultat som ytterligare stödjer idén att dessa strukturer har en viktig funktion i att känna igen sekvenser (Ferrandez et al., 2003). Yonelinas et al. (2005) visade att den explicita hågkomsten, *the recollection*, och det implicita igenkännandet, *familiarity*, kunde spåras och detekteras till helt olika nätverk i hjärnan. Doeller et al. (2006) sökte identifiera hjärnstrukturer kopplade till explicit och implicit lärande. De studerade hjärnaktivitet då några försökspersoner försökte lära en regel respektive känna igen tidigare exempel. Deras data visar ett hippocampus är starkt aktiverat i det explicita regelföljande exemplet medan prefrontala striatum är aktivt under det implicita inlärningsuppdraget. Volz och Von Cramon (2006) studerade intuitiv och icke intuitiv problemlösning kring *The Waterloo Gestalt*

*Closure Task*. De övervakade aktivitet i hjärnan med fMRI och kunde visa att under de intuitiva delarna av problemlösningsprocessen var de ovan nämnda strukturerna i hjärnan aktiverade.

Tidigare ansågs att perception endast uppstod i det visuella systemet, information från ögonen analyserades i syncentrums olika visuella områden, benämnda V1, V2 och så vidare. Resultatet fördes vidare till högre kognitiva funktioner och slutligen en medvetenhet i hjärnbarken. Vissa paradoxer kunde inte förklaras av en sådan modell: Hur kunde objekt identifieras när kontrasten var låg och omgivningen komplicerad? Hur kunde systemet hantera snabb föränderlig information? V1 och V2 hanterar mycket detaljrik information från mindre än 1 grad av synfältet och har inte möjlighet att integrera mer global information. En ny modell för perception framfördes 2001 av Bullier som menade att data från vad han kallade *the fast brain* fördes tillbaka till syncentrum och möjliggjorde både en mycket snabbare bearbetning och dessutom en inhibering av omkringliggande information, en slags förstärkning av de centrala och relevanta data. Han menade att *the fast brain* har tillgång till syninformation via en egen signalväg, den dorsala. Den kallas M-kanalen och kan hantera bilder med låg kontrast, men är dålig på färger. Detaljupplösningen är sämre men kanalen får data snabbt, så snabbt att resultat kan användas för att förbättra V1 och V2s analys av inkommande data (Bullier, 2001). Bulliers teori har som vi tidigare sett fått stöd av andra forskare.

I denna och senare studier får det implicita minnessystemet nyupptäckta funktioner för att påverka även medvetna sinnesfunktioner. Kristjánsson med flera (2007) visade att implicit betingning påverkade fokusering och koncentration i det visuella systemet, både vad det gällde igenkännande av form och färg. Ilg et al. (2007) visade i en fMRI studie att då studieobjekten använde intuitiva lösningsmetoder aktiverades implicita strukturer. Resultaten tolkades som att många semantiska nätverk är involverade i en intuitiv, implicit och omedveten sökningsprocess. Författarna föreslog att information från tidiga visuella system förs till orbitofrontala cortex, där en tidig gissning om vad som presenterats görs. Denna intuitiva perception förs sedan via *back projection* tillbaka till syncentrum där de ger upphov till en medveten igenkänning. Fenomenet är en slags förstärkande återkoppling, *feed forwarding*, och leder till att det visuella systemet kan hantera visuell information mycket snabbt. Framför allt har visats (Laycock et al., 2007) att den dorsala vägen till parietala cortex

(V5/MT+) har en viktig roll för att t ex upptäcka rörelser innan det normala visuella systemet (V1 och V2) har upptäckt att något händer.

## Sammanfattning och slutsatser

I den här avhandlingen knyter jag samman andras resultat av studier av noviser och experter, deras förmågor och beteenden med resultat från experimentell psykologi och neurofysiologisk forskning. Jag påstår med grund i andras resultat presenterade i detta och kapitel tre att flera av experternas egenskaper och förmågor är ett resultat av att implicita minnen byggs upp under praktisk erfarenhet av kontexten inom den domän där expertisen visar sig (Björklund, 2007). Dessa minnen är utfallsmärkta sensoriska mönster, somatiska markörer, i framför allt de basala ganglierna men även amygdala och möjligen även cerebellum, som tillsammans utgör ett implicit, omedvetet inlärningssystem. Resultaten ger också förklaring till att den här typen av erfarenheter eller minnen inte är möjliga att inspektera eller hitta medvetet, de blir dolda eller tysta. Tacit knowing som Polanyi uttrycker sig. Den kunskap experter uppvisar när de känner likhet, *familiarity*, med en situation och som bröderna Dreyfus kallar *holistic pattern recognition* får även den en neurofysiologisk förklaring. Det är troligt att när vårt medvetande uppmärksammar en matchning och den därtill kopplade somatiska markören, känner vi på oss att något viktigt fenomen är för handen, det vi kallar intuition eller *gutfeeling*.

Hjärnforskningen är inne i ett mycket intensivt skede och nya rön publiceras varje dag. De exempel jag tagit upp i detta kapitel kommer säkert att understödjas, förfinas och i vissa fall motbevisas under den närmaste tiden.

Även om mycket ännu är oklart tycker jag mig finna tillräckligt stöd för att slå fast att människan har flera kognitiva system och att flera av dessa är icke-deklarativa eller implicita. Den kunskap som nu växer kring funktionen av de basala ganglierna och amygdala visar att det finns strukturer i hjärnan som uppvisar de beteenden jag har sökt. Jag kan därför lämna den lägsta systemnivån i mitt modellbygge då jag anser mig ha gjort troligt att det finns specifika strukturer i hjärnan som ger de färdigheter och förmågor expertforskningen har visat att experter har. Fortfarande saknas många pusselbitar: vilken skillnad är det i effekt av en enstaka exponering av ett stimulus, *priming*, och den effekt som byggs upp av en händelse som är repetitiv, långsam och långvarig? Vilken betydelse har belöning och fara för skapandet av dessa sensoriska mönsterminnen, varför skapas även neutrala mönster och var?

Jag har inte berört de kemiska processernas, till exempel dopaminets, roll i allt detta. Ej heller har jag diskuterat den asymmetri i aktivitet mellan hjärnhalvorna som ibland har påvisats. Det finns mycket information och mycket kunskap kvar att söka för att fördjupa förståelsen av de implicita systemens funktion och roll.

Det har inte varit min ambition att kunna tillföra något eget bidrag till dessa olika vetenskaper utan min forskningsfråga har varit:

- Finns det strukturer i hjärnan som har ett beteende som kan förklara experters egenskaper och förmågor och på den frågan har jag funnit ett positivt svar.

Resultaten av de studier jag funnit inom de psykologiska och neurofysiologiska forskningsfälten är publicerade och ger mig starka skäl att tro att experter utnyttjar icke deklarativa, implicita minnessystem för att uppnå sin expertis (Björklund, 2007).

I nästa kapitel fördjupar, beskriver och karakteriserar jag några av de förmågor och färdigheter som jag anser påverkas av det implicita lär- och minnessystemet.



## 7 Förmågor beroende av Implicita system

*The intuitive mind is a sacred gift and the rational mind is a faithful servant. We have created a society that honors the servant and has forgotten the gift. –Albert Einstein, efter Klein (2004).*

### Inledning

Mina slutsatser av föregående kapitel är att det implicita minnes- och inlärningssystemet med ökad erfarenhet i en speciell kontext ger oss en förmåga att hantera komplexa och svåra situationer och att det är detta som ligger bakom många av de förmågor som vi förknippar med expertis.

I det här kapitlet redovisar jag ett antal studier som ger mig anledning att kategorisera dessa förmågor i tre huvudgrupper:

- 1) Förmågan att se och upptäcka
- 2) Förmågan att bedöma, göra val och ta beslut
- 3) Förmågan att agera

Experter har naturligtvis fler förmågor och färdigheter men jag har valt att fokusera på det som verkar bero på en lärprocess i de implicita ickedeklarativa minnessystemen. Varje sektion börjar med en beskrivande text och sedan redovisar jag studier och resultat ur litteraturen som är relevanta för just denna förmåga. Dessa resultat analyseras och leder till en syntes. I det avslutande kapitlet diskuteras hur detta kan användas för att besvara mina forskningsfrågor och vilka implikationer det kan ha för undervisning och framtida forskning.

### Kognitiv teoretisk modell med tolkningar

Utgående från de studier som redovisats i föregående kapitel antar jag att människan har ett rudimentärt, implicit inlärningssystem som normalt undgår att uppmärksammas av vårt medvetande. Den erfarenhet, *kunskap*, som samlas i detta används för att uppmärksamma, observera, känna igen och bedöma olika, för individen viktiga, situationer. Erfarenheten används också för att snabbt kunna (re)agera, ofta *automatiskt*, i kända eller invanda situationer. De kognitiva strukturer som står bakom denna funktion är delvis identifierade till de basala ganglierna, amygdala och cerebellum och har studerats intensivt av

hjärnforskningen de senaste åren. Tidigare antogs dessa strukturer ha främst autonoma och motoriska funktioner men idag anses de ha stor betydelse för en mängd kognitiva processer.

Den kunskap som lagras i dessa minnen är extremt situerad då den består av sinnesinformation, en upplevelse, av en speciell situation i ett visst sammanhang. Den mening som dessa minnen innehåller består av en *somatisk markör*, en koppling till ett upplevt utfall i den unika situationen. Enstaka händelser av negativ karaktär för individen, situationer, objekt eller fenomen som senare bör undvikas lagras i minnesstrukturer kopplade till amygdala. Upprepade situationer med ett positivt utfall eller belöning ger sensoriska spår i striatum men enligt vissa studier är amygdala involverat även här. När dessa strukturer aktiveras av att individen återser eller återupplever ett tidigare lagrat sensoriskt mönster kommer automatiska reaktioner att initieras i det autonoma nervsystemet men även i motoriska centra. Individen kommer att påverkas för att kunna möta ett eventuellt hot eller ta till sig och möta och utnyttja en positiv situation. Reaktioner som förändring av blodtryck och puls samt utsöndring av kemiska neuromoderatorer som adrenalin, noradrenalin och dopamin initieras men det verkar även ske en aktivering av andra högre kognitiva funktioner i hjärnan som leder till ökad medvetenhet, fokusering, inlärning och återhämtande av explicita minnen. De implicita systemen är mycket snabba och hindras inte av de flaskhalsar som vårt explicita, medvetna system hämmas av; den begränsade storleken på korttidsminnet, *working memory* eller den långsamma inhämtningen och analysen av omvärldsinformation. Orsaken till dessa positiva egenskaper beror bland annat på att de har egna signalvägar från sinnesorganen via thalamus. Lukt är i sammanhanget ett speciellt sinne då det har en mycket mer direkt koppling till dessa minnesstrukturer.

Vissa författare vill inte kalla användandet av denna kognitiva resurs för tänkande då den inte analyserar eller bedömer logiskt eller rationellt utan bara känner igen mönster, samband och strukturer. Andra påpekar att systemen är till för att anpassa hjärnans olika funktioner på bästa sätt för att kunna möta förändringar i omvärlden och att en sådan adaptation och utveckling borde betraktas som en intelligent funktion.

Tiden mellan stimuli och respons från dessa minnen är mycket kort och omfattar vad som krävs för att vi ska kunna klara tidskritiska motoriska problem som att hålla balansen, gå, springa, dansa, hantera verktyg och instrument men även för att tala flytande och förstå andras tal och kroppskommunikation.



Samtidigt gör den korta reaktionstiden att vi ibland reagerar, bedömer och agerar innan vi medvetet har uppfattat en situation och hunnit analysera densamma.

Experters förmågor och ibland extremt automatiska beteende grundar sig i huvudsak på att de kontrolleras i allt högre grad av denna implicita, omedvetna resurs, att de känner igen viktiga stimuli och låter sig styras av denna kunskap, något som fått beteckningen intuition. Experten tänker i dessa ögonblick inte medvetet och har svårt att berätta hur och varför hon agerat på ett visst sätt.

De implicita minnena ger sig inte tillkänna som ett resultat av en medveten sökprocess eller analys utan som ett sätt att uppleva världen, vi ser och upplever annorlunda. Dessa sinnesintryck ligger lagrade i, från vårt deklarativa minne, separerade strukturer och ger sig tillkänna bara som ett svar på en igenkännande av en situation, en bild, en rörelse, en doft eller ljud. Detta gör det i princip omöjligt för en individ att medvetet söka och leta efter dem som man kan göra i sitt deklarativa minne. De blir dolda eller tysta, de blir vårt *Tacit knowing* som Polanyi benämner det.

I sitt Nobeltal (2003) beskrev Daniel Kahneman denna modell med två kognitiva system, system ett och system två som delvis konkurrerar, delvis stödjer varandra i vårt beslutsfattande. System två är det vi kallar medvetande, system ett det omedvetna. Deras i många stycken olika egenskaper och förmågor kompletterar och stödjer varandra men han menar att system ett är det exekutiva, aktiva systemet medan system två har en övervakande roll. Det här är en god beskrivning av det implicita systemet och det explicita i *The Dual System* modellen:

<b>System 1</b>	<b>System 2</b>
Intuitivt	Logiskt
Snabbt	Långsamt
Parallellt	Seriellt
Automatiskt	Kontrollerat
Obesvärat	Mödosamt
Associativt	Regelstyrt
Sakta lärande	Flexibelt
Affektivt	Neutralt

I mitt sökande efter studier som beskriver de grundläggande neurologiska strukturer som ger beteenden och därmed de funktioner som kan förklara experter och expertis har jag nu nått en mättnad i den grundläggande systemnivån. Jag övergår nu till nästa nivå för att försöka beskriva och förstå vad den beprövade erfarenheten och de implicita minnena gör med vår förmåga och vad förtrogenheten egentligen innebär. Studierna jag bygger nästa del i avhandlingen på är på en högre systemnivå, de beskriver människor i olika ofta komplicerade, dels kontrollerade dels naturliga situationer. Mitt syfte är att mer i detalj beskriva expertens förtrogenhet, i vad den består och hur den yttrar sig.

## Förmågan att se och upptäcka

Att se och upptäcka handlar om att skapa ordning i komplexa sinnesupplevelser. Våra intryck av världen byggs upp av bland annat bilder, ljud, dofter. Alla är i sig komplicerade och sammansatta av många detaljer, där vissa är av större betydelse för förståelsen än andra. Människor kan lära sig att se vad som är viktigt och relevant och lära sig att inte distraheras av den mångfald av sinnesintryck som komplexa sinnesupplevelser utgörs av. Utvecklingen av denna förmåga, från *novis till expert*, tar lång tid och kräver erfarenhet (Dreyfus & Dreyfus, 1986). Aktuella studier inom psykologi och neurofysiologi kan förklara skillnaden mellan expertens och novisens sätt att se och upptäcka, genom beskrivningen av två separata och fundamentalt olika inlärnings- och minnessystem.

De två minnessystemen, det *explicita*, medvetna, samt det *implicita*, omedvetna, används båda för att lära sig se och förstå omvärlden. Möjligheten att hantera mycket och komplicerad information på kort tid skiljer sig åt mellan de två systemen. De har fundamentalt olika egenskaper och funktionssätt och genom att jämföra dem kan vi bättre förstå den utveckling av individen som sker på vägen mot expertis.

## Det explicita systemet ser på världen

Perceptionspsykologer har under lång tid studerat och beskrivit hur sinnesinformationen analyseras och delas upp i detaljer. Resultatet placeras i ett arbetsminne, *working memory*, och kan ge upphov till en förståelse, en medveten igenkänning, *a recognition*. I denna process finns begränsningar beroende på framför allt två faktorer. Den första begränsningen är arbetsminnets oförmåga att hantera många variabler samtidigt. Om antalet variabler eller detaljer blir för stort drabbas vi av mental överbelastning, *choking*, och igenkänningsprocessen stannar upp. Den andra begränsningen beror på att analysen tar tid, låg bandbredd,

och att man därmed inte hinner reagera och vidta lämpliga åtgärder. Ju mer detaljer och ju mer komplex en situation är, desto svårare har vårt medvetna minnessystem att utföra analysen.

Det explicita systemet har ett stort evolutionärt överlevnadsvärde då det ger oss möjlighet att planera, reflektera, analysera, jämföra och ibland agera på ett nytt och ej förutsägbart sätt. Det gör oss till en organism som inte bara lever i nuet och reagerar automatiskt på stimuli.

I den här avhandlingen har jag valt att koncentrera mig på de implicita systemen, inte för att jag tror att de är viktigare än det explicita utan för att en studie av dessa nu är möjlig och kan ge mig svar på mina forskningsfrågor om expertis och tyst kunskap.

### Det implicita systemet ser på världen

I naturen är situationer ofta mycket komplicerade och innehåller många detaljer, vissa är väsentliga medan andra är oviktiga. Många situationer måste hanteras på kort tid. Detta informationsproblem hanteras hos de flesta djur liksom hos människan av ett evolutionärt äldre inlärningssystem. Det *implicita systemet* behandlar och analyserar, till skillnad från det explicita, inte enskilda detaljer. Det arbetar istället med igenkänning av hela sinnesupplevelser och kan på så vis hantera komplexitet. Komplexa sinnesupplevelser matchas omedvetet och automatiskt mot tidigare erfarenheter vilket sparar tid. När det implicita minnessystemet känt igen en tidigare upplevd situation, något som i detta sammanhang kallas *familiarity*, fås en automatisk bedömning. Vi kan ibland med vårt medvetande känna av denna reaktion: vi blir rädda, oroliga, glada, upphetsade eller får en känsla i magen, *gut feeling*, något som brukar kallas intuition.

Det implicita systemet påverkar automatiska reaktioner som till exempel produktion av adrenalin, dopamin och andra kemiska ämnen som styr och påverkar kroppen och hjärnans funktioner. Även vissa motoriska reaktioner kan starta helt automatiskt: pulsen ändras, blodflödet omdirigeras och olika rörelsemönster initieras av det implicita systemets reaktion på ett stimuli.

Vissa mönster är genetiska, någon gång i den evolutionära historien har en individ fått ett mönster av en slump, t.ex. ett slingrande visuellt mönster, liknande en orms rörelse. Detta av slumpen genererade mönster blir om det är funktionellt, bidragande till individens överlevnad. Dessa gener kan då, som ett nedärvt *minne*, ge denna individs avkomma en fördel

i evolutionen. I ett modernt samhälle är dessa minnen som ofta utvecklas till fobier vanligtvis onödiga och har mestadels negativa konsekvenser för en individ.

Många studier visar att det är samma kognitiva mekanism som används för att en individ ska lära sig om omgivningen och nuet. En anmärkningsvärd, betydelsefylld händelse, en farofylld situation eller en situation förknippad med belöning, skapar ett minne av den upplevda situationen märkt med utfallet, en bedömning, något som kallas en somatisk markör (Damasio, 1996). Hjärnforskningen har nyligen visat att markörer inte är ett speciellt innehåll i minnet, utan att det finns flera fysiska minnesenheter specialiserade på att lagra goda och dåliga situationer (Nielsen & Kaszniak, 2006; Northoff et al., 2006). Ett mönster bestående av vad individen utsätts för i form av sensorisk information som bilder, ljud, lukter, smaker och andra sensoriska signaler, lagras. Situationens utfall bestämmer var i hjärnan mönstret sparas och vi bygger på detta sätt upp minnen av viktiga situationer eller upplevelser. Detta förklarar hur bagaren lär sig hur degen känns när det är lagom mycket mjöl, hur bullen doftar och färgen på den då den är lagom gräddad. Tandläkaren lär sig att känna kvaliteten på pulpan med sin metallprob, kirurgen känner i handen som håller skalpellen om hon skär i sjuk eller frisk vävnad.

Det verkar som om det omedvetna igenkännandet dessutom påverkar det medvetna systemet, vi upptäcker automatiskt att något viktigt finns i vår miljö, vi kan fästa blicken, koncentrera oss på detaljer och börja en medveten analys av dem (Lieberman, 2000). Denna mönsterigenkännande funktion gör det möjligt att upptäcka och urskilja, den ger oss en utgångspunkt för vidare analys och medvetet tänkande.

Mycket av forskningen kring implicit lärande har varit koncentrerad på synen och visuell perception men det finns även exempel på studier av andra sinnen. I en studie visades att försökspersoner utan att vara medvetna därom lärde sig att svara på frågor med ett visst tonläge, en viss styrka som gav en positiv återkoppling (Lieberman et al., 1998). Van Zuijen et al. (2006) visade i en studie att förmågan att upptäcka en förändring i en sammansatt ljudbild kunde påverkas av ett implicit lärande, en effekt som gick att mäta med EEG och som fick författarna att koppla intuition till ett implicit lärande.

Vår förmåga att se och upptäcka blir beroende av vår tidigare erfarenhet och de mönster som sparats i de implicita minnena. Då dessa skapas i situationer som har haft en viktig mening

och utfall som fara, glädje, belöning etc. så blir motivation och engagemang nödvändiga och viktiga förutsättningar för att vi ska utvecklas mot expertis. Hubert Dreyfus menar att det måste göra ont, *it has to hurt* för att den kompetente ska gå vidare i sin utveckling mot expertis. Att vi får en återkoppling är också nödvändigt för att ett implicit minne ska skapas.

### Studier som visar på två olika sätt att se

Ett exempel på hur vi förändrar vårt sätt att observera när komplexiteten blir för stor visades i en studie av säkerhetsoperatörer som granskade röntgenfotograferade resväskor på flygplatser (Smith et al., 2005). Säkerhetsoperatörernas utbildning går normalt ut på att lära sig granska och analysera innehållet i väskorna på ett generellt kategoriserande sätt. Man söker efter föremål och detaljer som skulle kunna användas som vapen eller för att göra en bomb, saker det går att sticka och skada med. Operatörerna tränar upp en god förmåga att göra den här sortens analys av innebörden i en okänd röntgenbild. I mer verkliga situationer med många okända föremål i väskan och stark tidspress övergår uppgiften dock operatörens kapacitet. De lämnar då automatiskt sin generellt kategoriserande roll och övergår till att känna igen konkreta exemplar, saker man tidigare stött på och som lagrats som mönster i det omedvetna implicita systemet. I sin experimentella studie visade David Smith et al. hur förmågan att se och upptäcka abstrakta kategorier minskade drastiskt med ökad informationstäthet. Däremot verkade förmågan att lagra och känna igen ett stort antal unika exemplar vara större än man tidigare trott.

En lika komplicerad om än inte så riskfylld miljö är ett klassrum. Att kunna se och uppfatta vad som händer i klassen under en lektion är en förmåga hos erfarna lärare som studerats av flera forskare. I en studie där lärare med olika lång erfarenhet fick studera en inspelad lektion, presenterad på tre TV-monitorer kunde Donna Sabers et al. peka på mycket stora skillnader i förmågan att se och förstå vad som hände i salen mellan noviser och experter.

*Differences among the groups were found in their perceptions monitoring and understanding of classroom events characterized by simultaneity, multidimensionality, and immediacy (Sabers et al., 1991 s. 63).*

Noviserna hade problem med att studera mer än en TV-monitor åt gången. Experterna däremot hade full överblick på vad som hände på alla tre skärmarna och kunde dessutom dra slutledningar, ange orsaken till vad som skedde på skärmarna.

I en nyligen publicerad studie av lärare påpekar Janet Ainley och Michael Luntley (2007) att en förmåga de kallar *attention-dependent knowledge* gör det möjligt för en erfaren lärare att agera på ett mer ändamålsenligt sätt. Denna erfarenhetsbaserade förmågan att se, tolka och bedöma klassrumssituationer blev helt avgörande för kvaliteten på undervisningen.

Den erfarna läraren som i klassrumssituationen verkar se mer, bedöma bättre och ofta fungera nästan helt automatiskt har uppmärksamats av många andra forskare (Berliner, 1994b; Johansson & Kroksmark, 2004; Kroksmark, 1997; Krull et al., 2007; Sato et al., 1993). Den intuitiva förmågan att känna igen visuella och andra mönster och att med hjälp av dessa ta beslut och agera beskrivs på ett sätt som överensstämmer med Dreyfus' modell av utvecklingen från novis till expert.

*Experienced teachers used these patterns to interpret classroom events and to decide which routines to use ... Well-formed patterns also allow experienced teachers to screen out irrelevant information, effectively narrowing problem space and reducing the information load (Kagan, 1988 s. 490).*

För att orientera sig och skapa ordning i en komplicerad omvärld använder hjärnan implicit kunskap om regelbundenheter och samvariation. På detta sätt kan en omedveten igenkänning av en kontext förbättra förmågan att hitta och känna igen objekt som hör till densamma. Tidigare lagrad kunskap om hur olika objekt uppför sig och rör sig i tid och rum gör det möjligt att förutsäga var de kommer att befinna sig i nästa ögonblick. En forskargrupp (Chun, 2000; Chun & Jiang, 1998, 1999; 2003; Chun & Nakayama, 2000) har visat i en serie av försök att den här kontextuella informationen är omedveten och lagras utan att försökspersonen lägger märke till densamma. De benämner den *Contextual cuing*. Kunskapen kan sedan användas för att lättare upptäcka vad som är relevant och viktigt i en situation. Författarna menar att den kontextuella kunskapen är mycket robust och baserad på minnen av unika exemplar, ej generella prototyper, vilket ytterligare kopplar den till de implicita minnessystemen.

Inom sport och idrott är förmågan att se av största vikt. I det komplexa myllret på en fotbollsplan eller ishockeyrink, i den tidskritiska mottagningen av en boll i baseboll eller

tennis, i konsten att identifiera och väga subtila faktorer inför ett golfslag särskiljs novisen från experten tydligt och naturligt.

Att ta emot straffsparkar i fotboll är ett typiskt exempel där expertis kan utvecklas. För att hinna välja sida och förutsäga höjd och styrka på en straffspark, krävs det att målvakten redan innan foten på straffläggaren har träffat bollen har kunnat göra en bedömning. I en studie av Geert Savelsbergh et al. (2002) fick noviser och experter reagera på filmade straffsparkar och såväl reaktionstid som ögonrörelser registrerades. Experterna väntade längre med att reagera, de behövde sällan korrigera sin första reaktion, de fokuserade längre tid på straffläggarens ben och boll medan noviserna tittade på ben, kropp, huvud, armar och annat. Det gick inte att i data avgöra vilka exakta detaljer som experterna valde att titta på men de visade en överlägsen förmåga att bedöma bollens kommande läge i sida och höjd. Möjligen berodde deras väntan innan de tog ett beslut på att det var mest relevant information i rörelserna alldeles innan tillslaget (Savelsbergh et al., 2002). I en annan studie av försvarsspelare i fotboll (Williams et al., 2006) visades att experter hade en stor förmåga att läsa spelet, en förmåga som inte minskade när spelarna i filmen man tittade på ersattes av lysande punkter, information om vad som hände verkade ligga i relationerna och rörelserna mellan spelare på planen och det var först då nyckelspelare suddades bort från filmen som förmågan att tolka spelet minskade.

Flera forskare har studerat hur vi fokuserar, hur vi styr blicken mot ett relevant objekt, hur vi uppmärksammar något, på engelska *gives attention to something*. Peter McCormick (1997) studerade hur icke medvetet uppfattade ledtrådar styrde blicken och uppmärksamheten hos ett antal försökspersoner och menar att vi har två olika sätt att fästa vår uppmärksamhet på något: ett medvetet endogent och ett omedvetet automatiskt exogent system. McCormick gör inga kopplingar till teorier om implicita minnessystem.

### **Att se med hjälp av tidigare lagrade mönster**

Gershon Tenenbaum et al. (1999) visade i en studie av gymnaster att äldre experter hade lättare att komma ihåg en sekvens av rörelser både omedelbart och efter en veckas uppehåll än såväl yngre experter som noviser. Författarna analyserar detta med hjälp av en modell som utgår från att experter kan använda långtidsminnet för att avlasta arbetsminnet.

Deras resultat kan jämföras med studier av en intressant egenskap hos stormästare i schack. Schack har ända sedan de Adriaan De Grot (1946) publicerade en artikel om stormästares minnesförmåga varit en mycket väl beforskad aktivitet. De Grot visade att experter, till skillnad från noviser, kunde återställa ett tjugotal schackpjäser på sina platser efter att ha fått studera dem i så kort tid som fem sekunder. Antalet korrekt återställda pjäser var direkt kopplat till spelarens expertis och spelstyrka. Om pjäserna däremot placerades slumpmässigt och även fick stå på illegala positioner såg man ingen skillnad mellan experter och noviser. Nobelpristagaren Herbert Simon föreslog att experter tack vare sin erfarenhet kunde integrera flera pjäser i *chunks* och att det var dessa som placerades i korttidsminnet och möjliggjorde att många pjäser kunde återplaceras (Simon & Gilmarin, 1973). I en studie där korttidsminnet stördes av olika aktiviteter visade Charness (1976) att experterna inte hämtade sina minnen från korttidsminnet utan märkligt nog från långtidsminnet, något som inte borde ha hunnit blivit påverkat av de fem sekundernas exponering. Ytterligare indicier som motsade *chunking teorin* kom från Cook med flera (1993) som visade att en verbal beskrivning av pjäsernas position förbättrade förmågan att minnas en uppställning. Forskarna visade dessutom att en stormästare kan minnas upp till nio uppställningar. Detta utesluter användning av *chunks*. Användandet av korttidsminnet skulle då behöva innehålla upp till 40 *chunks*, vilket ansågs vara orimligt. Under mitten av 90 talet uppstår en samsyn bland forskare om att schackmästare använder en mönsterigenkänningsmekanism för att både känna igen farliga och hotfulla situationer och för att komma ihåg schackpjäsers positioner i de experiment som har nämnts. Det är alltså inte bilden av schackbrädet som lagrats utan kunskapen om att man har sett uppställningen tidigare. Detta blir då en förklaring till deras förmåga att spela snabbschack och att spela simultanschack mot många motståndare samtidigt (Ericsson & Lehman, 1996; Fernand Gobet & Herbert A. Simon, 1996; Fernand Gobet & Herbert A. Simon, 1996; Gobet & Waters, 2003). Gobet och Simon (1996) vidareutvecklar sin teori om *chunking* och visar att en modifierad chunkingmodell kan förklara många av de fenomen kring expertis som har observerats. De har tagit fram ett datorprogram CHREST som lyckats efterlikna mänskliga noviser och experter både i fråga om utveckling och beteende (Gobet, 2005).

Om expertens förmåga att komma ihåg komplicerade objekt eller sekvenser beror på ett igenkännande av tidigare upplevda situationer så kan de erfarna gymnasternas bättre minne för rörelsesekvenser i den tidigare nämnda studien förklaras.



När vi betraktar ett sceneri, t.ex. ett landskap utan tydlig intention att komma ihåg något särskilt, kommer vi ändå att implicit skapa ett mönsterminne av det som finns där som sedan hjälper oss att känna igen objekt eller fenomen. Genom att be försökspersoner leta efter ett unikt objekt i en bild kunde Monica Castelhana och John Hendersson (2005) visa att det samtidigt skapades omedvetna minnen av de andra objekten i bilden, även de som inte hade undersökts medvetet. Förmågan att känna igen ett objekt i bilden var ungefär lika stor som när försökspersonen fått i uppdrag att medvetet memorera objekten i bilden.

Traditionellt har hjärnforskningen inriktats på att studera syncentrum och dess olika delar var för sig. Det finns nu, som vi såg i kapitel sex, resultat som tyder på att syninformation som gått den dorsala vägen, *Low route*, analyseras genom en implicit igenkänningsprocess och sedan återförs tillbaka till de tidigare delarna av syncentrum. Denna positiva återkoppling gör det möjligt att uppfånga och detektera till och med den första delen av en rörelse (Laycock et al., 2007). Denna påverkan från tidiga primitiva delar av synsinnet kallas i litteraturen för *Bottom-Up* (Corbetta & Shulman, 2002). Det här blir ett bevis på den grundläggande systemnivån att implicita minnen har stor betydelse för vår förmåga att se.

### Att se sekvenser och att förutsäga framtiden

Basebollspelare har en förmåga att förutsäga händelser vilket visades i en studie av Didierjean och Marmèche (2005). I flera andra studier har visats att människor då de ska minnas ett ögonblick i en sekvens av skeenden *kommer ihåg* ett senare moment, ett moment de faktiskt ännu inte har upplevt. I en studie av tennisspelare kunde Damian Farrow och Bruce Abernethy (2002) påvisa att efter övning, kunde vissa spelare, lära sig förutsäga rörelsen hos en boll som servades. Destrebecqz och Cleeremans (2001) hade tidigare visat att reaktionstiden förbättrades vid inlärning av sekvenser av händelser utan att explicita minnen skapades. Detta tyder på att implicita minnen inte är stillbilder utan kan bestå av sekvenser av skeenden.

### Två sätt att kategorisera

De senaste åren har flera forskare som jämfört resultat från neuropsykologin och den avbildande hjärnforskningen tydligt visat att vi har två olika kategoriseringssystem, ett kopplat till det explicita minnet och hippocampus och ett implicit kopplat till caudate i striatum (Ashby & Casale, 2003; Ashby & Ell, 2001; Ashby & Ennis, 2006; Ashby & O'brien, 2005; Kéri, 2003; Maddox & Ashby, 2004; Maddox et al., 2005; Makino & Jitsumori, 2007; Shohamy et al., 2008).

Det explicita systemet testar hypoteser och försöker verbalisera kategoriseringsregler. På grund av kapacitetsbegränsningar i *working memory* hanterar det bara endimensionella karakteristika. Det implicita systemet bygger på igenkänning av tidigare erfarna exempel och kan då genom att hantera samtida kriterier eller stimuli, fylla en integrerande funktion. Ett tydligt skifte i användning av det första till det senare har kunnat visas hos experter av olika slag (Johansen & Palmeri, 2002; Zeithamova & Maddox, 2006).

Flera studier visar också att identifikationen och förmågan att känna igen komplexa sinnesupplevelser, ansikten, dofter, smaker med mera försvagas när man försöker beskriva dem i ord, *verbal overshadowing*. (Fallshore & Schooler, 1995; Melcher & Schooler, 1996). I studier av förmågan att känna igen en komplicerad smak och doft har man visat att personer med en relativt god erfarenhet av t.ex. vinprovning försämrar sin förmåga att efter en kategorisering i ord känna igen ett vin. Noviser och experter försämrar inte sin förmåga på detta sätt. Mer om bedömning och kategorisering följer senare i kapitlet.

### Amygdala påverkar observationsförmågan

Ett stort antal studier har visat på hur en av de strukturer, amygdala, som ingår i det implicita minnessystemet påverkar andra kognitiva strukturer som *fusiform gyrus* vilken har betydelse för vår förmåga att känna igen ansikten. Denna påverkan kan styra fokus och öka sannolikheten för att vi ska uppmärksamma hotfulla situationer (Dolcos et al., 2004; Duncan & Feldman Barrett, 2007; Nakic et al., 2006; Surguladze et al., 2003). Men vi kan också påverkas omedvetet av amygdala, en påverkan som ändå kan detekteras av förändringar i hudens elektriska motstånd eller ge upphov till andra automatiska reaktioner (Pasley et al., 2004; Öhman, 2002). Vissa patienter med skador i visuella cortex med en funktionell blindhet i halva eller hela synfältet kan via sina implicita system bedöma situationer och människors ansikten som positiva eller hotfulla (Hamm et al., 2003). Fenomenet kallas *Blindsight* och upptäcktes av Larry Weiskrantz för snart 25 år sedan men sattes då inte i samband med implicita eller icke deklarativa minnen (Weiskrantz, 1996; 2002). Lamme (2006) menar, efter en studie där man med magnetfält slagit ut syncentrum och påvisat Blindsighteffekter hos friska individer, att den kan förklaras med *unconscious vision* medierad av striatila strukturer vilka som vi sett ingår i det implicita systemet.

## Ett parallellt, implicit synsinne

Det finns andra som också uppmärksammat anomalier i vårt perceptionssystem, fenomen som pekar på att vi har fler system som hanterar visuell information. I en forskningsöversikt beskriver David Milner (2004) en studie av en patient kallad DF. Patienten är på grund av en hjärnskada inte längre förmögen att medvetet kunna beskriva visuella objekt och deras position och orientering i rummet. Patienten kan dock utan problem vrida sin hand rätt och lägga ett brev i ett brevinkast trots att hon inte kan berätta hur det är orienterat. Milner och hans kollega Melvyn Goodale som genomförde dessa studier (Goodale et al., 1991) visar senare, med andra liknande försök, att människan har två kvalitativt olika synsystem. Det ventrala systemet står för vår medvetna perception och ger data som är lämpliga för lagring och för att användas för identifiering, *recognizing*, för visualisering och planering. Det dorsala systemet har som funktion att styra våra omedelbara handlingar, våra reaktioner på situationer och händelser och behöver lagras på ett sätt så att informationen kan användas snabbt och effektivt. Dessa minnen är troligen inte åtkomliga för vårt medvetande (Dyde & Milner, 2002; Goodale et al., 2004; Milner, 2004; Milner & Goodale, 2008).

Chun och Nakayama (2000) beskriver implicita minnesbilder som ligger kvar och kan styra och fokusera ögonrörelser, kognition och agerande. Dessa implicita spår gör det möjligt att se och att koncentrera sig på viktiga detaljer i omgivningen. Andra forskare kommer fram till liknande resultat (Kuhlmann & Lappe, 2006; Laycock et al., 2007; Woodman & Chun, 2006). I en tidigare studie av Chun (2000) menar författaren att implicita minnen hjälper till att förutse vad vi kan förvänta oss att upptäcka i en viss kontext. I ett kök ser vi inte en utplacerad trumma, men däremot en i sammanhanget mer passande kastrull. Vi skapar med hjälp av dessa minnen också en förståelse och en möjlighet att förutse hur en sekvens av händelser kommer att utvecklas. Detta gör det möjligt att reagera tidigt och hantera snabba situationer (Didierjean & Marmèche, 2005). Tennis- och squashspelare uppövar en förmåga att *förutse* spelet genom att lära sig mönster och kontextuell information och kan placera sig och förbereda en retur innan motståndaren ännu vidrört bollen med racketen (Abernethy et al., 2001; Crognier & Fery, 2005).

Implicita minnen tar tid att skapa och vi behöver *utforska* en domän under lång tid för att vi ska kunna bygga upp de mönster, *templates*, som behövs för igenkänningsprocessen. Informationen från dessa minnen modulerar och påverkar vår förmåga att fokusera och att upptäcka relevanta objekt. Då vi inte har någon medveten förståelse för hur detta går till är vi

okunniga om att vi har använt denna kunskap, vi bara observerar bättre. Denna automatiska filtrering och fokusering påverkar vår förmåga att se och gör det möjligt att hantera mycket komplexa situationer. Förmågan att känna igen mönster utan att belasta det medvetna minnessystemet har studerats i en studie på radaroperatörer (Allen et al., 2004). Då arbetet stördes av en annan medveten uppgift att lösa, påverkades novisers men inte experters förmåga att identifiera objekt på radarskärmen.

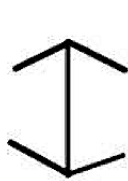
## Oförmåga att se

Flera experiment visar att vi upptäcker nya objekt i synfältet. Mindre, beroende på var de dyker upp, än om de liknar objekt vi tidigare har sett. Även om de dyker upp i direkt anslutning till det vi tittar på för stunden kan de om de inte hör till sammanhanget vara osynliga, *Change blindness*. Även stora objekt, som upptar mer än 50 % av synfältet, kan förändras eller försvinna utan att vi lägger märke till det. Ett klassiskt exempel är en studie av Daniel Simons och Christopher Chabris (1999) där försökspersoner fick studera en inspelad basketmatch och fick i uppgift att räkna antal passningar som det vitklädda laget genomförde. Under matchen gick en, till gorilla utklädd, person över spelplanen, mitt emellan spelarna. En majoritet av åskådarna upptäckte inte detta. Simons och andra forskare genomförde en hel serie av liknande försök och visade att denna oförmåga att upptäcka förändringar är allmän och vanlig hos de flesta människor (Simons & Rensink, 2005). Människor märker inte om en expedit byts ut när de böjer sig ned bakom en disk, de upptäcker inte att den person man samtalar med byts ut mot en annan när ett synhinder, en dörr, bärs mellan dem.

Andra forskare som till exempel Steffen Werner och Björn Thies (2000) har visat att expertis inom ett område ökar chansen till upptäckt av förändringar. En fotbollsexpert lägger märke till fotbollsrelaterade förändringar lättare än en novis. Om en fotbollsback plötsligt står vänd åt fel håll märker experten det. Forskningen kring *Change blindness* tyder på att vi normalt inte tar in mer än en mycket liten del av synfältet för bearbetning och analys, att vi upplever en helhetsbild beror på en mental rekonstruktion. Det som styr vad vi fäster vår medvetna blick på, och därmed får aktuell information om, är bland annat tidigare lagrade mönster i det implicita minnet. Simons själv är som vi såg i föregående kapitel tveksam till om implicita minnen existerar.

## Att bedöma och att ta beslut

Den psykologiska forskning som behandlar beslutsfattande och speciellt då beslutsfattande under stress och osäkerhet har nått långt. Forskarna menar i dag att människor har två fundamentalt skilda processer för att göra bedömningar och att fatta beslut, *dual-processes of judgements under uncertainty* (Ferreira et al., 2006). Den ena är automatisk, omedveten och heuristisk, den andra är en medvetet kontrollerad, analytisk, regelbaserad process. Den heuristiska processen beskrivs som huvudsakligen automatisk, snabb och försiggår utan synbar ansträngning. Den består av spontant uppkomna, enkla reaktioner på exempelvis likhet med tidigare erfarenheter. Den kan initieras av såväl yttre situationer som medvetna tankar om dylika. Processen startar automatiskt då vi omedvetet upptäcker en likhet eller kontinuitet med tidigare erfarenheter, den går sedan vidare utan medveten kontroll tills den har kommit till ett resultat och ett beslut dyker upp, *pops out*, i medvetandet. De neurala strukturerna i denna process är identifierade till bland annat striatum som är en del av de icke deklarativa implicita minnena (Daw et al., 2006).



Figur 7.1

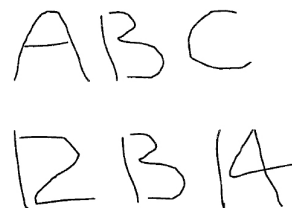


Fig 7.2

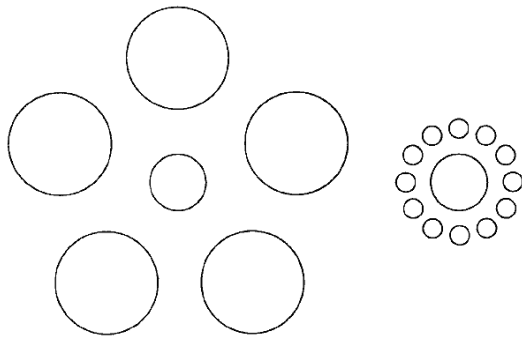
Den regelbaserade processen däremot är kontrollerad och består av medvetna och ofta resurskrävande aktiveringar av deklarativa, explicita minnen. Den analytiska processen startar när vi medvetet känner igen en situation där en regel eller algoritm är applicerbar, sedan förs processen vidare i logiskt medvetna steg tills ett beslut kan tas. När de två systemen kommer fram till ett gemensamt beslut märker vi inte att de är två olika processer som har arbetat sida vid sida. Det händer dock ibland att de två processerna ger olika resultat och vi kan då uppleva hur två olika bedömningar motsäger varandra, ett argument som Sloman (1996) använder för att påvisa de två systemen men som även mötte kritik av Gigerenzer & Regier (1996). Ett känt exempel från perceptionspsykologin är linjerna i Müller-Lyer illusionen i figur 7.1. Vårt analytiska synsystem bedömer dem som lika långa, vilket de i verkligheten också är, det automatiska bedömningssystemet däremot, kan beroende på vår egen erfarenhet,

uppfatta dem som olika långa. Detta även då vi har lärt oss att det är en synvilla (William, 2006 s. 73). I kulturer där rektangulära byggnadsverk inte existerar förekommer inte illusionen vilket tyder på att det är ett inlärt mönster, ett hörn som tolkas vara nära eller långt bort (Deregowsky, 1974). Ett exempel som visar det automatiska systemets användning av kontext för att skapa mening kan också ses i figur 7.2, den mellersta symbolen på varje rad kan beroende på kontext tolkas som bokstaven B eller som talet 13.

Ett tredje väl studerat exempel är Stroop-effekten (Stroop, 1935). Om det i en text dyker upp ord som beskriver färger och själva texten är färgad i en annan färg kommer vi att få problem att avgöra vad texten egentligen säger. Ordet ”**RÖD**” skrivet i en annan färg än rött leder till en kollision mellan de två bedömningssystemen. Det automatiska systemet som har stor erfarenhet av ord och text identifierar ordet som färgen röd och det analytiska systemet kommer något senare på att ordet är skrivet med en annan färg. Vi får en kollision mellan de två sätten att tolka omvärlden, som kan mätas i form av en förlängd reaktionstid eller fel läsningar.

Den automatiska processen bygger inte på logik eller en analytisk bearbetning och detta har visats i ett klassiskt psykologiskt experiment där människor som får välja mellan att få dra en röd vinstkula i en urna med nio vita kulor eller ur en urna med åtta röda och 92 vita. Den omedelbara upplevelsen av fler vinstkulor tolkas av det automatiska systemet som viktigare än det mer sanna statistiska resultatet att  $10\% > 8\%$  och många människor väljer därför att dra ur urnan med den lägre vinstsannolikheten.

Som tidigare nämnts har Milner och Goodale (2008) utifrån kunskap om två olika visuella informationsströmmar i hjärnan, en dorsal och en ventral, skapat en modell av vårt synsinne med två olika funktioner; *vision for action and vision for perception*. I studier av patienten DF kunde man visa att systemet för agerande, *action*, fungerade felfritt trots att det perceptuella systemet var skadat. Författarna menar också att det system som hanterar vårt agerande inte blir lurat av optiska synvillor i samma grad som det perceptuella. Försökspersoner som upplever felaktiga relationer och skalor i en synvilla kan trots detta greppa och hantera samma objekt med hög precision.



Figur 7.3 Ebbinghaus illusion

Resultat från andra forskare är inte samstämmiga. Den kända Ebbinghaus-illusionen i Figur 7.3, där innercirkeln upplevs som olika stora har testats av Salvatore Aglioti (1995) som fann att försökspersoner inte lät sig luras när de försökte greppa liknande, verkliga skivor på ett bord. Franz et al. (2003) kunde dock inte upprepa dessa resultat.

### Exempel på studier av bedömningsförmåga

I en experimentell studie visade Ferreira et al. (2006) att det implicita och det explicita systemen inte utesluter varandra utan försiggår samtidigt. Författarna visade att man på olika sätt kan påverka vilket system som kommer att ta överhanden. Genom att utsätta försökspersonen för en kognitiv belastning, en parallell kognitiv uppgift, påverkas den analytiska processen negativt. Den automatiska processen däremot påverkas inte alls och får då övertaget vid bedömning och vid fattandet av beslut. Genom betingning, *priming*, och tillvänjning av en viss problemtyp, förstärks den automatiska processen medan den analytiska inte berörs och den automatiska får ånyo övertaget. Genom att i kontexten till problemet styra försökspersonen mot antingen ett rationellt eller ett intuitivt val. Men även genom att genomföra en formell träning av abstrakt liknande men inte identiska uppgifter, kommer den analytiskt kontrollerande processen att påverkas och ta överhanden. Författarna använde *the process dissociation procedure* (Jacoby, 1991) som är en metod för att skilja på från vilket minne, det explicita eller det implicita, som information har hämtats. Denna studie är en av de tidigaste empiriska resultat som visar att vi har två skilda processer för att göra bedömningar och för att fatta beslut. Författarna menar att en del av deras resultat tyder på att om den explicita, analytiska processens blir färdig först kan den inhibera den automatiska, implicita.

Redan 1991 publicerade Wilson och Schooler en empirisk undersökning av hur försökspersoner gör bedömningar och val. I en av delstudierna fick ett antal studenter bedöma kvaliteten på jordgubbssylt och deras bedömningar jämfördes sedan med en bedömning gjord av en expertjury. De studenter som gjorde sitt första val utan att behöva precisera eller argumentera för sitt val gjorde bedömningar som i stort överensstämde med experternas. De studenter som fick i uppgift att karakterisera och beskriva sina smakupplevelser, som skapade

kriterier som vägdes och jämfördes, gjorde slutligen helhetsbedömningar som var *sämre* än expertpanelens. Samma resultat uppnåddes även i den andra delstudien där studenter fick bedöma universitetskurser och sedan fick ta fram kriterier eller försöka analysera sina egna avväganden. Författarna sammanfattar:

*Analyzing reasons can focus people's attention on nonoptimal criteria, causing them to base their subsequent choices on these criteria* (Wilson & Schooler, 1991 s. 181).

Wilson visade återigen några år senare att samma personer som i ett första helhetsintryck gör goda bedömningar försämras i sin bedömningsförmåga när de medvetet försöker analysera sina skäl (Wilson et al., 1995). Han menar att attityder inte är stabila utan skapas på nytt i varje ny kontext och att en uppmaning till att söka kriterier och rationella argument förändrar utgångspunkten för en värdering. Wilson följer upp sina informanter och finner att de efter ett tag blir missnöjda med sina genomtänkta val.

Att bedöma och göra val medvetet och/eller omedvetet har under senare tid studerats av den holländske forskaren, Ap Dijksterhuis, som visat hur människor i en komplex valsituation gör bättre bedömningar och val om de inte får *tänka* medvetet på valet utan distraheras innan de får göra sitt val. Han använder och definierar termerna medvetet och omedvetet tänkande, "*conscious and unconscious thinking*" (Dijksterhuis, 2004). Författaren menar att för att göra goda bedömningar och ta beslut behöver människan ta hänsyn till stora mängder information och göra jämförelser mellan flera alternativ med utgångspunkt från många kriterier. I ett antal experiment där studenter fick göra val; först en bedömning av ett antal hyreslägenheter och sedan val av en hypotetisk rumskamrat, visar Dijksterhuis att valen blev *bättre*, mer liknar en expertjurs bedömning om valet sker antingen omedelbart efter presentationen eller efter fem minuters distraktion. Fem minuters medvetet analyserande gav det sämsta resultatet. Ett omedvetet *intuitivt tänkande* verkar organisera tidigare upplevda mönster och gör att attityderna blir tydligare och mer polariserade (Dijksterhuis, 2004).

Två år senare följde Dijksterhuis upp sin studie och lät försökspersonerna välja mellan olika konstverk, grafiska blad, som de sedan fick behålla (Dijksterhuis & Van Olden, 2006). Trenden från det tidigare försöket stod sig. Kvaliteten på beslutet ökade med inkubation och ett omedvetet tänkande och blev sämst då försökspersonen fick tid att medvetet göra ett analytiskt val. Dessutom visade det sig vid en uppföljning 3-4 veckor senare att de som gjort



ett medvetet val blev minst nöjda med sitt agerande. Författarna menar att man vid medvetna val har svårt att sätta adekvata vikter på de olika kriterierna och det är detta faktum och inte styrkan i preferenserna som ger det sämre resultatet.

Samma år presenterade Dijksterhuis ytterligare studier av inkubationens inverkan och undersökte hur kvaliteten och antalet genererade lösningar och idéer förändras om de skapas medvetet eller omedvetet. Resultaten från 2004 stod sig och författaren sammanfattar studien:

*It was concluded that whereas conscious thought may be focused and convergent, unconscious thought may be more associative and divergent (Dijksterhuis, 2006 s. 135).*

## Att bedöma skapande arbete, en Repertory Grid-studie

För att se om de bedömningskriterier som Lars Lindström använt i bildämnet återfinns i andra skapande verksamheter genomförde jag en pilotstudie på sex lärare i olika bedömningsituationer. I en studie av två tekniklärare som bedömde en teknisk konstruktion återfann jag dels processkriterier, dels en betoning av produkten; funktion, handlag, noggrannhet med mera. Dessa resultat och en noggrann genomgång av intervjumetoden och förhållanden kring intervjun finns redovisat som ett kapitel i en nyligen utgiven metodhandbok: *Researching Technology Education: Methods and techniques* (Björklund, 2008) och som är infogad i denna avhandling.

De två tekniklärarna har samma bakgrund och erfarenhet i ämnet och man kan där inte se några variationer som skulle kunna kopplas till en utveckling av expertis. Däremot kan man i en studie av gymnasielärare som bedömer uppsatser, projektarbeten, kan man finna en skillnad i viktning och värdering av kriterier kopplat till den egna erfarenheten. Studieobjekten: den första, ”novisen”, har varit anställd i ca två år, den andra läraren, ”experten”, har mer än 20 år i yrket. De arbetar på en skola i en mellanstor svensk stad och har intervjuats vid vårterminens slut efter att de har bedömt och betygsatt elevers projektarbeten. Lärarna fick välja ut fem till åtta uppsatser som de själva ansåg representerade såväl goda som mindre bra elevprestationer. Intervjun genomfördes med Repertory Grid Technique på samma sätt som i studien av tekniklärarna. Uppsatserna jämfördes med triaderingsteknik för att lyfta fram och skapa lärarnas egna kriterier, *constructs*. När deras viktigaste kriterier lyfts fram fick de lägga in sin sammanvägda gradering, elevens betyg, i matrisen. Betyg fick anges med ett tal 1-9 där läraren fick möjlighet själva översätta sitt bokstavs-betyg till ett numeriskt värde.

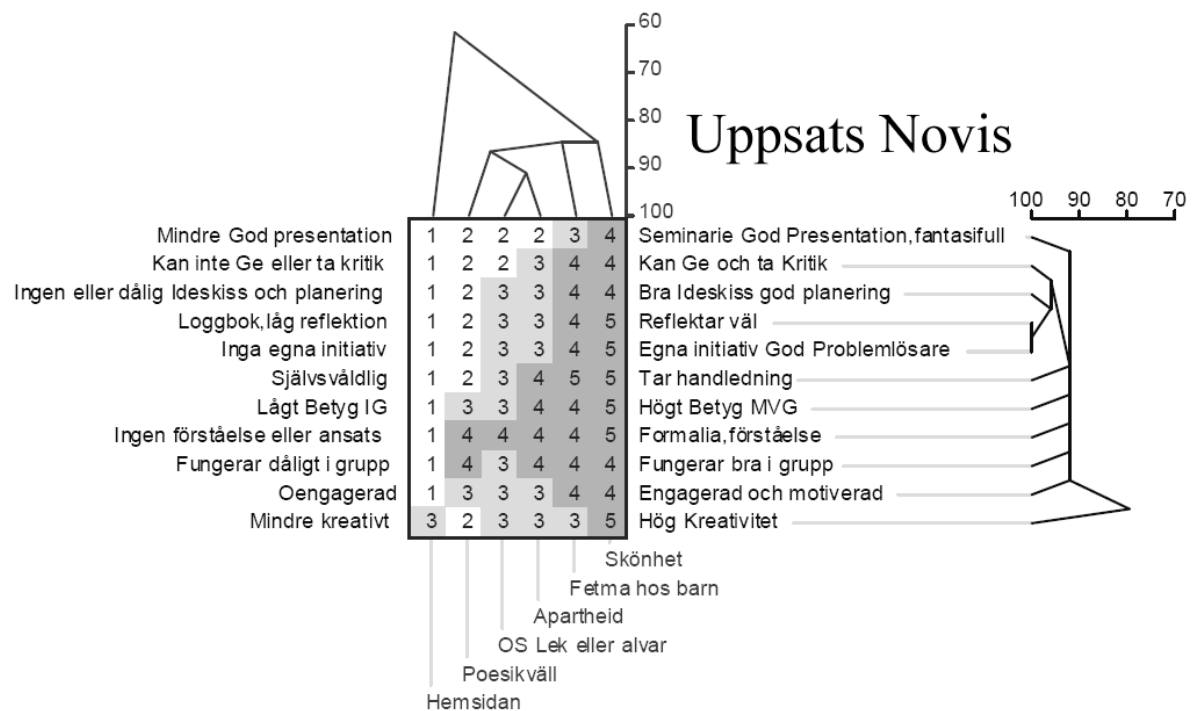
Forskningsfrågan i studien var vilka kriterier dessa lärare använde och hur starkt kopplade kriterierna var till elevens sammanvägda betyg.

### Resultat

Informanterna är av olika kön men de benäms i analysen med beteckningarna novisen, experten eller bara hon.

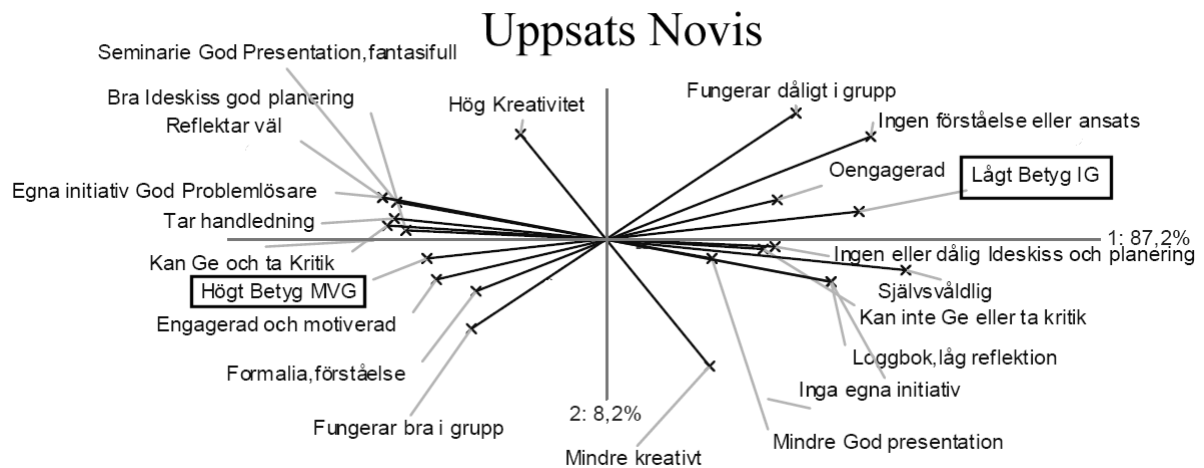
## Novisen

Novisen har vid intervjun med sig en tabell över de kriterier som hon har använt vid alla sina bedömningar, men hon tittar inte i dem under intervjun. Detta tyder på ett strukturerat, reflekterat arbetsätt som bygger på regler och genomtänkta beslut, en novis enligt Dreyfus modell. Focusdiagrammet visar också detta med önskvärd tydlighet.



Figur 7.4 Fokusdiagram för Novisen

Betygsgraderingen är starkt kopplat till alla nämnda kriterier, och har i stort sett samma vikt i förhållande till betygsgraderingen; 95 % och 90 % betecknas i litteraturen som mycket starka korrelationer. Kriterierna är väl valda och skulle kunna vara hämtade ur en metodhandbok.



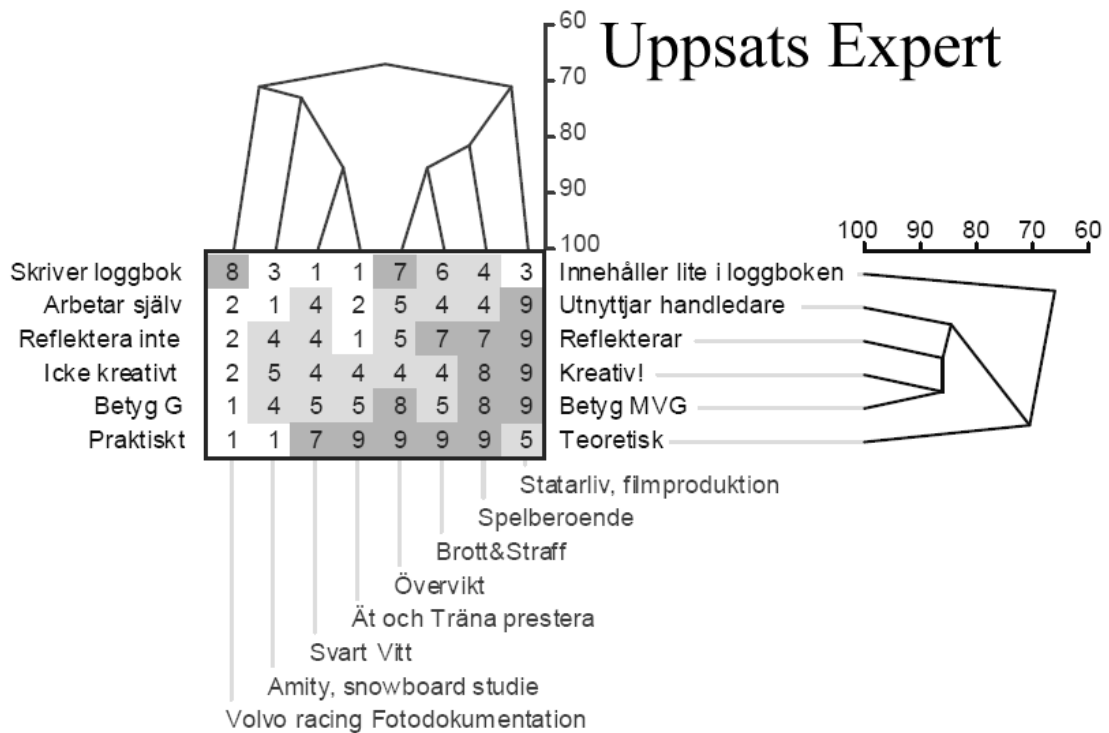
Figur 7.5 Principalkomponentdiagram (PCA) för Novisen

I Principalkomponentdiagrammet ses ännu tydligare att kriterierna ligger väl samlade kring den första komponenten, 87,2 % av variationen kan beskrivas i den här dimensionen vilket är ett högt värde. Betygssättningen ligger nära denna axel och man kan sluta sig till att det inte finns några viktiga andra kriterier som påverkar informanten. I båda dessa diagram ser man dock tydligt att ett kriterium/construct sticker ut och endast marginellt påverkar bedömningen; Hög eller låg kreativitet. Under intervjun påpekar informanten själv detta och säger att vissa uppsatser är mycket kreativa men att det är så svårt att använda sin egen subjektiva åsikt om detta i betygssättningen. Hon upplever det svårt att kunna motivera och förklara för elever och kollegor vad hon menar med kreativitet. Hon upplever detta som ett problem då hon ibland känner sig tvungen att underkänna uppsatser som hon tycker är kreativa och läsvärda.

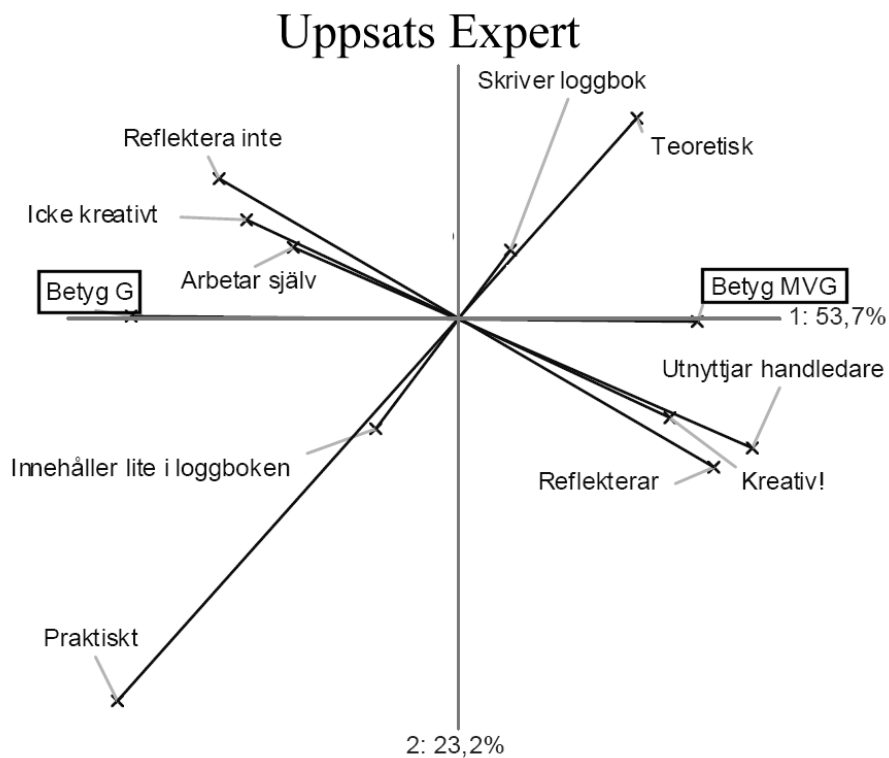
### Experten

Experten är en äldre lärare med filosofi som huvudämne med många års erfarenhet i yrket. Hon är väl insatt i bedömningsfrågor och skriver artiklar och konferensbidrag om just detta. I Repertory Grid-intervjun märks detta inte mycket. Focusdiagrammet visar en bedömare som använder ett mycket litet antal kriterier, några kopplade till produkten, uppsatsen: *Teoretisk-praktisk*, något till processen: att *skriva eller inte skriva loggbok, att arbeta enskilt eller att ta hjälp av handledaren*. De två starkaste kriterierna som lyfts fram för att beskriva eleven och hans arbete är hennes *reflekterande förmåga* och *kreativitet*. Det enskilt starkaste kriteriet, med reservation för att det fattas något i data, är just kreativiteten. Informanten verkar inte

bekymrad över att använda ett så odefinierat begrepp i sin betygssättning och är mycket säker i sin rangordning av uppsatser.



Figur 7.6 Fokusdiagram för Experten



Figur 7.7 Principalkomponentdiagram (PCA) för Experten

## Sammanfattning av studien och diskussion

Två informanter är naturligtvis för lite för att dra generella slutsatser men det stödjer ändå min teori som bygger på att experten med sin erfarenhet har sett så många exemplar, goda och dåliga att hon inte behöver refererera, eller inte ens kan, till detaljer i elevens arbete. Mönster i implicita minnen ger förutom en automatisk bedömning också en självsäkerhet i att man har rätt. Man gör ingen analys eller viktning av kriterier, man bara känner igen något som är bra, kreativt eller spännande. Novisen i denna studie uppvisar flera av de kännetecken som Dreyfus talar om, regelföljandet, försöken att använda rationella, logiska metoder som hon kan argumentera för. Det tycks som om Repertory Grid lyfter några kriterier ur det tysta men också som om det är en metod som behöver kompletteras med andra data.

## Att ställa en medicinsk diagnos

Norman med flera (2000) visade att erfarna läkare ofta gör en första omedveten bedömning och sedan följer upp densamma genom att leta efter specifika detaljer och symptom. Det omvända förfarandet, att först utföra en analys, ger som resultat fler kriterier och identifierar fler symptom att ta i beaktande, men alla dessa är inte relevanta och bidrar inte till en bättre diagnos.

Ark et al. (2006) följde upp Normans studie och undersökte hur 48 psykologistuderanter lärde sig tolka EKG-diagram. Dessa studenter som inte hade någon tidigare erfarenhet av EKG fick en traditionell kurs i ämnet och fick lära sig att se och identifiera detaljer och symptom på olika slags sjukdomar i EKG-diagrammet. Vid examinationen fick studenterna olika instruktioner. Halva gruppen fick rådet att använda sina analytiska kunskaper och att kategorisera EKG-diagrammen genom att identifiera detaljer. Den andra halvan fick veta att diagram från övningarna kan dyka upp på provet och att det kan löna sig att använda eventuella likheter när de ställer diagnos. De behövde inte argumentera för sina val av diagnos. I båda dessa grupper fick hälften av deltagarna dessutom rådet att använda den motsatta metoden i ett andra diagnossteg. De som i första skedet använde sin förmåga att känna igen mönster från tidigare exempel fick rådet att dessutom leta detaljer och göra en analys och vice versa. Det visade sig att de grupper som bara följt en enda metod, antingen analytisk eller mönsterigenkännande fick ungefär samma resultat, drygt 40 % rätta diagnoser. De två grupper som använt båda metoderna, oavsett ordning, kom upp i nästan 60 % rätta svar.

Författarna menar därför att man i undervisning kan och bör tillåta studenter att använda sig av igenkänning med tidigare upplevda mönster. De studenter som bara är analytiska anger ett större antal detaljer och symptom men dessa är inte så relevanta för problemet att de ökar träffsäkerheten i diagnosen.

Inom sjukvården har man identifierat en märklig kunskapsmässig paradox. Trots att äldre läkare har visats ha sämre medicinska kunskaper än nyutbildade behåller de länge en överlägsen förmåga att ställa goda diagnoser. I en experimentell studie av *clinical reasoning* i vården visade G. Norman och Brooks (1997) att erfarna hudläkare och radiologer använder *minnen* av tidigare, personligen upplevda möten med patienter när de ställer diagnos. Detta tyder på att det existerar en alternativ, icke analytisk form av *clinical reasoning* som utvecklas över tid. I resultatet från fyra experiment finner författarna argument för en sådan modell. I ett första försök visas att erfarna hudläkare trots en generellt bättre diagnosförmåga fortfarande gör relativt sett lika många enkla fel och misstolkar tydliga och typiska symptom precis som en novis. Detta talar mot att expertisen beror på en utökad och väl använd kunskapsbas, *an increasingly extensive stable knowledge*, vilket i så fall borde leda till att expertens fel skulle inskränka sig till ett allt mindre antal svårtolkade, atypiska och speciellt besvärliga fall.

I ett andra försök där försökspersonerna får börja med att se typiska symptom i en viss kontext, t.ex. ett hudutslag på ett knä, visar författarna att såväl noviser som experter utnyttjar likheter med tidigare studerade exempel i testsituationen. De specifika symptomen för en diagnos används inte ensamma utan styrs av kontexten, likheten med tidigare studerade exempel. Experten blir inte bättre på att koncentrera sig på de speciellt viktiga symptomen utan använder kontexten för att ta beslut.

I ett tredje försök utgående från diagnos av röntgenfilmer visas att experten tidigt ställer en preliminär diagnos. Den bygger på omedelbara minnen av tidigare kända fall, deras sökande, observation och identifiering av specifika detaljer sker i en senare fas. En till röntgenfilmen kompletterad patienthistoria, anamnes, förändrade expertens diagnos. Den förändrade dessutom bedömningen av speciella detaljer i röntgenbilden som normala eller icke normala, vilket tyder på att detaljerna studeras först efter det att en preliminär diagnos var gjord.

I ett avslutande försök studerades experters förmåga att förutsäga andra experters fel. Om diagnosen enbart sker med hjälp av kända symptom och en analys av dessa borde experter

göra samma bedömningar och kunna förutsäga varandras fel. Detta visade sig inte vara fallet, experter har mycket svårt att *förstå* andra experters och även andra novisers förmåga att ställa rätt diagnos. Författarna sammanfattar:

*Experience implies a familiarity with numerous examples. Examples are not simply there to provide an opportunity to apply and refine the rules; instead, they have an independent and central role in expertise* (Norman & Brooks, 1997 s. 182).

Författarna avslutar sin diskussion med att hävda

*We conclude that amassing prior instances is an important component of expertise, and education should recognize this element* (s. 173).

### Att ta beslut under press

Inom sjukvården ställs ofta krav på snabba och svåra beslut som handlar om liv eller död. Andra områden som karakteriseras av liknande förutsättningar är brandförsvar och krig. En amerikansk forskare Gary Klein genomförde på 1980-talet ett antal studier på brandsoldater och intresserade sig framför allt för hur de tog beslut av livsavgörande slag i en miljö som var förvirrande och osäker. Klein antog först att man nöjde sig med två möjliga val som jämfördes och ledde fram till ett beslut och ett agerande. Vid intervjuer med erfarna brandmän visade det sig att de bara utgick från en möjlig lösning, eller vanligen att de inte gjorde något val alls utan bara agerade, ett vanligt intervjusvar var

*We don't make decisions* (Klein, 2004 s. xii)

Klein menar att vår erfarenhet hjälper oss att känna igen vad som håller på att hända, gör en bedömning av situationen, tar ett beslut och reagerar automatiskt och att detta är vad vi allmänt kallar intuition. Han är en av de första att använda uttrycket:

*Intuitive decision making* (ibid s. 21).



Han definierar en *Pattern Recognition Process* där vår upplevelse av en situation genererar ledtrådar som gör det möjligt att känna igen mönster från vår tidigare erfarenhet, som i sin tur aktiverar reaktioner, *action scripts* som påverkar vår upplevelse av situationen.

Klein arbetar vidare med forskning kring beslutsprocesser inom amerikanska försvaret, och har bidragit till att förändra utbildningssystemet från att ha varit byggt på en strukturerad, analytisk beslutsprocess till att innefatta övning av intuitivt beslutsfattande. Detta är en radikal förändring av synen på hur man bör fatta beslut. Inom många militära organisationer har man under de senaste 20 åren försökt finna logiska, rationella och effektiva metoder att lösa problem och att ta goda beslut. Kleins forskning har kritiserat den analytiska och strukturerade beslutsmodell, *MDMP*, som använts i Sverige, England och USA sedan mitten av 1990 talet. Schmidt och Klein visar att modellen skiljer sig från de strategier som erfarna planerare använder och att användandet av den bromsar ner beslutscykeln. Författarna menar att den formella beslutsmodellen ignoreras bland annat för att uppnå ett högre tempo:

*only one course of action is developed from having the eyes open to many possibilities in the beginning of the decision process.*

En svensk forskare, Peter Thunholm (2003b) menar att problemlösning i krig innehåller ett antal komponenter som gör det till *ill defined* (se kapitel fem):

- 1) *Osäkerhet på grund av informationsbrist och dåliga eller falska data*
- 2) *Tidsbrist, då förmågan att ta snabba beslut och att reagera snabbt är av betydelse*
- 3) *Hög komplexitet, många enheter och människor och material som ska förflyttas och samverka på olika sätt.*
- 4) *Beslut måste tas i en sekvens där besluten tagna av den egna parten och fiendens påverkar varandra hela tiden och där problemet ändras dynamiskt under hela problemlösningsperioden.*

Gary Klein presenterar 1989 en ny modell för hur militära beslut fattas, *The Recognition-Primed Decision model, RPD* (Klein, 1989, 1991). I denna modell beskrivs hur militära experter tar preliminära beslut för sitt agerande som bygger på igenkänning av tidigare erfarna mönster och hur detta intuitiva preliminära beslut både ger en snabbare och kvalitativt bättre lösning på ett problem än den mer formella strukturerade, logiska och analyserande metod som lärs ut vid militärhögskolorna. I en liknande studie av svenska officerare visade

Peter Thunholm (2003a) på samma sätt att ett primärt fokus på en intuitiv *bästa* lösning och förfining av denna ger snabbare och bättre resultat än den metod som rekommenderas inom officersutbildningen. När man studerar faktisk problemlösning i fält har man funnit att endast en av tio officerare använder skolboksmetoden och att 60 % eller fler använder en intuitiv mönsterigenkännande metod.

### Att träna beslutsfattande

I många verksamheter, sjukvård, flyg, brandförsvaret, skola, får noviser allt mindre tid för praktik för uppbyggnad av erfarenhet. För att kompensera denna förlust försöker man på många håll skapa en formell undervisning som kan ge och utveckla en förmåga till bedömning och tagande av beslut (Flin et al., 2007). För att lyckas med detta krävs forskning och studier av experters beslutsfattande i verkliga situationer; *naturalistic decision making*. I en intervjustudie av ögonkirurger identifierade Flin tre olika strategier för beslutstagande:

- *intuitiv mönsterigenkänning*
- *regelstyrd, logisk analys och jämförelse*
- *kreativt beslutsfattande*.

Vanligast av kategorierna var den intuitiva mönsterigenkännande metoden, som är den enda som svarar mot kravet snabbhet och kan användas där data är svaga eller störda av brus. Företrädesvis experter använder den här metoden. Noviser använder den regelstyrda analytiska metoden; symptom och tecken uppmärksammas och tidigare inlärd procedurer och regler används, ibland hämtade från manualer och textböcker. Mycket sällan sker en logisk analys av data och dessa erfarna kirurger verkar sällan kunna eller våga skapa nya lösningar till tidigare ej upplevda problem. De fel som en erfaren kirurg gör beror oftast på en felaktig situationsbedömning och inte för att en metod valts på felaktiga grunder (Flin et al., 2007)

Genom att använda RPD modellen och studier på amerikansk befälsföring i fält har Schmidt and Klein utvecklat en undervisningsmodell *The Recognition Planning Model* som nu implementeras i delar av det svenska försvaret. Denna modell för beslutsfattande studeras nu också som en modell för hur beslut tas inom sjukvården (Bond & Cooper, 2006).

## Att agera

Experters automation har i litteraturen kritiserats för att vara ett farligt beteende och jämförelser med oflexibla robotar eller maskiner är vanliga. Den form av automation som experter uppvisar är dock byggd på en uppövad förmåg att se, bedöma och att ta beslut och att till dessa förmågor lägga en automatisk reaktion, ett agerande. Det har mycket lite att göra med en robots, eller programverket i en tvättmaskins, inrutade schema av förutbestämda sekvenser. I stället består det av ett stort antal reaktioner på inlärd situationer eller kontexter, vad dessa betyder och hur de kan hanteras. De mönsterigenkännande systemen kan hantera en mycket större detaljrikedom, ger ett snabbare svar och kan initiera en automatisk respons. Det handlar inte om behaviorismens förenklade *reflex arc*, en direkt koppling mellan yttre stimuli och respons utan reaktionen bygger på en användning av ett bibliotek av beprövade erfarenheter som hela tiden kan utvidgas och förfinas. Exempel har tidigare visat på hur komplexa och tidskritiska situationer och uppgifter inte kan hanteras av vårt medvetna system utan förs över till ett mönster- och exempeligenkännande omedvetet dito.

## Behaviorismen och de implicita systemen

Det inses att de effekter som implicita minnen har på beteendet egentligen har varit kända länge, betingning och *priming* har varit kända fenomen i snart etthundra år och studerades av framför allt behavioristerna (Skinner, 1935). De radikala behaviouristerna, som Watson och Skinner undvek att ta hänsyn till tankar, känslor och motivation som faktorer som kunde påverka beteendet i sina experiment. Orsaken var att dessa faktorer inte kunde mätas på ett oberoende, neutralt och objektivt sätt. Ett annat argument var att stimuli-respons psykologin byggde på tanken om en direkt koppling mellan yttre stimuli och reaktion, *the reflex arc*. Enkla experiment där råttor och kycklingar lärde sig trycka på knappar förklarades nöjaktigt av denna enkla modell. När studierna utvidgades till människor blev det besvärligt att förklara de mycket mer komplicerade beteenden som människor uppvisar i exempelvis språklig och social interaktion. Skinner försökte ändå att beskriva språket som kedjor av enkla stimuli-respons händelser, men kritiserades hårt av t.ex. Noel Chomsky. (Bargh & Ferguson, 2000).

## Att agera under stress

Forskningen har visat att experter kan hantera externa störningar bättre, att de kan utöva sin primära verksamhet med hög kvalitet samtidigt som de utför andra medvetna kognitiva uppgifter. Detta har testats och visats stämma i ett stort antal studier, speciellt inom idrottsforskningen. Två förklaringsmodeller finns, dels en distraktionsteori: om agerandet

kräver medvetna kognitiva resurser och därmed plats i *working* memory så kan en distraherande uppgift konkurrera om dessa resurser och slutresultatet bli sämre. Den andra teorin bygger på att vi har två olika system för att agera, det ena är automatiserat och sköts av ett implicit system, det andra explicit och medvetet. Om vi försöker att medvetet ta över ett intränat och automatiserat beteende minskar vår förmåga, *explicit monitoring theory* (Markman et al., 2006). Catherine Wan och Gail Huon (2005) visade i en studie av försökspersoner som lärde sig spela piano att degraderingen av deras spelförmåga under stress berodde på att de försökte ta medveten kontroll av utförandet. Detta resultat motsäger distraktionsteorin och stödjer teorin om att vi har två olika system för att agera. Studier av basebollspelare, basketspelare, golfspelare (Beilock & Carr, 2002; Mullen et al., 2007; Nicholls et al., 2005), tennisspelare (Crognier & Fery, 2005), squashspelare och fotbollsspelare har alla visat att en förmåga som är väl inövad inte störs av yttre stimuli eller distraherande sekundära uppgifter, *a dual task* (Masters, 1992). Även inom mer kognitiv problemlösning som matematik har man påvisat dessa effekter hos experter (Beilock et al., 2004). I en studie av Laurie Swan et al. (2004) på äldre personer med balansproblem kunde man se samma effekt, förmågan att hålla balansen ökade när patienten fick en distraherande parallell kognitiv uppgift att utföra samtidigt. Alison Orell et al. (2007) visade att strokepatienter kunde tränas implicit och att de förbättrade sin reaktionstid under testerna på ett sätt som liknade kontrollgrupper. Om de sedan tränade implicit balans uppnådde de på ett liknande sätt en hög förmåga som inte stördes av distraktioner av olika slag (Orrell et al., 2006). När å andra sidan experterna fick i uppgift att koncentrera sig, fokusera på sitt eget agerande, till exempel observera vilken fot de dribblade med eller identifiera när golfbollen lämnade klubbladet försämrades deras prestationer.

Noviser uppvisar det motsatta beteendet, de störs av lätt yttre stimuli och parallella arbetsuppgifter men de kan till och med öka sin prestation om de uppmanas att koncentrera sig på vad och hur de gör.

Studier av idrottsmän har visat att experter uppvisar flera märkliga beteenden jämfört med en novis. De kan uppfatta och ta in mer extern information samtidigt som de utövar sin verksamhet, de har mindre medveten kunskap om det de själva håller på med och de kan i flera fall förbättra sin prestation då de samtidigt distraheras av yttre händelser. Om de medvetet fokuserar på sin utövning försämrades dock deras agerande. De har en förmåga att se, bedöma och förutsäga händelser och skeenden, *to skate to, where the puck is going to be*.

Även andra praktiker visar liknande beteenden, flera studier av erfarna lärare visar också den här typen av intuitiva, automatiska reaktioner på komplexa situationer.

Experter som inte har explicit kunskap om sin förmåga, till exempel hur de ska gå tillväga för att slå en golfputt är inte lika drabbade av stress och press som i sin tur minskar deras förmåga. En experimentell studie av Masters (1992) visade att golfspelare som tränade implicit och inte fick verbala förklaringar till hur de skulle agera, inte drabbades i lika hög grad av stress som de som fick en explicit, förklaring till sin träning. Orsaken antogs vara att för mycket kunskap gör att man vänder sig inåt och försöker ta explicit kontroll över ett agerande som görs bättre av det implicita systemet.

Att lära sig utföra komplicerade sekvenser och kombinationer av rörelser kan också vinna på att lärandet inte är explicit. I en studie av bordtennisspelare visades att inlärningsprocessen försämrades om eleven fick skriftliga instruktioner i samband med träningen (Poolton et al., 2006).

## Automation och simultankapacitet

Experter utvecklar automatik för att hantera ofta återkommande situationer. De har en förmåga att göra flera saker samtidigt, *a dual task capacity*. De har dessutom en förmåga att se, bedöma och ta kvalificerade beslut även under stor tidspress. De kan också hantera komplexa och invecklade situationer (Berliner, 1994b; Chi, 2006; De Groot, 1946; De Groot, 1965; Sternberg, 1998). Dessa förmågor har studerats av psykologer och hjärnforskare som både har gett nya insikter om de parallella minnessystemen i hjärnan och påverkat förståelsen av interaktionen mellan dem. Speciellt har man intresserat sig för experter och noviser inom olika sporter och idrotter, där den kognitiva kapaciteten ofta ställs på svåra prov. Vetskapen att vi kan agera medvetet, kontrollerat av våra deklarativa system eller agera omedvetet, kontrollerat av de implicita systemen har givit upphov till ett antal intressanta forskningsfrågor.

- Hur påverkar de olika systemen kvaliteten på en aktörs agerande?
- När lönar det sig att koncentrera sig på uppgiften?
- Vad menas med att uppleva *flow*, att vara i *the zone*?
- När uppstår konflikter och kognitiva flaskhalsar, *mental choking*?
- Hur påverkar stress, tidspress och övervakning prestationsförmågan?
- Vilken förmåga till introspektion har en expert?

## Idrottsutövning under explicit eller implicit kontroll

De flesta forskare är överens om att noviser inom olika sporter oftast inleder sin träning genom att lära sig regler, metoder och förhållningssätt på ett explicit sätt. Inom idrottens värld finns en utbredd tro på att man lär sig fortare och bättre om man vet varför man gör som man gör. Som tidigare nämnts är det inte alltid produktivt, speciellt inte träning inom en sport som utövas under pressande förhållanden. Efter att man har utövat sin aktivitet under en längre tid utvecklas automatiska procedurer. Kontrollen överförs till de implicita systemen och resurser frigörs till andra kognitiva uppgifter:

*Expertise leads to proceduralized control that does not require constant attention.*

*Resources are free to devote to secondary task demands* (Beilock et al., 2002; Swan et al., 2004).

Viktigt är att notera att det inte är de explicita reglerna och det medvetna deklarativa systemet som utnyttjas effektivare och snabbare som man länge trott. Automatiken beror på en parallell lärandeprocess i de implicita minnena som så småningom kan ta över.

Studier av hur människor lär sig hitta i en okänd virtuell stad visar tydligt på hur två separata lärande system är aktiva: det första systemet som bygger minnen är beroende av hippocampus, är explicit och deklarativt, *place learning*. Detta minne formar en kognitiv kartbild som är användbar för att man ska kunna planera för alternativa resvägar som man även kan redogöra för. Det andra systemet som är beroende av en aktivering av caudate, det vill säga implicit och icke deklarativt, *response learning*, kan bara användas för att följa en inlärdd rutt men är å andra sidan snabbt och effektivt och tar endast få resurser i anspråk (Hartley et al., 2003). De två inlärningssystemen kompletterar varandra och Brunyé och Taylor (2008) har visat att *place learning* eller som de kallar det *survey descriptions* snabbare ger en helhetsbild av ett område men att *response learning* eller med deras vokabulär *route descriptions* kräver mer träning, expertis.

När en procedur, som egentligen är en serie utprovade responser på inre och yttre stimuli, är inövad i ett implicit system så kommer de inövade momenten att hanteras snabbare, mer exakt och utan att medveten kontroll behöver avdelas för uppgiften. Innan detta har skett, när man fortfarande behöver agera under medveten explicit kontroll är man novis.

Vi har kanske själva upplevt denna *autopilot* som kan ta över till exempel när vi åker den gamla invanda vägen till jobbet. Alla stimuli som dyker upp efter vägen hanteras effektivt och automatiskt av vårt implicita system och vi kommer fram utan att ha något medvetet minne av resan. Trots att vi kan uppleva att vi inte har kontroll under färden så hanterar vi under en sådan färd uppdykande händelser med snabba bedömningar och relevanta beslut grundade på en beprövad erfarenhet, ofta bättre än vi skulle ha gjort under medveten kontroll, något som idrottsforskningen har visat (Kibebe, 2006).

I en studie av golfspelare har detta fenomen visats av Sian Beilock et al. (2004) på ett tydligt och spektakulärt sätt. Noviser och experter fick spela på en inomhusbana med enbart slag inom puttavstånd. Spelarna distraherades av en parallell kognitiv uppgift och kvaliteten på deras spel registrerades. Noviserna stördes tydligt av distraktionen medan experterna behöll kvaliteten på sina slag. Experterna hade tack vare att deras golfspel i stor utsträckning styrdes av de implicita systemen kapacitet i det explicita systemet att hantera distraktionen. När spelarna då och då under spelet intervjuades visade det sig att noviserna kunde redogöra för sitt spel mycket mer tydligt än experterna, ytterligare ett bevis på att de senare var under implicit kontroll under spelet. Genom att förse spelarna med en felaktigt preparerad klubba tvingades experterna koncentrera sig på slagen på ett medvetet sätt och deras förmåga att hantera parallella uppgifter försvann. Experterna fick nu medvetna, deklarativa minnen av sitt spel.

Experter tappar sin förmåga om de tvingas att koncentrera sig medvetet på sitt spel. När golfspelare uppmanas att observera när bollen lämnar klubban försämras deras förmåga, de använder nu inte längre sina implicita system för aktiviteten. Samma effekt har visats för basebollspelare, fotbollsspelare och andra som har uppmanats att fokusera på någon del av aktiviteten, vilken fot de använder eller liknande. En fokusering på någonting externt (Wulf & Prinz, 2001), exempelvis hur det känns att ta emot guldmedaljen eller att landa i höjdhoppsgropen är inte negativt för prestationen på samma sätt, det är när man använder det explicita systemet för att ta kontroll över agerandet som prestationen blir sämre. Det är troligen detta som gör att ett intränat agerande där man inte fått lära sig vad som händer eller varför man gör som man gör inte heller störs på samma sätt av press och felaktig fokusering. Om man inte medvetet vet hur man ska göra så minskar risken att man försöker ta medveten kontroll (Poolton et al., 2006). För en novis är situationen helt annorlunda, då få eller inga

implicita minnen har skapats och ingen automatik utvecklats så kan en uppmaning om att fokusera, tänka på vad man gör, öka prestationsförmågan och kvaliteten.

Det explicita systemet har flera begränsningar, storleken på *working memory* är ett sådant som gör det svårt att analysera en komplicerad situation, att bedöma och göra val.

Tidsåtgången för medveten analys och beslut är en annan. Båda dessa problem bidrar till att aktörer drabbas av *mental choking*. Det är bara det implicita systemet som har kapacitet att fungera i komplexa situationer och under tidspress. Om aktören upplever stress i form av prestationskrav, bedömningsstress och liknande sker ofta en övergång till ett medvetet explicit agerande som ger upphov till de sammanbrott och minskad prestationsförmåga vi ibland ser i samband med stora tävlingar.

Kanske är motsatsen till *mental choking* det som Mihály Csíkszentmihályi (Csíkszentmihályi, 1990; Csíkszentmihályi & Csíkszentmihályi, 1975; 2006) beskriver som *flow*, ett tillstånd där ens förmåga exakt motsvarar de krav som ställs i en specifik situation. Georg Klein skriver i förordet till *Flow, den optimala upplevelsens psykologi* (1990 s. 10) :

*Vi får eller väljer en uppgift som verkar krävande men meningsfull. Den känns som en utmaning men vi litar på vår förmåga att klara den. Vi engagerar oss i den, vårt självförtroende växer. Plötsligt eller gradvis ändras hela vårt medvetande. Vi når ett tillstånd av absolut koncentration, där vi utesluter alla störande moment som om ingenting annat existerade. Vårt sinne för tiden försvinner och vi fylls av en sällsam eufori. Denna lyckokänsla, den inifrån kommande belöningen, känns mera äkta än andras beröm och belöningar.*

Det finns flera saker som talar för att Flow skulle kunna vara ett tillstånd där en krävande uppgift styrs av det implicita systemet, vårt medvetande blir ledigt att betrakta oss själva och vår enastående förmåga att se, bedöma och ta goda beslut utan ansträngning. Inom idrottsforskning talar man sedan 1990 talet om *Flow* som ett nödvändigt tillstånd för att prestera på toppen av sin förmåga och man talar om att vara *in the zone* (Lewis, 1999; Marr, 2001; Young & Pain, 1999). Anekdotiska uttalanden av idrottsmän, som till exempel Susanna Kallurs beskrivning av vad hon upplevde under EM-guldloppet 2007: *Jag har inga som helst minnen av loppet* tyder på att de när de är *in the zone* styrs av sina implicita system på samma sätt som golfspelarna i den tidigare refererade studien (Beilock et al., 2002).



## Sammanfattning, syntes och slutsatser

Dessa resultat stöder psykologernas modell av två skilda kognitiva system. Ett medvetet system som kompletteras av ett omedvetet, implicit system, som sakta byggs vartefter individen får erfarenhet. När detta är fullt utvecklat kan det ta över exekverandet av uppgiften och kvaliteten och snabbheten på bedömningar och beslut kan öka. Expertens medvetna kognitiva system blir ledigt och kan utföra parallella uppgifter utan att huvudaktiviteten störs.

De många studierna av noviser och experter i olika situationer visar tydligt att vi använder två kvalitativt olika sätt att se, bedöma, ta beslut och agera. Ett explicit, regelföljande och analytiskt system som bygger på deklarativa minnen och som är medvetet, logiskt och rationellt. Enligt Kahneman är det ändå inte detta system som styr oss i vardagen. Det är för begränsat, långsamt och kan inte hantera ofullständig information. I stället styrs vi av ett implicit, ickedeklarativt minnessystem som implementeras av flera olika strukturer i den gamla men snabba hjärnan. Speciellt studierna av människor i dynamiska och komplexa miljöer som krigsskådeplatser, bränder och kirurgisalar visar att tidspress och ofullständiga indata omöjliggör analytiska beslutsprocesser och flyttar aktivitet till detta implicita system. De studier som Kroksmark, Berliner (2001) med flera har gjort på intuitiva lärare visar också att den här förändringen mot intuitiva beslutsprocesser sker även i andra miljöer. Studien på röntgenoperatörerna på en flygplats (Smith et al., 2005) visar att övergången till mönsterigenkänning är en automatisk process, vi väljer inte om vi ska vara analytiska eller inte utan situationens svårighetsgrad och vår egen tidigare erfarenhet bestämmer vad som händer. Klein (2004) visar att officerare, trots en lång utbildning i rationell analys och beslutsfattande, övergår till ett intuitivt arbetssätt i fält. Intressant är att även när vi använder en analytisk metod så sker urvalet av alternativ som ska analyseras intuitivt. Ofta känner vi på oss vilket vårt förstahandsval ska vara. Detta betyder att hypotesgenerering inte är en logisk process utan just en intuitiv dito. För att bli duktig på hypotesgenerering krävs erfarenhet av verkliga situationer. Studierna av läkares och sjuksköterskors *clinical reasoning* pekar just på detta; intuitivt ställer läkaren en primär diagnos grundad på igenkänning av tidigare upplevda patienter (Norman, 2005). Denna primära diagnos styr sedan vilka prover som ska tas. Detta förklarar det paradoxala i att äldre läkare trots en tillbakagång i formella kunskaper levererar signifikant bättre diagnoser än yngre dito. Mina Repertory Gridstudier visar att intervjumetoden lyfter lärares icke formella bedömningskriterier, deras ibland tysta och dolda kunskap, och att det tycks finnas en novis-expertutveckling som medger användandet av

mjuka kriterier som kreativitet. Även om Repertory Grid studier inte kan locka fram alla bedömningskriterier hos en expert så är det ändå ett sätt att formulera vissa av dem i ord och göra det möjligt att reflektera över dem och kommunicera dem till andra.

Simons och andra psykologer har riktat kritik mot de metoder som använts för att påvisa implicit lärande och separata implicita minnen. Det är först under senare år, när hjärnforskare påvisat parallella strukturer för perception som de implicita systemen har börjat nämnas i teoribakgrunder och modellbyggen. Simons egen forskning kring Change blindness skulle tillföras ett nytt perspektiv om man använde en modell med två perceptionssystem, som den dorsala och den ventrala signalvägen från ögonen antyder finns: Ett traditionellt system i det tidigare kända syncentrum som får exakt och detaljerad information men bara i ett smalt område kring centrum för fokus. Om det är inriktat på att följa en boll som rör sig mellan vitklädda spelare kan det lätt undvika att lägga märke till en svart *gorilla* som går genom rummet. Det andra, dorsala, till implicita minnen kopplade synsystemet har ett vidare synfält, sämre upplösning men bygger på igenkänning av tidigare lagrade mönster. Med den här modellen får resultat som såväl Simons (Simons & Chabris, 1999; Simons & Rensink, 2005) som Werner & Thies (2000) erhållit. Nämligen att personer med erfarenhet av en viss verksamhet, t.ex. fotboll inte drabbas av change blindness. Deras implicita system upptäcker mönster som finns lagrade, även när uppmärksamheten är riktad åt ett annat håll. *Blindsight* och *Contextual cuing* är andra fenomen som kan och i viss mån belyses ur ett dual system perspektiv.

Även om inte alla forskare som studerar *Change blindness*, *Motion induced blindness*, *Blindsight*, *Contextual cuing*, *Chunking* och liknande fenomen använder implicita minnen i sina förklarings modeller tycker jag mig se starka samband och argument för att göra så. Mitt syfte med det här arbetet är att att belysa didaktisk verksamhet och utbildningsvetenskapliga frågor.

## 8 Diskussion och implikationer

### En modell för förtrogenhetskunskap

Den slutsats jag drar av kapitel sex och sju är att psykologernas modell av två kvalitativt skilda kognitiva system, det explicita och implicita väl stöds av neurofysiologins beskrivningar av de deklarerbara och icke deklarerbara delarna av hjärnan. Den kritik som forskarna kring implicit lärande tidigare fått utstå om bristande metoder och svaga bevis kan nu bemötas med att det finns specifika strukturer i hjärnan som har beteenden och funktioner som förklarar de psykologiska experimentens resultat.

Det jag i fortsättningen kallar ”min modell” är resultatet av en syntes av vad andra forskare inom många olika forskningsfält har kommit fram till och jag har ingen ambition att kunna tillföra något nytt till deras respektive forskningsfält. Mitt syfte är att befrukta didaktiken och teknikvetenskapen samt i viss mån metoder som används i forskning om utbildning och lärande.

*En människas förmåga att observera, att se, förbättras och förfinas av det hon tidigare har upplevt. Detta är en automatisk process som utnyttjar sensoriska mönster lagrade i de implicita minnessystemen.*

Det viktigaste resultatet från den här avhandlingen är den utvidgning av kunskapsbegreppet som införandet av en tvåsystemsmodell med ett explicit och ett implicit lär- och minnessystem bidrar med. Platon definierade kunskap som ”*justified true belief*”, det vill säga att kunskap är medveten, sann och rationell. Descartes snävade ytterligare in kunskapsbegreppet genom att skilja kropp från tanke (Damasio, 1996). Men detta kunskapsbegrepp kommer bara att kunna beskriva en liten del av människans lärande och kunnande. Ryle (1949) tydliggjorde skillnaden mellan den rationella kunskapen om det vi kan uttala oss om, ”*to know that*” och det kunnande vi inte kan verbalisera, ”*know how*”. Då detta senare kunnande inte kan inordnas under begreppet sann kunskap blir man hänvisad till att använda mångtydiga och otydliga begrepp som praktisk kunskap, emotionell kunskap, handens kunskap, tyst kunskap, förtrogenhetskunskap eller använda känslolänkade termer som magkänsla och intuition för att förklara och beskriva människors beteende. Om vi inte vet mer om vad som står bakom de förändringar i beteende som lång erfarenhet i en praktik ger, kommer den kunskapen heller inte att tillmätas så stor vikt.

Modern neurokognitiv forskning har visat att de implicita systemen styr och leder oss mer än man tidigare insett (Bargh & Chartrand, 1999). De verkar också kunna förklara många av de förmågor och beteenden man har identifierat hos experter (Björklund, 2007). Då de implicita systemen lagrar data om upplevda händelser och erfarenheter är dessa att betrakta som kunskap. Jag vill därmed hävda att en utvidgning av kunskapsbegreppet är på sin plats.

Vi får med insikten om två inlärnings- och minnessystem, det explicita och det implicita, möjlighet att bättre förstå kunskapsaspekter som fakta, förståelse, färdighet och förtrogenhet. Inte minst utvecklandet av förtrogenhetskunskap kan nu förstås som en uppbyggnad av implicita minnesmönster, som gör oss kompetenta och professionella i vår praktik.

Med denna tvåsystemmodell får vi nya och mer användbara sätt att både beskriva och förstå människors sätt att se, tolka, bedöma och handla i världen. Den uppdelning mellan teori och praktik som varit vanlig i didaktiska diskussioner blir inte så intressant då såväl teoretiskt som praktiskt problemlösande sker med hjälp av båda inlärningsystemen. Detta ger mig anledning att diskutera och peka på ett antal didaktiska och forskningsrelaterade implikationer.

## Tidigare forskning om tyst kunskap i ny belysning

### Tacit knowledge enligt Polanyi

Med stöd av resultaten i kapitel sex och sju står det alltmer tydligt att det Polanyi refererar till när han beskriver *tacit knowledge* och *tacit knowing* är det som under den senare delen av 1900-talet kom att kallas implicit lärande. Flera av de psykologiska experiment som han refererar till är sådana som senare har förklarats av *dual systems*-modellen och hjärnforskningens beskrivning av icke deklarerbara minnessystem. Den kunskap som byggs upp på detta sätt blir omedveten och oåtkomlig för individen själv, den yttrar sig bara i hur man upplever världen och dess fenomen och leder till att *We know more than we can tell*. Polanyi själv ansåg att vi genom att använda vår förmåga till jämförelse och igenkänning kan lyfta upp denna kunskap till ytan även om den aldrig funnits i verbaliserbar form. Även detta är en beskrivning av implicita minnen och deras funktion att kunna reagera på familjelikheter, *familiarity*, med tidigare lagrade mönster. Den debatt som förts mellan Bo Göranson och

Bertil Rolf om beskaffenheten av och möjligheten att verbalisera tyst kunskap kan ur mitt perspektiv avslutas.

I sammanhanget kan mina resultat som jag ser det även ge några implikationer för tolkningen av den filosof, Wittgenstein, som Göranson bygger sin argumentation på. Uttalanden om familjelikhet, att saker står fast, att människor inte följer regler och den utveckling kring språkspel som uttalats av den senare Wittgenstein får med denna kognitiva modell både stöd och en förklaring. En utveckling som kanske inte var helt väntad då pragmatiker och kognitivisterna lever i skilda diskurser.

Liedman talar om tystnad kunskap som en gång varit medveten men glömts bort. Men beskrivningen har brister när den ska förklara varför den tystnade kunskapen har andra kvaliteter än den medvetna och den kan inte förklara hur viss kunskap lärs in omedvetet. Den förklarar heller inte hur individer efter skador och sjukdomar i hjärnan återgår till att använda den medvetna kunskapen. Liedmans beskrivning av den outtalade tysta kunskapen däremot, är direkt kompatibel med en modell med implicita och explicita minnessystem.

### Utveckling av expertis enligt Dreyfus

Bröderna Dreyfus' modell för utveckling av expertis får med min modell en neurofysiologisk förklaring. Novisen använder regler och metoder, lagrade i de explicita, deklarativa minnessystemen som med tiden utökas och kompletteras varefter implicita somatiska minnen byggs upp av specifika erfarenheter. Expertens överlägsna förmåga att känna igen mönster, *holistic pattern recognition*, deras vana att göra automatiska bedömningar och att agera intuitivt kan förklaras med de funktioner och egenskaper som bland annat de basala ganglierna har. Behovet av återkoppling är nödvändig för att skapa starka implicita minnen. Den långa tid som krävs för att utveckla expertis och kravet på en stor variation av erfarenheter under lärprocessen är ytterligare faktorer som pekar på att det är de implicita systemen som sakta tar över och ger experten nya förmågor och egenskaper.

Bengt Molander (1996) kritiserar bröderna Dreyfus för att deras expert lämnar sin tid av lärande och reflekterande, inte visar kunskap i handling. Experten reagerar bara automatiskt och intuitivt och utan tanke. Det är en allvarlig kritik mot novis-expert modellen och Molander har rätt med utgångspunkt från bröderna Dreyfus egna texter och teoribyggen. Jag menar dock att de implicita systemen har byggt sitt kunskapsinnehåll på ett i varje situation uppfattat utfall, de är omedvetet beprövade. Det är multimodala komplexa mönster som är förknippade med upprepade misslyckanden eller succéer som lagras och som tar över när

deras insamlade information om världen verkar räcka för att lösa ett problem eller en del av ett problem. I många fall leder dessa intuitiva processer till att praktikern får kognitiva resurser lediga för reflektion, till och med *in action*, något som inte skulle vara möjligt om varje observation, analys, beslut och agerande skulle vara ett resultat av en medveten process.

## Beprövad erfarenhet

Inom sjuk och hälsovård förs återigen en debatt om rationalitet och vetenskap, vikten av *evidence based knowledge*, versus användandet av beprövad erfarenhet. Beskrivningen av implicita system som bygger på individens egna erfarenheter och som verkar vara orsaken till intuition och omedveten expertis kommer att vara intressant vid utformning av utbildning och certifiering av sjukvårdspersonal. Det faktum att handledare för sjuksköterskeutbildningar nu går i pension eller av andra skäl ersätts med mer akademiskt kompetenta personer blir i detta perspektiv problematiskt. Den erfarna sköterskan kan, precis som Patricia Benner en gång visade, se, bedöma och agera på symptom och kombinationer av detaljer som man ännu inte känner till inom läkarvetenskapen. Hon är en mästare i den klassiska betydelsen och kan föra denna dolda kunskap vidare till sina lärjungar. Diskussionen förs inom många andra professions- och yrkesutbildningar om praktiken bara är ett tillfälle att tillämpa sina teoretiska kunskaper eller om det också är ett lärtillfälle för sådant som ännu inte finns eller inte kan beskrivas i en lärobok.

Inom lärarutbildningen betonas vikten av beprövad erfarenhet, men tolkningen av ordet beprövad varierar, ibland menar man vetenskapligt prövad. Stora resurser läggs ned på att få studenten att reflektera över sina erfarenheter under den verksamhetsförlagda utbildningen. Ofta examineras detta i form av uppsatser och reflektionsdokument. Men, en lärarstudent har ännu inte ens nått novis-stadiet om man använder Dreyfus stadiemodell, de har ännu inte fått vara med om upplevelser som gör det möjligt för dem att identifiera viktiga situationer och fenomen. Inte ens med videoteknik kan de alltid urskilja de *critical incidences* som skulle vara föremål för reflektionen. En videoupptagning som ska användas för att få studenten att reflektera i efterhand, *stimulated recall*, bör dessutom vara gjord utifrån studentens eget perspektiv, kameran riktad så att hon kan återuppleva den situation hon stod inför. Handledare och mentorer har i reflektionsövningarna en mycket viktig roll. Med sin förmåga att se kan de uppmärksamma studenten på vad som egentligen händer i klassrummet. De behöver inte alltid kunna specificera vad, vilka detaljer som är viktigast att iaktta. Det kan räcka att de som mästaren till sin lärjunge/studenten påpekar:

-Nu fungerar det, nu har du med dig klassen eller -Nu händer något, nu skulle du ha agerat!

Möjligheten att lära ut en förmåga att se och bedöma återfinns hos erfarna lärare i alla skolans ämnen. Inte bara slöjd- och bildläraren kan ge den här typen av återkoppling utan även språkläraren och kemiläraren. Kuhn påpekar, med en referens till Polanyi, att en stor del av en forskares kunskap är tyst och bygger på konkreta exempel (Molander, 1996 s. 35).

Under kemilaborationen kan en lärare påpeka: -Nu är reaktionen snart över! Även utan att exakt kunna specificera vad han menar med en svart fällning, hur stark rökutvecklingen eller storleken på bubblorna i provröret skall vara kan den implicita kunskapen föras vidare till en elev. Charles Goodwin gav idén till detta exempel (Goodwin, 1993). Ett i sammanhanget utvecklat fackspråk kan precis som hos vinkännare underlätta kommunikationen, men det är svårt för en novis att veta hur ordet svart ska tolkas utan att fått erfara att det kemisten egentligen menar med svart inte bara är färg utan även inkluderar konsistens, glans och andra kvaliteter. Det är en av de implicita systemens egenskaper att kunna hantera komplex, multimodal information.

Det är inte bara i bedömningen av konstnärens och slöjdarens artefakter eller naturvetarens experimentresultat som den här bedömningsförmågan ökar en individs expertis. Den påverkar också vår förmåga att bedöma och förstå andra människor, att skapa mening.

Inom utbildningsforskningen återuppmärksammas en modell för att beskriva en lärares yrkeskunskaper, *The Pedagogical Content Knowledge*, se till exempel Loughran et al (2006). Till denna modell måste läggas en förmåga att se, bedöma och att interagera med sina elever något som Pernilla Nilsson (2008) beskriver i en studie av lärarstudenter. Hon visar att studenterna kan reflektera men på ett ganska ytligt plan. Expertens överlägsna didaktiska förtrogenhet byggs upp av erfarenhetsbaserad kunskap av upplevda situationer, lagrade i de implicita systemen. Den processen tar tid, kanske fem till tio år som David Berliner påstår.

När kunskap diskuteras i litteraturen, av kända författare som Ingrid Carlgren, Tore Nordenstam, Kjell S. Johannessen, Bengt Molander med flera har den beskrivits på många sätt. Alla författare är noga med att betona att det inte är olika slags kunskap, utan aspekter eller olika sätt att betrakta kunskap. Modellen med två kognitiva system visar att kunskapsaspekterna faktiskt också motsvaras av olika specifika strukturer i hjärnan, strukturer med olika egenskaper när det gäller hur lärandet går till, dess kvalitet, robusthet med mera.

Med en insikt om detta bör man kunna skapa lärandemiljöer som aktiverar båda dessa system. Den gamla dikotomin mellan teori och praktik bör lämnas och man bör stället föra en diskussion om vad man bör lära in i de implicita systemen. Vilka för- och nackdelar har det att färdigheter, förmågor och förtrogenhet blir automatiserade och icke reflekterade. När ska färdigheter verbaliseras? I vilken ordning ska lärandet ske?

I nästa stycke försöker jag visa vilka didaktiska implikationer jag ser för undervisning i allmänhet och i ämnen som är inriktade mot elevers problemlösande, skapande och kreativa utveckling, som Teknik, i synnerhet.

## Didaktisk diskussion och implikationer

### Minnen av kontext och situation

De implicita minnena bygger helt på kontext och situation. De är en utfallsstyrd, somatiskt märkt, representation av sammanhanget så som den upplevs av våra sinnen. För att bygga upp den här typen av kunskap behöver vi få konkreta möten med verkligheten; demonstrationer, laborationer, fältstudier och studiebesök. Vi behöver se, känna, lukta, höra, smaka och uppleva med våra sinnen. Denna datainhämtning är svår, för att inte säga omöjlig att ersätta med t.ex. litteraturstudier. Däremot kan en berättelse, ett narrativ, bidra till uppbyggandet av implicita minnen, men kräver förmodligen då att berättelsen kan aktivera tidigare upplevda situationer och inlärdas sinnesmönster. Kollegor och arbetskamrater kan i sina samtal överföra den här typen av tyst kunnande. Dialogseminarier (Göranzon et al., 2006) är en sådan form av kommunikation som skulle kunna utveckla lärares kompetens och befrämja ett implicit lärande.

### Det utsagda och självklara

Individen upplever inte att den äger implicit kunskap. Igenkänningen och användandet av den somatiska markören sker omedvetet och automatiskt och man förnimmer bara en känsla av att man vet, att man känner igen sig. Det ter sig som självklart vad man betraktar, hur det ska bedömas samt vad man ska göra. Skillnaden mot när vi använder explicit kunskap är att vi då är medvetna om att det vi upplever är ett resultat av en tankeprocess, en analys, vi kan reflektera över den. Den implicita verklighetsuppfattningen är direkt och omedveten.

I de flesta av vardagens sysslor är vi i denna mening experter och använder våra implicita minnen och erfarenheter, vi tänker inte medvetet när vi går, springer, talar och kommunicerar, vi bara uppfattar hur något är och gör det som behöver göras (Dreyfus & Dreyfus, 1986).



Samma sak gäller experter inom olika professioner och verksamheter. Efter lång tids erfarenhet i fältet och speciellt om beslutsunderlaget är komplext och situationen är pressad, till exempel av tidsbrist, övergår individen till att se, bedöma, ta beslut och agera mer eller mindre automatiskt med stöd av sina implicita minnen. Det här gör den erfarna läraren omedvetet kompetent och som studier har visat kan en expert ha problem med att bedöma vad andra, såväl experter som noviser, tycker är svårt. Vi har säkert sett dessa experter med hög hastighet räkna ett komplicerat problem på svarta tavlan. Inte i något steg upplever han själv att det finns några svårigheter att ta sig vidare i processen, han behöver inte ta några val, han gör bara det som ska göras. Kemiläraren i den laborationssituation som tidigare har beskrivits kan inte förstå varför inte eleven ser samma sak som han själv gör. Slöjdlärarinnan som visar hur hårt tråden ska spännas för att stickningen ska bli bra inser inte att eleven inte känner samma sak som hon själv. Alla är de, tack vare sina lagrade mönster, experter och ser, hör och känner saker novisen ännu inte kan.

Som tidigare nämnts är den här förmågan inte resultatet av en medveten analys utan en igenkänningsprocess.

## Problemlösningsförmåga

För att utveckla en förmåga att identifiera och lösa problem eller att inhämta ett begrepp inom en kunskapsdomän behöver den lärande få uppleva en rik variation av upplevelser, uppgifter och problem. Det är antalet, spridningen och urvalet av dessa specifika exempel som gör det möjligt att senare se och identifiera andra problem och därmed få en länk till deras lösningsmetoder (Gilhooly, 1990). Ference Martons variationsteori betonar starkt variationens roll (Marton, 2006; Marton & Tsui, 2004) men den implicita inlärningsmodellen förtydligar att det är de specifika exemplen i sig själva som tillsammans ger *förståelsen* av problemet, ger begreppet. I ett semiotiskt perspektiv förstås ett begrepp aldrig som en abstrakt enhet utan det byggs upp av ett stort antal exempel och delfenomen som är kopplade till begreppet (Lemke, 1999). Lemke menar att studenter behöver lära sig om varje specifik och enskild aspekt av energi, hur man mäter och talar om energi i olika sammanhang, hur man ritat diagram och ställer upp ekvationer för energisystem. De behöver lära sig att förflytta sig mellan olika representationsformer: verbala, matematiska och visuella och på detta sätt långsamt erövra begreppet. Den mönsterigenkännande funktionen hos de implicita minnena fungerar precis så, de blir mallar och associationsmönster för igenkänning och länkar till

förståelse och lösning. Resultaten inom hjärnforskningen som påvisar aktivering av mer explicita minnen med utgångspunkt från de implicita systemen ger anledning att tro att dessa mönster dels kan ge oss direkta lösningar, dels kan fokusera och aktivera mer explicita kunskaper som hjälper oss att med medvetna metoder tänka, förstå och lösa problem.

Skillnader i experters och novisers sätt att lösa problem kan på detta sätt förklaras av att expertens större implicita kunskapsbas gör det möjligt att lättare *känna igen* problemformuleringar och beskrivningar och därmed få en aktivering och minne av tidigare upplevda problem och lösningar till dessa. Som Gilhooly (1990) skriver:

*- the expert has seen it all before.*

Den tidiga expertforskningen fann att expertens kunskap inte bara var större utan djupare och bättre organiserad, strukturerad och att det var en orsak till expertisen. I en studie av noviser och experter som kategoriserade fysikproblem menade Chi och Simon (1981) att experter organiserar sin kunskap i abstrakta begrepp till skillnad från noviser som karakteriserar problem efter mer ytliga detaljer i problemformuleringarna. Experterna var två fysiklärare och forskarna fann att dessa kategoriserade problem efter olika begrepp: energi, rörelselagar, termodynamik med mera. Men fysiklärarnas praktik, där deras expertis hade utvecklats, handlar om att prata om dessa begrepp och de använder specifika fysikproblem för att exemplifiera begreppen. Det behöver alltså inte handla om någon abstrakt kunskap utan just om en stor databas av specifika exempel. I en senare studie av Gobet och Simon (1996) där de studerade stormästare i schack drar Simon slutsatsen att dessa experter använder sitt långtidsminne av tidigare spelade partier för att minnas bättre. Simon har tidigare uppskattat att en stormästare har minnen av upp till 50000 partier i sitt långtidsminne. Stormästaren lägger inte den aktuella spelställningen på minnet utan han *känner igen* en ställning han en gång upplevt. Den skotske stormästaren i schack, Jonatan Rowson, förklarar i ett samtal med mig att vi kommer att få fler och yngre stormästare, tack vare schackdatorer och internet, som gör det möjligt att få den mängd, den variation och den bredd i upplevelser som behövs för att uppnå expertstatus mycket snabbare och effektivare idag än tidigare då man var tvungen att resa världen runt på schackturneringar.

## Hur skapas implicita minnen

Är då vägen till expertis alltid så lång och arbetsam? Måste det ta tio år som många forskare menar? Tiden för att skapa en effektiv mönsterdatabas är kopplad till dels hur komplex problemrymden är, i schack tar det tid att bli utsatt för alla viktiga situationer, dels hur bra återkoppling man får och vilket engagemang man har för uppgifterna. Det måste kännas, man måste ta ett personligt ansvar för utgången, skriver Hubert Dreyfus, annars sker ingen utveckling mot expertis. Med dagens forskning kring implicita minnen kan vi förstå vikten av att vara engagerad och motiverad i sin praktik. Här blir den kompetente praktikerns engagemang inte ett resultat av lång erfarenhet utan det är engagemanget som skapar nya implicita minnen och expertis.

Att söka nya erfarenheter genom att gissa och pröva är mentalt arbetsamt, måste man då som novis alltid använda sig av detta baklänges resonerande? Frågan är viktig inte bara i teknik och andra estetiska ämnen. I de naturvetenskapliga ämnena används idag en hypotesprövande laborationsmetod, *inquiry based learning*, som just består av ett hypotesgenererande steg följt av verifiering eller falsifiering av detsamma. Måste elever utsättas för den press det innebär att gissa intelligent om något de inte kan något om? I kapitel fyra beskrevs den kritik mot skolans sätt att betona inlärandet av metoder som finns i litteraturen. Undervisningsmaterial som NTA-projektet, Naturvetenskap och Teknik för Alla, bygger på en förmodad metod att skapa kunskap, den naturvetenskapliga metoden.

Sweller med flera (1985) visade att elever inte behöver lösa alla uppgifter själva. De fann att om undervisningen innehöll för mycket av individuell problemlösning så minskade inläringseffekterna. Orsaken menade de var att vid problemlösning går mycket kognitiva resurser åt till att söka lösningsmetoder, det som i kapitel fem beskrevs som *backward reasoning*. Genom att i stället tillsammans med läraren studera exempel på lösningar inriktas elevens fokus på att följa med i instruktörens *forward reasoning* vilket snabbare och med mindre arbete bygger upp en problemlösningsförmåga. Swellers studie blir ett empiriskt stöd för att undervisning kan bestå av fler demonstrationer och genomgångar av lösta exempel, och att problemrelaterade mönster kan skapas till en lägre mental kostnad.

Individen kan på egen hand förändra sin problemlösande strategi, och medvetet försöka samla erfarenheter, uppleva, imitera, kopiera samt lära av andra vilket ger som resultat en stor bank av implicita mönster som man sedan kan använda för att *känna igen* problem och på detta sätt få uppslag och idéer. Det har visats av Lois Hetland (2007) i en studie av lärare i ämnet *Art*

att detta är ett av de förhållningssätt i det skapande arbetet, *A Studio Habit of Mind*, som lärarna ansåg viktiga att få sina elever att ta till sig. Det är dessutom ett av de processkriterier som verkar leda till en utveckling av kreativitet enligt Lars Lindström (2002). Implicita minnen byggs i denna process och de hjälper oss att känna igen problem och deras lösning så därför kan Lindströms kriterium användas i andra skapande, problemlösande ämnen som t.ex. Teknik.

Implicita minnen är kopplade med händelser till agerande och *action*, de är inte stillbilder av en situation utan kan vara en sekvens eller en relation av förändringar. De kan sägas lagra funktion och beteende. Den modell för att beskriva artefakter som presenterats i kapitel fem, *Structure-Behaviour-Function*, ger anledning att tro att man i undervisning i skapande ämnen behöver arbeta mycket praktiskt med komponenterna och materialen för att bygga upp implicita mönster. I dessa mönster är *beteendet* hos en viss struktur, att ett kardborreband fäster, att ett motstånd dämpar elektrisk ström, att blankpolerad metall reflekterar, att en vaxad yta stoppar vatten, viktigt. Ett mönsterbibliotek behöver byggas upp som kan användas för att i en problemsituation känna igen ett beteende som löser problemet. Det här är i och för sig inget nytt, undervisning i estetiska ämnen har alltid gått till på detta sätt men har inte haft något teoretiskt stöd i litteraturen. Gamla tiders styrdokument, där den här typen av kunskap uppmärksammades borde kanske inte kritiseras så hårt.

## Förtrogenhet som färdighet att se och urskilja

Implicita minnen är till för att individen ska känna igen situationer där något viktigt har inträffat tidigare i livet. Det kan vara farofyllda ögonblick där vi skadats fysiskt eller psykiskt men också positiva stunder förknippade med välbefinnande och belöning. I de fall återkopplingen, utfallet eller resultatet av en situation kommer i nära anslutning i tiden sker en implicit lagring av sinnesinformation. Mycket av social interaktion ger på detta sätt direkt återkoppling vilket leder till att vi lär oss agera med andra människor och skapa relationer. Återkopplingen fungerar ofta så bra att vi bygger upp automatiska responser och kan till och med föra en omedveten kommunikation med en annan individ (Lieberman, 2000). Det här har konsekvenser för hur vi beforskar speciellt experters praktik, något jag återkommer till.

Motorisk träning, övningar att hålla balansen, att idrotta, spela golf, spela fiol, hoppa och springa ger en direkt återkoppling, positiv eller negativ och skapar implicita minnen och så småningom expertis.

Vi både skapar och använder den här typen av kunskap utan att vara medvetna om densamma. Ett exempel på en fördjupande analys som görs möjlig av ett implicit lärande perspektiv är något som ibland ansetts vara pseudovetenskap och humbug: Vissa människors påstådda förmåga att hitta vatten, de som kan hantera en slagruta.

Slagrutegångaren kan möjligen uppöva en implicit förmåga att känna igen mönster i växtlighet och geologi, mönster som har kopplats till förekomst av vatten vid tidigare försök. Han behöver inte veta vilka växter eller vilka detaljer i geologin som är avgörande för analysen utan behöver bara *känna igen* mönster som tidigare har givit ett speciellt utfall. Det kan vara ett multimodalt mönster, dofter, knastrande ljud från fotstegen, skuggor och ljusförhållanden. Eftersom de implicita systemen kan finna statistiska samband som är mycket svaga så kan de räcka för att öka personens förmåga att hitta vatten. Utan kunskap om vilka faktorer som egentligen är betydelsefulla är det svårt att uppnå samma träffsäkerhet med en medveten analys. Många brunnborrningsföretag använder ännu i dag känsliga experter med slagrutor för att avgöra var man ska börja borra.

Inom mättekniken används sedan ett tiotal år en motsvarighet till det implicita systemets igenkänningsmetod för att mäta komplicerade fenomen. Ett antal givare med olika men inte exakt kända egenskaper kan med hjälp av en lämpligt programmerad dator lära sig att känna igen en situation, en kontext. Programmet simulerar ett neuralt nätverk, en teoretisk modell av hjärnans minnesfunktion, och systemet kan lära sig känna igen bilder, ljud, dofter och smaker. Exempel på användning är att ge larm när säd möglar, tumörer syns på en röntgenbild, jämföra smak på viner och mycket annat. Man gör ingen detaljerad analys eller identifikation av ingående komponenter utan läser av sensorer och lär systemet att känna igen vissa mönster i dessa data. En alldeles nyligen presenterad mätapparat, en syntetisk amygdala, som känner igen en situation som av en patient upplevs som hotande och leder till självmordstankar har tagits fram i Linköping med hjälp av denna teknik.

Liknande utveckling av en diagnostisk förmåga ser man hos läkare, sjuksköterskor, lärare, piloter och många andra yrkesgrupper, ett *återseende* av en tidigare upplevd situation hjälper oss att se, bedöma och ta beslut. Inom hälsovården ingår fenomenet i diskussionen om det

som kallas *clinical reasoning* och har länge setts med oblidiga ögon av dem som vill ha objektiva, mätbara fakta som underlag för rationella och logiska diagnoser och beslut. Om alla detaljer och viktiga faktorer är kända och det existerar fungerande instrument och mätmetoder är naturligtvis detta att föredra, individens bristande erfarenhet kommer då inte att påverka kvaliteten på diagnos och behandling. Tyvärr är det få områden där vi har tillgång till all detaljkunskap eller där vi känner alla relevanta faktorer. Den här mänskliga förmågan att använda en integrerande beprövad erfarenhet behövs i många sammanhang. Inom akutsjukvården används exempelvis en logisk diagnosmetod, en handbok, för att avgöra om och vilken vård som ska ges i katastrofsituationer. Med hjälp av den kan en novis ställa en diagnos och göra relativt goda bedömningar av utfallet av olika behandlingar. En erfaren sköterska eller läkare gör dock samma eller bättre bedömningar på mycket kortare tid och med färre och tydligare indata.

Kleins metod för intuitivt beslutsfattande, RPD, som beskrivits i kapitel sju skulle kunna användas i andra professionsutbildningar där arbetet är komplext, stressat och fullt av brus i data, lärarens verklighet.

## Reflektionens roll för implicita minnen

Om utfallet av en situation eller handling inte kommer omedelbart behöver man göra en medveten rekapitulering och utvärdering, en reflektion, det som Schön kallar *reflection on action*. Schackspelarens genomgång av ett tidigare spelat parti är exempel på hur minnet av enstaka situationer och spelställningar i efterhand kan utvärderas och försees med en somatisk markör och därmed bilda ett användbart mönster i ett implicit minne. Elever som inte förstår, patienter som dör, broar som rasar är andra effekter av handlingar som behöver utvärderas i efterhand i en medveten reflekterande process. Att utföra en reflektion kräver dock en förmåga att se, som bygger på erfarenhet och vi ställer mycket höga krav på studenter när vi begär att de själva ska styra denna process. Studenterna har ännu inte lärt sig se och känna igen kritiska moment och situationer och behöver stöd av en handledare (Tomlinson, 1999). Kanske ska förmågan att *känna igen* en komplicerad kritisk situation bedömas lika viktigt som att kunna identifiera och verbalisera detaljer i den. Detta är intuitivt seende om Klein skulle beskriva det. Studien av säkerhetspersonalen på en flygplats visar att det är mycket besvärligt att hantera ett stort antal detaljer i en komplicerad och stressad situation, men också att vår förmåga att känna igen exempel är otroligt stor.

Då de implicita minnesstrukturerna har en dubbelriktad kontakt med högre kognitiva minnesfunktioner, är det möjligt att man genom att lyssna på berättelser, och genomföra tankeexperiment, *gedanken-experiment*, kan skapa implicita mönster. Resultat som påvisar överföring av tyst kunskap med hjälp av narrativ tyder på detta. Även rent motoriska uppgifter kan tränas mentalt. Detta skulle i så fall ge reflektion ytterligare en roll förutom ren utvärdering och kvalitetsmärkning av sensoriska minnen. Som tidigare nämnts är det viktigt att inse att novisen ännu inte själv kan se och göra dessa bedömningar; det är med hjälp av implicita minnen man upptäcker de kritiska och intressanta situationerna, *critical incidents*, som behöver utvärderas. Lärarens och mästarens roll är att överföra sin förmåga att känna igen positiva och negativa mönster genom att visa och påpeka. Vid *stimulated recall* där försökspersonen studerar en videoupptagning av sitt eget agerande är det viktigt att upptagningen visar hans eller hennes eget perspektiv, det som han eller hon kan se, känna och höra. Det är dessa mönster som ska märkas med en somatisk markör så att man senare kan känna igen och agera på ett mer anpassat sätt. Det idag vanligaste sättet att videofilma personen är i ett utifrånperspektiv, t.ex. bakifrån klassrummet, och filmen kan bara jämföras med explicita minnen av händelsen och ge en medveten reflektion av dessa. Allt det som uppmärksammades implicit i situationen hamnar utanför reflektionen. Det här påverkar även expertens reflekterande förmåga. Många av de bedömningar och beslut som hon tog i klassrummets kritrök är intuitiva och omedvetna. Om den bild man ber dem reflektera över är taget i ett annat perspektiv än deras eget kommer de att använda sin explicita förmåga att analysera och tolka samt beskriver ett rationellt och logiskt sätt att agera. En liten kamera placerad på läraren ger rätt perspektivet och kan vid uppspelning återuppväcka igenkänningar och reaktioner.

### **Förtrogenhet i att bedöma**

Den egenskap som troligen har störst vikt för en mästare eller en expert inom en praktik är inte förmågan att handla utan förmågan att bedöma, att känna igen när någonting är bra eller dåligt, färdigt eller ofärdigt. Att känna igen när degen är färdigknådad, leran har fått rätt mängd vatten, sulfatmassan har rätt mängd av sina ingredienser, bullen är färdiggräddad, vädret är rätt för fiske, tenniseleven tar en serve på rätt sätt, en begynnande infektion är på väg, en elev har börjat förstå och mycket annat som inte bygger på att vi lyckats identifiera de detaljer som är relevanta och som bör analyseras. Ej heller bygger det på att vi har identifierat de gränsvärden som ska uppmätas och jämföras utan de initieras av en omedveten jämförelse med somatiskt märkta, kvalitetsprövade sensoriska mönster från vår egen beprövade

erfarenhet. Vi har fått ett nytt sätt att förstå hur och varför erfarna bedömare frångår rationella och formella kriterier. Med en allt större bank av exempel att jämföra med blir de allt säkrare i sin bedömning. En förändring av bedömningskriterierna sker med erfarenhet och tid i verksamheten. Mjuka och vaga kriterier som kreativitet, konstnärlighet, tydlighet, originalitet blir för experten med sina många konkreta exempel användbara vid bedömning. Min Repertory Grid studie av de uppsatsbedömande lärarna i kapitel sju är ett exempel på detta.

## Att använda sina implicita minnen

Implicita minnen är kontextbaserade och en igenkänning kräver en mycket specifik *ytlig* likhet. Detta betyder att man inte ser några transfereffekter av implicit kunskap. För att känna igen sig krävs att ett objekt, en situation, ett fenomen är nästan identiskt med det lagrade mönstret. För att utnyttja sin erfarenhet krävs det att man i en problemlösningssituation undersöker situationen i olika perspektiv, skalor och ur olika aspekter. Någonstans kan en *träff* ske och vi får tillgång till den lagrade utvärderingen och vår erfarenhet av densamma. Den undersökande fasen av problemlösningssituationen har varit känd länge och man har tidigare frågat sig varför experten behöver så lång tid till detta inledande steg (Middleton, 2002).

Det som kallas variationsteori skulle kunna ha koppling till denna modell av det implicita systemet, ju fler varianter av ett fenomen eller begrepp vi skaffar oss desto större är sannolikheten att vi *känner* igen oss i en ny situation (Mathews et al., 1989). Genom att beräkna eller studera ett stort antal problem kring t.ex. energibegreppet i fysik, får vi en mönsterdatabas som kan hjälpa oss att identifiera problem och länka till lösningsmetoder och svar. Det är i så fall inte frågan om något invariant begrepp eller kunskapsobjekt vi lär oss, utan en mängd mönster att känna igen oss i. Däremot kommer det att yttra sig som om vi införlivat ett nytt begrepp i vårt kunnande.

## Att våga lita på sin intuition

Implicita minnen hämmas kraftigt av stress och pressande situationer; vi övergår till, ofta sämre, rationella och explicita minnen och lösningsmetoder då vi upplever att det är viktiga val som ska göras och beslut som ska tas. En novis, utan erfarenhet, kan i många sammanhang bli mer kompetent av dessa processer medan experter förlorar tillgången till sin beprövade erfarenhet och presterar under sin normal förmåga. Detta är vad som plågar elitidrottsmän, musiker och andra som ofta behöver prestera under stor press i tävlings- och



bedömningsammanhang. Det är detta som den mentala träningen handlar om, att lära sig *defokusera* att inte tänka på det man gör eller ska göra, att glömma omgivning, TV-kameror och domare. Susanna Kallur, häcklöperskan, svarar på en fråga hur hon upplevde guldloppet i EM 2007 – *Jag minns ingenting av loppet*. Hon visar med detta uttalande att hon lyckats koppla bort sitt medvetna tänkande under själva loppet, hon var som man säger *in the zone*. Den rivalitet som ibland uppstår mellan systemen och det övertag som det explicita systemet ofta får över det implicita har betydelse för den skapande processen. Graham Wallas (1949) beskrivning av den skapande processen med *bearbetning, inkubation, upplysning och utvärdering* kan också fördjupas av modellen med två olika minnessystem. Studier som har redovisats tyder på att de implicita minnena kan bearbetas omedvetet och att detta sker under det som kallas inkubationsfasen (Cronin, 2004; Siegler & Stem, 1998). Resultat av Dijksterhuis (2006) pekar på att en medveten koncentration på problemet kan störa denna process och ge ett sämre resultat.

Inom skapande ämnen i skolan börjar man mer och mer uppmärksamma värdet av en förlåtande miljö. I bildämnet betonas vikten av att miljön tillåter misslyckade försök och man uppmanar eleven till ett risktagande, *papperskorgen skall vara full*. I sina studier av det engelska skolämnet *design och technology* fokuserar Richard Kimbell på elevers förmåga att generera idéer, att ta risker och våga. Ett av Lars Lindströms processkriterier, uppfinningsförmågan, betonar denna förmåga att våga. Många som forskar på kreativitet betonar den skapande processens två steg, den generativa delen där idéer skapas i en tillåtande miljö utan krav och bedömning, *brainstorming*, och en utvärderande fas där analys och rationalitet är av högsta vikt. Man kan här identifiera de implicita och explicita kunskapsbaserna och hur de är aktiva i varsin del av processen.

## Implikationer för skolans teknikämne

### Design och konstruktion

Modellen visar att teknisk kreativitet, design och konstruktionsförmåga kan utvecklas med riktlinjer liknande Lars Lindströms arbete med Bildämnet och att bedömning av elevers kreativa utveckling kan genomföras med liknande processkriterier som använts i Bild och slöjd. Processkriterierna beskriver handlingsmönster och arbetssätt som bygger implicita minnen och därmed expertis. Studier av de implicita och explicita lärsystemen ger också ge ledtrådar för hur en undervisning i kreativitet skall byggas upp. Det är speciellt viktigt att

skilja den generativa (hypotesgenererande) fasen från den verifierande. Miljön måste vara tillåtande och medge risktagande och experiment då de implicita systemen annars deaktiveras.

Flera studier pekar på att inkubation är viktig (Dijksterhuis, 2006; Lockhart & Blackburn, 1993) och att till och med en medveten fokusering och verbalisering av problemet kan minska förmågan att tolka problemet på flera olika sätt (Kovordányi, 1999). Dijksterhuis studier är de första vetenskapliga dito som visar på nyttan av inkubation, att det verkligen kan finnas något som omedvetet tänkande. Anekdotiska berättelser har funnits länge: IBM genomförde en studie av sina 100 000 anställda och frågade vad de gjorde då de hade kört fast i ett problem. De åtta vanligaste svaren var inkubationsrelaterade: gå ut i skogen, ta en ledig dag, se en film etc. Ett par studier i skolmiljö visar på samma sak, det går att öka kvaliteten och antalet kreativa idéer genom att medvetet införa störande moment eller tid för inkubation vilket är mycket intressant. De neurofysiologiska beskrivningarna av hur de två systemen samverkar förklarar varför det är viktigt med en lugn, förlåtande miljö, de implicita systemen och den erfarenhetsbank som finns där slås av när vi upplever press.

Jag har tidigare i kapitlet påpekat vikten av att studenten fått uppleva ett stort antal exempel på problemlösningssituationer, och att det är just mängden och relevansen av dessa upplevelser som leder till en utveckling av en större problemlösande och beslutsfattande förmåga.

En viktig slutsats är också att kvaliteten på våra bedömningar kan försämrans när vi medvetet försöker kategorisera och väga. I en bedömningssituation bör vi därför inleda med en integrerad bedömning innan vi går in på bedömning av detaljer. Kimbell låter sina lärare börja med en integrerad *wow-factor* när de ska bedöma elevers kreativa arbeten. I Lindströms studie av elevers arbete i bild finns också en helhetsbedömning men den görs vanligtvis på slutet, efter det att de speciella produkt- och processkriterierna har använts, vilket borde studeras närmare för att se om det blir skillnader i resultat om man gör helhetsbedömningen först.

### Att se och förstå komplexa system

Det medvetna, explicita minnessystemet och dess arbetsminne, *working memory*, är så begränsat när det gäller förmågan att hantera en mängd samtidiga detaljer att det implicita

mönsterhanterande minnet blir människans främsta sätt att hantera komplex och att se helheter. Teknikens systemtänkande med hierarkiska beskrivningar är ett sätt att presentera komplex för en novis, men förmågan att se och skapa sådana systembeskrivningar är något som är förunnat en expert.

## Begreppsförståelse och Conceptual change

Implicita minnen, kopplade till egna erfarenheter, är mycket starka och långlivade (Rovee-Collier et al., 2001; Seger, 1994; Tunney, 2003). De verkar svåra för att inte säga omöjliga att radera eller förändra. De kan tillfälligt dämpas men dyker upp dels när ett mönster återkommer dels spontant utan yttre stimuli. Det verkar mycket troligt att det vi inom didaktisk forskning kallar *misconceptions* orsakas av minnen av denna typ. Kanske kan kunskapen om de implicita systemen göra det möjligt att fördjupa förståelsen av *conceptual change, capture, alternative conceptions* och andra fenomen på ett nytt sätt.

Begreppsbyggnad inom naturvetenskapen har varit och är ett viktigt forskningsområde. Den implicita kunskapen ger med tillräcklig erfarenhet, och framför allt mötet med en stor variationsbredd av samhörande fenomen, till slut en *upplevelse* av igenkännande av ett generellt fenomen, en princip, kopplat med en positiv känsla av kontroll (jämför även variationsteorin i detta perspektiv). Om barns förståelse av vardagens olika fenomen bygger på implicita minnen av upplevda regelbundenheter och viktiga händelser i deras liv står vi som undervisare inför en formidabel uppgift: att påverka minnen som är omedvetna och som påverkar inte hur vi analyserar världen utan hur vi upplever den. Kanske får vi som lärare nöja oss med att bygga en ny förståelse som fungerar i en viss kontext. Implicita minnen lagrar kontext och situation. Fysik- eller kemialen med dess speciella artefakter finns vanligtvis inte i elevens mönsterminne. Här bör det gå att träna upp ett naturvetenskapligt seende och meningsskapande som i och för sig blir inaktivt i vardagsmiljön. Många av de vardagsföreställningar barn har om till exempel värme och temperatur är mycket användbara och bör inte raderas eller ersättas av en vetenskaplig förståelse. En metallbit kyler mer än en träbit på tungan, en varm tomat bränner mer än en lika varm köttbulle.

Det är kanske när vi inte behöver tänka rationellt och logiskt som vi tycker att vi har *förstått*. Samma effekt påverkar oss som kompetenta lärare till att inte längre kunna avgöra vad som är svårt! Det vi undermedvetet lärt oss framstår som självklart eller med Wittgensteins ord *det står fast*. Vi blir omedvetet kompetenta och anser att mycket av den kunskapsmassa vi uppbygger

är självklar. Problemen är inga problem för en expert. Men naturligtvis kan det vara ett problem för en elev som försöker följa resonemanget framme vid svarta tavlan.

## Implicita minnets betydelse för våra forskningsmetoder

### Intervjuteknik, experter kan mer än de kan berätta om

Flera studier har visat att experter som handlar utgående från sina implicita resurser inte behöver eller har någon medveten uppmärksamhet på vad de ser, vilka beslut de tar och hur de agerar. Mycket sker omedvetet eller undermedvetet och experterna kan parallellt hantera avancerade medvetna, kognitiva uppgifter som att tala, räkna, svara på frågor utan att deras automatiserade agerande störs. Ibland utförs den primära uppgiften till och med bättre när experten distraheras och styr sitt medvetna tänkande mot distraktionen. När vi intervjuar en sådan individ kan vi inte vara säkra på att få veta något om de omedvetna processerna. Däremot ger experter gärna generella beskrivningar på hur man borde utföra en uppgift, en *justification* byggd på explicita minnen. Många författare har, baserat på sina resultat, kritiserat intervjumetoder som bygger på introspektion, informantens egen analys, om hur han tänkte i en viss situation (Middleton, 1998; Nisbett & Wilson, 1977). Ericsson som används som referens av många som arbetar med protokollanalys (Ericsson & Simon, 1984), varnar tjugo år senare för att berättelser som är mer än halvannan minut kanske inte är korrekta (Ericsson, 2006b). Han motiverar detta med att arbetsminnet då har tömts, men inte till implicita minnen.

En videobaserad intervjuform: *stimulated recall*, där försökspersonen ser sig själv på en video behöver också problematiseras. Om ett implicit minne av en viss situation ska aktiveras krävs att bilden är samma som personen upplevde under sitt agerande. Ett utifrånperspektiv ger inte samma möjlighet till igenkännande. De svar man får från en expert blir då de generella bedömningar och beskrivningar som filmen lockar fram, inte vad de själva byggde sitt agerande på. Metoder som inte kräver en medveten igenkänning har nu tack vare teknikens framsteg blivit vanliga. Studier av människors beteende vid en datorskärm har gjorts där ögonrörelser har observerats vid återuppspelningen och även andra tekniska metoder som mätningar av hudens resistans har använts för att påvisa implicita reaktioner på situationer och stimuli i miljön.

Att låta en försöksperson tala samtidigt som han eller hon löser ett problem, *thinking aloud*, används av många forskare och beskrivs av Ericsson och andra som en väl fungerande intervju metod (Hoffman et al., 1995). Andra forskare menar dock att problemlösningsprocessen förändras om den samtidigt kommenteras av försökspersonen, *vi tänker inte alltid i ord* (Chafe, 2000; Fallshore & Schooler, 1995; Schooler et al., 1993). Många aktiviteter som är helt styrda av det implicita systemet skapar inga medvetna minnen som kan beskrivas under processens gång (Beilock et al., 2002). Teorin som beskriver vad som händer vid *thinking aloud intervjuer* bygger på en kognitiv modell av hjärnan från 1980 talet. I denna teori finns ingen hänvisning till flera minnessystem förutom ett långtids- och ett korttidsminne, arbetsminnet. I arbetsminnet finns enligt teorin (Van Someren et al., 1994) dels sinnesinformation, dels associerad kunskap från långtidsminnet samt de resultat, kombinationer och bearbetade data som uppstår i problemlösningsprocessen. Det är dessa, i arbetsminnet befintliga data, som kan verbaliseras. Hur de hamnat där har vi inte tillgång till. Tidigare har jag beskrivit de problem med mental belastning som kan uppstå i arbetsminnet. Dessa effekter har varit kända ett tag och forskarna inser att sådana flaskhalsar i *thinking aloud-processen* kan uppstå. Det kan ske när informanten försöker beskriva ett komplicerat problem men kan även bero på att verbalisering i sig tar resurser i anspråk. Uppmaningar från intervjuaren av olika slag under intervjun kan störa problemlösningsprocessen. Man har också iakttagit en förlängning av tiden för att lösa ett problem när problemlösaren ska tala under tiden. Med en modernare modell av hjärnans minnesfunktion förstår man bättre de problem som uppstår i metoden. Men den stora stöttestenen är att man ber en försöksperson att medvetet ta kontroll över en handling som kanske i praktiken är mer eller mindre överflyttad till ett implicit system. Därmed får man inget veta om expertens egentliga lösningsprocesser.

Även vanliga intervjusituationer kan förstås och planeras bättre med kunskap om de implicita systemen. Interaktionen mellan informanten och forskaren blir viktig att ta hänsyn till om man vet att människor uppmärksammar subliminala signaler från varandra, och att de omedvetet kan föra en icke verbal kommunikation. Den kände tyske cirkushästen Kloke Hans förmåga att avläsa även främmande människors reaktion när han hade besvarat en fråga med rätt antal hovslag var imponerande. Vi människor har liknande dolda förmågor som kan hjälpa oss att uppfylla intervjuarens omedvetna förväntningar och få oss att omedvetet välja ord och styra oss i en intervjusituation. Vi tolkar omedvetet en talares kroppsspråk och tar till oss eller förkastar budskapet utan att veta varken att vi gör det eller varför. Artefakter och

kontexten kan styra oss att använda det explicita eller det implicita systemet och helt olika svar kan fås på samma frågor.

Eftersom det finns en dubbelriktad kommunikation mellan de implicita systemen, t.ex. amygdala, och det explicita systemet kan en attitydfråga som engagerat ett implicit minne när det väl lyfts upp påverka de följande frågorna i en intervju eller enkät.

Lickert-skalan har i flera sammanhang kritiserats för att ge varierande kvalitet på svaren. En attitydbedömning av ett fenomen engagerar utan tvekan implicita system där våra erfarenheter av vad som är bra och dåligt ligger. De två kontrasterande svaren på en enkätfråga antas vara associerade med lika starka men motsatta somatiska markörer, något som naturligtvis inte sker i verkligheten. Attitydskalan kommer att variera mellan olika frågor och vilka erfarenheter informanten har sedan tidigare eller vad som tidigare behandlats under intervjun (*priming*). Det här är starka skäl för att lyda de råd som statistiker ger om att alltid behandla resultaten som ordinaldata. Således får medelvärde och varians inte användas i analys och presentation.

Kunskapen om vår förmåga att *känna igen* utan att explicit veta varför förklarar de resultat som enkla enkäter med kryssfrågor ger upphov till. *Priming*- effekter som har påverkat de implicita systemen gör att vi känner igen ord, termer och bilder utan att behöva veta så mycket mer om dem. Råplugg inför en tentamen lönar sig om examinationen bara testar igenkännande.

## Repertory Grid lyfter experters tysta kunskap

Modellen med två kognitiva minnessystem ger en ny förståelse av Kellys *Personal Construct Psychology*, teorin bakom Repertory Grid och antyder att man kan lyfta upp implicit kunskap och till och med beskriva den i ord. Det implicita minnessystemet bygger på jämförelse av mönster och genom att i en intervju jämföra objekt med olika egenskaper kan detaljer i mönstren lyftas fram och bli explicita och möjliga att kommunicera. En viss försiktighet om man vill använda metoden för betygssättning eller gradering är på sin plats. Som har visats i kapitel sju är det inte säkert att vi klarar att göra en god bedömning av flera konkreta formulerade kriterier på samma sätt som när vi gör en integrerande mönsterigenkänning, en helhetsbedömning. Flera studier tyder på att vi förlorar kvalitet i bedömningen.

Implicita mönsterminnen förklarar varför *rubrics* fungerar så bra, den narrativa beskrivningen av en elevs beteende vid en viss nivå på bedömningskalan blir ett mönster som kan matchas mot upplevelsen av våra egna elever och deras beteende. Lindström använder rubrics i sina studier av produkt och processkriterier och det kan förklara varför hans lärare är så samstämmiga i sin bedömning.

## Analys, att skapa mening i en observation

Ett flertal studier har visat att för att se vad som händer i en komplicerad situation, t.ex. i ett klassrum, krävs lång erfarenhet för att överhuvudtaget upptäcka något (Allen et al., 2004; Crognier & Fery, 2005; Kagan, 1988; Kerrins & Cushing, 2000; Kroksmark, 1997; Sabers et al., 1991; Smith et al., 2005). Det här är en egenskap eller förmåga som ingår i det vi vill att en lärarstudent ska utveckla (Berliner, 1994a). Resultaten från kapitel sju om ett mönsterbaserat seende, de två visuella signalvägarna, *Contextual cuing* och annat visar att detta blir en förmåga som tränas upp med erfarenhet i en viss praktik.

Som tidigare har nämnts i detta kapitel ställer vi stora krav på en student om vi begär att han ska kunna lära sig detta själv. Den här effekten påverkar även vår egen förmåga som forskare att tolka det vi ser eller lyssnar på, det hjälper inte att repetera bandet eller att skärskåda transkriptionen gång på gång. När vi gör så genomför vi ett *priming* experiment med oss själva, vissa detaljer eller skeende blir viktiga just för att vi sett eller hört dem många gånger. Som forskare behöver vi en förmåga att känna igen det som är viktigt i sammanhanget och för att göra det behöver vi egna erfarenhetsbaserade mönster. Kanske är det inte alltid bäst att komma in med ovana, friska ögon för att studera en verksamhet (Ashby & O'brien, 2005). En erfaren lärare eller praktiker ser mer och kan filtrera fram det som är viktigt och relevant i en situation vilket skulle vara ett starkt argument för att genomföra aktionsforskning tillsammans med lärare, experter på fältet.

## Vetenskap och beprövad erfarenhet

Den här studien av mänsklig förtrogenhet och expertis visar att vi har en stor förmåga att lära oss av våra erfarenheter. En förmåga som ger sig uttryck i att vi ser, bedömer och agerar annorlunda. Resultat från hjärnforskningen visar att det inte bara är bildligt talat som vi ser med våra minnen. De implicita minnena gör det möjligt att ta in mer av den nästan oändliga informationsmängden som våra sinnen, men inte vårt medvetna perceptionssystem kan hantera. De hjälper oss att hantera komplicerade och svåranalyserade situationer och ger oss en förmåga att förutse vad som är på gång att ske. Detta faktum visar att den erfarne

praktikern tillför många verksamheter kunskaper som vetenskapen ännu inte har, och kanske aldrig kommer att ha tillgång till. Sjuksköterskan som med sin kliniska blick förstärkt av mötet med tusentals patienter ser det inga mätinstrument ännu är tillverkade för att uppfatta. Läraren som med ett ögonkast kan tolka hur eleverna i klassen mår, om de förstår, om det går för fort, om man bör ta rast eller vem som behöver individuellt stöd, har en kunskap som man inte kan läsa sig till. De här experterna behövs i våra utbildningssystem och varken kan eller får ersättas med vetenskapligt framstående teoretiker. Förtrogenheten dessa experter skaffat sig under ett långt liv i sin praktik, deras tysta kunskap, är ett intellektuellt kapital som alltför få företag i industrin har uppmärksammat. De kanske inte är så hungriga eller energiska som en ung nyutexaminerad medarbetare men de har en överlägsen förmåga att se och bedöma vad som man bör och vad som går att göra.

## Slutord

Den här avhandlingen har handlat om intuition och magkänsla, om det utsägbara och tysta. Länge kändes det som om förståelsen av dessa fenomen också var intuitiv och omöjlig att formulera i skrift. Att föra ner det mångfacetterade biblioteket av forskningsstudier och resultat med alla korskopplingar och samband till en linjär text har ibland känts omöjligt. Det pussel jag lagt med bitar ur andras lådor visar på en i många sammanhang okänd resurs hos människan. Vissa läsare kommer att vara skeptiska, andra bli förskräckta men några kommer säkert att nicka av igenkänning. Jag hoppas att den här texten i all sin ofullkomlighet ändå har lyckats förmedla några kunskaper och bidragit till läsarens förtrogenhet med sin egen kognitiva värld och öppnat för nya perspektiv och vägar för att försöka förstå människan som tänkande men framför allt (igen) kännande varelse.

Ljungsbro i april 2008

Lars Björklund

## Post scriptum

Måhända har den här avhandlingen bidragit till att öka förståelsen av citaten i inledningen:

*-Hä går int å förklar för den som int begrip!*

*-Man åker bara dit pucken kommer att vara!*

*-Konstigt, ju mer jag tränar, ju mer tur får jag!*

*-Vi gör inga val!*



# English summary

## From Novice to Expert:

### Intuition in a Cognitive and Educational Perspective

#### Introduction

Modern research in psychology, supported by seminal findings in brain research has given us a new model of mankind's learning system that may explain many of the anomalies, and peculiarities in the way we perceive and act in the world.

A dual-system model of memory and learning has been refined during the late 20th century and gives evidence for us to believe in two different ways of viewing, analysing and understanding the world (Squire, 2004; Zeithamova & Maddox, 2006). The Cartesian view of a split between the body and a separated single mind has changed towards a model where a conscious, explicit and declarative memory system lives alongside an unconscious, implicit and tacit system. The behaviour and function of this second implicit system have been studied by experimental psychologists, and with new data from brain-imaging research a radically new understanding of knowledge and knowing is at hand. This will raise the value of experience and complement the idea of rational, scientific and evidence-based knowledge.

#### Aim

- How does the implicit learning system affect our ability to observe, characterize and analyse phenomena in the world?
- In what way is this connected to the development of expertise?
- How is the implicit memory related to "Tacit Knowledge" (Polanyi, 1966)?
- How may these findings guide us in the design of learning activities?
- How is the implicit system used in problem-solving and design?
- What are the implications for the use of different methods in educational research?

#### Method

This thesis is an "Integrative research review", trying to find and show new aspects of experience-based learning and the development of problem-solving expertise (Backman,

1998; Cooper, 1984; Light & Pillemer, 1984). The process of search and analysis is inspired by Grounded theory. Some empirical data on teachers assessing and grading students creative work was acquired with Repertory Grid Technique and complement the study.

### Design of the thesis

A condensed version of an extensive part of my thesis is to be found in a published conference paper (Björklund, 2007) attached as part of this summary. The background, method and results are presented more extensively in the same paper. Chapters four and five of the thesis provide a background to a subject in Swedish school curricula, Teknik, on which some implications will be drawn. Most of this information can be found in an English version published as conference papers (Björklund & Klasander, 2004) and chapters in books (Björklund, 2005, 2006).

### Results

The implicit learning system has a strong impact on the development of skills and expertise, and it brings a new understanding of tacit knowledge, intuition and holistic-pattern recognition. What Polanyi refers to as Tacit knowing is implicit learning, and this explains why *we can know more than we can tell*. The Dreyfus model of novice-expert development can be explained as a slow change of utilisation of the two memory systems. The rule-following novice uses explicit memories and the expert has access to a large library of implicit memories. The function of the implicit memory is to let the individual recognize dangerous or rewarding situations. Patterns of raw sensory data representating the context are *stored* in long time memories. Structures as the basal ganglia, the amygdala and striatum and possibly the cerebellum have been identified as areas active in this learning process (Cincotta & Seger, 2007; Ilg et al., 2007; Nomura et al., 2007; Seger, 2006).

Old philosophical aspects of knowledge known as “techne” and “phronesis” are given neurobiological causes and explanations. The implicit system and the complimentary implicit vision, the low route, will enhance an experts ability to observe, assess, characterise and take action. Sometimes in an almost automatic, intuitive way.

### Implications for creative work and problem solving

Wallas (1949) proposed a four-stage process of creative thought (Preparation, Incubation, Illumination and Verification). He proposed that during these four stages the thought process would move from conscious thought patterns to unconscious, and then back again to conscious patterns. Low (2006) describes these stages in his thesis:

- *Preparation* - This stage involves an intense effort to solve the problem: the gathering of all data possible, problem identification and problem definition, and if a solution is not found the problem is abandoned.
- *Incubation* - During this stage the problem solver's conscious thought processes are turned to matters other than the problem, while subconscious thought processes work on the solving of the problem. When a solution is arrived at the mind delivers the proposed solution from the subconscious to the conscious.
- *Illumination* - This is the "aha" or sudden insight into the possible cause of or solution to a problem on which the researcher may have been working. In this model the subconscious mind "delivers" the solution or idea to the conscious mind.
- *Verification* - During this stage, the details of the solution found are checked against the reality and found to be either a valid solution to the problem or another way of not solving the task at hand.

In this four-stage model of creative thought, the stage of preparation activates patterns stored in implicit memories. Since these are memories of specific instances (Nosofsky & Zaki, 2002) a very close likeness must be at hand for recognition to happen. A huge library of experience patterns and elaborate exploration will facilitate the match (Reber et al., 2006). This is also what is promoted in the *variation theory* (Marton, 2006). In the case of an impasse this unconscious pattern matching may continue in the incubation stage, which has been demonstrated recently (Cronin, 2004; Dijksterhuis & Van Olden, 2006). Since implicit memories are overtaken by the explicit system it is of utmost importance that the environment is friendly and one must be allowed to make mistakes and to take a risk when one generates a hypothesis. Otherwise the explicit system takes charge and one loses access to implicit knowledge (Markman et al., 2006).

The four process criteria found to be important in the development of creativity (Lindström, 2003) can be connected to the use of the implicit memory-system in the following way:

- Ability to use models: The student is building a library, partly explicit, partly implicit of solutions to specific problems, a base of patterns that later can be used in a pattern recognition process.

- Investigative work: This is the exploratory phase when the student is trying to find a perspective, a viewpoint from which implicit patterns may match the problem.
- Inventiveness: The importance of a friendly context has been noted already, making access to implicit memories feasible.
- Capacity for self-assessment, knowing one's strengths/weaknesses: A process where patterns are assessed and given a somatic marker and stored in implicit memories.

This shows that the process criteria are not confined to the creative work of art but can be used to enhance creativity and problem-solving in other activities.

In chapter eight there is a discussion of what this means, and what the implications are for education and educational research.

The next section of the english summary is a peer reviewed paper (Björklund, 2007) presented at The 13th International Conference on Thinking, Norrköping, Sweden and published in Linköping Electronic Conference Proceedings:

*<http://www.ep.liu.se/ecp/021/vol1/004/ecp2107004.pdf>*

## The Intuitive Practitioner: Cognitive Aspects on the Development of Expertise

### Abstract

In recent years the interest in expertise and proficiency has been rising, in educational research, knowledge management as well as in cognitive science. The expert's know-how or procedural knowledge is often hidden even for him- or herself; it is tacit. "*We know more than we can tell*" (Polanyi, 1966 p. 4). This paper is an "Integrative research review", trying to show new aspects of experience-based learning and the development of expertise. Several new results from brain imaging studies and from neuropsychology give reason to believe that experts utilize nondeclarative, implicit memories to perform better. These results deliver new ways of understanding how experts perceive, assess, decide and take action.

**Keywords:** Implicit learning, Situated knowledge, Pattern recognition, Tacit knowledge, Intuition.

### Introduction

Patricia Benner who published the first study using the Dreyfus model of development of expertise, addresses an expert nurse in the following way: "*If you take a moment to evaluate your practice, you'll see that you can look at your patients and notice the smallest changes in them. When something is wrong, you can almost feel it, even if it doesn't register on a monitor. You observed subtleties - a slight variation in breathing pattern or an alteration in color. From past clinical experiences, you know when there's about to be a major change in a patient's status, and combining experience with scientific knowledge, you instinctively prepare for treating that challenge. You are an expert nurse. Your responses are shaped by a watchful reading of the patient without recourse to conscious deliberation. Your performance is fluid, almost seamless. When you recall an event, you focus on informed action, rather than organization, priority setting, and task completion*".(Benner, 1997)

In recent years the interest in expertise and proficiency has been rising, in educational research, knowledge management as well as in cognitive science. John Stevenson defines expertise as the ability to do something well: "*Better than others just starting out on the*

*undertaking*” (Stevenson, 2003). He proposes several interesting research questions; What do we mean by doing something well? What enables an individual to do something well? Why does this capacity improve with practice? Is this capacity confined to a specific field, or is it general? Can the capacity be learned, and how? Where is it located?

The quest of eliciting knowledge from experts has eluded science since the beginning of the development of artificial intelligence in the 1960s. The database of an Expert System has to be loaded with knowledge from human experts and these experts seem unwilling or incapable revealing their rules and methods. When we use standard interview techniques we probe the conscious, rational and logic mind of the interviewee. The informant may want to please us and tell us what is appropriate, logical and sound. Our data will be full of general rules and standard procedures and not the individual’s own subjective way of coping with problems. The expert’s “know-how” is hidden even for him- or herself; it is tacit. *”We know more than we can tell”* (Polanyi, 1966). This tacit knowledge is apprehended in an implicit way often outside our own awareness. It is often used automatically and is therefore difficult to elicit by introspection.(Nisbett & Wilson, 1977) In modern psychology several Dual or Multiple Cognitive Systems theories have been designed and they have given us new ways of understanding tacit knowledge, expertise, intuition, insight and automation (Cronin, 2004; Epstein et al., 1992; Ericsson & Charness, 1997; Lieberman, 2000; Nightingale, 1998; Reber, 1989; Sloman, 1996; Sun et al., 2005). The purpose of this thesis is to shed some light on experts and expertise using results from different domains of Cognitive Science and discuss the implications for research and educational design.

## Method

Cognitive science consists of many different domains of research: psychology, neurophysiology, neuropsychology, neuromedicine and others. Modern science is drilling deep holes to find new knowledge and the adapted method of specialisation and reduction has made its different domains separated from each other. This paper is an “Integrative research review”, trying to find and show new aspects of experience-based learning and the development of expertise. *“Integrative reviews summarize past research by drawing overall conclusions from many separate studies that are believed to present the state of knowledge concerning the relation(s) of interest and to highlight important issues that research has left unsolved. From the reader’s viewpoint, an integrative research review is intended to replace those earlier papers that have been lost from sight behind the research front and to direct*

*future research so that it yields a maximum amount of new information*” (Backman, 1998; Cooper, 1984; Light & Pillemer, 1984). Its reliability and validity can only be assessed by the extent to which the devised model can “explain” the phenomena it is addressing.

The complexity of the human brain makes it essential to use appropriate tools in the design of the model. Modern technology, dealing with complex systems, has developed intellectual tools, a systems approach, for this purpose.(Björklund & Klasander, 2004) The first cognitive constraint to address is our brain’s limited resource of working memory, in which all conscious cognitive processing occurs. The working memory can handle only a very limited number, possibly no more than two or three interacting elements. (Paas, 2003) Therefore the complexity has to be described in an appropriate scale of detail with just a small number of separate units. A second aspect of a systems approach is the importance of functional descriptions.(Björklund, 2006) Functional modelling provides an abstract, yet direct, method for understanding and representing an overall product or artifacts function (Hirtz et al., 2002). In technology a difference is made between the structure and the function of an artifact and this is also recognized in science, especially in the biosciences \*\*\* .

Three system levels are identified and described in this thesis:

- Abilities and behavior of experts as described in studies in different domains of practice.
- An intermediate psychological level where the individual behavior of novices and experts are studied and described using controlled experimental methods.
- A neurophysiologic level where brain structures and their corresponding functions are studied.

The first level has been studied for a century, the intermediate level for half a century and the lowest level is a contemporary highly evolving area of research. The author is trying to find causal connections between these levels of descriptions to enhance our understanding of the development of expertise and endorse directions for future research.

## Results and synthesis

### Experts and expertise

Interest in experts and expertise has been great and the matter has been studied intensely during the past century. Two main streams appear in literature, one being the study of exceptionally skilled and recognised individuals who have been selected on account of their remarkable discoveries, works, results or inventions. The other stream contains studies on how expertise is developed over time and increasing experience.

The earliest studies tried to find causes of and explanations to why famous composers, sportsmen, chess masters, authors, scientists and other experts had been successful. There were attempts at linking expertise to talent, heredity and intelligence but very little covariance was found between those factors. What different groups of experts have in common, though, was that they had practised their work for a long time and had great knowledge within their own field. This knowledge also seemed to be structured, better organized and represented. (Chi 2006).

Contemporary research takes a more relative view of expertise, studying what differentiates an expert from a novice in a specific domain of practise. The level of expertise is not absolutely defined but viewed in relation to other individuals on a lower level of proficiency. The causal reason for expertise used to be the idea of a higher, faster, more abstract general thinking ability. Today this view is changing. *“Thinking at its most effective depends on specific, context-bound skills and units of knowledge that have little application to other domains. To the extent that transfer does take place, it is highly specific and must be cued, primed and guided; it seldom occurs spontaneously. The case for generalizable, context-independent skills and strategies that can be trained in one context and transferred to other domains has proven to be more a matter of wishful thinking than hard empirical evidence”*.(Perkins & Salomon, 1989)

An interesting strand of research emanates from Herbert and Stuart Dreyfus and their description of human abilities and the development from Novice to Expert in five stages (Dreyfus & Dreyfus, 1986). The behaviour and abilities of the individual are according to their model developed during deliberate practice, caused primarily by two factors; an influx of contextual and situational data and a personal responsibility for the outcome of decisions and actions. The rule-following novice will in time be more contextually aware and use more experienced-based intuitive knowledge. Their model has been used in many areas of expert



research: teaching, (Berliner, 1986) nursing, (Benner, 1984), managing (Stefl, 2003) and several others.

Traditional research on expertise and the users of the Dreyfus model have defined their stages of proficiency in different ways and care must be taken not to mix them. Initially the following descriptions of different levels of expertise were recognised: *Naïve, Novice, Initiate, Apprentice, Journeyman, Expert and Master* (Hoffman, 1998). The Dreyfus brothers particularized the following stages of development: *Novice, Advanced Beginner, Competent, Proficient and in the final stage the intuitive Expert.*

### Psychological studies of unconscious, implicit learning

Psychologists have been performing a multitude of experiments during the last part of the 20<sup>th</sup> century focusing on memory and learning processes, but models of human reasoning and behaviour are even older. Ryle distinguished between knowing how and knowing that (Ryle, 1949). Bruner (1969) contrasted memory without record and memory with record. In the 1970s a similar distinction was discussed in artificial-intelligence literature between procedural and declarative knowledge. The study of implicit memory emerged from the decade of the 1980s at the forefront of memory research.(Schacter, 1992) Implicit memory is an unintentional nonconscious form of retention that can be contrasted with explicit memory, which involves conscious recollection of previous experiences. Brain-damaged, amnesic patients with severe impairments of explicit memory can exhibit intact implicit memory, a fact has been recognised by practising doctors for a long time.(Damasio, 1996). In experimental psychology several different models for learning and behaviour have been proposed. Reber used the concept of implicit learning to be able to explain unconscious learning of abstract grammar rules.(Reber, 1967) The idea of a dual cognitive system grew out of a multitude of experimental results during the last decades of the 20th century. Logan proposed a model of an implicit memory based on pattern recognition, the “instance theory”. (Logan, 1988, 2002) Several similar models using dissociation between explicit and implicit memories have been proposed but the task of modelling the black box of the brain has been difficult using only external tools. Implicit learning is now seen as non-episodic learning of complex information in an incidental manner, without awareness of what has been learned. It associates environmental stimuli that are relevant for behaviour.(Dienes & Fahey, 1998; Frensch & Runger, 2003; Seger, 1994)

## Structural level: Neurophysiology

Gauges like “functional magnetic-resonance imaging”, fMRI, and “positron emission tomography, PET, have given scientists new possibilities to study brain activity. It is possible to follow how the different parts of the brain are supplied with blood and in that way receive indications as to what parts are active. By conducting traditional psychological experiments while monitoring brain activity a great deal of knowledge and understanding has been created on the topic of man’s learning, memory and behaviour. What involves implicit learning will be presented here.

It has been shown that many functional systems in the brain can adapt to the environment and change their function; they learn. Some of them are explicit and create declarative, conscious memories whereas others are implicit and create memories that are used automatically, outside of conscious control. Earlier known systems to control movement, sensory information and feelings have turned out to have learning functions; their neurons are “plastic” and can adapt in order to achieve better efficiency. (Phelps & LeDoux, 2005)

A model built on neurophysiologic results of the learning system of the brain is shown in figure 1

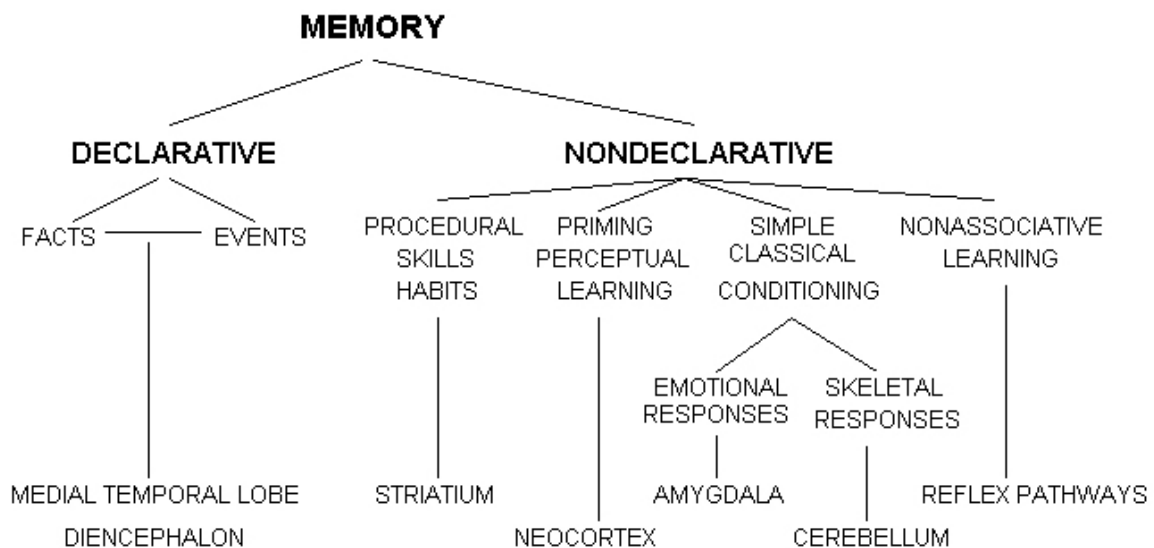


Figure 1 Long-time memories in the brain ( Squire 2004)

These systems work parallel to each other, sometimes supportive, sometimes competitive. Their structure mirrors evolution. Two main groups of memory systems are separated by the type of information they contain and how it is used. In the declarative memories what is saved is unique about a specific event, what happened but also time and place are important. In the non-declarative memories what is saved is common for a number of separate events, a process that goes on gradually but make it possible to adapt to the environment in the best way (Squire 2004).

The hippocampus is crucial for conscious, explicit memory (Degonda et al., 2005) and components in the striatum/ caudoputamen and amygdala have to do with the processing of reward, reward contingencies, or positive affective states. For example, dopaminergic transmission in the caudoputamen, which is implicated in a range of positive affective and reward processes, may play a role in safety conditioning. (Rogan et al., 2005) The caudate nucleus supports incremental learning of stimulus-response associations, or more specifically, the acquisition of place-appropriate responses leading to habitual ones. In contrast, the hippocampus is central to the rapid acquisition of declarative knowledge about the environment, generating a so-called cognitive map. (Voermans et al., 2004) Studies have found a series of subcortical visual structures that plausibly comprise a subcortical pathway terminating in the amygdala. This pathway, proceeding from the retina to the superior colliculus to posterior nuclei of the thalamus and on to the amygdala, bypasses detailed cortical processing and is thought to provide the amygdala with lower-resolution but more rapidly processed visual input (LeDoux, 1996). Some accounts emphasize the bias of this system for stimuli that are informative about potential dangers. (Pasley et al., 2004) The basolateral amygdala modulates the cognitive and habit memory processes mediated by the hippocampus and caudate nucleus respectively and may therefore “amplify” cognitive processes and direct attention to matched patterns. It has the capacity to process higher-order knowledge.

## Synthesis and linkage

### **Automation and capability for dual tasks.**

Experts often develop automaticity for the repetitive operations that are needed to accomplish their goals. They show high accuracy in reaching appropriate solutions, even under time constraint (Berliner, 1994b; Chi, 2006; De Groot, 1965; Sternberg, 1998).

In psychology there are several studies of automation and dual task capability. In a study of golf experts the authors find that “*expertise leads to proceduralized control that does not require constant attention. Resources are free to devote to secondary task demands*”.(Beilock et al., 2002; Swan et al., 2004)

A neurophysiological study in wayfinding connects specific brain structures to this phenomena: “*The first, place learning, is dependent on the hippocampus (explicit memory) and permits the formation of a cognitive map that is flexible enough to facilitate navigation via a novel route. The second, response learning, is dependent on the caudate nucleus and supports an action based representation that is inflexible (only supporting navigation via the same well-learned route) but which may have the advantage of mediating fast, automatic responses*”.(Hartley et al., 2003)

### **Contextual, situated knowledge and pattern recognition.**

Expertise is specific to a domain, developed over hundreds and thousands of hours. Experts recognize meaningful patterns faster than novices. They impose meaning on ambiguous stimuli and make substantially more inferences from and assumptions about the information presented to them than do novices. Their inferences, assumptions, and predictions allow them, like hockey pro Gretsky, to “*go where the puck is going to be.*” Experts can detect and see patterns and features that novices cannot see. (Benner, 1984; Berliner, 1994b; Cellier et al., 1997; Chi, 2006; Dreyfus, 2004; Sternberg, 1998)

Implicit learning and memory have been linked to an ability to detect fast subliminal events but also to recognize complicated patterns and sequences otherwise undetectable from reportable declarative memory. Transfer performance is linked to the degree of similarity of the context. (Chen, 1995)

Initially hippocampal learning, rules, are used to control action but after a long time of repetition caudate nucleus takes control, reacting on primed stimuli. The striatum is not only involved in the implicit automatization of serial information through prefrontal cortex-caudate nucleus networks, but it also plays a significant role for the selection of the most appropriate responses in the context created by both the current and previous stimuli, thus contributing to better efficiency and faster response.(Peigneux et al., 2000) The evaluative

function of amygdala and caudateputamen will also gain from experience and make the expert better in recognizing outcome of perceived contextual patterns.

### **Problem solving and flexibility.**

Experts are more likely to be able to plan their solutions at a descriptive meta-level. Experts exhibit a forward inference/reasoning rather than a backward inference in problem solving. They predict accurately the difficulty of their own problem-solving capability but have problems in predicting difficulties for other experts and novices.(Dhillon, 1998; Priest, 1992; Sternberg, 1998) Experts are flexible opportunistic planners; they develop self-regulatory processes and are quick to change tracks whereas inexperienced novices exhibit a functional fixedness. The moment of action and the parameters of the action seem to be defined in the course of the interaction between the expert and the task. The experts solve problems in a non-reductive manner, describing order as an emergent property of decentralized interactions in a system, and consider nonlinearity and random factors.(Berliner, 1986; Cara & Lagrange, 1999; Jacobson, 2001)

Several psychological experiments have studied the relations between different modes of thought and the generation of ‘creative’ and original ideas. Conscious thought may be focused and convergent; unconscious thought may be more associative and divergent.(Dijksterhuis, 2006; Nightingale, 1998)

Studies of activities in the brain during problem solving show how novices and experts use different structures.(Göcker, 1997)

### **Tacit knowledge and intuition.**

It is difficult for experts to describe exactly how they do what they do, especially with respect to their use of judgment, experience, and intuition. This is called the knowledge-acquisition problem.(Dreyfus, 2004) Not only in artistic judgement but in all their ordinary judgements of the qualities of things, experts recognise and describe deviations from a norm very much more clearly than they can describe the norm itself. (Schon, 1987) Experienced teachers are able to function on automatic pilot. Much of the interaction between teachers and students is automatic, over-learned patterns of behaviour that teachers could invoke and perform without conscious effort. Experienced teachers appear to have organized their knowledge of students and classrooms in particularly effective patterns that could be retrieved unconsciously from

long-term memory via classroom cues. (Johansson & Kroksmark, 2004; Kagan, 1988; Kroksmark, 1997)

The idea of “a Somatic Marker” linked to memory was proposed by Damasio to explain intuitive assessment of situations, fear reactions, gut feelings and bias.(Damasio, 1996; Gärdenfors, 2000)

This hypothesis has been confirmed, as fMRI studies of the brain support a role of the amygdala in choice behaviour, both in the appraisal of inherent value of choice and the signalling of prospective negative outcomes. Amygdala is used for the recording of emotionally important patterns; if the feedback is missing or is weak, no patterns will be recorded. (Daw et al., 2006; Kahn et al., 2002; Smith et al., 2006)

### **Conclusions and implications**

Results from brain-imaging studies and from neuropsychological experiments give strong reasons to believe that experts utilize nondeclarative, implicit memories to perform better. The emotion sensed when a situation is assessed by amygdala or striatum may be what we refer to as intuition or gut feeling and corroborates the models of tacit knowledge by Polanyi and holistic pattern recognition by Dreyfus. On the other side, implicit learning is probably the cause for biases, prejudice and preconceptions. Most of the brain structures involved in expert behaviour are separate from declarative memory structures and cannot be introspected; any verbal description is a construction made from other explicit data. If the knowledge of experts is tacit, new interview methods must be found; maybe the Repertory Grid Technique can be used for the elicitation process. The knowledge experts use in clinical reasoning is an ability to sense familiarity and automatic evaluation, directly linked to personal experience. This enhanced way of perceiving the world is what the Master is trying to teach the Apprentice and it is almost impossible to apprehend this by oneself using personal reflection or conscious analysis; you need to learn by doing! Further research on experts and expertise using a model of several parallel implicit-memory structures may be rewarding and important.

## Referenser

- Abernethy, B., Gill, D. P., Parks, S. L., & Packer, S. T. (2001). Expertise and the perception of kinematic and situational probability information. *Perception, 30*, 233-252.
- Aglioti, S., DeSouza, J. F. X., & Goodale, M. A. (1995). Size-contrast illusions deceive the eye but not the hand. *Current Biology, 5*, 679-685.
- Ainley, J., & Luntley, M. (2007). Towards an articulation of expert classroom practice. *Teaching and Teacher Education, 23*(7), 1127-1138.
- Allen, R., McGeorge, P., Pearson, D., & Milne, A. B. (2004). Attention and Expertise in Multiple Target Tracking. *Applied Cognitive Psychology*(18), 337-347.
- Altshuller, H. (1994). *The Art of Inventing (And Suddenly the Inventor Appeared)*. (L. Shulyak, Trans.). Worcester: MA: Technical Innovation Center.
- Ark, T. K., Brooks, L. R., & Eva, K. W. (2006). Giving Learners the Best of Both Worlds: Do Clinical Teachers Need to Guard Against Teaching Pattern Recognition to Novices? *Academic Medicine, 81*(4), 405-409.
- Ashby, F. G., Alfonso-Reese, L. A., Turken, A. U., & Waldron, E. M. (1998). A neuropsychological theory of multiple systems in category learning. *Psychological Review, 105*, 442-481.
- Ashby, F. G., & Casale, M. B. (2003). The cognitive neuroscience of implicit category learning. In L. Jiménez (Ed.), *Attention and Implicit Learning* (pp. 109-141). Amsterdam: John Benjamins Publishing Company.
- Ashby, F. G., & Ell, S. W. (2001). The neurobiology of human category learning. *Trends in Cognitive Sciences, 5*(5), 204-210.
- Ashby, F. G., & Ennis, J. M. (2006). The Role of the Basal Ganglia in Category Learning. *Psychology of Learning and Motivation, 46*, 1-36.
- Ashby, F. G., & O'Brien, J. B. (2005). Category learning and multiple memory systems. *Trends in Cognitive Sciences*(9), 83-89.
- Backman, J. (1998). *Rapporter och uppsatser*. Lund: Studenlitteratur.
- Bargh, J. A., & Chartrand, T. L. (1999). The Unbearable Automaticity of Being. *American Psychologist, 54*(7), 462-479.
- Bargh, J. A., & Ferguson, M. J. (2000). Beyond Behaviorism: On the Automaticity of Higher Mental Processes. *Psychological Bulletin, 126*(6), 925-945.
- Barlex, D., & Givens, N. P. (1995). *The Nuffield approach to the teaching of mechanisms at key stage 3*. Paper presented at the IDATER 1995 Conference, Loughborough.
- Baynes, K. (1992). *Children Designing*. Loughborough: Loughborough University of Technology.
- Beaver, J. D., Mogg, K., & Bradley, B. P. (2005). Emotional Conditioning to Masked Stimuli and Modulation of Visuospatial Attention. *Emotion, 5*(1), 67-79.
- Beilock, S. L., & Carr, T. H. (2002). When Paying Attention Becomes Counterproductive. Impact of Divided Versus Skill-Focused Attention on Novice and Experienced Performance of Sensorimotor Skills. *Journal of Experimental Psychology: Applied, 8*(1), 6-16.
- Beilock, S. L., Kulp, C. A., Holt, L. E., & Carr, T. H. (2004). More on the Fragility of Performance: Choking Under Pressure in Mathematical Problem Solving. *Journal of Experimental Psychology: General, 133*(4), 584-600.
- Beilock, S. L., Wierenga, S. A., & Carr, T. H. (2002). Expertise, attention, and memory in sensorimotor skill execution: Impact of novel task constraints on dual-task

- performance and episodic memory. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*.
- Benner, P. (1984). *From novice to expert : excellence and power in clinical nursing practice*. Menlo Park, Calif.: Addison-Wesley.
- Benner, P. (1997). Becoming an Expert Nurse. *American Journal of Nursing*, 97(6), 16.
- Berliner, D. C. (1986). In Pursuit of the Expert Pedagogue. *Educational Researcher*, 15(7), 5-13.
- Berliner, D. C. (1994a). Expertise The Wonder of Exemplary Performances. In J. N. Mangieri & C. Collins Block (Eds.), *Creating Powerful Thinking In Teachers And Students*. Ft. Worth, TX: Rinehart & Winston.
- Berliner, D. C. (1994b). A model of teaching expertise. In *Continuing discussions in teacher certification testing*.
- Berliner, D. C. (2001). Learning about and learning from expert teachers. *International Journal of Educational Research*, 35(5), 463-482.
- Berry, D. C. (1997). *How implicit is implicit learning?* Oxford: Oxford University Press.
- Berry, D. C., & Broadbent, D. E. (1988). Interactive tasks and the implicit-explicit distinction. *British Journal of Psychology*, 79, 251-272.
- Berry, D. C., & Dienes, Z. (1993). *Implicit learning : theoretical and empirical issues*. Hove: L. Erlbaum.
- Björklund, L. (2005). Addressing modern technology: a systems approach. In L. Lindström (Ed.), *Technology education in new perspectives : research, assessment and curriculum development*. Stockholm: Stockholm Institute of Education Press (HLS förlag).
- Björklund, L. (2006). Addressing Modern Technology in Science Education, a Systems Approach. In R. M. Janiuk & E. Samonek-Miciuk (Eds.), *Science and Technology Education for a Diverse World* (pp. 123-134). Lublin: Maria Curie-Skodowska University Press.
- Björklund, L. (2007). *The intuitive practitioner: Cognitive aspects on the development of Expertise*. Paper presented at the 13 International Conference on Thinking, Norrköping.
- Björklund, L. (2008). THE REPERTORY GRID TECHNIQUE: Making Tacit Knowledge Explicit: Assessing Creative work and Problem solving skills. In H. Middleton (Ed.), *Researching Technology Education: Methods and techniques*. Netherlands,: Sense Publishers.
- Björklund, L., & Klasander, C. (2004). *Understanding Technological Systems, Classroom Implications for a Systems Approach*. Paper presented at the 3rd Biennial International Conference on Technology Education Research, Brisbane.
- Bond, S., & Cooper, S. (2006). Modelling emergency decisions: recognition-primed decision making. The literature in relation to an ophthalmic critical incident. *Journal of Clinical Nursing*, 15, 1023–1032.
- Braham, J. (1995). Inventive ideas grow with Triz. *Machine Design*, 67(18).
- Bransford, J., Brown, A., & Cocking, R. (Eds.). (1999). *How People Learn: Brain, Mind, Experience, and school*. Washington DC: National Academy Press.
- Brendan, P., Bradley, P., Mogg, K., & Williams, R. (1994). Implicit and explicit memory for emotional information in non-clinical subjects. *Behaviour Research and Therapy*, 32(1), 65-78.
- Broadbent, D. E., FitzGerald, P., & Broadbent, M. H. P. (1986). Implicit and explicit knowledge in the control of complex systems. *British Journal of Psychology*, 77, 33-50.



- Brunye', T. T., & Taylor, H. A. (2008). Extended experience benefits spatial mental model development with route but not survey descriptions. *Acta Psychologica*, 127, 340-354.
- Bullier, J. (2001). Integrated model of visual processing. *Brain Research Reviews*, 36, 96–107.
- Butler, L. T., & Berry, D. C. (2001). Implicit memory: intention and awareness revisited. *Trends in Cognitive Sciences*, 5(5), 192-197.
- Cara, F., & Lagrange, V. (1999). Emerging expertise in process control. *Ergonomics*, 42(11), 1418-1430.
- Carpenter, T. P., Ansell, E., Franke, M. L., Fennema, E., & Weisbeck, L. (1993). Models of Problem Solving: A Study of Kindergarten Children's Problem-Solving Processes. *Journal for Research in Mathematics Education*, 24(5), 428-441.
- Carraher, D., & Schliemann, A. (2002). The Transfer Dilemma. *Journal of the Learning Sciences*, 11(1), 1-24.
- Castelhana, M. S., & Henderson, J. M. (2005). Incidental visual memory for objects in scenes. *Visual Cognition*, 12(6), 1017 - 1040.
- Cave, B. C. (1997). Very long-lasting priming in picture naming. *Psychological Science*, 8, 322-325.
- Cellier, J. M., Eyrolle, H., & Mariné, C. (1997). Expertise in dynamic environments. *ERGONOMICS*, 40(1), 28-50.
- Chafe, W. (2000). Verbal and Nonverbal Thought. In S. Sandström (Ed.), *Intuitive formation of meaning* (Vol. 48, pp. 140, [144]). Stockho: Konferenser / Kungl. Vitterhets historie och antikvitets akademien.
- Charness, N. (1976). Memory for Chess Positions: Resistance to Interference. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 2( 6), 641-653.
- Chen, Z. (1995). Analogical transfer: From schematic pictures to problem solving. *Memory & Cognition*, 23(2), 255-269.
- Chi, M. T. H. (2006). Two Approaches to the Study of Experts' Characteristics. In K. A. Ericsson (Ed.), *The Cambridge handbook of expertise and expert performance* (pp. 21-38). Cambridge ; New York: Cambridge University Press.
- Chi, M. T. H., Feltovich, P. J., & Glaser, R. (1981). Categorization and Representation of Physics Problems by Experts and Novices. *Cognitive Science*(5), 121-152.
- Chun, M. M. (2000). Contextual cueing of visual attention. *TRENDS in Cognitive Sciences*, 4(5), 170-178.
- Chun, M. M., & Jiang, Y. (1998). Contextual Cueing: Implicit Learning and Memory of Visual Context Guides Spatial Attention. *Cognitive Psychology*, 36, 28-71.
- Chun, M. M., & Jiang, Y. (1999). Top-Down Attentional Guidance Based on Implicit Learning of Visual Covariation. *Psychological Science*, 10(4), 360-365.
- Chun, M. M., & Jiang, Y. (2003). Implicit, Long-Term Spatial Contextual Memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 29(2), 224-234.
- Chun, M. M., & Nakayama, K. (2000). On the Functional Role of Implicit Visual Memory for the Adaptive Deployment of Attention Across Scenes. *Visual Cognition*, 7(1 - 3), 65 - 81.
- Cincotta, C. M., & Seger, C. A. (2007). Dissociation between Striatal Regions while Learning to Categorize via Feedback and via Observation. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 19(2), 249 - 265.
- Claparède, E. (1911). Recognition et moite. *Archives de Psychologie*(11), 79-90.
- Colnerud, G. (1995). *Etik och praktik i läraryrket : en empirisk studie av lärarens yrkesetiska konflikter i grundskolan*. Stockholm: HLS.

- Cooke, N. J., Atlas, R. S., Lane, D. M., & Berger, R. C. (1993). Role of High-Level Knowledge in Memory for Chess Positions. *The American Journal of Psychology*, 106(3), 321-351.
- Cooper, H. M. (1984). *The integrative research review : a systematic approach*. Beverly Hills, Calif.: Sage Publications.
- Cooper, H. M., & Cooper, H. R. (1989). *Integrating research : a guide for literature reviews* (2., rev. ed.). Newbury Park, Calif.: Sage.
- Corbetta, M., & Shulman, G. L. (2002). Control of goal-directed and stimulus-driven attention in the brain. *Nature Reviews Neuroscience*(3), 201-215.
- Crognier, L., & Fery, Y.-A. (2005). Effect of Tactical Initiative on Predicting Passing Shots in Tennis. *Applied Cognitive Psychology*, 19, 637-649.
- Cronholm, S. (2005). *Multi-Grounded Theory in Practice*. Paper presented at the Quality Research in IT (QualIT), Brisbane.
- Cronin, M. A. (2004). A Model of Knowledge Activation and Insight in Problem Solving. *Complexity*, 9(5), 17-24.
- Cross, N. (2004). Expertise in design: an overview. *Design Studies*, 25(5), 427-441.
- Csikszentmihályi, M. (1990). *Flow : the psychology of optimal experience* (1. ed ed.). New York: Harper & Row.
- Csikszentmihályi, M., & Csikszentmihalyi, I. (1975). *Beyond boredom and anxiety : the experience of play in work and games* (1. ed.). San Francisco: Jossey-Bass.
- Csikszentmihályi, M., & Grip, G. (2006). *Flow : den optimala upplevelsens psykologi* (2. pocketutg. ed.). Stockholm: Natur och kultur.
- Curran, T. (2001). Implicit learning revealed by the method of opposition. *Trends in Cognitive Sciences*, 5(12), 503-504.
- Damasio, A. R. (1996). *Descartes' error : emotion, reason and the human brain* (New ed.). London: Papermac.
- Daw, N. D., O'Doherty, J. P., Dayan, P., Seymour, B., & Dolan, R. J. (2006). Cortical substrates for exploratory decisions in humans. *Nature*, 44(15), 876-879.
- Davies, T. (2000). Confidence! Its Role in the Creative Teaching and Learning of design and Technology. *Journal of Technology Education*, 12(1), 18.
- DCSF. (2000). *National Curriculum*, from <http://www.qca.org.uk/>
- de Groot, A. D. (1946). *Het denken van der schaker (Thought in chess)*. University of Amsterdam, Amsterdam.
- de Groot, A. D. (1965). *Thought and choice in chess*. The Hague.
- de Jong, T., & Ferguson-Hessler, M. G. M. (1986). Cognitive Structures of Good and Poor Novice Problem Solvers in Physics. *Journal of Educational Psychology*, 78(4), 279-288.
- de Rosnay, J. (1997). Analytic vs. Systemic Approaches.
- Degonda, N., Mondadori, C. R. A., Bosshardt, S., Schmidt, C. F., Boesiger, P., Nitsch, R. M., et al. (2005). Implicit Associative Learning Engages the Hippocampus and Interacts with Explicit Associative Learning. *Neuron*, 46(3), 505-520.
- Dennis, N. A., Howard Jr, J. H., & Howard, D. V. (2006). Implicit sequence learning without motor sequencing in young and old adults. *Experimental Brain Research*, 175(1), 153-164.
- Deregowsky, J. B. (1974). Illusion and culture. In R. Gregory & E. H. Gombrich (Eds.), *Illusion in nature and art*. New York: Scribner.
- Destrebecqz, A., & Cleeremans, A. (2001). Can sequence learning be implicit? New evidence with the process dissociation procedure. *Psychonomic Bulletin & Review*, 8(2), 343-350.

- Dhillon, A. S. (1998). Individual Differences within Problem-Solving Strategies Used in Physics. *Science Education*(82), 379-405.
- Didierjean, A., & Marmèche, E. (2005). Anticipatory representation of visual basketball scenes by novice and expert players. *Visual Cognition*, 12(2), 265 - 283.
- Dienes, Z., & Fahey, R. (1995). Role of Specific Instances in Controlling a Dynamic System. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 21(4), 848-862.
- Dienes, Z., & Fahey, R. (1998). The Role of Implicit Memory in Controlling a Dynamic System. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 51A(3), 593-614.
- Dijksterhuis, A. (2004). Think Different: The Merits of Unconscious Thought in Preference Development and Decision Making. *Journal of Personality and Social Psychology*, 87(5), 586-598.
- Dijksterhuis, A. (2006). Where creativity resides: The generative power of unconscious thought. *Consciousness and Cognition*(15), 135-146.
- Dijksterhuis, A., & van Olden, Z. (2006). On the benefits of thinking unconsciously: Unconscious thought can increase post-choice satisfaction. *Journal of Experimental Social Psychology*(42), 627-631.
- Doeller, C., Opitz, B., Krick, C., Mecklinger, A., & Reith, W. (2006). Differential hippocampal and prefrontal-striatal contributions to instance-based and rule-based learning. *Neuroimage*, 31(4), 1802-1816.
- Dolcos, F., LaBar, K. S., & Cabeza, R. (2004). Interaction between the Amygdala and the Medial Temporal Lobe Memory System Predicts Better Memory for Emotional Events. *Neuron*, 42(5).
- Dreyfus, H. L. (1992). *What Computers Still Can't Do*. Cambridge, Massachusetts, London: MIT Press.
- Dreyfus, H. L., & Dreyfus, S. E. (1979). *The scope, limits, and training implications of three models of aircraft pilots emergency response behaviour*. Berkeley.: University of California.
- Dreyfus, H. L., & Dreyfus, S. E. (1980). *A five-stage model of mental activities involved in directed skill acquisition*. Berkeley: University of California.
- Dreyfus, H. L., & Dreyfus, S. E. (1986). *Mind over machine : the power of human intuition and expertise in the era of the computer*. Oxford: Basil Blackwell.
- Dreyfus, S. E. (2004). The Five-Stage Model of Adult Skill Acquisition. *Bulletin of Science, Technology & Society*, 24(3), 177-181.
- Duncan, S., & Feldman Barrett, L. (2007). The role of the amygdala in visual awareness. *Trends in Cognitive Sciences*, 11(5), 190-192.
- Dyde, R. T., & Milner, A. D. (2002). Two illusions of perceived orientation: One fools all of the people some of the time, but the other fools all of the people all of the time. *Experimental Brain Research*, 144, 518-527.
- English, I. (1993). Intuition as a function of the expert nurse: a critique of Benner's novice to expert model. *Journal of Advanced Nursing*(18), 387-393.
- Epstein, S., Lipson, A., Holstein, C., & Huh, E. (1992). Irrational Reactions to Negative Outcomes: Evidence for Two Conceptual Systems. *Journal of Personality and Social Psychology*, 62(2), 328-339.
- Epstein, S., Pacini, R., Denes-Raj, V., & Heier, H. (1996). Individual Differences in Intuitive-Experiential and Analytical-Rational Thinking Styles. *Journal of Personality and Social Psychology*, 71(2), 390-405.
- Ericsson, A. K. (2006a). *The Cambridge handbook of expertise and expert performance*. Cambridge ; New York: Cambridge University Press.

- Ericsson, A. K. (2006b). Protocol Analysis and Expert Thought. In A. K. Ericsson, N. Charness, P. J. Feltovich & R. R. Hoffman (Eds.), *The Cambridge handbook of expertise and expert performance* (pp. xv, 901). Cambridge ; New York: Cambridge University Press.
- Ericsson, A. K., & Charness, N. (1997). Cognitive and Developmental Factors in Expert Performance. In P. J. Feltovich, K. M. Ford & R. R. Hoffman (Eds.), *Expertise in Context* (pp. 3-41). Menlo Park: AAAI Press / The MIT Press.
- Ericsson, K. A., & Lehman, A. C. (1996). Expert and Exceptional Performance: Evidence of Maximal Adaptation to Task Constraints. *Annual review of Psychology*, *47*, 273-305.
- Ericsson, K. A., & Simon, H. A. (1984). *Protocol analysis : verbal reports as data*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Fallshore, M., & Schooler, J. W. (1995). Verbal Vulnerability of Perceptual Expertise. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *21*(6), 1608-1623.
- Farrow, D., & Abernethy, B. (2002). Can anticipatory skills be learned through implicit video based perceptual training. *Journal of Sports Sciences*, *20*(6), 471 - 485.
- Ferguson, E. S. (1993). *Engineering and the mind's eye* (2. ed.). Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Ferrandez, A. M., Hugueville, L., Lehericy, S., Poline, J. B., Marsault, C., & Pouthas, V. (2003). Basal ganglia and supplementary motor area subsecond duration perception: an fMRI study. *NeuroImage*, *19*(4), 1532-1544.
- Ferreira, M. B., Garcia-Marques, L., & Sherman, S. J. (2006). Automatic and Controlled Components of Judgement and Decision Making. *Journal of Personality & Social Psychology*, *91*(5), 797-813.
- Flin, R., Youngson, G., & Yule, S. (2007). How do surgeons make intraoperative decisions? *Quality and Safety in Health Care*(16), 235-239.
- Franz, V. H., Bulthoff, H. H., & Fahle, M. (2003). Grasp effects of the Ebbinghaus illusion: obstacle avoidance is not the explanation. *Experimental Brain Research*, *149*, 470-477.
- Frensch, P. A., & Runger, D. (2003). Implicit Learning. *Current directions in Psychological Science*.
- Gabrieli, J. (1998). Cognitive neuroscience of human memory. *Annual Review of Psychology*, *49*, 87-115.
- Gero, J. S. (2000). Computational Models of Innovative and Creative Design Processes. *Technological Forecasting and Social Change*, *64*, 183-196.
- Gigerenzer, G., & Regier, T. (1996). How Do We Tell an Association From a Rule?: Comment on Sloman. *Psychological Bulletin*, *119*(1), 23-26.
- Gilhooly, K. J. (1990). Cognitive Psychology and Medical Diagnosis. *Applied Cognitive Psychology*, *4*, 261-272.
- Glaser, B. G. (1992). *Basics of grounded theory analysis : emergence vs forcing*. Mill Valley, Calif.: Sociology Press.
- Gobet, F. (2005). Chunking Models of Expertise: Implications for Education. *Applied Cognitive Psychology*, *19*, 183-204.
- Gobet, F., & Simon, H. A. (1996). The Roles of Recognition Processes and Look-Ahead Search in Time-Constrained Expert Problem Solving:. *Psychological Science*, *7*(1), 52-55.
- Gobet, F., & Simon, H. A. (1996). Templates in Chess Memory: A Mechanism for Recalling Several Boards. *Cognitive Psychology*, *31*, 1-40.
- Gobet, F., & Waters, A. J. (2003). The Role of Constraints in Expert Memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *29*(6), 1082-1094.

- Goldstone, R. L., & Son, J. Y. (2005). The Transfer of Scientific Principles Using Concrete and Idealized Simulations. *Journal of the Learning Sciences*, 14(1), 69-110.
- Gomez, R. L., & Gerken, L. (1999). Artificial grammar learning by 1-year-olds leads to specific and abstract knowledge. *Cognition*, 70(2), 109-135.
- Goodale, M. A., Milner, A. D., Jakobson, L. S., & Carey, D. P. (1991). A neurological dissociation between perceiving objects and grasping them. *Nature*, 349, 154-160.
- Goodale, M. A., Westwood, D. A., & Milner, A. D. (2004). Two distinct modes of control for object-directed action. *Progress in Brain Research*, 144, 131-144.
- Goodwin, C. (1993). The Blackness of Black: Color Categories as Situated Practice. In L. Resnick (Ed.), *Discourse, Tools and Reasoning* (pp. 111-142). Berlin:: Springer-Verlag.
- Gupta, P. (2002). Theoretical and Computational Analysis of Skill Learning, Repetition Priming and Procedural Memory. *Psychological Review*, 109(2), 401-448.
- Gärdenfors, P. (2000). Intuition as Implicit Knowledge. In S. Sandström (Ed.), *Intuitive formation of meaning* (Vol. 48, pp. 140, [144]). Stockho: Konferenser / Kungl. Vitterhets historie och antikvitets akademien.
- Göcker, M. (1997). The effects of experience during design problem solving. *Design Studies*.
- Göransson, K. E., Ehnfors, M., Fonteyn, M. E., & Ehrenberg, A. (2007). Thinking strategies used by Registered Nurses during emergency department triage. *JAN Original research*.
- Göranzon, B. (2006). Tacit Knowledge and Risks. In B. Göranzon, M. Hammarén & J. R. Ennals (Eds.), *Dialogue, skill and tacit knowledge* (pp. 189-203). Chichester, England ; Hoboken, N.J.: John Wiley & Sons Ltd.
- Göranzon, B., Hammarén, M., & Ennals, J. R. (2006). *Dialogue, skill and tacit knowledge*. Chichester, England ; Hoboken, N.J.: John Wiley & Sons Ltd.
- Hamm, A. O., Weike, A. I., Schupp, H. T., Treig, T., Dressel, A., & Kessler, C. (2003). Affective blindsight: intact fear conditioning to a visual cue in a cortically blind patient. *Brain*, 126(2), 267-275.
- Hannula, D. E., Simons, D. J., & Cohen, N. J. (2005). Imaging implicit perception: promise and pitfalls. *Nature Reviews: Neuroscience*, 6, 247-255.
- Hartley, T., Maguire, E. A., Spiers, H. J., & Burgess, N. (2003). The Well-Worn Route and the Path Less Traveled: Distinct Neural Bases of Route Following and Wayfinding in Humans. *Neuron*, 37(5), 877-888.
- Hecht, S. A. (1999). Individual solution processes while solving addition and multiplication math facts in adults. *Memory & Cognition*, 27(6), 1097-1107.
- Hermans, D., Spruyt, A., De Houwer, J., & Eelen, P. (2003). Affective Priming With Subliminally Presented Pictures. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 57(2), 97-114.
- Hetland, L. (2007). *Studio thinking : the real benefits of arts education*. New York: Teachers College Columbia University.
- Heyworth, R. M. (1999). Procedural and conceptual knowledge of expert and novice students for the solving of a basic problem in chemistry. *International Journal of Science Education*, 21(2), 195 - 211.
- Hindle, B. (1981). *Emulation and Invention*. New York: New York University Press.
- Hinds, P. J. (1999). The Curse of Expertise: The effects of Expertise and Debiasing Methods on Predictions of Novice Performance. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 5(2), 205-221.
- Hirshman, E. (2004). Ordinal Process Dissociation and the Measurement of Automatic and Controlled Processes. *Psychological Review*, 111(2), 553-560.

- Hirtz, J., Stone, R. B., McAdams, D. A., Szykman, S., & Wood, K. L. (2002). A functional basis for engineering design. *Research in Engineering Design*(13), 65-82.
- Hmelo-Silver, C. E., & Pfeffer, M. G. (2004). Comparing expert and novice understanding of a complex system from the perspective of structures, behaviours, and functions. *Cognitive Science*, 28, 127-138.
- Ho, C.-H. (2001). Some phenomena of problem decomposition strategy for design thinking: differences between novices and experts. *Design Studies*, 22, 27–45.
- Hoffman, R. R. (1998). How can expertise be defined? In R. Williams, W. Faulkner & J. Fleck (Eds.), *Exploring expertise* (pp. 81-100). New York: Macmillan.
- Hoffman, R. R., Shadbolt, N. R., Burton, A. M., & Klein, G. (1995). Eliciting Knowledge from Experts: A Methodological Analysis. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 62(2), 129-158.
- Ilg, R., Vogeley, K., Goschke, T., Bolte, A., Shah, J. N., Pöppel, E., et al. (2007). Neural processes underlying intuitive coherence judgments as revealed by fMRI on a semantic judgment task. *NeuroImage*, 38(1), 228-238.
- ITEA. (1996). *Technology for All Americans. A rationale and structure for the study of technology*. Reston: International Technology Association.
- Jacobson, M. J. (2001). Problem Solving, Cognition, and Complex Systems: Differences between Experts and Novices. *Complexity*, 6(3), 41-49.
- Jacoby, L. L. (1991). A process dissociation framework: separating automatic from intentional uses of memory. *Memory and Language*(30), 513-541.
- Jacoby, L. L., Toth, J. P., & Yonelinas, A. P. (1993). Separating Conscious and Unconscious Influences of Memory: Measuring Recollection. *Journal of Experimental Psychology: General*, 122(2), 139-154.
- Jenkins, L., & Hoyer, W. J. (2000). Instance-Based Automaticity and Aging: Acquisition, Reacquisition, and Long Term Retention. *Psychology and Aging*, 15(3), 551-565.
- Johannessen, K. S. (1999). *Praxis och tyst kunnande*. Stockholm: Dialoger.
- Johansen, M. K., & Palmeri, T. J. (2002). Are there representational shifts during category learning? *Cognitive Psychology*(45), 482–553.
- Johansson, T., & Kroksmark, T. (1998). *Teacher's intuition in action : how teachers experience action*. Göteborg: Institutionen för metodik Univ.
- Johansson, T., & Kroksmark, T. (2004). Teachers' intuition-in-action: how teachers experience action. *Reflective Practice*, 5(3), 357-381.
- Johnsey, R. (1995). The Design Process – Does it Exist. *International Journal of Design and Technology Education*, 5, 199–217.
- Kagan, D. M. (1988). Teaching as Clinical Problem Solving: A Critical Examination of the Analogy and Its Implications. *Review of Educational Research*, 58(4), 482-505.
- Kahn, I., Yeshurun, Y., Rotshtein, P., Fried, I., Ben-Bashat, D., & Hendler, T. (2002). The Role of the Amygdala in Signaling Prospective Outcome of Choice. *Neuron*, 33(6), 983-994.
- Kahneman, D. (2003). A Perspective on Judgment and Choice: Mapping Bounded Rationality. *American Psychologist*, 58( 9), 697–720.
- Kalish, M. L., Lewandowsky, S., & Kruschke, J. K. (2004). Population of Linear Experts: Knowledge Partitioning and Function Learning. *Psychological Review*, 111(4), 1072–1099.
- Kelly, G. A. (1955). *The psychology of personal constructs*. New York: Routledge.
- Kéri, S. (2003). The cognitive neuroscience of category learning. *Brain Research Reviews*, 43(1), 85-109.

- Kerrins, J. A., & Cushing, K. S. (2000). Taking a Second Look: Expert and Novice Differences When Observing the Same Classroom Teaching Segment a Second Time. *Journal of Personnel Evaluation in Education*, 14(1), 5-24.
- Kibele, A. (2006). Non-consciously controlled decision making for fast motor reactions in sports—A priming approach for motor responses to non-consciously perceived movement features. *Psychology of Sport and Exercise*, 7, 591–610.
- Kimbell, R. (1997). *Assessing technology : international trends in curriculum and assessment*. Buckingham: Open University Press.
- Kimbell, R. (2006). Personlig kommunikation. Stockholm.
- Kimbell, R., Miller, S., Bain, J., Wright, R., Wheeler, T., & Stables, K. (2004). *Assessing Design Innovation*. London: Goldsmiths university of London, department for education and skills.
- King, L., & Appleton, J. (1997). Intuition:a critical review of the research and rhetoric. *Journal of Advanced Nursing*(26), 194-202.
- Klasander, C. (2006). *Innehållsaspekter av systemperspektiv i teknikundervisning en studie av sex olika nationers styrdokument*. Paper presented at the Teknikkonferens, Norrköping.
- Klein, G. (1989). Critical decision method for eliciting knowledge. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 19(3), 462-472.
- Klein, G. (1991). Naturalistic Decision Making. *Human Systems IAC GATEWAY*, 2(3), 16-19.
- Klein, G. (2004). *The power of intuition : how to use your gut feelings to make better decisions at work*. New York: Currency/Doubleday.
- Knowlton, B. J., Squire, L. R., & Gluck, M. A. (1994). Probabilistic category learning in amnesia. *Learning & Memory*, 1, 106-120.
- Koriat, A., & Levy-Sadot, R. (2001). The Combined Contributions of the Cue-Familiarity and Accessibility Heuristics to feeling of Knowing. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 27(1), 34-53.
- Kovordányi, R. (1999). *Modeling and simulating inhibitory mechanisms in mental image reinterpretation : towards cooperative human-computer creativity*. Linköping University, Linköping.
- Kristjánsson, Á., Vuilleumier, P., Schwartz, S., Macaluso, E., & Driver, J. (2007). Neural Basis for Priming of Pop-Out during Visual Search Revealed with fMRI. *Cerebral Cortex*, 17(7), 1612-1624.
- Kroes, P. (1998). Technological explanations: the relation between structure and function of technological objects. *Electronic Journal of the Society for Philosophy and Technology*, 3(3), 11.
- Kroes, P. (2001). Technical Functions as Dispositions: a Critical Assessment. *Electronic Journal of the Society for Philosophy and Technology*, 5(3), 1-16.
- Kroes, P. A. (2002). Design methodology and the nature of technical artefacts. *Design Studies*, 23(3), 287-302.
- Krokmark, T. (1997). *Teacher intuition, didactic intuition*. Göteborg: Institutionen för metodik Univ.
- Krull, E., Oras, K., & Sisask, S. (2007). Differences in teachers' comments on classroom events as indicators of their professional development. *Teaching & Teacher Education*, 23(7), 1038-1050.
- Kuhlmann, S., & Lappe, M. (2006). Recognition of biological motion from blurred natural scenes. *Perception*, 35, 1495-1506.
- Lamme, V. A. F. (2006). Zap! Magnetic tricks on conscious and unconscious vision. *TRENDS in Cognitive Sciences*, 10(5).

- Laudan, R. (1984). *Cognitive change in Technology and Science, The nature of technological knowledge are model of scientific change relevant*. Dordrecht: D.Reidel publication company.
- Laudan, R. (1984). *The Nature of technological knowledge : are models of scientific change*. Dordrecht ; Lancaster: Reidel.
- Lave, J. (1988). *Cognition in practice : mind, mathematics and culture in everyday life*. Cambridge: Cambridge Univ. Press.
- Laycock, R., Crewther, D. P., Fitzgerald, P. B., & Crewther, S. G. (2007). Evidence for Fast Signals and Later Processing in Human V1/V2 and V5/MT+: A TMS Study of Motion Perception. *Journal of Neurophysiology*, 98, 1253–1262.
- Le Doux, J. E. (1996). *The emotional brain : the mysterious underpinnings of emotional life*. New York: Simon & Schuster.
- Lemke, J. L. (1999). *Teaching All the language of Science: Words, Symbols, Images, and Actions.*, from <http://academic.brooklyn.cuny.edu/education/jlemke/papers/barcelon.htm>
- Lewis, S. M. (1999). Cycling in the Zone. *Athletic Insight*, 1(3).
- Lewis, T. (2006). Creativity-A Framework for the Design/problem Solving Discourse in Technology Education. *Journal of Technology Education*, 17(1 Fall), 35-52.
- Lieberman, D. A., Sunnucks, W. L., & Kirk, J. D. J. (1998). Reinforcement Without Awareness: Voice Level. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 51B(4), 301-316.
- Lieberman, M. D. (2000). Intuition: A Social Cognitive Neuroscience Approach. *Psychological Bulletin*, 126(1), 109-137.
- Liedman, S.-E. (2002). *Ett oändligt äventyr : om människans kunskaper* (Ny utg. ed.). Stockholm: Bonnier.
- Light, R. J., & Pillemer, D. B. (1984). *Summing up : the science of reviewing research*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Lindström, L. (2002). *Produkt- och processvärdering i skapande verksamhet*. Unpublished manuscript, Stockholm.
- Lindström, L. (2003). Creativity: What is it? Can teachers asses it? Can it be taught? In W. Rogala & S. Selander (Eds.), *Technology as a challenge for school curricula* (Vol. 11, pp. 200). Stockholm: HLS förl.
- Lindström, L. (2007). Assessing craft and design: “Conceptions of expertise in education and work.”. In A. Havnes & L. McDowell (Eds.), *Balancing Dilemmas in Assessment and learning in Contemporary Education*. London: Routledge.
- Lindström, L., Ulriksson, L., & Elsner, C. (1999). *Portföljvärdering av elevers skapande i bild.(Portfolio Assessment of Students' Creative Skills in the Visual Arts)* (No. 99:488). Stockholm: Skolverket / Liber Distribution.
- Lockhart, R., & Blackburn, B. A. (1993). Implicit Processing in Problem Solving. In P. Graf & M. E. J. Masson (Eds.), *Implicit memory: New directions in cognition, development, and neuropsychology*. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum associates.
- Logan, G. D. (1988). Toward an Instance Theory of Automatization. *Psychological Review*, 95(4), 492-527.
- Logan, G. D. (2002). An Instance Theory of Attention and Memory. *Psychological Review*, 109(2), 376-400.
- Loughran, J. J., Mulhall, P., & Berry, A. (2006). *Understanding and Developing Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge*. Rotterdam: Sense Publishers.
- Low, D. R. (2006). *Innovation and its Interaction with Market Orientation: A study of Australian Manufacturing SMEs*. University of Western Sydney, Sydney.



- Maddox, W. T., & Ashby, F. G. (2004). Dissociating explicit and procedural-learning based systems of perceptual category learning. *Behavioural Processes*, 66(3), 309-332.
- Maddox, W. T., Filoteo, J. V., Lauritzen, J. S., Connally, E., & Hejl, K. D. (2005). Discontinuous Categories Affect Information-Integration but Not Rule-Based Category Learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 31(4), 654-669.
- Makino, H., & Jitsumori, M. (2007). Discrimination of Artificial Categories Structured by Family Resemblances: A Comparative Study in People (*Homo sapiens*) and Pigeons. *Journal of Comparative Psychology*, 121(1), 22-33.
- Markman, A. B., Maddox, W. T., & Worthy, D. A. (2006). Choking and Excelling Under Pressure. *Psychological Science*, 17(11), 944-948.
- Marois, R., & Ivanoff, J. (2005). Capacity limits of information processing in the brain. *TRENDS in Cognitive Sciences*, 9(6), 296-305.
- Marr, A. J. (2001). In the Zone: A Biobehavioral Theory of the Flow Experience. *Athletic Insight*, 3(1).
- Marton, F. (2006). Sameness and Difference in Transfer. *The Journal Of The Learning Sciences*, 15(4), 501-537.
- Marton, F., & Tsui, A. (2004). *Classroom discourse and the space of learning*. Mahwah, N.J.: L. Erlbaum Associates.
- Masters, R. S. W. (1992). Knowledge, knerves and know-how: The role of explicit versus implicit knowledge in the breakdown of a complex motor skill under pressure. *British Journal of Psychology*, 83, 343-358.
- Mathews, R. C., Buss, R. R., Stanley, W. B., Blanchard-Fields, F., Cho, J. R., & Druhan, B. (1989). Role of Implicit and Explicit Processes in Learning From Examples: A Synergistic Effect. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 15(6), 1083-1100.
- Mawson, B. (2003). Beyond 'The Design Process': An Alternative Pedagogy for Technology Education. *International Journal of Technology and Design Education*(13), 117-128.
- McCormick, P. A. (1997). Orienting Attention Without Awareness. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 23(1), 168-180.
- Melcher, J. M., & Schooler, J. W. (1996). The Misremembrance of Wines Past: Verbal and Perceptual Expertise Differentially Mediate Verbal Overshadowing of Taste Memory. *Journal of Memory and Language*, 35, 231-245.
- Meulemans, T., & Van der Linden, M. (2003). Implicit learning of complex information in amnesia. *Brain and Cognition*, 52, 250-257.
- Meulemans, T., Van der Linden, M., & Perruche, P. (1998). Implicit Sequence Learning in Children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 69, 199-221.
- Middleton, H. (1998). *The Role of Visual Mental Imagery in Solving Complex Problems in Design*. Griffith University, Brisbane.
- Middleton, H. (2002). Complex problem solving in a workplace setting. *International Journal of Educational Research*, 37, 67-84.
- Middleton, H. (2003). Developing problem-solving skills. In J. Stevenson (Ed.), *Developing vocational expertise* (pp. 135-152). Rows Nest, Australia,: Allen & Unwin.
- Middleton, H. (2005). Creative Thinking, Values and Design and Technology Education. *International Journal of Technology and Design Education*(15), 61-71.
- Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. *The Psychological Review*, 63(1), 81-97.
- Milner, A. D. (2004). Visual Systems: Dorsal and Versal. *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences*, 16285-16288.

- Milner, A. D., & Goodale, M. A. (2008). Two visual systems re-viewed. *Neuropsychologia*, 46(3.), 774-785.
- Mioduser, D., & Dagan, O. (2007). The effect of alternative approaches to design instruction (structural or functional) on students' mental models of technological design processes. *International Journal of Technology and Design Education*(17), 135-148.
- Mitchell, D. B. (2006). Nonconscious Priming After 17 Years: invulnerable Implicit Memory? *Psychological Science*, 17(11), 925–929.
- Molander, B. (1996). *Kunskap i handling* (2., omarb. uppl. ed.). Göteborg: Daidalos.
- Morris, J. S., Ohman, A., & Dolan, R. J. (1999). A subcortical pathway to the right amygdala mediating 'unseen' fear. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 96, 1680–1685.
- Moss, J., Kotovsky, K., & Cagan, J. (2006). The Role of Functionality in the Mental Representations of Engineering Students: Some Differences in the Early Stages of Expertise. *Cognitive Science*, 30, 65–93.
- Mullen, R., Hardy, L., & Oldham, A. (2007). Implicit and explicit control of motor actions: Revisiting some early evidence. *British Journal of Psychology*, 98, 141–156.
- Nakic, M., Smith, B. W., Busis, S., Vythilingam, M., & Blair, R. J. R. (2006). The impact of affect and frequency on lexical decision: The role of the amygdala and inferior frontal cortex. *NeuroImage*, 31, 1752 – 1761.
- Neuman, D. (1989). *Räknefärdighetens rötter*. Stockholm: Utbildningsförlaget.
- Newell, A., & Simon, H. A. (1972). *Human Problem Solving*. NJ: Prentice Hall.
- Nicholls, A. R., Polman, R. C. J., & Holt, N., L. (2005). The Effects of Individualized Imagery Interventions on Golf Performance and Flow States. *Athletic Insight*, 7(1).
- Nicolas, S. (1996). Experiments on Implicit Memory in a Korsakoff Patient by Claparède (1907). *Cognitive Neuropsychology*, 13(8), 1193-1199.
- Nielsen, L., & Kaszniak, A. W. (2006). Awareness of Subtle Emotional Feelings: A Comparison of Long-Term Meditators and Nonmeditators. *Emotion*, 6(3), 392-405.
- Nightingale, P. (1998). A cognitive model of innovation. *Research Policy*(27), 689–709.
- Nilsson, P. (2008). Recognizing the needs - Student teachers' learning to teach from teaching. *Nordic Studies in Science Education*, 4(1), 92-107.
- Nisbett, R. E., & Wilson, T. D. (1977). Telling more than we can know: Verbal reports on mental processes. *Psychological Review*, 84(3).
- Nomura, E., Maddox, W., Filoteo, J. A., Gitelman, I., D., Parrish, T., Mesulam, M.-M., et al. (2007). Neural Correlates of Rule-Based and Information-Integration Visual Category Learning. *Cereb Cortex*, 17, 37-43.
- Norman, G. (2005). Research in clinical reasoning: past history and current trends. *Medical Education*(39), 418–427.
- Norman, G. R., & Brooks, L. R. (1997). The Non-Analytical Basis of Clinical Reasoning. *Advances in Health Sciences Education*(2), 173–184.
- Norman, G. R., Brooks, L. R., & Colle, C. L. (2000). The Benefit of Diagnostic Hypotheses in Clinical Reasoning. *Cognition and Instruction*, 17(4), 433-448.
- Northoff, G., Grimm, S., Boeker, H., Schmidt, C., Bermpohl, F., Heinzl, A., et al. (2006). Affective Judgment and Beneficial Decision Making: Ventromedial Prefrontal Activity Correlates With Performance in the Iowa Gambling Task. *Human Brain Mapping*, 27, 572–587.
- Nosofsky, R. M., & Zaki, S. R. (2002). Exemplar and prototype models revisited: Response strategies, selective attention, and stimulus generalization. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*(28), 924–940.
- Orrell, A. J., Eves, F. F., & Masters, R. S. W. (2006). Motor Learning of a Dynamic Balancing Task After Stroke. *Physical Therapy*, 86(3).

- Orrell, A. J., Eves, F. F., Masters, R. S. W., & Macmahon, K. M. M. (2007). Implicit sequence learning processes after unilateral stroke. *Neuropsychological Rehabilitation, 17*(3), 335–354.
- Paas, F., Renkl, A., Sweller, J. (2003). Load Theory and Instructional Design: Recent Developments. *Educational Psychologist, 38*(1), 1-4.
- Packard, M. G., & Wingard, J. C. (2004). Amygdala and “emotional” modulation of the relative use of multiple memory systems. *Neurobiology of Learning and Memory, 82*, 243–252.
- Pacton, S., Fayol, M., & Perruche, P. (2005). Children’s Implicit Learning of Graphotactic and Morphological Regularities. *Child Development, 76*(2), 324 – 339.
- Pasley, B. N., Mayes, L. C., & Schultz, R. T. (2004). Subcortical Discrimination of Unperceived Objects during Binocular Rivalry. *Neuron, 42*(1), 163-172.
- Patalano, A. L., Smith, E. E., Jonides, J., & Koeppel, R. A. (2001). PET evidence for multiple strategies of categorization. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience, 1*(4), 360-370.
- Peigneux, P., Maquet, P., Meulemans, T., Destrebecqz, A., Laureys, S., Degueldre, C., et al. (2000). Striatum Forever, Despite Sequence Learning Variability: A Random Effect Analysis of PET Data. *Human Brain Mapping*(10), 179–194.
- Penner, D. E. (2000). Explaining Systems: Investigating Middle School Students' Understanding of Emergent Phenomena. *Journal of Research in Science Teaching, 37*(8), 784-806.
- Perkins, D. N., & Salomon, G. (1989). Are Cognitive Skills Context-Bound? *Educational Researcher, 18*(1), 16-25.
- Peterson, L., & Peterson, M. J. (1959). Short-term retention of individual verbal items. *Journal of Experimental Psychology, 58*(3).
- Petersson, B. (1994). *Forskning och etiska koder: en introduktion till forskningsetik*. Nora: Nya Doxa.
- Petroski, H. (1996). *Invention by Design*. Cambridge: Harvard University Press.
- Phelps, E. A., & LeDoux, J. E. (2005). Contributions of the Amygdala to Emotion Processing: From Animal Models to Human Behavior. *Neuron, 48*(2), 175-187.
- Pines, D., & Laughlin, R. B. (2000). The Theory of Everything. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA, 97*, 28-31.
- Polanyi, M. (1966). *The Tacit Dimension*. Gloucester, Mass.: Doubleday & Company, Inc.
- Poolton, J. M., Masters, R. S. W., & Maxwell, J. P. (2006). The influence of analogy learning on decision-making in table tennis: Evidence from behavioural data. *Psychology of Sport and Exercise, 7*, 677–688.
- Priest, A. G. (1992). New light on novice-expert differences in physics problem solving. *British Journal of Psychology*(83), 389-405.
- Rauch, S. L., Savage, C. R., Brown, H. D., Curran, T., Alpert, N. M., Kendrick, A., et al. (1995). A PET investigation of implicit and explicit sequence learning. *Human Brain Mapping, 3*(4), 271 - 286.
- Reber, A. S. (1967). Implicit learning of artificial grammars. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*(6), 855-863.
- Reber, A. S. (1989). Implicit learning and tacit knowledge. *Journal of Experimental Psychology: General*(118), 219-235.
- Reber, R., Ruch-Monachon, M.-A., & Perrig, W. J. (2006). Decomposing intuitive components in a conceptual problem solving task. *Consciousness and Cognition, In press*.
- Redington, M., & Chater, N. (1996). Transfer in Artificial Grammar Learning: A Reevaluation. *Journal of Experimental Psychology: General, 125*(2), 123-138.

- Reingold, E. M., Charness, N., Schultetus, R. S., & Stampe, D. M. (2001). Perceptual automaticity in expert chess players: Parallel encoding of chess relations. *Psychonomic Bulletin & Review*, 8(3), 504-510.
- Rischel, V., Larsen, K., & Jackson, K. (2008). Embodied dispositions or experience? Identifying new patterns of professional competence. *Journal of Advanced Nursing*, 61(5), 512–521.
- Roediger, H. L. (1990). Implicit memory: Retention without remembering. *American Psychologist*, 45, 1043-1056.
- Rogan, M. T., Leon, K. S., Perez, D. L., & Kandel, E. R. (2005). Distinct Neural Signatures for Safety and Danger in the Amygdala and Striatum of the Mouse. *Neuron*, 46(2), 309-320.
- Rolf, B. (1991). *Profession, tradition och tyst kunskap*, . Övre Dalkarlshyttan S71392 Sverige: Bokförlaget Nya Doxa AB.
- Rovee-Collier, C. K., Hayne, H., Colombo, M., & ebrary Inc. (2001). *The development of implicit and explicit memory*. Amsterdam ; Philadelphia, PA: John Benjamins Pub. Co.
- Ryle, G. (1949). *The concept of mind* (13. impr. ed.). London: Hutchinson.
- Sabers, D. S., Cushing, K. S., & Berliner, D. C. (1991). Differences among Teachers in a Task Characterized by Simultaneity, Multidimensionality, and Immediacy. *American Educational Research Journal*, 28(1), 63-88.
- Sato, M., Akita, K., & Iwakawa, N. (1993). Practical Thinking Styles of Teachers: A Comparative Study of Expert and Novice Thought Processes and Its Implications for Rethinking Teacher Education in Japan. *Peabody Journal of Education*, 68(4), 100-110.
- Savelsbergh, G. J. P., Williams, A. M., Van Der Kamp, J., & Ward, P. (2002). Visual search, anticipation and expertise in soccer goalkeepers. *Journal of Sports Sciences*, 20(3), 279 - 287.
- Schacter, D. L. (1992). Understanding Implicit Memory: A Cognitive Neuroscience Approach. *American Psychologist*, 47(4), 559-569.
- Schacter, D. L. (1995). Implicit memory: a new frontier for cognitive neuroscience. In M. S. Gazzaniga (Ed.), *The Cognitive Neurosciences*. Bradford, Massachusetts.
- Schendan, H. E., Searl, M. M., Melrose, R. J., & Stern, C. E. (2003). An fMRI Study of the Role of the Medial Temporal Lobe in Implicit and Explicit Sequence Learning. *Neuron*, 37(6), 1013-1025.
- Schmidt, H. G., & Boshuizen, H. P. A. (1993). On Acquiring Expertise in Medicine. *Educational Psychology Review*(5), 1-17.
- Schoenbaum, G., & Roesch, M. (2005). Orbitofrontal Cortex, Associative Learning, and Expectancies. *Neuron*, 47(5).
- Schon, D. A. (1987). *The Reflective Practitioner*. London: Temple Smith.
- Schooler, J. W., Ohlsson, S., & Brooks, K. (1993). Thoughts Beyond Words: When Language Overshadows Insight. *Journal of Experimental Psychology: General*, 122(2), 165-183.
- Schultz, J., Säljö, R., & Wyndhamn, J. (2001). Heavenly Talk: Discourse, Artifacts, and Children's Understanding of Elementary Astronomy. *Human Development* 2001, 44, 103-118.
- Schultz, W. (2002). Getting Formal with Dopamine and Reward. *Neuron*, 36(2), 241-263.
- Schunn, C. D., Reder, L. M., Nhoyvanisvong, A., Richards, D. R., & Stroffolino, P. J. (1997). To Calculate or Not to Calculate: A Source Activation Confusion Model of Problem Familiarity's Role in Strategy Selection. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 23(1), 3-29.

- Sciama, S. C., Semenza, C., & Butterworth, B. (1999). Repetition priming in simple addition depends on surface form and typicality. *Memory & Cognition*, 27(1), 116-127.
- Seger, C. A. (1994). Implicit Learning. *Psychological Bulletin*, 115(2), 163-196.
- Seger, C. A. (2006). The Basal Ganglia in Human Learning. *The Neuroscientist*, 12(4), 285-290.
- Seger, C. A., & Cincotta, C. M. (2006). Dynamics of Frontal, Striatal, and Hippocampal Systems during Rule Learning. *Cereb Cortex*, 16, 1546 - 1555.
- Shohamy, D., Myers, C. E., Kalanithi, J., & Gluck, M. A. (2008). Basal ganglia and dopamine contributions to probabilistic category learning. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 32(2), 219-236.
- Siegler, R. S., & Stem, E. (1998). Conscious and Unconscious Strategy Discoveries: A Microgenetic Analysis. *Journal of Experimental Psychology: General*, 127(4), 377-397.
- Simon, H. A., & Gilmarin, K. J. (1973). A simulation of memory for chess positions. *Cognitive Psychology*, 5, 29-46.
- Simon, H. A., & Gobet, F. (1996). The roles of recognition processes and look-ahead search in time-constrained expert problem solving, Evidence from Grand-Master-Level Chess. *Psychological Science*, 7(1).
- Simons, D. J., & Chabris, C. F. (1999). Gorillas in our midst: sustained in attentional blindness for dynamic events. *Perception*, 28, 1059 -1074.
- Simons, D. J., & Rensink, R. A. (2005). Change blindness: past, present, and future. *TRENDS in Cognitive Sciences*, 9(1), 16-20.
- Skinner, B. F. (1935). Two Types of Conditioned Reflex and a Pseudo Type. *Journal of General Psychology*(12), 66-77.
- Skogh, I.-B. (2006, 2006-09-04). *Värdering av elevers kreativitet och innovativa förmåga : Svenska erfarenheter av ett engelskt bedömningsinstrument*. Retrieved 03-25, 2007, from <http://www.ep.liu.se/ecp/017/003/>
- Skolverket. (2000). *Grundskolan:kursplaner och betygskriterier*. Stockholm: Fritzes.
- Skolverket. (2001). *Kursplan för ämnet Teknik i grundskolan 2000-07*. Retrieved 03-25, 2007, from [www.skolverket.se](http://www.skolverket.se)
- Slooman, S. A. (1996). The empirical case for two systems of reasoning. *Psychological Bulletin*(119), 3-22.
- Smith, A. P. R., Stephan, K. E., Rugg, M. D., & Dolan, R. J. (2006). Task and Content Modulate Amygdala-Hippocampal Connectivity in Emotional Retrieval. *Neuron*, 49(4), 631-638.
- Smith, J. D., Redford, J. S., Washburn, D. A., & Tagliabue, L. A. (2005). Specific-Token Effects in Screening Tasks: Possible Implications for Aviation Security. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 31(6), 1171-1185.
- Squire, L. R. (2004). Memory systems of the brain:A brief history and current perspective. *Neurobiology of Learning and Memory*(82), 171-177.
- Stapel, D. A., & Blanton, H. (2004). From Seeing to Being: Subliminal Social Comparisons Affect Implicit and Explicit Self-Evaluations. *Journal of Personality and Social Psychology*, 87(4), 468-481.
- Starrin, B., Larsson, G., Dahlgren, L., & Styrborn, S. (1991). *Från upptäckt till presentation*. Lund: Studentlitteratur.
- Steffl, M. E. (2003). Expert Leaders for Healthcare Administration. *Healthcare Papers*, 4(1), 59-63.
- Sternberg, R. J. (1998). Abilities Are Forms of Developing Expertise. *Educational Researcher*, 27(3), 11-20.

- Stevenson, J. (2003). Expertise for the workplace. In J. Stevenson (Ed.), *Developing vocational expertise* (pp. 3-25). Rows Nest Australia: Allen & Unwin.
- Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 18(6), 643-662.
- Suh, N. P. (1998). Axiomatic Design Theory for Systems. *Research in Engineering Design*(10), 189–209.
- Sun, R., Slusarz, P., & Terry, C. (2005). The Interaction of the Explicit and the Implicit in Skill Learning: A Dual-Process Approach. *Psychological Review*, 112(1), 159-192.
- Sun, R., Zhangb, X., Slusarz, P., & Mathewsc, R. (2007). The interaction of implicit learning, explicit hypothesis testing learning and implicit-to-explicit knowledge extraction. *Neural Networks*(20), 34-47.
- Surguladze, S. A., Brammer, M. J., Young, A. W., Andrew, C., Travis, M. J., Williams, S. C. R., et al. (2003). A preferential increase in the extrastriate response to signals of danger. *NeuroImage*, 19(4), 1317-1328.
- Swan, L., Otani, H., Loubert, P. V., Sheffert, S. M., & Dunbar, G. L. (2004). Improving balance by performing a secondary cognitive task. *British Journal of Psychology*(95), 31-40.
- Sweller, J., & Cooper, G. A. (1985). The Use of Worked Examples as a Substitute for Problem Solving in Learning Algebra. *Cognition and Instruction*, 2(1), 59-89.
- Säljö, R. (2000). *Lärande i praktiken*. Stockholm: Prisma.
- Tenenbaum, G., Tehan, G., Stewart, G., & Christensen, S. (1999). Recalling a Floor Routine: The Effects of Skill and Age on Memory for Order. *Applied Cognitive Psychology*, 13, 101-123.
- Thorndike, E. L., & Woodworth, R. S. (1901). The influence of improvement in one mental function upon the efficiency of other functions. *Psychological Review*, 8(3), 247-261.
- Thunholm, P. (2003a). Decision Making Under Time Pressure: To Evaluate or Not to Evaluate Three Options Before The Decision is Made?
- Thunholm, P. (2003b). Planning Under Time Pressure: An Attempt Toward a Prescriptive Model of Military Tactical Decision Making. In H. Montgomery, R. Lipshitz & B. Brehmer (Eds.), *How Experts Make Decisions*. New Jersey: Lawrence Erlbaum.
- Tomlinson, P. (1999). Conscious Reflection and Implicit Learning in Teacher preparation I: Recent Light on an Old Issue. *Oxford Review of Education*, 25(3), 405-424.
- Tricomi, E., Delgado, M. R., McCandliss, B., McClelland, J. L., & Fiez, J. A. (2006). Performance Feedback Drives Caudate Activation in a Phonological Learning Task. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 18(6), 1029-1043.
- Tulving, E., & Schacter, D. L. (1990). Priming and Human Memory System. *Science*, 247(4940), 301-306.
- Tulving, E., Schacter, D. L., & Stark, H. A. (1982). Priming effects in word-fragment completion are independent of recognition memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 8, 336–342.
- Tunney, R. J. (2003). Implicit and Explicit Knowledge Decay at Different Rates: A Dissociation Between Priming and Recognition in Artificial Grammar Learning. *Experimental Psychology*, 50(2), 124-130.
- Utbildningsdepartementet. (1994). *Läroplaner för det obligatoriska skolväsendet och de frivilliga skolformerna : Lpo 94 : Lpf 94*. Stockholm: Utbildningsdep. : Fritze.
- Wallas, G. (1949). *The art of thought*. London,: Watts & co.
- Wallén, G. (1996). *Vetenskapsteori och forskningsmetodik*. Lund: Studentlitteratur.
- Wan, C. Y., & Huon, G. F. (2005). Performance degradation under pressure in music:an examination of attentional processes. *Psychology of Music*, 33(2), 155-172.

- Van Someren, M. W., Barnard, Y. F., & Sandberg, J. A. C. (1994). *The think aloud method. A practical guide to modelling cognitive processes*. London: Academic Press.
- van Zuijen, T. L., Simoens, V. L., Paavilainen, P., Nätänen, R., & Tervaniemi, M. (2006). Implicit, Intuitive, and Explicit Knowledge of Abstract Regularities in a Sound Sequence: An Event-related Brain Potential Study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 18(8), 1292-1303.
- Vecchio, N. D., Liporace, J., Nei, M., Sperling, M., & Tracy, J. (2004). A Dissociation between Implicit and Explicit Verbal Memory in Left Temporal Lobe Epilepsy. *Epilepsia*, 45(9), 1124-1133.
- Weiskrantz, L. (1996). Blindsight revisited. *Current Opinion in Neurobiology*, 6(2), 215-220.
- Weiskrantz, L. (2002). Prime-sight and blindsight. *Consciousness and Cognition*, 11, 568-581.
- Werner, S., & Thies, B. (2000). Is "Change Blindness" Attenuated by Domain-specific Expertise? An Expert-Novices Comparison of Change Detection in Football Images. *Visual Cognition*, 7(1), 163 - 173.
- Vetenskapsrådet. (2002). *Forskningsetiska principer inom humanistisk-samhällsvetenskaplig forskning*. Stockholm: Vetenskapsrådet.
- William, D. (2006). The half-second delay: what follows? *Pedagogy, Culture & Society*, 14(1), 71 - 81.
- Williams, A. M., Hodges, N. J., North, J. S., & Barton, G. (2006). Perceiving patterns of play in dynamic sport tasks: Investigating the essential information underlying skilled performance. *Perception*, 35, 317-332.
- Williams, P. J. (2000). Design: The Only Methodology of Technology? *International Journal of Technology Education*, 11(2), 48 - 60.
- Wilson, T. D., Hodges, S. D., & Suzanne, J., L. (1995). Effects of Introspecting About Reasons: Inferring Attitudes From Accessible Thoughts. *Journal of Personality and Social Psychology*, 69(1), 16-28.
- Wilson, T. D., & Schooler, J. W. (1991). Thinking Too Much: Introspection Can Reduce the Quality of Preferences and Decisions. *Journal of Personality and Social Psychology*, 60(2), 181-192.
- Vincenti, W. G. (1990). *What engineers know and how they know it : analytical studies from aeronautical history*. Baltimore: Johns Hopkins Univ. Press.
- Winner, E. (2003). Habits of Mind. In S. p. lhs (Ed.) (pp. Beskrivning av ett pågående forskningsprojekt kring konstlärarens "dolda" agendor). Stockholm.
- Vinter, A., & Perruchet, P. (2000). Implicit Learning in Children Is Not Related to Age: Evidence from Drawing. *Child Development*, 71(5), 1223-1240.
- Voermans, N. C., Petersson, K. M., Daudey, L., Weber, B., Spaendonck, K. P. v., Kremer, H. P. H., et al. (2004). Interaction between the Human Hippocampus and the Caudate Nucleus during Route Recognition. *Neuron*, 43(3), 427-435.
- Volz, K., G., & Von Cramon, D. Y. (2006). What Neuroscience Can Tell about Intuitive Processes in the Context of Perceptual Discovery. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 18(12), 2077-2087.
- Woodman, G. F., & Chun, M. M. (2006). The role of working memory and long-term memory in visual search. *Visual Cognition*, 14(4), 808 - 830.
- Vuilleumier, P. (2005). How brains beware: neural mechanisms of emotional attention. *TRENDS in Cognitive Sciences*, 9(12), 585-594.
- Wulf, G., & Prinz, W. (2001). Directing attention to movement effects enhances learning: A review. *Psychonomic Bulletin & Review*, 8(4), 648-660.
- Yin, H. H., & Knowlton, B. J. (2006). The role of the basal ganglia in habit formation. *Nature reviews Neuroscience*, 7, 464-476.

- Yonelinas, A. P., Otten, L. J., Shaw, K. N., & Rugg, M. D. (2005). Separating the Brain Regions Involved in Recollection and Familiarity in Recognition Memory. *The Journal of Neuroscience*, 25(11), 3002–3008.
- Young, J. A., & Pain, M. D. (1999). The Zone: Evidence of a Universal Phenomenon for Athletes Across Sports. *Athletic Insight*, 1(3).
- Zeithamova, D., & Maddox, W. T. (2006). Dual-task interference in perceptual category learning. *Memory & Cognition*, 34(2), 387-398.
- Zimmerman, M. (1989). The nervous system in the context of information theory. In R. F. Schmidt & T. G. (Eds.), *Human physiology* (pp. 166–173). Berlin: Springer.
- Öhman, A. (2002). Automaticity and the Amygdala: Nonconscious Responses to Emotional Faces. *Current directions in Psychological Science*, 11(2), 62-66.





## Bilaga 1 The Repertory Grid Technique

Här följer en engelsk text *THE REPERTORY GRID TECHNIQUE: Making Tacit Knowledge Explicit: Assessing Creative work and Problem solving skills*, som blivit publicerad som ett kapitel i *Researching Technology Education: Methods and techniques* (Björklund, 2008).

Texten beskriver den intervjumetod jag har använt, som kan användas för att lyfta tyst och dold kunskap. I kapitel sju hänvisar jag till en studie av två tekniklärare som redovisas här. Texten har granskats av internationella experter.

LARS BJÖRKLUND

## THE REPERTORY GRID TECHNIQUE

*Making Tacit Knowledge Explicit: Assessing Creative work and Problem solving skills.*

### INTRODUCTION

By describing a not so known method of interview, Repertory Grid Technique, the author shows how to elicit underlying, often tacit criteria's that professional teachers use when they assess creative work. It seems plausible that these criteria's can be used to enhance the student's development from a novice to an expert. Some of these criteria may have an universal value for the development of skill and creativity in school subjects other than Technology, Art and Craft. The results of further studies also indicate a progression of teachers assessing skills.

Most subjects in modern school have an element of creative work. It is a goal of many curricula, to enhance skill and to foster the ability to design and innovate. In Art and Craft Education this goal plays a major role but it is important in other subjects as well. During the last two decades a new comprehensive subject, "Technology" or "Design and Technology", has been introduced in many countries. In these curricula creative design is a core activity. But, what is creativity? Can it be defined in words? Can it be evaluated? Does any development occur? Can creativity really be taught? These questions are important to address. In the curriculum for the Swedish subject "Teknik" knowledge on these items seems to be taken for granted. The description of the design process is vague:

A practical and inquiry based work will illustrate the design process; Defining the problem, forming a hypothesis, planning, prototyping, testing and modification. (Education, 2000)

This is a criticized, simplified, prescriptive and linear description of the design process. Studies of professional designers in action shows that the processes are not linear, they are reiterative and very individual. (Mawson, 2003; Middleton, 2005; Petroski, 1996; Williams, 2000)

Traditionally, assessing the finished product, the constructed artefact, the painting, the model of a bridge has been the way to assess creative work. This will grade the students but will not give any useful clues or feedback to the student as it is focusing on the end result and ignores the process of making. To be able to assess

process we need to know more about the strategies, the skills, the abilities, and the habits of mind of experts in the designing task. What behaviour is to be promoted and which signs of progression are to be identified? At first it seems as every design task is unique but studies of experts in different areas show that there are common properties and behaviour to be seen. An interesting study on Art teachers' criteria for creativity and "habits of mind" was done by Lars Lindström and is described later on in this chapter. (L. Lindström, Ulriksson, & Elsner, 1999)

When you study novices becoming experts you will recognize a development and often a change in behaviour during problem solving activities. (Dreyfus and Dreyfus 1986) The experts seem to be able to concentrate on the salient features of the task, they act fast and proficient and they share some important habits of mind controlling their design process. (Middleton, 2002) Another characteristic of an expert is the inability to verbalize the know how, it's tacit.

Yvonne Hillier describes the use of Personal Construct Theory and Kelly's Repertory Grid as a method for making explicit the tacit, implicit, and informal theories that underlie experts practice. She demonstrates that Kelly's Repertory Grid is an appropriate tool for eliciting informal practitioner theory, which is derived from personal constructs and factors. It is a particularly effective method of reflective practice, providing a focus without imposing structures by the interviewer. It provides a rich source of interpretative data, which can be explored collaboratively with the respondents. From this, propositions can be derived which can be tested. These propositions and tenets form the basis of informal practitioner theory. This methodology may provide the means by which formal theories of adult education can be informed by practical knowledge. (Hillier, 1998)

This chapter will describe the Repertory Grid Technique (RepGrid), the theories behind it, some illustrative examples and the merits and drawbacks of the method. It will end in a review of different uses of the method and an annotated bibliography of some research studies of relevance.

## BACKGROUND

*Experts and Tacit knowledge*

In recent years the interest in expertise and proficiency has been raising, in educational research, knowledge management as well as in cognitive science.

John Stevenson defines expertise as the ability to do something well - better than others just starting out on the undertaking (Stevenson, 2003), He proposes several interesting research questions;

What do we mean by doing something well?

What enables an individual to do something well?

Why does this capacity improve with practice?

Is this capacity confined to a specific field, or is it general?

Can the capacity be learned, and how?

Where is it located?

The quest of eliciting knowledge from experts has eluded science since the beginning of the development of artificial intelligence in the sixties. The database of Expert Systems had to be loaded with knowledge from human experts and these experts seemed to be unwilling to tell about their secrets and methods. When you are using standard interview techniques you are probing the conscious, rational and logic mind of the interviewee. The informant may want to please you and tell you what is appropriate, logic and sound. Your data will be full of general rules and standard procedures and not the individuals' own subjective way of coping with problems. His know how or procedural knowledge is hidden even for him, it is tacit.

We know more than we can tell. (Polanyi, 1966)

This knowledge is apprehended unconsciously in an implicit way often outside our own awareness. It is also used in an automatic way and is therefore difficult to elicit by introspection. In Cognitive Science dual cognitive systems theories has matured during the last 20 years and has given us new ways of understanding tacit knowledge, expertise, intuition, insight and automation. (Cronin, 2004; Epstein, Lipson, Holstein, & Huh, 1992; Ericsson & Charness, 1997; Lieberman, 2000; Nightingale, 1998; Reber, 1989; Sloman, 1996; Sun, Slusarz, & Terry, 2005) Tacit

knowledge may in a very simplified model be described in the following manner. Individuals store sensory information in implicit memory as signal pattern together with an emotional qualitative assessment of the event. This gives them a tool to make meaning of phenomena in the world just by the recognition of the sensory pattern they experience and what is stored in their implicit library of old experiences. In this way we "learn" what is dangerous and what is not, what is beautiful and what is ugly, what is eatable and not. We learn to recognize faces and scenes, sounds and odours. This kind of knowledge might be referred to as patterns of data or information, a "sensogram". There isn't any conscious perception in the classical sense just recognition of similarities and differences with old exemplars. Polanyi, who minted the expression Tacit knowledge, writes about this proximal knowledge that is insignificant by it self, but points to something more important, some distant meaning. The knowledge is contextual and situated as it is apprehended in practice. The professional craftsman learns to feel, listen and smell to decide when the artefact is finished. The surgeon knows how sick tissue feels when she is cutting with the scalpel. The dentist learns how the drill sounds when he reaches fresh pulp. This sensory information is used in several feedback processes and is stored as patterns of sensory information. In the progression from novice to expert this kind of implicit learning is essential. (Dreyfus & Dreyfus, 1986)

In the stored "sensogram" there may also be a documentation of internal sensory signals, of how much adrenalin is pumping, which muscles are activated at the moment and other things. This may be used in automatic response- and feedback-system, of the kind that Skinner and Pavlov were describing. The modern experimental psychologist research differs from the behavioural-movement by allowing, memories and emotions into the stimuli-response process.

If we want to elicit this kind of pattern-knowledge we can't use ordinary interview techniques. The information is not stored in a verbal form and the interviewee maybe doesn't even know it's there and is controlling his decisions and actions.

"Not only in artistic judgement but in all our ordinary judgements of the qualities of things, we recognise and describe deviations from a norm very much more clearly than we can describe the norm itself". (Schon, 1987)

This is because our ability to recognize patterns and familiarity in an area of our own expertise is strong. We may not always know why but intuitively we feel what is good, bad, beautiful, sloppy, clear, original etc.

The idea that man is behaving as a sort of scientist, recognizing patterns or criteria's to assess the phenomena of the world is older than these findings of modern cognitive science. In the first part of the 20th century an American psychologist, George Kelly, formulated the Personal Construct Psychology, a psychological theory that tried to explain why people have different views and attitudes towards events in the world. (Kelly, 1955) Kelly claimed that people during their upbringing make use of very personal criteria's, construct that they use

to construe a meaningful world. A construct is not the same as a concept; it is defined as at the same time a similarity and a difference. A construct with one pole described as "a friend" must be described with its contrasting poles and since the opposite of a "friend" could be "foe" but also an "acquaintance" the bipolarity is essential. The opposite of "good" could be "evil" but also "bad" or "nasty".

Kelly designed a method to elicit personal constructs, The Role Construct Repertory Test. The method has been redefined and developed by himself and others and is now known under the name of Repertory Grid Technique (RGT).

RGT has been used in clinical psychology for more than 50 years but has since the 1960's found new use in a variety of research areas. The findings from experimental psychology and cognitive science on implicit learning and knowledge, the ideas of dual cognitive systems and the interest in tacit knowledge have given rise to new expectations for the use of the method. (Gaines & Shaw, 2003) The RGT identifies perceptions, together with associated feelings and intuitions held about the issue in question. Kelly's theory and technique have both been used to explore management and intuitions, which affect behaviour in fields as diverse as quality assurance, performance appraisal, new product development, and consumer choice. (Jankowicz & Hisrich, 1987)

The use of the RGT involves agreement on a topic; the identification or provision of a series of cases, examples, or, in Kelly's terminology, "Elements"; and the use of a tightly structured interview in which a systematic comparison of elements enables the respondent to identify "Constructs," i.e., the ways he or she has of making sense of, or construing, the elements. Constructs are frequently expressions of intuitions, "gut feelings," and perceptions, which the individual uses as a guide to action, without necessarily having verbalized them explicitly prior to the interview. There are several software packages that administrate the eliciting process and also supply the researcher with different statistical tools.

It is possible to do it manually though. The elements are written on separate cards, three cards are selected, tryading, and the subject is asked if two of them share something that separates them from the third element. This property of the two similar elements has to be verbalized into an emergent pole of the construct. The subject is asked to name the opposite of this and this names the implicit or contrast pole of the construct. All elements in the set are rated with this bipolar construct as a yardstick, either to one of the poles, a dichotomy, or on a continuous scale between the poles, a Lickert scale, of 5, 7, 9 or more steps. The result is recorded as an array in the first row in a Repertory Grid. This procedure is repeated until the construct generation is exhausted, or the subject is. It is possible to evaluate small grids manually and some authors think this is essential for the understanding of the method.(Jankowicz, 2004)

The following examples were made using the free version of RepGrid IV that could be downloaded from <http://www.repgrid.com> Another free software, a web based package is WEBGRID III that could be accessed at: <http://tiger.cpsc.ucalgary.ca:1500/WebGrid/WebGrid.html>

TO MAKE A REPERTORY GRID INTERVIEW, AN ILLUSTRATIVE EXAMPLE

*Research question of the study*

The Swedish National curriculum of "Teknik" is goal oriented, emphasizing documented learning outcome even on the development of design abilities and creativity. We ask: What kind of criteria's do teachers in the Swedish school use when they are assessing and grading a design and construction project in the subject "Teknik".

*Background*

In a comprehensive, lower secondary school in a medium large Swedish city, a class of 15-16 year old students had been working with a project in technology and design. It consisted of two different parts; first an electronic alarm was built following supplied plans and schematics. The teacher delivered the components and the material for the soldering task. The second part of the project was more creative and free. The electronic alarm was to be put into use in a context. This context, a lighthouse, a car, a secret diary etc, was to be designed and built in the form of a model using different kind of materials. The students were working on individual projects but were allowed to support each other in the tasks.

The subjects of the interview were two experienced teachers, a male and a female. They did not have any special training in the subject Teknik, but were, as a majority of Swedish teachers of Teknik, trained in Science and Mathematics and had been practising the new subject for at least ten years. The two teachers and the headmaster of the school were informed of the scope of the study and agreed to participate. The interview was performed in Swedish and relevant parts of the material have been translated into English especially for this text.

*The Interview starts, defining the topic*

The subjects were informed of the topic of the study, their own, most subjective criteria's for the assessment and grading of the work of the students. This is a crucial part of the design of a Repertory Grid Interview. The interviewee must know the elements well and understand the topic. The construct of an individual change in different contexts and the interview was therefore performed in the room where the teachers used to do preparation and assessment work. A RGT interview is often complemented with other forms of data sampling; in this case Audio was recorded.



*The Elements*

The teachers had to be knowledgeable of the artefacts and also of the student and his/her design process. We asked the teachers to select 7-8 different projects from their own class. In order to be able to find most of their constructs and criteria's they had to make a stratified selection; some good, some bad, some strange and some traditional artefacts. The elements would of course represent the artefact, their designers and also the process of design. The teacher was asked to put labels on every artefact like "The Box", "TV", "Safe" etc. The elements chosen by the male teacher, LG1, were; Green, Telephone, Diary, Plate, Lighthouse, Car and House

*The eliciting of constructs*

The software, Repgrid IV, randomly selected three elements; Diary, Lighthouse, and Plate and asked the eliciting question:

- Can you choose two of this triad of elements, which are in some way alike and different from the other one?

This was the crucial point where the informant used his pattern recognition ability on the three selected elements.

- Yes, the Lighthouse and the Diary

The next question was:

- Now I want you to think what you have in mind when you separate the pair from the other one. Just type one or two words for each pole to remind you what you are thinking about when you use this construct?

The answer to this question is a name for the emergent pole, to the left and a implicit or contrast pole to the right. Although you should be careful in interfering with the process you must see to that theses names are relevant and intelligible, otherwise you may use a "laddering" technique, ask for an explanation e.g.

The left pole is- They both meet the standards of the task!

And the right pole is – It is a failure!

Several studies have showed that this eliciting question could be formulated in different ways and that this has effect on the construct elicited. The advice from many authors is to concentrate on the similarities of a pair and just asking for the opposite of this, read more of this in a later part of this chapter.

*The rating of elements*

The two poles of the construct were noted in the program and all the elements were rated accordingly, belonging to different extent to one or the other of the poles. We had chosen to use nine levels in the ratings but five or seven are often used. The result when the construct “Failure-Meets the standards” was used to compare the artefacts was:

- Implicit pole: Failure
- 9
- 8
- 7 =Plate
- 6
- 5
- 4
- 3= Telephone and House
- 2= Lighthouse, Car and Diary
- 1= Green
- Emergent pole: Meets the standards

The construct and the ratings of all the elements were noted in the program and produced the first row of the grid. The eliciting process started all over again with three new elements and the eliciting of poles of the new construct. The selection of elements was random but the software makes it possible to select them manually. Some software packages may interfere in the process by analysing “on the go” and noting constructs that seem to be too similar. The program will then ask for laddering procedures to try to sort out the difficulties and splitting a compound construct in two.

*The resulting Grid*

When nine different constructs had been elicited the process was ended. In the case of the first teacher, LG1, the following constructs were elicited:

Emergent pole	Implicit pole
Traditional	Creative
Meets the standards	Failure
Ugly	Beautiful
Good Craftsmanship	Novice
No ideas	Highly inventive
Needs support	Self - confident
High grade	Low grade
Persistent	No Endurance
Low Functionality	Good functionality

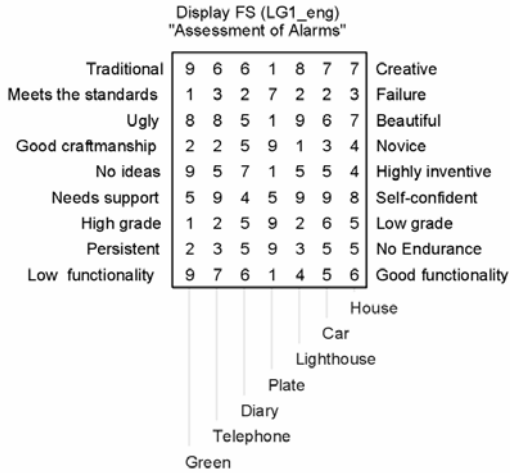


Figure 1. Display of LG1's constructs in a grid

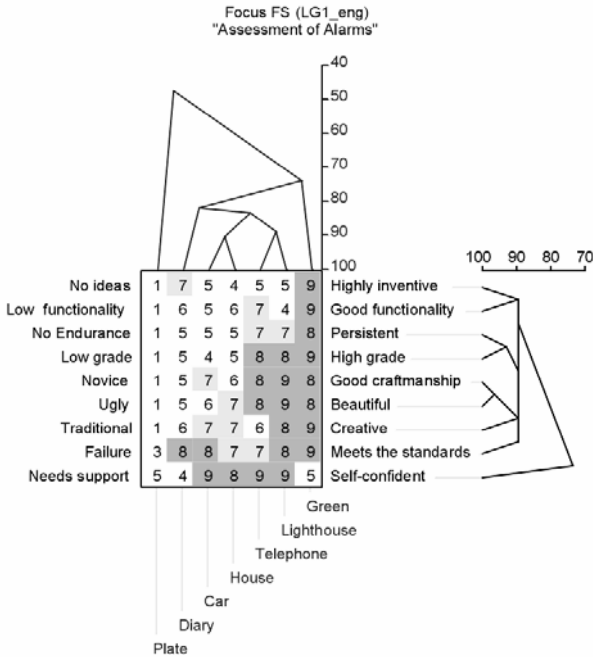


Figure 2. Focus display of LG1

*Analysis of the Grid*

The resulting grid is displayed in Figure 1. The elicited constructs forms rows and the elements columns in the grid. To the left is the emergent pole and to the right the implicit pole of a construct. Statistical methods may be used to find similarities or differences in the data but many authors recommend a user to study the raw data first. In the software package we used two different tools of analysis were supplied; The Focus display and the Principal Component Analysis Graph.

In the Focus Display, Figure 2, also called hierarchical clustering analysis, the grid has been sorted and rearranged to bring closely matching elements together, and closely matching constructs together. This "focusing" of the structure gives the method its name. The similarity scores of adjacent elements or constructs are provided in numeric form and graphically in a tree structure, a dendrogram. The actual score can be found if you follow the lines from two constructs/elements to the apex and further to the scale.

In LG1 we will find a strong resemblance, 93%, between the constructs High grade and Persistent. Even more alike, 96% are the two constructs Good Craftsmanship and Beautiful. There are strong similarities, 90%, between every construct but Self-confident-Needs support. This high figure indicates that most of the constructs are relevant to the teacher in his task of assessing. You cannot be sure that constructs are not missing in this kind of analysis though.

Focusing on the columns, the Elements, we will find that the House and the Car are rated very similar and show a similarity of 91%. The Lighthouse and the Telephone are also rated in a similar way but one of the elements stands out, The Plate. As can be observed this is obvious from the numbers in the grid and the Focus Display is just a convenient way to show variance graphically to help the researcher get a first view of similarities or differences.

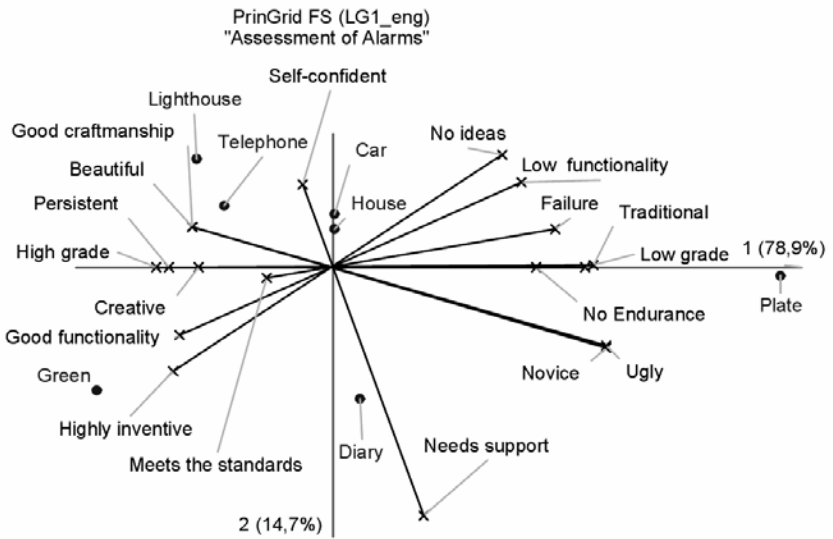


Figure3. Principal Component Analysis of LG1

The Principal Components Analysis identifies distinct patterns of variance on figures in a grid, following procedures, which work out the extent to which the ratings in each row are similar to each other. Iteratively it attributes as much of the total variance to each distinct pattern, component, as possible. If the total of variance accounted for is more than 80% two components will suffice for the analysis and this is supported by most software packages. The grid has been treated as if the elements were points plotted in an n-dimensional space defined by the constructs as axes centred on the means of the elements. The data has then been rotated to spread the elements out as much as possible in a 2-dimensional plot.

The first principal component identified is plotted as a horizontal dotted line with the percentage of variance printed at the right end. The second component is plotted vertically as a y-axis in a Cartesian system of coordinates. The constructs are plotted as straight lines whose angles with respect to each principal component reflects the extent to which it is represented by the component. The length reflects the amount of variance in the ratings on that construct. The elements can be positioned along each component-axis and the distances between elements will reflect their ratings according to the set of constructs.

In this PCA-graph the first component accounts for 78.9% of the variance and together with the second, 14.7%, it will identify 93.6% of the variance in the data. Around the x-axis several important constructs are clustered. High - Low grade, Traditional - Creative, Persistent - No Endurance are more or less the same as the first principal component but Functionality, Inventiveness, Meeting the standards, Beautifulness and Craftmanship do form sheaves with small angles around the principal component. They all could be considered important for the grading

process. The outstanding construct of Self confident - Needs support has a relatively small angle towards the second component and a perpendicular angle to the other constructs, which would indicate that it is another dimension in the assessment system of this teacher, independent of the others.

The elements are clustered in two parts of the graph; the Plate is on an extreme position completely reflecting its extreme ratings in the grid. Similarly assessed constructs are close to each other in respect to the constructs.

The second teacher in the study, LG2, cooperated in a class with LG1 and by chance selected three identical projects/elements for the grid. You may, as the researcher, select common elements for the subjects of the study but according to the literature you are advised to do this in close cooperation with the interviewee.

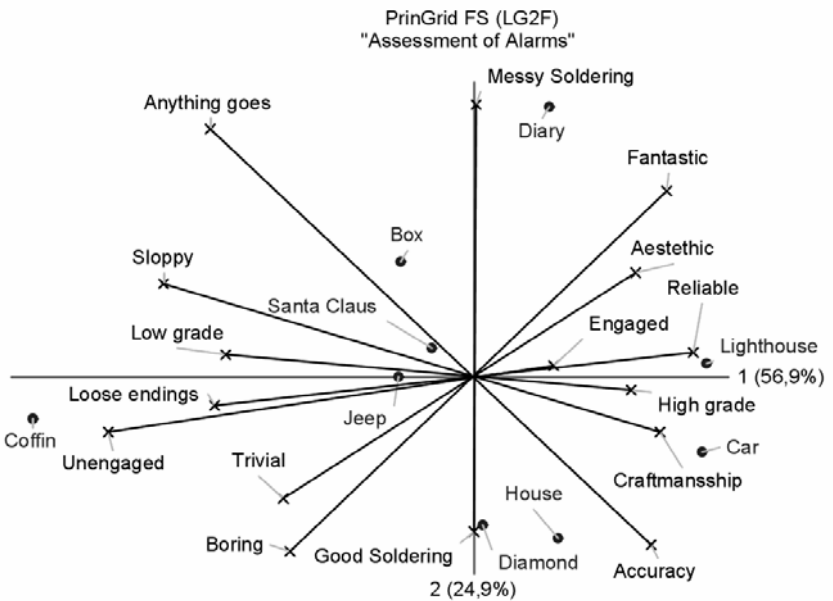


Figure4. Principal Component Analysis of LG2

In LG2's PCA the two principal components accounts for 81.8% of the variance and the constructs are more evenly spread in the graph. Strong coherence to the first principal component could be found in the following constructs; High grade - Low grade, Reliable - Loose endings, Engaged - Unengaged and Craftmanship - Sloppy. The second component seems to be very similar to the construct Good -

Messy Soldering. If you compare the grids of these two teachers you will find common criteria for assessment but the weight differs. Both of the teachers are positively grading Aesthetic features but LG1 is giving it higher weight; the constructs Beautiful and Good Craftsmanship are close to the first component and High grades. In LG2 the constructs Fantastic and Aesthetic are more remote. LG2 seems to connect Craftsmanship more to Accuracy. Engagement or Persistency seems to be of importance in both teachers and so is the Functionality/ Reliability. LG1 uses the construct Creative in a way that differs from the use of Inventiveness, which is interesting.

The study from where this example is drawn included grid-sessions with teachers from other subjects in the curricula: Essay writing, Web design, History, Philosophy and others. The research question was: Are there common constructs or criteria's in teachers assessing creative work in different subjects?

### *Discussion*

Richard Kimbell et al explored what could categorise creative / innovative work. (Kimbell, 2004; Kimbell et al., 2006) Teachers, advisers, examiners and other experts in Technology Education were consulted and a list of categorising word was derived, here listed in priority order:

Exciting, unusual, different, novel, risky, bending the rules, brave, determined, marketable, professional, 'wow', confident, powerful, and unique.

Most of the categories deal with having ideas, growing ideas and proving ideas.

We can identify several of Kimbell's "buzzwords" in the constructs of the two teachers; they are using, on the "positive" pole, abilities as Creative, Highly innovative, Beautiful, Self-confident, Accuracy, Aesthetic, Craftsmanship and Fantastic. These criteria will of course grade the student and his product but it is of little value in giving feedback and showing routes to a progression, a development of their creative skills. But there are some constructs; Persistent, Self-confident and Engaged that could be of some value though. They deal more with the process and less with the product. (Lars Lindström, 2005) They are dispositions, habits of mind or habits of work that are identified in the students' behaviour.

It could be that teachers in the fine Arts know more about the design and creative process in their field than technology teachers, they may even be artists themselves. The continuing study of teachers assessing written essays seems to indicate just that. Experienced examiners seem to use more qualitative criteria than novices. Probably they have a much larger base of exemplars to relate to. Several of the criteria Lindström identified with teachers in Art and Crafts education seems to be used by teachers in other subjects of the "making". This will be studied further.

## MERITS AND PROBLEMS WITH REPERTORY GRID TECHNIQUES

The Repertory Grid Technique is a type of structured interview which evolved from Kelly's Personal Construct Theory (1955) Its development was Kelly's attempt to present a method of data collection which, first, focused on the individual rather than large groups, as typical of correlation studies of his time. His original technique was the Role Construct Repertory test which was used to investigate role relationships in clinical settings, namely between patients and their families, friends and others, and for assessing relationships between a patient's constructs about people. It needs to be clarified, however, that the Repertory Grid is not a test, but a methodology involving highly flexible techniques and variable application Thus, although its original use was to investigate constructs about people, subsequent application has included inanimate objects, events, situations and abstract ideas. Many researchers and writers of handbooks in methodology have explained these diverse uses. (Cohen & Manion, 1994; Fransella, 2003; Fransella & Bannister, 1977; Jankowicz, 2004)

### *Topic and Examples*

People have constructs about anything and everything, a RGT is always conducted about a particular topic with the intention to find constructs a subject use in making sense of a particular realm of discourse, that particular slice of their own personal experience. The administration of repertory grids often involves the use of one or more examples as an illustration for participants. Descriptive examples elicits more personally revealing, as opposed to factual, construct dimensions. Recent use of the technique has shown significant differences following from sometimes-subtle variations in repertory grid procedures.(REEVE, OWENS, & NEIMEYER, 2002)

### *Elements*

Elements may be generated in several ways; you may supply them to the interviewee in the form of a list of people, incidents, actual artefacts, scenes from a video film etc. They could be selected together with the interviewee in a discussion about the topic at hand. You could define a pool of elements and let the person write down: six leisure activities, eight typical parts of a lesson, seven effective teachers etc. Kelly used to provide role titles; “ A friend, someone you don't like, your wife, yourself, the ideal self” and asked the interviewee to select specific people he know that would fit the roles. Elements are the important clues that are



going to facilitate the elicitation of personal and tacit knowledge from the person in focus. They should be:

- Homogenous, from the same category or dimension
- Representative, covering all aspects of the topic under scrutiny
- Unambiguous, specific, simple and readily understood
- As short as possible, eight to ten elements are quite adequate for most purposes (Mark Easterby-Smith, 1980)

### *Constructs*

Constructs can be generated in several ways, they can be:

- Elicited from triads or dyads.
- Supplied by the researcher, but there is always the danger that the grid becomes inflexible like an attitude questionnaire, with the investigator's world being imposed upon the subject.
- Combine elicited and supplied constructs. Eliciting may take a long time. Supplying a few constructs after eliciting can speed up process. Certain common constructs may be useful when you want to compare individuals; examples of supplied construct are Bad- Good, Novice-Expert, Relevant-Irrelevant.
- Non-verbal constructs may be produced simply by sorting element cards into different piles according to whatever scheme seem to fit best. These dimensions need not be expressed. The position of each card is noted at the end of each successive sort, and this provides the basis for a grid matrix.
- Laddering is a process of generating additional constructs from existing ones. It's done by asking why a particular construct poles are important, or by asking for further elaboration of an existing constructs.

Normally it is advisable to avoid constructs, which are:

- Concrete (distinctions based on factual attributes).
- Impermeable (can only be applied to a tiny portion of the range of elements).
- Vague (e.g. is OK—not so good).
- Generated by the role title (e.g. is an effective manager—not so effective).

Eight or ten constructs are quite adequate for most purposes. (Mark Easterby-Smith, 1980)

### *Methods of elicitation*

The literature identifies systematic differences between Kelly's "difference" and "opposite" methods of personal construct elicitation. The "difference method" has been the standard procedure for construct elicitation and is the single-most commonly used method of construct elicitation. The interviewee is presented with three randomly selected elements (e.g. people), and asked to "identify any two people that are alike in some way, yet different from the third." A subject, when restricted to finding a similarity prior to stating a difference, occasionally is unable to respond. When they do respond there is often a contrast that is not genuinely bipolar. The method has also been said to develop several "bent" (i.e. non antonymous) constructs. In the "opposite" method the interviewee is asked to "identify any two people that are alike in some way." Once that characterization is done the person is then asked to identify the "opposite" of that characterization. This "opposite" then forms the implicit pole, thereby assuring the bipolarity of the construct. The method produces significantly less complex and differentiated personal construct systems. A new method "the Contrast method" yielded personal constructs that were more genuinely bipolar, but without incurring the greater negativity associated with the contrast poles of constructs elicited by way of the opposite method. (Neimeyer, Bowman, & Saferstein, 2005; Yorke, 2001)

The methods above have all been using three elements in the eliciting process but the use of two elements, a dyad, has also been reported in the literature. The task seems to be easier for the interviewee who only has to detect a similarity or a difference in the dyad. On the other hand it has been reported that the constructs produced are not so cognitively complex as when elicited in a triadic fashion. (Caputi & Reddy, 1999)

### *Reliability and Validity*

This is a qualitative method and the result, the grid with lots of numbers may lead us to think we have got quantitative data. We must remember the data are the result of a sorting process by the interviewee and show relations between elements, probably not linear and susceptible to the selection of elements and the interview situation. Too much of statistical processing of this "soft" data may distort information. The elicited names and labels on the individuals constructs are very subjective and we must take great care to interpret them "correctly".

The theory underlying RepGrid, the Personal Construct Psychology, regard upon man as a changing being and this means that the consistence between systems of constructs over time could be low. The subjects may change his attitudes towards certain elements. (Gathercole, Bromley, & Ashcroft, 1970)

The validity of the technique in the terms of PCP is its capacity to enable us to elaborate our construing, our ability to anticipate. Ultimately validity refers to the

way in which a mode of understanding enables us to take effective action. (Fransella & Bannister, 1977) In this respect Repertory Grid has proven its utility.

### *Reflective scrutiny*

Neimeyer advocates a position of critical reflection in relation to common adaptations of repertory grid procedures. The fact that even subtle procedural variations can register a substantial impact on the content and structure of a persons Personal Construct Systems highlights the responsibility that researchers and practitioners have to understand their own contributions to the grid outcomes that they interpret. (Neimeyer, 2002)

### *The divorce of Repertory Grid Technique from the theory*

The Personal Construct Psychology is firmly based in the area of general cognitive processes, but is also applicable to the individual concepts and their relationship to the solution, as well as an individuals' method of progressing towards a solution... and is particularly useful in approaching an understanding of covert behaviour in specific activities, such as designing. (Jerrard, 1998)

Fransella & Bannister calls to attention the fact that a lot of studies using RepGrid do not relate to the Personal Construct Psychology and they suggest that Kelly's theories should be understood in every use of the method. (Fransella & Bannister, 1977) In the Journal of European Industrial Training important key assumptions with implications for the use of Rep Grid was listed. (Mark Easterby-Smith, 1980)

"A person's processes are psychologically channelised by the ways in which he anticipates events". (Fundamental Postulate).

"Persons differ from each other in their construction of events". (Individuality Corollary)

"A person chooses for himself that alternative in a dichotomised construct through which he anticipates the greater possibility for extension and definition of his system". (Choice corollary)

"A person's construction system varies as he successively construes the replication of events". (Experience Corollary)

"To the extent that one person construes the construction processes of another, he may play a role in a social process involving the other person". (Sociality Corollary)

Kelly designed the PCP half a century ago and did not have access to the result of modern cognitive science. His work is still used in clinical psychology and could

certainly be of good value as a theoretic framework for studies in behavioural and attitudes change. Kelly was not aware of theories of the dual minds, implicit learning and implicit knowledge. He did not have access to results from experimental psychology on familiarity and recognition. In this perspective there are probably other theoretical frameworks that could be utilised to understand the Repertory Grid results.

*Merits and advocates*

In spite of the shortcomings of the method there are many keen advocates for the Repertory Grid Technique, a typical example is Godfrey Mazhmdu :

“Many studies in clinical, management and educational settings indicate that the repertory grid is now a well-established diagnostic and research tool. Its idiographic nature encourages the interviewee to use his or her own words when discussing issues of personal importance... It also provides information as to an individual's perceptual field, consequently promoting detailed exploration of personal meaning with a public record compiled easily. The grid provides for the analysis of relationships between constructs and between elements and for analysis of change not only within the same individual but also between individuals over time Observer bias is reduced almost to zero and objectivity is maximized... The discipline involved in the application of the techniques ensures that each interview is structured and is truly constructive. The interviewers/observers are forced to keep quiet, thereby minimizing their input, while the rigour of the compare and contrasting techniques ensures that the interviewees elaborate at length their understanding of their perceptions. Additionally, the conversational format of the technique offers itself as a tool, which is simple and enjoyable for the interviewees and does not provoke anxiety in them, while being reassured that their own opinions are being sought, so that there are no right or wrong answers. The methodology itself is flexible, elicits both qualitative and quantitative data that are open to a variety of analyses, and its overall potential as an interpretative framework explains why it is generally regarded as a catalyst for change. On the basis of the above explanation, it seems clear that the repertory grid research technique offers a number of fundamental advantages to the researcher It is also evident that many of the limitations outlined can be overcome and therefore reasonable to suppose that, on balance, the repertory grid is a fruitful technique that should be widely adopted for research purposes throughout nurse education and practice”. (Mazhmdu, 1992)

## EXAMPLES OF STUDIES USING THE REPERTORY GRID TECHNIQUE

*Assessing Creativity*

One of the areas where Rep Grid was used very early was in the exploration of Design and Creativity. (Jerrard, 1998; Quinn, 1980) Two recent studies will show its utility.

In a large study about assessing creative development in Art education professor Lars Lindström tried to find criteria's or descriptions of general abilities used by teachers to assess creative work. (L. Lindström et al., 1999) After a thorough literature survey several experts, teachers but also artists and craftsmen, were interviewed with the Repertory Grid and other techniques. Elements in the RGT-interview process were artefacts of fine metal craft. With the help of elicited constructs, laddering and deep interviews of the experts a list of important factors/criteria for the development of creativity was devised:

## Product criteria:

1. Visibility of the intention/ Goal fulfilment
2. Colour, form and composition/ Visual qualities
3. Craftsmanship/ Technical skill

## Process criteria:

4. Investigative work/ Persistence in the pursuit
5. Inventiveness/ Imagination and risk-taking
6. Ability to use models/ being able to learn from others
7. Capacity for self-assessment/ knowing one's strengths/weaknesses

## Others:

8. Overall judgement

Every criteria was described in four steps notifying a developmental, progressional change from the behaviour of a novice to that of an expert. The levels were

described in a narrative way, a rubric, to make it possible for a teacher to recognise the behaviour of a particular student.

The following rubrics was used for scoring Craftsmanship:

1. The pictures show little or no ability to use materials and techniques.
2. The pictures suggest a certain ability to use materials and techniques, but there are serious deficiencies in the execution.
3. The pictures show an ability to use materials and techniques to achieve the desired visual effects, but this is applied in a rather stereotyped way.
4. The pictures show a good and flexible mastery of materials and techniques and are consistently of high technical quality.

The following rubrics was used for scoring Capacity for self-assessment:

1. The student cannot point out the strengths and weaknesses of her own work or distinguish between works that are successful and those that are less successful. She has no opinions about her fellow students' pictures.
2. With some assistance, the student can point out the strengths and weaknesses of her own work and distinguish between works that are successful and those that are less successful. Opinions about her fellow students' pictures are confined to simple value judgements (good/bad, like/don't like).
3. The student is generally able to see merits and shortcomings in her work and can select sketches, drafts, and works which illuminate her own development. She can pass varied judgements on her fellow students' pictures.
4. The student can clearly see merits and shortcomings in her work and can select sketches, drafts, and works which illuminate her own development. She can also give reasons for her judgements and explain why things turned out as they did. She can pass varied judgements on her fellow students' pictures and is able to give constructive criticism.

There is an obvious difference between the criteria of excellence that were generated by this and following studies and those checklists that are often found in textbooks. The latter list components that should be present in a product or performance, while the interviewees in this study rather tried to define a set of

more general dispositions or key competencies. The typical textbook items are, at best, indicators of such “habits of mind”. The interviewees’ process criteria, in particular, add up to a culture of learning rather than a list of specific skills. (Lars Lindström, 2001)

Lindström found high agreement between class teachers and co-assessors in ratings of both the students’ visual results (product criteria) and their approach to work (process criteria). In almost 3,100 comparisons between class teachers and the co-assessors from another school, there was 78 per cent agreement (= 2 steps on a twelve-grade scale). Given that other discrepancies between the two assessors were small and indicate an approximately normal distribution, this may be regarded as a satisfactory result. (L. Lindström et al., 1999)

Another study tried to capture Design Space From a User Perspective: “The design of an artefact (e.g. software system, household appliance) requires a multitude of decisions. In the course of narrowing down the design process, “good ideas” have to be divided from “bad ideas”. To accomplish this, user perceptions and evaluations are of great value. The individual way people perceive and evaluate a set of prototypes designed in parallel may shed light on their general needs and concerns. The authors assume that the personal constructs (and the underlying topics) generated as a reaction to a set of artefacts mark the artefacts’ design space from a user’s perspective and that this information may be helpful in separating valuable ideas from the not so valuable... In general, the Repertory Grid Technique proved to be a valuable tool in exploring a set of artefact’s design space from a user’s perspective.” (Hassenzahl & Wessler, 2000)

### *Educational research*

Course evaluations, learning outcome, teachers practice and conceptual change are areas where RepGrid also has been used extensively. (Hoogveld, Paas, Jochems, & Van Merriënboer, 2002; Karppinen, 2000; Pill, 2005; Smith, Hartley, & Steward, 1978) A typical example of this is a study probing students’ unique view of energy; Need for revision of the concept of an average student; Information on the extent to which school science ideas about energy had been translated into students’ everyday working knowledge; Constructs elicited as basis for interview. (Fetherstonhaugh, 1994)

### *Tacit knowledge, business and management*

Ever since the Journal of European industrial Training devoted a full issue to Repertory Grid (Mark Easterby-Smith, 1980) there have been a multitude of studies and uses of the technique in management and business. (Chao, Salvendy, & Lightner, 1999; Crowther, Hartnett, & Williams, ; De Leon & Guild, 2003; Mark Easterby-Smith, Thorpe, & Holman, 1996)

*Attitudes*

Kelly's own area of research was in psychology with a special interest in personal attitudes and emotions. His method is still used to explore peoples feelings, prejudices and preferences (Honey, 2001; Parkinson & Lea, 1991)

A good example of this is an article, "Understanding public attitudes to technology", (Frewer, Howard, & Shepherd, 1998) where the authors states in the abstract; "The social context, which surrounds technology, is likely to be one of the most important determinants of its future development and application. The application of repertory grid techniques in conjunction with generalized Procrustes analysis identified important psychological constructs which determine attitude. A larger survey study examined the reliability and predictive capacity of these items in quantifying attitudes to technology. Factor analysis identified two subscales, which appeared to assess perceptions of technological risk and benefit... An inverse relationship between perceived risk and benefit was found, consistent with previous research in risk perception... A major problem in using researcher generated characteristics in scale development is that it is possible that some key determinants of public attitudes are not recognized by the researcher, and so no attempt is made to incorporate them into questionnaire design. Against this, the researcher may decide that particular elements are important in attitude formation when they are not. Even if items are not highly salient to people, they will still produce ratings which will then be incorporated into the subsequent model. What is required is a method where respondents generate their own descriptions of concerns associated with a particular 'target' (for example, a technology), which will avoid some of the problems linked to experimenter generated characteristics... The use of the repertory grid method permits responses to be focused within the hazard domain without imposing external experimenter determined risk characteristics on data generation." (Frewer et al., 1998)

CONCLUDING WORDS

Repertory Grid Technique is an interview technique that utilises individual's ability to compare elements to elicit attitudes, category making, assessing criterias and probably some personal tacit knowledge. It is a qualitative method in which statistical methods may be used to enhance analysis. As in most qualitative methods questions of relevance, reliability and validity must be addressed, usually with complementary interview and data sampling methods. The method is sensitive to the design of the interview but so are many alternative methods e.g. the bias that the researchers often impose on an interviewee in a traditional interview is reduced in RGT. The RGT is a fruitful technique that could be widely adopted for research and development purposes throughout design & technology education and practice.



## REFERENCES/BIBLIOGRAPHY

- Caputi, P., & Reddy, P. (1999). A comparison of triadic and dyadic methods of personal construct elicitation. *Journal of Constructivist Psychology, 12*, 253-264.
- Chao, C.-J., Salvendy, G., & Lightner, N. J. (1999). Development of a methodology for optimizing elicited knowledge. *Behaviour & Information Technology, 18*(6), 413-430.
- Cohen, L., & Manion, L. (1994). *Research methods in education* (4. ed.). London: Routledge.
- Cronin, M. A. (2004). A Model of Knowledge Activation and Insight in Problem Solving. *COMPLEXITY, 9*(5), 17-24.
- Crowther, P., Hartnett, J., & Williams, R. *Teaching Repertory Grid Concepts for Knowledge Acquisition in Expert Systems: An Interactive Approach*. Unpublished manuscript, Department of Applied Computing and Mathematics University of Tasmania.
- De Leon, E. D., & Guild, P. D. (2003). Using repertory grid to identify intangibles in business plans. *VENTURE CAPITAL, 5*(2), 135-160.
- Dreyfus, H. L., & Dreyfus, S. E. (1986). *Mind over Machine*. Oxford: Basil Blackwell Ltd.
- Easterby-Smith, M. (1980). How to Use Repertory Grids in HRD. *Journal of European Industrial Training, 4*(2), 2-32.
- Easterby-Smith, M., Thorpe, R., & Holman, D. (1996). Using repertory grids in management. *Journal of European Industrial Training, 20*(3), 3-30.
- Education, D. o. (2000, 20030515). *The Swedish Curriculum for Technology Education*, from <http://www.skolverket.se/pdf/english/compsyll.pdf>
- Epstein, S., Lipson, A., Holstein, C., & Huh, E. (1992). Irrational Reactions to Negative Outcomes: Evidence for Two Conceptual Systems. *Journal of Personality and Social Psychology, 62*(2), 328-339.
- Ericsson, A. K., & Charness, N. (1997). Cognitive and Developmental Factors in Expert Performance. In P. J. Feltovich, K. M. Ford & R. R. Hoffman (Eds.), *Expertise in Context* (pp. 3-41). Menlo Park: AAAI Press / The MIT Press.
- Fetherstonhaugh, T. (1994). Using the repertory grid to probe students' ideas about energy. *Research in Science & Technological Education, 12*(2), 117-128.
- Fransella, F. (2003). *International handbook of personal construct psychology*. Chichester, West Sussex, England: J. Wiley & Sons.
- Fransella, F., & Bannister, D. (1977). *A manual for repertory grid technique*. London: Academic P.
- Frewer, L. J., Howard, C., & Shepherd, R. (1998). Understanding public attitudes to technology. *Journal of Risk Research, 1*(3), 221-235.
- Gaines, B. R., & Shaw, M. L. G. (2003). *Personal Construct Psychology and the Cognitive Revolution*, from <http://pages.cpsc.ucalgary.ca/~gaines/reports/PSYCH/SIM/index.html>
- Gathercole, C. E., Bromley, E., & Ashcroft, J. B. (1970). The reliability of Repertory Grids. *Journal of Clinical Psychology, 26*(4), 513-516.

- Hassenzahl, M., & Wessler, R. (2000). Capturing Design Space From a User Perspective: The Repertory Grid Technique Revisited. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 12(3&4), 441-459.
- Hillier, Y. (1998). Informal Practitioner Theory: Eliciting the Implicit. *Studies in the Education of Adults*, 30(1), 35-52.
- Honey, D. (2001). *The Repertory Grid in action: how to use it to conduct an attitude survey*
- Hoogveld, A. W. M., Paas, F., Jochems, W. M. G., & Van Merriënboer, J. J. G. (2002). Exploring teachers' instructional design practices from a systems design perspective. *Instructional Science*, 30, 291-305.
- Jankowicz, D. (2004). *The easy guide to repertory grids*. Chichester, West Sussex, England ; Hoboken, N.J.: Wiley.
- Jankowicz, D., & Hisrich, R. D. (1987). Intuition in small business lending decisions. *Journal of Small Business Management*, July, 45-53.
- Jerrard, R. (1998). Quantifying the Unquantifiable: An inquiry into the Design Process. *Design Issues*, 14(1), 42-53.
- Karppinen, S. (2000). *Repertory Grid Technique in Early Childhood as a Tool for Reflective Conversations in Arts Education*. Paper presented at the 10th European Conference on Quality in Early Childhood Education, London.
- Kelly, G. A. (1955). *The psychology of personal constructs*. New York: Routledge.
- Kimbell, R. (2004). *Assessment in Design and Technology Education for the Department of Education & Skills, UK*. Paper presented at the 3rd Biennial International Conference on Technology Education Research, Brisbane.
- Kimbell, R., Bain, J., Miller, S., Stables, K., Wheeler, T., & Wright, R. (2006). *Assessing design innovation*. London: Goldsmiths College, University of London.
- Lieberman, M. D. (2000). Intuition: A Social Cognitive Neuroscience Approach. *Psychological Bulletin*, 126(1), 109-137.
- Lindström, L. (2001). *Criteria for assessing students' creative skills*. Unpublished manuscript, Rotterdam 26-29 september.
- Lindström, L. (2005). *Assessing Craft and Design: Conceptions of Expertise in Education and Work*. Unpublished manuscript, Stockholm.
- Lindström, L., Ulriksson, L., & Elsner, C. (1999). *Portföljvärdering av elevers skapande i bild. (Portfolio Assessment of Students' Creative Skills in the Visual Arts)* (No. 99:488). Stockholm: Skolverket / Liber Distribution.
- Mawson, B. (2003). Beyond 'The Design Process'; An Alternative Pedagogy for Technology Education. *International Journal of Technology and Design Education*(13), 117-128.
- Mazhmdu, G. N. (1992). Using repertory grid research methodology in nurse education and practice: a critique. *Journal of Advanced Nursing*(17), 604-608.
- Middleton, H. (2002). Complex problem solving in a workplace setting. *International Journal of Educational Research*(37), 67-84.
- Middleton, H. (2005). Creative Thinking, Values and Design and Technology Education. *International Journal of Technology and Design Education*(15), 61-71.
- Neimeyer, G. J. (2002). Towards reflexive scrutiny in Repertory Grid methodology. *Journal of Constructivist Psychology*(15), 89-94.

- Neimeyer, G. J., Bowman, J. Z., & Saferstein, J. (2005). The effects of elicitation techniques on Repertory Grid outcomes: Difference, opposite and contrast methods. *Journal of Constructivist Psychology, 18*, 237–252.
- Nightingale, P. (1998). A cognitive model of innovation. *Research Policy*(27), 689–709.
- Parkinson, B., & Lea, M. (1991). Investigating personal constructs of emotions. *British Journal of Psychology, 82*, 73–86.
- Petroski, H. (1996). *Invention by Design*. Cambridge: Harvard University Press.
- Pill, A. (2005). Models of professional development in the education and practice of new teachers in higher education. *Teaching in Higher Education, 10*(2), 175–188.
- Polanyi, M. (1966). *The Tacit Dimension*. Gloucester, Mass.: Doubleday & Company, Inc.
- Quinn, E. (1980). Creativity and Cognitive Complexity. *Social Behavior and Personality, 8*(2), 213–215.
- Reber, A. S. (1989). Implicit Learning and Tacit Knowledge. *Journal of Experimental Psychology: General, 118*(3), 219–235.
- REEVE, J., OWENS, R. G., & NEIMEYER, G. J. (2002). Using examples in repertory Grids: The influence of construct elicitation. *Journal of Constructivist Psychology*(15), 121–126.
- Schon, D. A. (1987). *The Reflective Practitioner*. London: Temple Smith.
- Sloman, S. A. (1996). The Empirical Case for Two Systems of Reasoning. *Psychological Bulletin, 119*(1), 3–22.
- Smith, M., Hartley, J., & Steward, B. (1978). A case study of repertory grids used in vocational guidance. *J. occup. Psychology*(51).
- Stevenson, J. (2003). Expertise for the workplace. In J. Stevenson (Ed.), *Developing vocational expertise* (pp. 3–25). Rows Nest Australia: Allen & Unwin.
- Sun, R., Slusarz, P., & Terry, C. (2005). The Interaction of the Explicit and the Implicit in Skill Learning: A Dual-Process Approach. *Psychological Review, 112*(1), 159–192.
- Williams, P. J. (2000). Design: The Only Methodology of Technology. *Journal of Technology Education, 11*(2), 48–60.
- Yorke, M. (2001). Bipolarity ... or not? Some Conceptual Problems Relating to Bipolar Rating Scales. *British Educational Research Journal, 27*(2), 171–185.

## AFFILIATIONS

*Lars Björklund*

*PhD-student at Swedish National Graduate School in Science and Technology Education Research and lecturer at Department of Physics, Chemistry and Biology University of Linköping  
Sweden*



Studies in Science and Technology Education  
ISSN 1652-5051

1. Margareta Enghag (2004): MINIPROJECTS AND CONTEXT RICH PROBLEMS – Case studies with qualitative analysis of motivation, learner ownership and competence in small group work in physics. (licentiate thesis) Linköping University
2. Carl-Johan Rundgren (2006): Meaning-Making in Molecular Life Science Education – upper secondary school students' interpretation of visualizations of proteins. (licentiate thesis) Linköping University
3. Michal Drechsler (2005): Textbooks', teachers', and students' understanding of models used to explain acid-base reactions. (licentiate thesis, Karlstad University) ISSN: 1403-8099, ISBN: 91-85335-40-1.
4. Margareta Enghag (2007): Two dimensions of Student Ownership of Learning during Small-Group Work with Miniprojects and context rich Problems in Physics. (Doctoral Dissertation No. 37, Mälardalen University) ISSN: 1651-4238, ISBN: 91-85485-31-4.
5. Maria Åström (2007): Integrated and Subject-specific. An empirical exploration of Science education in Swedish compulsory schools. (Licentiate thesis) Linköping university
6. Ola Magntorn (2007): Reading Nature: developing ecological literacy through teaching. (Doctoral Dissertation) Linköping University
7. Maria Andreé (2007): Den levda läroplanen. En studie av naturorienterande undervisningspraktiker i grundskolan. (Doctoral Dissertation, LHS) ISSN: 1400-478X, HLS Förlag: ISBN 978-91-7656-632-9
8. Mattias Lundin (2007): Students' participation in the realization of school science activities.(Doctoral Dissertation) Linköping University
9. Michal Drechsler (2007): Models in chemistry education. A study of teaching and learning acids and bases in Swedish upper secondary schools (Doctoral Dissertation Karlstad University) ISBN 978-91-7063-112-2
10. Proceedings from FontD Vadstena-meeting, April 2006.
11. Eva Blomdahl (2007): Teknik i skolan. En studie av teknikundervisning för yngre skolbarn. (Doctoral Dissertation, LHS) ISSN: 1400-478X, HLS Förlag: ISBN 978-91-7656-635-0
12. Iann Lundegård (2007): På väg mot pluralism. Elever i situerade samtal kring hållbar utveckling. (Doctoral Dissertation, LHS) ISSN:1400-478X, HLS Förlag: ISBN 978-91-7656-642-8
13. Lena Hansson (2007): ”Enligt fysiken eller enligt mig själv?” – Gymnasieelever, fysiken och grundantaganden om världen. (Doctoral Dissertation) Linköping University.