



Högskolan Kristianstad
291 88 Kristianstad
044-20 30 00
www.hkr.se

SJÄLVSTÄNDIGT ARBETE *Våren 2014*

Magister i Pedagogiskt arbete

15 Högskolepoäng, avancerad nivå

”Entities of muscular type”

Hur kroppen ger mening åt abstrakta begrepp

Författare

Agne Paulsson

Handledare

Monica Bredefeldt

”Entities of muscular type ”

Hur kroppen ger mening åt abstrakta begrepp

Abstract

Kognitivismen med rötter i analytisk filosofi och logik beskriver tänkande som symbolmanipulation efter logiska regler. Begrepp har sin mening genom att de refererar till objekt och händelser i världen. Embodied cognition (EC) eller kroppsbaserad kognition, med rötter i biologi, fenomenologi och pragmatism ser istället tänkande som ett emergent fenomen som uppstår ur erfandet av kroppens aktivitet i världen. Begrepps mening har istället sin grund i det sensomotoriska systemet. Abstrakta begrepp får sin mening via metaforer och metonymer. Likt konstruktivism ser EC lärande som modifiering av tidigare kunskap. Den skiljer sig dock från konstruktivism i avseende på dualism, hur kunskap finns organiserad och var begreppens mening finns. EC:s inflytande på didaktisk forskning inom naturvetenskap och matematik undersöktes genom sökning av artiklar där orden EC eller enactivism finns med. Resultatet visade ett klart större genomslag för EC inom matematikdidaktik med fler artiklar där teorin beskrivs utförligare. Inom naturvetenskapens didaktik har EC uppmärksammats i mycket mindre grad. Orsakerna till detta diskuteras.

Ämnesord: Embodied cognition, Embodiment, Embodied mind, Enactivism, Kroppsbaserad kognition, Mening, Naturvetenskapens didaktik, Science Education.

INNEHÅLL

Inledning.....	5
Syfte	7
Del 1 Kognitionsvetenskap	9
Kognitivism: tänkande = informationsprocessande	9
Konnektionism – Emergens : Tänkande = aktiveringsmönster	10
Embodied cognition: Tänkande = En dynamisk dans mellan hjärna, kropp och värld.....	12
The Symbol Grounding Problem	13
Kritik från robotforskning	14
Kritik från antropologin	15
Kritik från neurofysiologin.....	16
Evolutionen av ett symbolsystem.....	17
Kognitiv Semantik.....	18
Representationer eller simulering.....	20
Logik och väldefinierade begrepp.....	21
Filosofiska rötter	22
Geststudier.....	24
Sammanfattning del 1.....	24
Del 2 Kognitivism – Konstruktivism – EC likheter och skillnader	26
Sammanfattning del 2.....	30
Del 3 Empirisk del.....	31
Frågeställning	31
Metod	32
Resultat.....	33
Geststudier.....	34
Semiotik – begreppens grund – i kroppen.....	35
Metaforer och intuitivt tänkande	35
Visualisering och kinestetisk simulering.....	36
Undervisningsdesign	36
Second generation cognitive science (SGC)	37
Diskussion	38
Metoddiskussion.....	38
Skillnaden mellan MD och ND	38
Intuitivt tänkande och misconceptions	38
Second generation cognitive science - kroppen bortglömd ?.....	39
Kommer EC ersätta konstruktivism?	40
The Cartesian sickness	40
Referenser.....	42

Inledning

Ett mål med undervisning kan sägas vara att ny mening ska uppstå hos individer. Det finns lyckliga ögonblick i en lärares liv då en elev spricker upp i ett ”aha”- leende. Jag antar ny *mening* uppstått. Många pekar på meningens kulturella och sociala dimension, hur mening approprieras genom att vara aktiv deltagare i en diskurs (Roberts & Östman, 1998; Säljö,2000). Språket spelar här en avgörande roll. Donald (2001) beskriver evolutionen av människans medvetande och betonar just det stora språng som sker vid utvecklandet av ett språk och tillgången till en kultur. Orden (symbolerna) är något som används mellan människor men ordens (symbolernas) mening måste även ha en förankring djupt ned i *kroppens aktivitet* i världen:

Symbols themselves are devoid of any meaning. Their meaning has its anchor elsewhere, down below, and without that deeper foundation our symbol worlds would float in an empty ether. (Donald, 2001 s.157.)

Linell (2005) är en annan som pekar på att orden har en kroppslig förankring. Samtal människor emellan är en märklig kombination av att ”samtidigt vara *förkroppsligade* och tillhöriga en kulturell gemenskap ” (Linell, 2005 s.236. min emf.) . Att tala om att mening skulle vara förankrad i kroppen strider mot västerländsk tradition där kropp skiljs från ”det mentala”. Det går tillbaka till Platons idé att själen ”det mentala” är väsensskild från kroppen och sinnena. Han ansåg de senare vara ett *hinder* för filosofens strävan att få en vy över idévärlden. Detta själsbegrepp lyser med sin frånvaro i Bibeln men togs upp och förvaltades av kyrkan. Descartes är den som sedan tydligt formulerar att världen består två substanser: materia som är utsträckt i rummet, *res extensa* , och den tänkande substansen *res cogitans*. Kroppen består av *res extensa* och kan förstås som en maskin (Wedberg, 2003a, 2003b). Med denna uppdelning kan filosofin och psykologin fundera över medvetandets natur utan att behöva ta in kroppen i resonemangen.

När Einstein ombads beskriva sitt tänkande så beskriver han inte tänkandet som språkligt utan beskriver sinnliga erfarenheter:

The words of the language, as they are written or spoken, do not seem to play any role in my mechanism of thought. The physical entities which seem to serve as the elements in thought are certain signs and more or less clear images which can be

voluntarily reproduced and combined...The above mental entities are, in my case,
of visual and some of muscular type “ (Hadamard, 1945, s. 142-3)

Liknande ”muscular feelings” beskriver kemisten Cyril Stanley Smith i den kreativa process han genomgick då han gjorde modeller hur kristallstrukturer i metaller är uppbyggda (Gibbs, 2005)

Att det i Einsteins och Smiths abstrakta tänkande finns ”entities of muscular type ” låter för en del underligt. En gång tittade min då 8-årige son på en bild i en fysikbok för högstadiet. Kraftpilar illustrerade skillnaden om en krafts angreppspunkt var högt eller lågt när man ska flytta en byrå. Vid för hög angreppspunkt riskerade byrån att välta. Han kommenterade bilden med ” Varför ska man lära sig sådant i skolan, det kan ju varenda barn”. Hur finns den kunskapen hos barn? Finns all kunskap , som hävdas inom vissa skolor, i form av *begrepp* ordnade i påståendesatser (propositioner) i en *logisk* struktur eller kan ”kunskap” även finnas som en mental kinestetisk, proprioceptiv (hur vi erfar kroppens positioner) *simulering* som de gör utifrån sina tidigare erfarenheter, där de ”känner” vad som kommer att hända? Clement (1994) lät fysikprofessorer avgöra vilken av två tänkta spiralfjädrar som dras ut längst när en tyngd hänges på dem. Ingen löste problemet genom formella eller matematiska metoder. Alla gjorde en föreställning hur det skulle ”kännas” kinestetiskt/proprioceptivt. Att även Einsteins abstrakta tänkande har med kinestetisk/proprioceptiv ”känsla” att göra faller sig naturligt för den forskningsansats som vuxit fram inom kognitionsvetenskap, som går under beteckningar som *embodiment*, *embodied mind*, *embodied cognition* , *enactivism* eller på svenska *kroppsbaserad kognition*. Där är en huvudtes att förståelse och mening bygger på det vi erfarit och vår föreställningsförmåga. Denna har sina rötter i erfandet av vår kropp. Detta ses som basen även för abstrakt tänkande logik och språk. (Andersson, 2003; Barsalou ,1999, 2008; Clark, 1998; Damasio, 1999,2002; Edelman, 1994,2006; Gallese & Lakoff, 2005; Gibbs, 2005; Johnson, 1987, 2005; Lakoff, 1987; Lakoff & Johnson, 1999; Pfeifer, Bongard & Grand, 2007; Thelen, 2003; Varela,Thompson & Rosch,1991) .

Kognitionsvetenskap har växt fram som en tvärvetenskaplig forskningsansats där analytisk filosofi, psykologi, datavetenskap, neuroscience, lingvistik och antropologi försöker skapa modeller över tänkande. Den har genomgått tre faser. Den första fasen, klassisk kognitivism , startade vid den kognitiva revolutionen i mitten på 50-talet. Här beskrivs tänkande som ”informationsbehandling”, begrepp finns i form av symboler, dessa symboler behandlas enligt algoritmer baserade på logik. Vid den andra fasen, connectionism , började man modellera tänkande med s.k neurala nätverk. Minne, begrepp, ses här som aktivering av mönster till

skillnad från symboler. Inom den tredje fasen, embodied situated cognition, som är en reaktion mot den klassiska kognitivismen, ses tänkande som en dynamisk dans mellan hjärna – kropp – värld. Tänkandet kan inte separeras från de interaktiva loopar som sker mellan hjärna, kropp och de fysiska, sociala och kulturella världarna. Tänkande ses som ett emergent fenomen som uppstår ur dessa interaktioner (Clark, 1998).

Holton (2010) menar att 20 års forskning inom Embodied cognition (EC) har influerat vitt skilda vetenskapsgrenar och trots faktum att lärandeteorier har rötter i psykologin så skriver han att ”applications of embodied cognition and enactivism have been slower to develop in the field of education ”(sid 1). Han ställer frågan om denna teoretiska ansats kommer att ersätta konstruktivism inom naturvetenskapens didaktik.

Syfte

Kognitivismens beskrivning att hjärnan tar in *information* från yttrevärlden som processas och sedan resulterar i en handling har blivit en allmänt accepterad vardagsuppfattning. Kunskap beskrivs i termer av *ny information* som struktureras och kombineras utifrån tidigare information (Varela, 1992; Sumara & Davis, 1997). Den har varit ett dominerande paradigm inom psykologisk och pedagogisk forskning i tre decennier (Marton & Booth, 2000).

Den har även haft ett stort inflytande på forskning inom naturvetenskapens didaktik, t ex i den ansats som går under beteckningen ”conceptual change” (Lindgren & Schwartz, 2009 ; Xu & Clark, 2011). I de över 7000 publicerade artiklar om elevers och lärares föreställningar om naturvetenskapliga fenomen som Wolf-Michael Roth (2008) kallar ”the first wave of cognitive approach” finns förmodligen en del som har sin teoretiska grund här. Embodied cognition menar (i alla fall de radikalare varianterna) att informationsprocessarmodellen i grunden är felaktig. Ett syfte med denna uppsats är att beskriva hur Embodied Cognition växt fram som kritik mot klassisk kognitivism. Ett annat syfte är att försöka utröna vilket inflytande detta haft på forskning i naturvetenskapernas didaktik. Jag förmodar att en stor del av de 7000 artiklarna om elevföreställningar inte haft kognitivismens informationsprocessande som teoretisk grund utan istället olika former av individuell konstruktivism. Holton (2010) ställde frågan om embodied cognition (eller enactivism som är en variant av denna) kommer att ersätta konstruktivism som teoretisk ansats inom naturvetenskapens didaktik. Ett tredje syfte är därför att försöka klargöra skillnader mellan kognitivism, embodied cognition och konstruktivism.

I del 1 beskrivs kognitionsvetenskapens utveckling, först hur datorn blev modell för tänkande samt hur kritiken mot denna modell växer fram. Det är kritiken som växt fram *inom* kognitionsvetenskapen som här behandlas, inte kritiken från t ex pedagogik. I del 2 görs ett försök att utreda likheter och skillnader mellan EC/enactivism och konstruktivism. I del 3 den empiriska delen undersöks om/hur EC influerat forskning inom naturvetenskapens didaktik (ND) en jämförelse görs med hur EC påverkat forskning inom matematikdidaktik (MD).

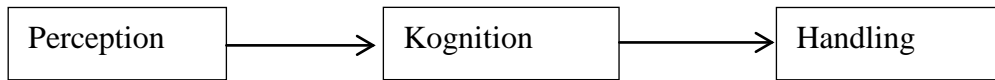
Del 1 Kognitionsvetenskap

Kognitivism: tänkande = informationsprocessande

Under 1940-talet växte *information* fram som ett abstrakt begrepp som kunde beskrivas matematiskt och kvantifieras: Shannons informationsteori (Gärdenfors, 2008). Den första Turingmaskinen, datorn, hade konstruerats och Mc Culloch och Pitt (1943) hade visat att man kan beskriva nervcellers aktivitet som en logisk operator. Sammankopplade nervceller kan liknas vid en deduktiv maskin. Idén att tänkandets underliggande processer kan uttryckas i explicit matematisk formalism växte fram. Logiken ansågs vara den disciplin som beskriver mental aktivitet. Två möten kring artificiell intelligens 1956 kan sägas vara startpunkten för det som senare kom att kallas kognitionsvetenskap. Där presenterades ett datorprogram som korrekt kunde dra logiska slutsatser utifrån ett antal premisser d.v.s en maskin som kunde "tänka". Samma år hade Noam Chomsky visat att grammatiska regler i olika språk kan beskrivas utifrån logiska regler. Om regler finns kan och man utifrån dessa kan avgöra om en sats är grammatiskt korrekt så kan detta göras i en dator. Man skulle alltså med hjälp av *logiska* regler kunna beskriva en viktig del av mänskligt tänkande d.v.s språket. Det antogs att språk är processande av symboler efter logiska regler. Psykologen Millers artikel "*The magical number seven plus or minus two*" publicerades samma år. Han sammankopplade mänskligt tänkande med Shannons *informationsteori*. Han visade hur många *informationsenheter* människan samtidigt kan hantera i arbetsminnet. Vare sig det handlar om att komma ihåg och särskilja smaker, ljud, siffror eller ord så fanns det en gräns på sju plus minus två. Artikeln uttalar sig om mänskligt tänkande vilket varit bannlyst under behaviorismen. Det är *information* som behandlas (Gärdenfors 2008)

En tredje milstolpe 1956 är boken "*A study of thinking*" av psykologerna Bruner, Goodnow och Austin. De undersökte hur kategorisering går till. Försökspersoner fick kort med figurer som varierade enligt följande: *form* (kors, cirkel eller kvadrat), *färg* (vit , svart eller grå), *antal* (1,2,el 3), *ram* (en två eller tre linjer) totalt 81 kort . Försökledaren hade bestämt en kategori som försökspersonen skulle finna. Försöket gick till så att försökspersonen fick se ett kort, försökledaren bekräftade om det tillhörde kategorin eller ej. Så visades ett nytt kort etc. tills försökspersonen kunde säga vilken kategori det handlade om. Det visade sig att om kategorin var en egenskap (t ex vit) eller en konjunktion (t ex vit och cirkel) var det enkelt att hitta den . Det var svårare med kategorier som innehöll disjunktioner (t ex vit eller kvadrat) eller negationer (vit ej cirkel). Resultaten tolkades som att när försökspersonen lärt

kategorin var det en logisk regel som upptäckts. Intelligens ansågs likna så mycket en dator att intelligens definierades som *regelbaserad manipulation av symboler* (Gärdenfors 2008).



Denna modell för tänkande är sekventiell: via vårt perceptuella system abstraheras information om den yttre världen till en symbol. Den yttre världen finns sedan *representerad* som begrepp i form av dessa diskreta enheter, *symboler*. Symboler kombineras i påståendesatser, propositioner, uttryckt i logisk form. T ex

”Concepts are units of mental representation, roughly the grain of single lexical items, such as *object*, *matter*, *weight*. Beliefs are mentally represented propositions taken by the believer to be true, such as: *air is not made of matter*” (Carey, 1992 s.89)

Själva tankeprocessen sker med symboler i ett inre språk ”*language of thought* ” eller *mentaleese*. Tänkandet är enligt denna modell frikopplat från det system som gav dess input, *perceptionen*, och dess output, *handlingen* d.v.s den mänskliga kroppen. Eftersom tänkandet sker ”disembodied”, så skulle i princip tänkandet kunna processas i vilken mjukvara som helst. Dator eller hjärna var ingen större skillnad. Forskningen kring artificiell intelligens, AI, utlovade att vi inom en snar framtid skulle se datorer som var lika intelligenta som människor (Johnsson & Rohrer, 2007).

Förutom representationer , logik och datorn både som verktyg och metafor för tänkande , så karakteriserades ansatsen av en *nedtoning* av andra faktorer: *känslor, kontext, kultur och historia* . Individens studieobjekt. Världen beskådas i sina representationer ”*som den är*” inte utifrån något syfte eller något perspektiv. En individ är en biologisk organism med ett nervsystemet inbäddat i en kropp med en lång evolutionär historia, men eftersom mentala representationer ansågs ligga på en annan nivå kunde dessa studeras oberoende av den neurala/biologiska nivån. Datormodellen studerar således tänkandet skiljt både från den biologiska nivån, och de sociala och kulturella sammanhang individens ingår i (Gardner 1987).

Konnektionism – Emergens : Tänkande = aktiveringsmönster

Redan i början av 50-talet hade diskussioner förts om det faktum att hjärnan inte ser ut att ha någon motsvarighet till datorns CPU som gör *en* operation i taget. Hjärnans anatomi verkade mera vara massiva kopplingar mellan neuron som ändras som ett resultat av erfarenheter. Detta pekar mer mot en icke-linjär, självorganiserande dynamisk kapacitet än ett paradigm

för symbolmanipulation (Varela et al, 1991) . Dessa diskussioner dog dock bort och det var först i slutet av 70-talet som snabba datorer möjliggjorde studiet av komplexa självorganiserande system med icke-linjär matematik. Inom kognitionsvetenskapen började man simulera tänkande i s.k neurala nätverk, *connectionism*. Här byggs inte ett kognitivt system upp med formaliserade abstrakta symboler utan en armé av enkla ”stupid elements ” som vid sammankoppling får intressanta globala egenskaper. Kopplingarna motsvarar synapser i ett nervsystem och styrkan i en ”synaps” förändras efter vad systemet utsätts för. Dynamiken gör att en förändring på ett ställe ger förändringar på andra ställen. Mönster uppstår - när systemet utsätts för liknande mönster känner det igen det. Det uppstår ett globalt samarbete – *emergenta* fenomen uppträder genom *självorganisation* (Varela et al, 1991). Ett exempel på ett emergent fenomen är hur termitstackar växer fram. Varje termit handlar efter några få enkla regler. Det finns ingen byggmästare, ingen ritning, ingen plan. En termit lägger en lerklump där det doftar mest och lägger en doftmarkering på lerklumpen. På detta sätt växer pelare fram. Två pelare kan bindas samman till ett valv genom att det doftar mer på den sidan pelaren som även får doft från den andra. Ur enkla regler emergerar ett komplext fenomen (Clark, 1998). Med självorganisering menas en förmåga hos systemet att organisera sig själv – det finns ingen som ”styr”, det sker spontant. Att ett system är ickelinjärt menas att en liten påverkan kan orsaka stor, liten eller ingen förändring alls – till skillnad från ett linjärt system då förändringen blir proportionell mot påverkan (Kelso, 1997). Kelso menar att dynamisk systemteori bättre beskriver vad som sker i nervsystemet och tänkandet än symboler och algoritmer. Nervsystemet gör inga ”beräkningar” utan befinner sig i metastabila tillstånd som snabbt och flexibelt kan reagera. Istället för datormetaforen menar han man kan se tänkande som en flod där mönster uppstår och försvinner som virvlar. Virvlarna kan vara beständiga under lång tid – för att sedan upplösas – en liten påverkan kan ibland leda till stor förändring. Ibland ingen förändring alls.

Som exempel på skillnaden mellan kognitivism (symbolmanipulation efter regler) och connectionism - mönsterigenkänning, jämför Clark(1998) två datorsystem som får skriven text som input och ska ge talat språk som output. Ett av systemen läser in ett ord och går sedan igenom listor av regler och undantag. Utefter detta produceras den talade engelskan. Det andra systemet byggt på neurala nätverk arbetar efter en helt annan princip. Systemet ska först ”lära sig”. Systemet simulerar neuron som är kopplade till varandra med ”synapser” . Varje ”synaps” är viktnad. Dessa vikter är slumpmässigt satta. Systemet får input och dess output jämförs med ett ”facit” hur fel man ligger – systemet provar med vad som händer med

mönstret då de olika vikterna justeras. När ett neuralt nätverk lär så kan man inte på förhand med reflektiv analys sätta vikterna. Systemet sysslar inte heller med Rote-learning när det lärt sig klarar det sådant det inte aldrig sett förut. ”Kunskapen” finns ej explicit uttryckt i form av symboler (ej propositionellt uttryckt) utan i form av ett emergent mönster i ett nätverk.

En stor skillnad mellan kognitivism och emergens är var begreppens *mening* finns. Hos kognitivism finns begreppets mening hos symbolen. En i sig meningslös symbol *refererar* till objekt och händelser i den yttre världen. Här uppstår ett problem: att förklara hur detta refererande går till ! I emergenta system finns inte något begrepp representerat i symbolisk form utan i ett analogt mönster som uppstår i nätverket.. En del forskare kombinerar dessa synsätt genom att symbolnivån ligger på en högre nivå och den emergenta, mönsterigenkännande nivån ligger på en lägre, två komplementära nivåer top-down och bottom-up (Varela et al, 1991). En tolkning av Bruner et als kortsorteringsförsök enligt mönsterigenkänning skulle vara att man kan kategorin när man *erfarit ett mönster* – inte upptäckt en logisk regel. Formulering av en logisk regel görs efter mönsterigenkänning.

Apparently real systems do not have formal origins; formalizations become possible only after realizations, never before” (Hoffmeyer, 2006 s 154)

Embodied cognition: Tänkande = En dynamisk dans mellan hjärna, kropp och värld.

Sedan 80-talet växer det från flera olika grenar av kognitionsvetenskap fram idéer om att intelligens och förståelse inte är rotat i manipulation av explicita språkliknande strukturer utan hur en organism snabbt och flexibelt ska kunna handla i en delvis oförutsägbar värld. Man menar att hjärnor inte primärt utvecklats för att avgöra om en utsaga är logiskt korrekt eller ej utan för att styra en kropp som konstant befinner sig i en organism-omvärldsrelation. Hjärnan ses mer som ett organ för anpassning till adekvata handlingar än en spegling av en objektiv yttervärld. (Clark, 1998) . *Kroppen och världen* tas in i modeller över vad tänkande är.

By using the term embodied we mean to highlight two points: first, that cognition depends upon the kinds of experience that comes from having a body with various sensorimotor capacities and second, that these individual sensorimotor capacities are themselves embedded in a more encompassing biological, psychological, and cultural context (Varela et al, 1991 s.172-173)

Medvetande och tänkande ses som ett emergent fenomen som uppstår ur kroppens interaktion med världen. Erfarandet av att ha en kropp med vissa perceptuella och motoriska förmågor inte bara påverkar utan *skapar* de strukturer utifrån vilket minne, begrepp, rationellt tänkande, känslor och språk uppkommer. Begrepp som *upp*, *ner*, *framför*, *bakom* är alla relaterade till hur vi erfar vår kropp. Spatialt tänkande uppkommer hur vi erfar kroppens rörelser i det tredimensionella rummet (Gibbs, 2005; Lakoff & Johnson, 1999). Perception, kognition och handling ses inte som separata processer. Varela et al (1991) använder beteckningen *enaction* för de menar att perception och handling är så sammantvinnade. Nervsystem har utvecklats för att koordinera perception med rörelser och bör betraktas som en process. Vi använder våra sinnen för att guida rörelser som i sin tur hjälper sinnen att se, höra och lukta bättre. Man kan även se det som att rörelser är intimt kopplade med feedbackloopar från världen. Kategorisering av föremål görs inte utifrån deras "objektiva egenskaper", utan även hur vi, med vår typ av kropp, interagerar med dem. Begreppet "stol" finns inte som en symbolisk representation eller definition av en yttre verklighet utan en kroppslig representation som kommer ur vår erfarenhet av stolar, bl a innefattande kapacitet för att "sitta". Kognitiva strukturer ser de som emergenta fenomen som uppstår ur dessa sensomotoriska mönster. Tänkande är "effective action :history of structural coupling which enacts(bring forth) a world" (sid 206). De kallar sin modell över tänkande för *enactivism*.

The Symbol Grounding Problem

En del i kritiken mot kognitivismens symbolmanipulation var *the symbol grounding problem*. Ord och andra symboler är *i sig* meningslösa och enligt klassisk semantik finns ordets mening i hur det *refererar* till objekt och händelser i världen. Hur går det till då ett ord, ett begrepp, får *mening* för en individ? Problemet tydliggjordes när man inom AI-forskning påstod att en dator (som endast hanterar symboler) i princip skulle kunna bli lika intelligent som en människa. Harnad (1990) gör liknelsen att komma till Kina utan att kunna ett enda ord kinesiska. Det enda som finns att tillgå är ett kinesiskt – kinesiskt lexikon. Varje obegriplig symbol som slås upp ger nya symboler etc. ad infinitum. Symbolers *mening* måste således *grundas* i något *annat* än andra symboler.

Filosofen Searle gjorde följande tankeexperiment: han, som inte besitter några som helst kunskaper i kinesiska, sitter inlåst i ett rum. In i rummet skickas lappar med frågor skrivna på kinesiska. Han har böcker med regler som beskriver hur han ska göra då olika kombinationer

av kinesiska tecken kommer in i rummet. Enligt de instruktioner som står i böckerna tecknar han nya kinesiska tecken som skickas ut ur rummet. Utifrån kan det se ut som han tänker men förstår han *meningen* med det han gör? Tecknena är för honom meningslösa. På något sätt måste de kopplas till det som de betecknar. I datorns fall finns det en programmerare som står *utanför* systemet som ger symbolerna dess mening (Harnad, 1990). För de symboler och ord en tänkande människa använder måste *mening förankras* på något sätt *inom systemet* självt.

EC:s svar på "the symbol grounding problem" är att påstå att vi inte hanterar begrepp i form av symboler, ord, skiljt från de system där de uppkom. Barsalous (1999, 2008) *perceptual symbol system* låter samma system, det sensomotoriska, som skapade begreppen vara med och representera begreppen. Klibbig har *mening* genom en kroppslig erfarenhet av att känna på klibbiga föremål. Ordet *klibbig* har sin *mening* genom att till viss del samma delar av de analoga mönster i hjärnan reaktiveras som om jag kände något klibbigt. Att höra ordet *gripa* aktiverar till viss del det motoriska analoga mönstret vi har för att gripa. Att tänka på begrepp som *bil*, *struts*, *hus* etc aktiverar till viss del mönster i synbarken som bildats då vi sett bilar, strutsar och hus. Begrepps *mening* ligger i våra erfarenheter av begreppen – inte i hur de refererar till världen. Det är därför datorer inte kan förstå *meningen* med ord. De saknar *first-hands semantics*. I denna modell blir inte kognition fristående från perception och handling.

Kritik från robotforskning

Man kan se robotar som tester på hur väl modellerna över tänkande fungerar. Just inom robotforskning kom tidigt kritik över kognitivismens modell seriella modell med perception → kognition → handling . Problemen blev stora. Om en robot skulle bli intelligent som en människa och man utgick från att all kunskap skulle finnas explicit uttryckt måste denna "sked matas" in i systemet: "Föremål faller nedåt" , "om du tappar ett glas går det sönder", "objekt flyger normalt inte " etc. etc. många började tvivla på att intelligens finns organiserat på det viset (Clark,1998). Brooks (1991) konstruerade robotar på ett nytt sätt. Hans "insektsrobotar" använder världen som sin egen modell . Explicit symbolisk representation av världen blev ett problem. Shapiro (2011) kallar Brooks robotar "gibsonauts" efter Gibson (1979) som med sin ekologiska psykologi var en tidig kritiker av kognitivismens representationer. Gränsen mellan perception/kognition/handling löses upp. Brooks ifrågasatte om representationer i form av symboler är intelligensens fundament. Det har tagit evolutionen hundratals miljoner år att utveckla förmåga för en organism att klara sig i en dynamisk miljö. Han menar att dessa förmågor är en bas även för högre former av tänkande, som språk och logiskt resonemang som har en väldigt kort evolutionär historia.

Idag konstrueras "enactive robots" där robotens "representationer" grundas i robotens egna sensomotoriska erfarenheter, dess embodiment (Ziembke, 2001, 2003). Enligt EC så återanvänder människor sådant som fingerrörelser, ögonrörelser vid abstrakt tänkande. Planering av rörelser i de motoriska centra återanvänds vid att göra föreställningar av framtida händelser. Spatial förmåga vid navigering återanvänds vid resonemang i den temporala domänen. Vill man skapa intelligenta robotar bör man istället för att fokusera på den abstrakta naturen hos ett problem fråga sig vilka sensomotoriska processer som stöder dessa (Pezzulo, Barsalou, Cangelosi, Fischer, McRae & Spivey, 2011). Det finns diskussioner om den mekaniska embodiment som finns hos en robot någonsin kan efterlikna den organiska embodiment som levande organismer med miljarder års evolution bak sig har. Artificiella system saknar inneboende autonomi och "life task". En del ifrågasätter om robotar någonsin kan ha "first hand semantics". (Ziembke, 2001, 2008).

Kritik från antropologin

Antropologen Hutchins (1995) beskriver det som ett kategorimisstag då datorn blev modell för vad tänkande är. Datorn konstruerades efter Alan Turings beskrivning av en teoretisk maskin som skulle kunna utföra alla matematiska beräkningar som går att beskriva med en algoritm. Alan utgick från hur han själv stegvis löser problem genom att fundera ut vilken regel som ska appliceras, tillämpa den, skriva ned resultatet, fundera över nästa steg, skriva ned resultatet o.s.v. Detta är manipulation av symboler efter regler. Utefter denna princip konstruerades turingmaskinen, datorn. Vad Hutchins menar är att det som datorn gör *inte* är en beskrivning av vad som "händer i Alan Turings hjärna" utan en beskrivning vad som händer i hans hjärna, händer, ögon som interagerar med papper och penna och med tillgång till en speciell sociokulturell begreppsapparat. Att stegvis lösa komplicerade matematiska problem utan tillgång till artefakter (t ex papper och penna) är i princip omöjligt. Tänkandet kan inte beskrivas som något som finns endast "inne i huvudet". Människans framgång beror på användandet av artefakter och extern symbollagring. Analys av tänkande bör enligt Hutchins inte vara individen utan interaktionen med artefakter och andra individer. Tänkandet "läcker ut i världen" och vi kan klara uppgifter långt utöver vad vi klarar utan dessa. Detta går ofta under beteckningarna *distributed* eller *extended cognition* (Clark & Chalmers, 1998). Men även i dessa beskrivningar har kroppen ofta kommit i skymundan, även de har varit lite "disembodied" (Hutchins 2006).

Kritik från neurofysiologin

Neurofysiologen och nobelpristagaren Gerald Edelman (1994) ser kognitivismens modell av tänkande som inkompatibelt med hjärnans anatomi och fysiologi och kallar datormetaforen: "one of the most remarkable misunderstandings in the history of science" (sid 228) och menar att man inom kognitiv psykologi blivit utsatt för en "intellectual swindle" (sid 229). För Edelman är tänkande primärt ej språk, primärt ej logik utan mönsterigenkänning (Edelman 2006). Mönsterigenkänning är det vi delar med andra ickespråkliga däggdjur. Han beskriver i sin teori, neural group selection, hur ett djur bildar begrepp, hur det kategoriserar världen. Han menar det är felaktigt att se det som information som "kommer in" för att sedan behandlas med något datorliknande program för att slutligen ge kommando till de motoriska delarna. Edelman har ett förflutet som immunolog och var med i diskussionerna då man klargjorde hur immunförsvaret lär sig bilda specifika antikroppar mot specifika antigen på mikroorganismers yta. Även då diskuterades hur "informationen" om antigenet "överfördes" till immunförsvaret. Men det fungerar inte på det viset, istället handlar det om selektion. Det finns miljontals olika kloner av antikroppsproducenter (b-lymfocyter) och när mikroorganismer kommer in så selekteras rätt klon fram och börjar producera antikroppar. På liknande sätt, menar Edelman, sker det en selektion bland grupper av neuron i hjärnans sensomotoriska delar när organismen interagerar med miljön. De mönster som uppstår i dessa grupper kan sedan återaktiveras – då har ett begrepp bildats. Begreppets *mening* är för organismen att det känner igen ett objekt eller situation och det är kopplat till handling. Minnessystem har utvecklats för hur organismen ska handla adekvat - inte för att göra en objektiv beskrivning av världen. Detta meningssystem fanns innan språk utvecklades hos hominiderna. När språk uppkommer kopplas ord till begreppen som har mening. Enligt honom är det inte språket som "innehåller" begreppen – utan begreppen uppkommer i andra delar av hjärnan och orden kopplas till dessa. En annan viktig del är att organismer värderar. Objekt och situationer är inte neutrala för organismen. Värderingssystemet är kopplat till emotionella systemet – det är viktigt för organismens överlevnad (Edelman, 1994). Mönsterigenkänning är till sin natur inte exakt – begreppen blir "fuzzy". Detta är en fördel i värld som till viss del är obestämd där man möter nyheter. Denna inexakthet menar Edelman avspeglas i språkets mångtydighet och obestämdhet. Det utnyttjas av poeter – men är ibland ett problem inom vetenskap. Där kan logik och noggrant genomförda vetenskapliga undersökningar eliminera tvetydigheter, men det är mönsterigenkänningen som ligger till grund (Edelman, 2006).

Evolutionen av ett symbolsystem

Donald(2001) anger tre viktiga steg i medvetandets evolution där den mönsterigenkännande primaten med episodiskt minne utvecklar språk och moderna kulturer. Tre steg där medvetandet förändrats radikalt. Det första skiftet, anser han kom för 2 miljoner år sedan, är det *mimetiska* när kroppsspråk, gester och mimik uppkommer. När man inom en grupp kan göra mer avancerade gester samordnas den bättre socialt. Imitation av rörelser mer precist gör att t ex verktygstillverkning kan spridas snabbare. Idag finns ögonkontakt, mimik, ansiktsuttryck, gester kroppshållning kvar som grundläggande i mänsklig kommunikation. Nästa steg, som han daterar till ca 400 000 år sedan, är uppkomsten av talat språk. Han kallar detta det *mytiska* stadiet – berättelsens uppkomst. Språket har mimetiska rötter men nu blir vi den *berättande* människan. Språket som individen får tillgång till genom att vara deltagare i kulturen blir samtidigt ett kraftfullt inre tankeverktyg. Att tänka språkligt är att föra en inre dialog, det blir helt ändrade regler för "the cognitive game". Det tredje steget, det *teoretiska*, uppkommer först när vi börjar använda extern lagring av symboler. Vår hjärna har inte ändrats biologiskt sedan dess, men den externa symbollagringen har givit dramatiska effekter på vårt tänkande. Det är inte bara att vi kan använda omvärlden som externt minne – utan själva tänkandet förändras. Det skrivna ordet, de första texterna, var berättelser, men under grekiska antiken uppstod texter som blev reflektiva instrument. Det blev möjligt att flytta idén från den situation där den uppkommit och "granska tanken" Skrivna symboler ger oss möjlighet att dekontextualisera tanken och abstrahera generella principer. Här uppkom ännu ett nytt sätt att tänka, det *teoretiska* analyserandet som läggs ovanpå det mimetiska och det mytiska. Nu uppkommer t ex Aristotelsk logik.

Donald beskriver våra hjärnor som hybrider: till hälften "*analogizers*" det är här vi har den direkta erfarenheten av världen, till hälften "*symbolizers*" inbäddade i en kultur. Den direkta erfarenheten som vi delar med andra djur är mönsterigenkänning, "fuzzy recognition". Den arbetar analogt, holistiskt inte utefter fasta logiska regler – mönster i hjärnans nätverk. Mycket av vår kunskap *går ej* att explicit formalisera. Nervsystemets struktur är sådant, vår "uppkoppling" till världen, är ursprungligen sådan. I och med att vi föds in i en kultur "badas vi" i symboler och får tillgång till ett språk. Ett språk som från början finns mellan människor internaliseras och blir även ett inre verktyg. Nu blir vi även "*symbolizers*". Här finns berättandet, men även det stegvisa resonandet (om vi vuxit upp i en skriftspråkskultur)– t ex när vi för ett logiskt resonemang. Kan vi då tänka endast som "symbolizers" ? Nej, det är här "the symbol grounding problem" kommer in. Kulturen "infuse the symbolic side of our minds

with meaning” och symbolerna har en så ”crystallizing impact” på vår erfarenhet så det skapar *en illusion* att språket är den äkta källan till erfandet. En symbol kan inte i sig själv ha mening, betyda något, det krävs en ”nonsymbolic engine”. Vår analoga mönsterigenkänning har sin grund i erfandet av vår kropp, vårt sensomotoriska system. Språket är den hävstång med vilken vi lyfter oss och kan nå andra höjder - men det kan aldrig vara inspiratören, tolkaren eller den som värderar. Donald menar att det var detta som var Wittgensteins attack mot teorier som försökte göra språk till fundament för tänkande. Språkets mening *måste* vara kopplat till de analoga mönstren. Pytagoras sats har uppkommit som en ”fuzzy insight” som blir klarare då den uttrycks i en formell ekvation. Denna i sin tur kan endast värderas genom att de matchas mot en ny ”fuzzy insight” som sedan kan bli tydligare genom nya symboler etc. I Edelmans (1994) modell över hur däggdjurshjärnan kategoriserar (utan hjälp av symboler) fanns en värdering med. Värderingar är kopplade till vårt emotionella system. Tänkande blir att frambringa *mening* ”bring forth meaning” där kunskap och värdering blir oseparatorbara ”to know is to evaluate through our living, in a creative circularity ” (Varela, 1992 s. 260).

Kognitiv Semantik

Parallellt med och oberoende av Edelmans neurobiologiska modell växte liknande idéer fram inom lingvistik: den kognitiva semantiken. Enligt den klassiska semantiken definieras ett begrepp enligt nödvändiga och tillräckliga villkor. Begreppet, som sedan kopplas till ett ord - *refererar* till objekt och händelser i världen. Ordet står för hur världen *är*. En objektivistisk syn. Inom den kognitiva semantiken däremot så är inte ords mening oberoende av perception och handling. Ords betydelse finns i hur vi *erfar världen*. Meningens rötter finns i de strukturer som bildats genom kroppsliga erfarenheter, hur vi rör vår kropp i det tredimensionella rummet, hur vi handskas med föremål. Återkommande sådana analoga mönster ger upphov till sk image schema, som på svenska kallas bildschema eller föreställningsschema. Dessa är omedelbart meningsfulla för människan (Johnson, 1987; Lakoff ,1987; Lakoff & Johnson, 1999; Johnson, 2005). Det är viktigt att framhålla skillnaden på de dynamiska återkommande mönstren i image schema och andra schemateorier som enbart handlar om propositionella strukturer. Karsny, Sadoski & Paivio (2007) t ex menar att all ”schemateori” från Kant och framåt har en sak gemensamt: att kunskap *abstraheras* ur sinneserfarenheter och lagras i en amodal symbolisk form ,dvs skiljd från sinneserfarenheten. Att begreppet sedan kan hanteras av medvetandet från ett

erfarenhetsoberoende tillstånd. Enligt teorin om föreställningsschema, däremot används samma neurala strukturer (det senso-motoriska systemet) som gav upphov till dem. Föreställningsschema är inte endast visuella utan uppkommer i alla sinnesmodaliteter. Viktiga sådana är de som har sina rötter i proprioception d.v.s information om kroppshållning, balans och kroppsrörelser. Begreppet *balans* förstås genom att man har kroppsliga erfarenheter av att känna sin kropp i balans och ur balans. De mönster som uppkommit i nervsystemet av att hålla kroppen i balans reaktiveras då du säger eller hör ordet balans. Begreppets *mening* finns här - inte genom referens till objekt och händelser i världen, eller genom definitioner, utan är direkt knutet till erfandet. Dessa strukturer ligger sedan till grund bl a för att generera språkliga propositioner (Johnson, 1987).

Metaforer får i kognitiv semantik en central roll. Om de inom klassisk semantik ansetts vara ett broderi i språket (eftersom de inte kan referera till världen) så ses de här som avgörande för att ge abstrakta begrepp mening. Att förstå ett abstrakt begrepp i en domän, *måldomänen*, görs genom att den kopplas samman med *källdomänen* via en konceptuell metafor. ”Hon var inte balanserad!”, ”Ekonomi är ur balans ” är två abstrakta begrepp där föreställningsschemat *balans* är källdomänen. (Lakoff & Johnson, 1999). De menar det sker en neurologisk koppling mellan hjärnans sensomotoriska system, där ett mönster för BALANS uppkommit och högre associationscentra. Ett annat föreställningsschema är t ex CONTAINER. Vi har erfarenheter av att lägga föremål i en behållare eller i handen. Dessa schema används för matematiska uttryck som: om $A > B$ och $B > C$ så är $A > C$. Vi kan föreställa oss hur behållare kan sättas i varandra. Ett tredje bildschema är KRAFT. Vi har erfarenheter hur krafter påverkar vår kropp, hur vi använder krafter för att flytta föremål. Dessa schema ger mening åt metaforiska uttryck som ” det finns krafter i samhället som vill fälla regeringen”. Förståelsen av dessa uttryck ligger i att vi aktiverar mönster uppkomna i det sensomotoriska systemen. Sedan Lakoff & Johnsons *Metaphors we live by* kom ut 1980 har det gjorts mängder med studier som visat hur språk världen över använder metaforer för abstrakta begrepp. Enligt kognitiv metaforteori så är metaforer (och metonymer) de verktyg med vilka vi förstår abstrakta begrepp. Krasst uttryckt: *utan metaforer inget abstrakt tänkande* – då skulle de abstrakta begreppen *sakna mening*, de måste grundas i strukturer som redan har mening annars skulle de som Donald (2001) uttrycker sig: ”float in an empty ether”. Han ger exemplet hur vi kan förstå den abstrakta meningen : ” Deconstrained quarks can only roam free for microseconds because matter reverts quickly to one of its more common states “ (sid 277) . Kvarkar kan vi visualisera som partiklar, då använder vi delar av synbarken, medan ord som

room, quickly, matter, microseconds har metaforiska förankringar då används andra delar av det sensomotoriska systemet.

Karsny, Sadoski & Paivio (2007) menar att de växande bevisen från neurofysiologi och neuropsykologi talar så starkt för att tänkande grundas i vårt sensomotoriska system att schemateorier som beskriver tänkandet i form av symboler som är *abstraherade* från dessa strider mot vetenskapligt tänkande. När vi läser orden *kick*, *pick* och *lick* så aktiveras till viss del hjärnans motoriska centra för ben, hand respektive läppar. Detta stöder teorin att ordens mening ligger i den kroppsliga erfarenheten av att sparka, plocka och slicka (Hauk, Johnsrude & Pulvermüller, 2004). När vi ser en bilnyckel aktiveras de motoriska programmet för precisionsgrepp samt vridning med handen. När vi läser meningarna ”han slog i en spik i väggen” respektive ”det stod en spik i glaset” känner vi snabbare igen en horisontell spik i det första fallet och en vertikal i det andra. Dessa och andra undersökningar stöder tesen att begrepp inte hanteras i medvetandet form av en abstraherad symbol utan som reaktivering av mönster i de sensomotoriska systemen. Kognition är inget som sker ”disembodied” (Barsalou 2008). De delar av den somatosensoriska hjärnbarken som aktiveras då man känner på en sträv yta aktiveras till viss del då man läser metaforiska uttryck som ”he had a rough day” (Lacey, S. Stilla, R. Sathian, K. 2012). På samma sätt som en dator inte har erfarenhet av hur en sträv yta ”känns” och således varken kan ge det konkreta ordet eller dess metaforiska förlängning dess *mening* så kan inte en människas medvetande hantera ordet ”sträv”, som en symbol oberoende av sinneserfarenheten. För diskussion kring belägg för EC inom neuroscience se Hauk & Tschentscher (2013).

Representationer eller simulering

Inom EC vill många undvika termen *representation* t ex Johnson & Lakoff (2002) . De menar att de flexibla, dynamiska mönster som uppstår vid organism- omvärlds interaktioner skiljer sig så mycket från kognitivismens symboler, som refererar till yttervärlden, att man helst undviker ordet re-presentation. Även när vi inte har direkt interaktion med världen, t ex när vi sitter i en stol och funderar ses som *simulering* i vårt sensomotoriska system. Barsalou (1999) kallar sin teori som bygger på simulering, för en slags *representation* medan andra liknande teorier (t ex Hesslow, 2002) inte vill kalla dessa simuleringar för representationer. För diskussion kring representationer se Keijzer (2002).

Enligt dessa teorier är tänkande inte symbolbehandling utan reaktivering av de sensoriska och motoriska delarna av hjärnan som om vi såg, hörde, kände något eller utförde en handling. Ett

slags torrsim. Enligt teorin krävs inga "inre modeller" eller inre representationer. En simulering klarar samma sak. Det finns mycket empiriska data inom neurofysiologi som stöder teorin (Hesslow, 2002, 2012). Simuleringsteori används även vid beskrivning av inre språk, när vi tänker i ord och för en inre dialog tänker man sig att vi använder samma språkcentra som när vi för en äkta dialog (Hesslow, 2002). Simulering är inte bara visuellt. Gibbs (2005) menar att de kinestetiska och proprioceptiva systemen är centrala i de föreställningsschema som ligger till grund för många abstrakta begrepp. Han ser begrepp som attraktorer i dynamiska system. Den "kunskap" som min son hade om krafter på en byrå eller fysikprofessorerna om spiralfjädrar, finns enligt denna modell i form av förändrade synaptiska vikter vilka ger vissa resultat då man gör en simulering. Nätverk är dynamiska till sin natur och de synaptiska vikterna ändras kontinuerligt efter erfarenhet. Utifrån detta perspektiv är det inte konstigt att Einstein hade "entities" av både visuell och "muscular type" i sitt tänkande – då blir snarare frågan – vad skulle han annars tänka *med* ? Tänkande som *simulering* skiljer sig således avsevärt från de modeller som menar att all kunskap är propositionellt uttryckt där tänkande är manipulation av abstraherade symboler.

Enligt simuleringsteorier förstår vi skriven text genom visualisering av vad som står i texten. Vid läsinlärning kan detta vara svårt eftersom orden mödosamt ljudas fram. Vid ett försök hade man förbättrats små barns läsinlärning genom att de fick ha små figurer framför sig. När de läste "geten äter hö" manipulerade de händelsen med små plastfigurer. Senare tränades de i att visualisera händelsen utan figurer och efter träning kunde de göra detta även då de läste om händelser som inte handlade om dessa figurer (Glenberg, 2009).

Logik och väldefinierade begrepp

Stegvisa logiska resonemang och väldefinierade begrepp, fria från personliga värderingar och emotioner, är hörnstenar i det naturvetenskapliga kunskapsbygget. Enligt den klassiska synen på begrepp, med rötter bak till Aristoteles, så definieras dessa utifrån nödvändiga och tillräckliga villkor. Ett objekt finns antingen med i en kategori eller ej, inget däremellan. Det följer ur logiken – man ska kunna avgöra om en sats är sann eller falsk. Det finns heller ingen skillnad mellan kategorimedlemmarna, ingen fisk är *mer fisk* än någon annan. Med hjälp av OCH, ELLER; OM kan regler formuleras som definierar komplexa begrepp. Kognitivismen antog att begrepp finns mentalt representerade på detta sätt. Detta gjorde även Piaget. Men studier av hur

människor använder begrepp visar något annat. Prototypeffekter uppkommer, vissa fiskar är *mer* fiskar än andra, gränserna mellan kategorier är inte distinkta utan blir "fuzzy" (Murphy, 2002). Barsalou, Simmons, Wilson & Wilson (2003) menar att det finns väldigt lite empiri bak den kognitiva psykologins antagande att begrepp finns som symboler i amodal form. Teorin har varit tilltalande för den stämmer med logik och går att modellera i datorer. Bara för att vi kan resonera logiskt så betyder inte det att hjärnan är den "logiska maskin" som kognitivismen beskriver (Clark, 1998). Att "naiv fysik" skulle finnas propositionellt uttryckt ser han som ett märkligt påstående. När vi för logiska resonemang inom naturvetenskap höjer vi oss över vår mönsterigenkänning, våra "computational roots", men det handlar om sociokulturella verktyg, vår språkliga interaktion med andra människor och hur vi interagerar med t ex texter där vi kan ha exakt definierade begrepp.

I språkligt avgränsade system, t ex cellbiologi, humanfysiologi eller mekanik, kan vi ha väldefinierade begrepp. Men människor som lever i en icke-avgränsad verklighet där blir begreppen "fuzzy" (Murphy, 2002). Det strikt rationellt, värderingsfria tänkandet fritt från estetik och emotioner. Det tänkandet finns inte, organismen värderar hela tiden och det är kopplat till emotioner – det har varit och är centralt för överlevnad (Edelman, 1994). Den naturvetenskapliga texten däremot, som inte har mer än några hundra år på nacken, där rensas subjektiva värderingar och emotioner bort. Behovet av exakta definitioner växte fram för att vetenskapsmän skulle kunna kommunicera och bygga vidare på varandras resultat. Kognitivismens antagande att människan har ett kognitivt system som liknar naturvetenskapliga *texter* anses från EC:s håll vara felaktigt (Klein, 2006). Dels finns det väldefinierade begrepp i texter inom en avgränsad vetenskap, dels finns det människor som ska få *mening* och *förståelse* av dessa begrepp.

Filosofiska rötter

Kognitionsvetenskap är sprungen ur den analytiska filosofin där strävan varit klarhet, otvetydighet och logisk stringens. En strävan efter att med språket försöka beskriva världen som den *är*, fritt från subjektiva värderingar. Men de empiriska beläggen inom just kognitionsvetenskap motsäger just den analytiska filosofins bild av vad tänkande är (Kondor, 2008). Inom EC har många därför blickat på andra filosofiska riktningar som annars betraktats som "obscure, muddleheaded, inaccessible" inom den analytiska skolan (Johnson, 1987).

Fenomenologen Heidegger ser inte människan som den ensamme betraktaren av världen utan som en aktiv deltagare i den. Vi erfar inte t ex verktyg frikopplade från deras praktiska användning. En hammare finns inte representerad utifrån sina objektiva egenskaper utan vad vi gör med den. Vår intresse är inte objekt i vår erfarenhet därför kan de spela en roll och organisera vår erfarenhet till meningsfulla mönster. Men filosofin har från början vänt det som berör dig till objekt som vi skall begrunda och kontrollera. Även det mest personliga ska göras till ett objekt och då har det inte längre betydelse för oss, filosofin hamnar till slut i Nietzches nihilism. Heidegger menar denna beskrivning av människan är felaktig, han anser inte att vi har handlingsneutrala ”representationer” av världen. Hans begrepp *Dasien* (being-there), vårt praktiska engagemang i världen, anser han istället vara grunden i vårt tänkande (Dreyfus,1992). Begreppet ”*being-in-the world*” är nu en återkommande beskrivning i kognitionsvetenskaplig litteratur över mänskligt tänkande. Kunskap kan inte separeras från våra kroppar, vårt språk och vår sociala historia. Det är en pågående tolkning som *inte kan* formaliseras. Människan är inbäddad, ”*embedded*”, i den värld som den ständigt interagerar med. Detta ska ses i motsats till den alienerade beskrivningen av människan som det ensamma betraktande subjektet. Robotforskare vid MIT läser idag kurser i Heideggers teorier (Dreyfus, 2009). Heideggers elev Maurice Merleau-Ponty kombinerade neurologiska data med fenomenologi och menade att medvetandet inte kan vara ett resultat av linjära orsakssamband och reflexer. Medvetandet är strukturen av beteende (Freeman, 1997). Till skillnad från Heidegger så betonar Merleau-Ponty att det är med kroppen vi har förbindelse med världen – vi *har* inte en kropp vi *är* vår kropp. Kroppen och världen står i en nära förbindelse – när vi utvecklar ”skills” gör vi det inte via representationer. Merleau-Pontys begrepp *intentional arc* stämmer mer med dynamiska simulerade neurala nätverk. Merleau-Ponty talade även om kroppens tendens att förfina sina svar för att komma närmre något han kallade ”*the maximal grip*” . Precis som vi förändrar ett grepp med handen för få så bra grepp som möjligt så försöker vi få så bra grepp som möjligt över en situation (Dreyfus, 2002).

Johnson & Rohrer (2007) ser rötterna i EC i amerikansk pragmatism , William James och John Dewey. Dessa såg tänkande som ett resultat av evolutionära processer i en dynamisk pågående organism-omvärld relation. Tänkande är *handling* snarare än mental spegling av en yttervärld, dvs även de förkastade Descartes dualism. De mentala egenskaper vi ser hos människan: problemlösning, minne, begreppsbildning, föreställningar vilja etc. ser de som något som emergerar (och utvecklas) då en organism försöker överleva utvecklas och frodas. Från livets början blir inte kunskap en fråga om hur ”inre representationer” kan representera

en ”yttre värld” eftersom kroppen från början är invecklad i en serie organism - omvärldsrelationer som konstituerar erfarenhet. Att tänkandet från början är rotat i detta gör att det inte finns några skarpa gränser mellan perception, emotion och tanke (Johnson & Rohrer, 2007).

Geststudier

Ett sätt att studera det ickespråkliga tänkandets rötter i kroppen är att studera gester. Om vårt tal är precist, sekventiellt så ger gester möjlighet att uttrycka något där det saknas ett precist uttryck. Gesten är bra på att uttrycka spatiala förhållanden, former och riktningar. Forskning har visat att den som är på väg att lära sig något kan uttrycka det felaktigt verbalt men korrekt i gesten - under den fasen är de mer mottagliga för påverkan (Goldin - Meadow & Wagner, 2005). Elever som *uppmanas* att göra gester då de ska lösa ett matematiskt problem får fler alternativa strategier och lär bättre efter undervisning (Broaders, Wagner Cook, Mitchell & Goldin-Meadow ,2007). Roth (2002) har visat att gester inte bara är som ett viktigt steg mot verbal förståelse av naturvetenskap. Man kan även se själva gesten som en kognitiv handling – vi tänker *genom* att göra en gest. Det kan ses analogt med att vi ”tänker högt ” genom att språkligt formulera oss. Clement (1994) som undersökte fysikprofessorernas kunskap om spiralfjädrar kunde i gesterna se hur de löste problemet. Skillnaden i fjädrarna var diametern. När fjädern dras ut sker bl a en vridning – en försöksperson ”kände” i en gest att det var lättare att vrida en lång metallstav än en kort.

Sammanfattning del 1

Det har skett en svängning inom delar av kognitionsvetenskapen från en extremt rationalistisk, ingenjörsmässig syn på tänkandet - till en mer flexibel och kreativ men inte så exakt. Mönsterigenkänning ses som grunden och språk och exakt logik som påbyggnad på detta system. Det är även en svängning från att se människan som Descartes isolerade subjekt till den aktive deltagaren i världen – en mer relationell syn. Den tusenåriga åtskillnaden mellan kropp och medvetande som funnits i västerländsk filosofi anses på empiriska grunder vara felaktig. Kognitivism med rötter i logik och analytisk filosofi ser begreppens *mening* i hur det refererar till en objektiv yttervärld, en objektivistisk syn på mening. EC har rötter i biologin, tänkandet har evolutionära rötter, och man ser organismen som strukturellt kopplad till sin värld. Medvetande, tänkande, ses som ett emergent fenomen som uppstår ur erfandet av kroppens interaktion med världen, tidigare beskrivet inom fenomenologi och pragmatism. ”Off-line”-tänkande ses som simulering i de sensomotoriska systemen i motsats till

kognitivismens symbolmanipulation. Ords, begrepps, *mening* grundas i erfandet av kroppens interaktion med världen. Hos abstrakta begrepp grundas *mening* via metaforer. Kunskap är *mer än* det som är propositionellt uttryckt.

Del 2 Kognitivism – Konstruktivism – EC likheter och skillnader

Holton (2010) ställer frågan om enactivism och EC kommer att ersätta konstruktivism inom ND. EC har växt fram inom kognitionsvetenskapen som en reaktion mot kognitivism.

Konstruktivism inom pedagogik är inte en skola utan flera som förenas i synen på lärande som en aktiv process. Det handlar inte om passiv ackumulering av kunskap, utan konstruktion och modifiering av individens kognitiva strukturer (Ernest, 2006a). I detta avseende liknar konstruktivism enactivism. Ibland används begreppen synonymt, då avses von Glaserfeldts radikalkonstruktivism (ex Stewart, 1996; Ziemke, 2001). När jag använder beteckningen konstruktivism nedan avser jag inte radikalkonstruktivism utan det som Ernest (2006a) kallar ”simple constructivism” och Mc Gee (2005) ”realist constructivism”: absolut kunskap om världen är nåbar men ett resultat av individens aktiva konstruktion. Piaget ses som fader till många former av individuell konstruktivism och Varela et al (1991) räknar Piaget som enactivist. Piagets beskrivning hur barnet i det sensomotoriska stadiet genom interaktion med världen skapar grundläggande begrepp om t ex tid, rum och kausalitet är kompatibelt med EC /Enactivism. Men Piaget menade att detta är ett övergående stadie och utvecklingen går mot ett slutgiltigt abstrakt stadie, där tänkandet styrs av klassisk logik. Kunskapen är där ”abstraherad” och hanteras skiljt från sinneserfarenheten (Roth & Thom, 2009). I detta avseende skiljer sig Piaget från EC/enactivism där man menar att de sensomotoriska systemen är med i tänkandet hela tiden. Davis & Sumara (2003) pekar dock på Piagets användning av det franska ordet *construire* som kan översättas till engelskan med två lite olika betydelser: *to construct* eller *to construe*. Den förra betydelsen handlar det om att bygga strukturer – där husbyggande blir metafor. Plattformar, byggbitar, rigiditet och linjär progression – det byggda blir statiskt. Begrepp finns enligt denna modell som diskreta enheter. Den senare betydelsen handlar stukturerna istället om biologiska strukturer: strukturen hos en organism, strukturen hos ett ekosystem - emergenta fenomen. Dessa strukturer är inte statiska, de är processer. Davis och Sumara menar att det är engelskans *construct*, husbyggarmetaforen, som blivit dominerande i konstruktivistisk diskurs inom pedagogik och det kanske från början är en misstolkning av Piaget vid översättning till engelska. Den senare betydelsen är mer likt enactivismens beskrivning av kognition. Likt liv, en process. Kunskap är rotat i hur nervsystemet är rotat i den levande organismen, hur den levande organismen interagerar med sin omvärld och hur liv är organiserat överhuvudtaget (Maturana & Varela, 1987).

Li, Clark & Winchester (2010) jämför objektivism med konstruktivism och enactivism. Jag lånar delar av deras jämförelse (tabell 1) men väljer att kalla objektivism för kognitivism. Lakoff (1987) menar att kognitivism har en objektivistisk modell över tänkande.

Tabell 1 Jämförelse mellan kognitivism, konstruktivism och enactivism efter Li, Clark & Winchester (2010)

	Kognitivism	Konstruktivism	Enactivism
Medvetandet	Processar symboler	Bygger symboler	Emergent fenomen i erfandet av kroppens aktivitet i världen
	Spegel av världen	Tolkare av världen	Kan inte separeras från världen
Kognition	Tolkas mekanistiskt	Tolkas mekanistiskt	Tolkas biologiskt
	Reflekterar en extern verklighet	Process som organiserar och tolkar ens subjektiva upplevelser	Komplex process av "enactment of a world and a mind"
Kunskap	Det "mentala" och det "fysiska" skiljda åt	Det "mentala" och det "fysiska" skiljda åt.	Mentalt – fysiskt går ej att separera - sam-evolverar
	Extern	Inbäddad i inre självet	Varken inre eller yttre , det beror på
	Ett "ting" som kan förvärvas	Ett "ting" konstrueras av den lärande	Inte ett "ting" utan en domän av möjligheter
	Endast medveten kunskap	Endast medveten kunskap	Både medveten och omedveten kunskap
	Handling i motsats till "mentalt"	Handling i motsats till "mentalt"	Handling och tänkande går ej att separera
Dualism	Tar ej hänsyn till emotioner	Tar ej hänsyn till emotioner	Inkluderar emotioner
	Inre / yttre	Inre /Yttre	Går ej att separera
	Subjekt / objekt	Subjekt /Objekt	Går ej att separera
	Medvetande / kropp	Medvetande / Kropp	Går ej att separera

Hos kognitivismen ses vårt medvetande som en spegel av världen – den finns i form av representationer, symboler, som processas efter regler. Konstruktivismen däremot ser medvetandet som *tolkare* av världen en *symbolbyggare*. Likheten mellan de två är att begreppen finns i form av symboler - en skillnad i hur de hanteras. Inom enactivism däremot kan man inte separera medvetandet från världen – medvetandet ses som ett *emergent* fenomen i erfandet av kroppens aktivitet i världen. Symbolerna har inte den centrala plats som i konstruktivismen. All kunskap finns inte propositionellt uttryckt. Den *kan vara* det – men har även då rötter i dynamiska mönster i de sensomotoriska systemen. Vad gäller synen på vad tänkande (kognition) *är* så menar de att både kognitivism och konstruktivism har en mekanistisk syn fast de skiljer sig i om det reflekterar en extern verklighet eller en process som organiserar subjektiva upplevelser. Inom enactivismen däremot, ses tänkandet som en komplex *biologisk* process, – en ”enactment of a world and a mind”. (För skillnaden mellan en mekanistisk syn och levande organismer då det gäller tänkande se Ziemke, 2001).

För Proulx (2008) är den största skillnaden mellan konstruktivism (även radikal sådan), och enactivism synen på dualismen. I en dualistisk världsbild separeras den tänkande individen *från* världen i ett subjekt och ett objekt. Descartes bild av människan, den ensamme betraktaren. *Kunskap* blir ett tredje *ting* som ska överbrygga gapet mellan subjekt och objekt. Metaforen för *kunskap* inom konstruktivismen är fortfarande ett *ting* – ett *objekt*. Kunskapen blir ett ” ’object’ to be located, grasped, held, and manipulated, rather than as something that winds through a biological, phenomenological, and ecological world.” (Sumara & Davis, 1997 s 410). Hos exempelvis Novaks ”human constructivism” är all kunskap propositionellt uttryckt: ”All knowledge is comprised of concepts and propositions” (Novak, 1998 s.79). Inom enactivism däremot ses inte kunskap som *objekt* eftersom tänkande inte kan separeras från perception/handling. Inom enactivism bestäms individens handlande av strukturen hos individen, men det handlar om biologisk struktur - inte diskreta enheter (begrepp och propositioner). Istället för Descartes isolerade subjekt ser man det som Heideggers ”*vara-i-världen*”, kunskap konstitueras i vår aktivitet i världen, inte genom en separation från den (Proulx, 2008). Kunskap ses som en domän av möjliga handlingar som emergerar genom individens strukturella koppling till världen. Förändringen som sker när vi lär oss är en adaptiv respons hos organismen, en förändring i våra neurala kartor, inte i abstrakta språkliknande strukturer (Edelman, 1994).

Något Begg (2000) saknar i konstruktivismen är en beskrivning vad intuitivt/omedvetet, eller ej i ord formulerat, tänkande *är* för något. Hos konstruktivism finns diktomin

kunskap/erfarenhet d.v.s kunskap är det som är abstraherat från erfarenhet och kan formuleras i ord. Från enactivistiskt perspektiv blir problemet bortsuddat eftersom man inte ser någon gräns mellan kunskap formulerad i ord och annan kunskap. Samma delar av nervsystemet som du *erfar* något med, ditt sensomotoriska system, används vid högre former av tänkande. Tall (2005) använder orden *intuitive* och *embodied imagery* synonymt vid diskussion om hur universitetsstudenter utvecklar matematisk formell förståelse. Han menar att tidigare erfarenheter, både *embodied experiences* och hantering av symboler har betydelse för att få mening i den formella förståelsen. Han ger en ”*powerful new meaning*” åt David Ausubel’s berömda uttalande:

” The most important single factor influencing learning is what the learner already knows. Ascertain this, and teach accordingly”.

Från konstruktivistisk ståndpunkt så är lärande medvetet konstruktion av ”något ” ,ett objekt en teori, ett begrepp. Men från enactivistiskt synsätt är lärande grundat i en organisms aktivitet ,det kan både vara att man medvetet resonerar sig fram , men det kan lika gärna vara så att man går från ett stadie av avsaknad av förståelse genom en serie omedvetna stadier till då man plötsligt vet hur man ska göra (Li et al, 2010). Logiskt resonemang är reversibelt man kan gå fram och tillbaka i resonemanget. När man ”ser något” med mönsterigenkänning vet man inte hur det gick till. Fysikprofessorerna som löste problemet med spiralfjädrarna gjorde en simulering som de *sedan* formulerade i ord. I detta fall är det lättare att se att kunskapen representerad i det sensomotoriska systemet än propositionellt uttryckt (Clemens, 1994). Min 8-åriga som visste var man skulle applicera en kraft då man flyttar en byrå utan att den välter hade en kunskap i sitt sensomotoriska system, men saknade tillgång till de sociokulturella system där man formaliserar och i matematisk form uttrycker denna kunskap. Varje handling en organism gör, för människor inbegriper det språkliga handlingar, så påverkar och förändrar det organismen i någon mån, det går inte att dra någon skarp gräns mellan vad som är medvetet eller omedvetet (Maturana & Varela, 1987). Sumara och Davis (1997) pekar på att det mesta vi vet är icke-i-ord-formulerad kunskap. De ser inte handlingar som om det först finns formulerad kunskap som sedan manifesteras i en handling. Handling *i sig* är förståelse eller tänkande.

Sammanfattning del 2

Konstruktivism skiljer sig från enactivism i synen på vad kunskap är. Konstruktivismen har en mekanistisk och dualistisk syn där det mentala är skilt från kroppen. Begrepp i form av symboler som aktivt konstruerats av den lärande. Hos enactivism är kunskap från början kopplat till handling – det är en domän av möjligheter, man kan inte separera medvetande och kropp – medvetandet är ett emergent fenomen som uppstår ur kroppens aktiviteten i världen. Inom enactivism kan man inte dra någon skarp gräns mellan medvetet och omedvetet tänkande. Om man inom konstruktivism inte har någon beskrivning över vad intuitivt tänkande är så blir intuitivt tänkande inom enactivism detsamma som erfارande av kroppens aktivitet i världen.

Del 3 Empirisk del

Frågeställning

Kognitivismens modell över tänkande: symboler som manipuleras efter algoritmer har haft stort inflytande på forskning inom ND (Lindgren & Schwartz, 2009). EC är en reaktion mot detta synsätt, kognition ses som ett emergent fenomen av *kroppens* ständiga interaktion med *världen*.

Inom pedagogik och ND har *världen* uppmärksammats via det sociokulturella perspektivet. Tänktande och lärande kan inte studeras skilt från användandet av artefakter och deltagandet i en sociokulturell praktik (Säljö, 2000). Kroppens roll, däremot, har inte uppmärksammats så mycket (Holton, 2010). En viktig aspekt är EC:s tes vad mening är och var mening kommer ifrån. Konkreta begrepps mening finns i de mönster som uppstått i de sensomotoriska systemen genom mönsterigenkänning. Abstrakta begrepp får sin mening genom att föreställningsschema via metaforer (och metonymer) kopplas till det abstrakta begreppet. I skolan möter elever abstrakta begrepp som de inte har några erfarenheter av. Finns det studier kring hur metaforer används i lärande och undervisning utifrån detta perspektiv?

Naturvetenskap uttrycks i ord och andra symboler. Semiotik är studiet av mening hos tecken. Enligt EC så grundas all mening ytterst i kroppsliga erfarenheter. Finns det studier som tar denna utgångspunkt ?

EC beskriver "off-line" tänkande som simulering - reaktivering av sensomotoriska kartor t ex visualisering och kinestetisk/proprioceptiv simulering – denna modell av tänkande ger annorlunda infallsvinklar till vad som händer då man lär jämfört med de som anser att all kunskap finns i concept-map-liknande strukturer. Finns det studier som på hur visualisering och proprioceptiv simulering används vid lärande ?

Intuitivt tänkande. De skolor som hävdar att all kunskap finns propositionellt uttryckt har svårt med beskrivningar av vad intuitiv kunskap är. Från EC:s perspektiv borde intuitivt tänkande vara likställt med mönsterigenkänning. Finns det studier kring hur man lär naturvetenskap utifrån detta perspektiv ?

Slutligen , geststudier är ett sätt att studera kroppens roll i det icke-språkliga tänkandet.

Således vill jag ha svar på följande frågor:

- Inom vilka områden har EC influerat forskning inom naturvetenskapens didaktik (ND) ?
- Är det någon skillnad hur ansatsen tagits upp inom matematikdidaktik (MD) ?
- Om teorin tas upp - på vilket sätt framställs den ?

Metod

Ett sätt att försöka få en överblick över hur nya idéer influerar ett forskningsfält är att se när begreppen dyker upp i dess tidskrifter. Jag har använt sökorden *Embodied Mind*, *Embodied Cognition*, *Enactivism* och *Second Generation Cognitive Science*. Ordet *Embodiment* används ofta, t ex titeln på Gibbs(2005) bok *Embodiment and Cognitive science*. Som sökord visar det sig vara svårt att använda eftersom ordet kombineras med andra ord och då får andra betydelser. Begreppet *Second Generation Cognitive Science* lanserar Lakoff & Johnson (1999) och är ett ord jag har träffat på i en artikel i ND därför inkluderades detta. En första sökning gjordes via databasen ERIC men gav ett magert resultat. (sammanlagt 13 artiklar från tidskrifter inom ND och MD). Därför gjordes sökning på samma sökord via förlagens hemsidor där sökning kan göras på *fulltext*. dvs om orden förekommer i texten. Fem tidskrifter inom ND och MD valdes ut (tabell 2). Sökningen gjordes i april 2012.

Tabell 2 Tidskrifter i undersökningen

Matematikdidaktik	Naturvetenskapens Didaktik
Educational Studies in Mathematics	International Journal of Science Education
Journal for Research in Mathematics Education	Journal of Research in Science Teaching
The Journal of Mathematical Behavior	Research in Science Education
Mathematical Thinking and learning	Science & Education
Mathematics Education Research Journal	Science Education

Varje artikel lästes igenom och klassificerades på följande sätt

Hur teorin kring EC beskrivs

- 1) Teorin beskrivs (om än väldigt summariskt)
- 2) Teorin nämns ej, men man utgår från delar av den.
- 3) Teorin nämns ej, och man utgår inte heller från den, sökorden fanns endast som titel i någon bok i referenslistan - dessa artiklar tas inte med i analysen .

Vidare klassades artikeln om de behandlade följande: gester, metaforer, aha-upplevelser, känslor, intuition, semiotik, simulering, undervisningsdesign utefter EC.

Exempel

Radford (2009) gör en teoretisk översikt om geststudier. EC beskrivs så en icke insatt kan förstå den (1) : Klassas som 1; gester

Suzuki(2005) studerar hur elever förstår fysikens kraftbegrepp utifrån *metaforer*. Han utgår från kognitiv semantik men nämner inte att teorin där utgår från att källdomänerna är kroppsligt förankrade (2) . Artikeln klassas som 2;metaforer .

Bazzini (2001) Beskriver kognitiv metafor teori och designar matematikundervisning utifrån detta. Han kopplar EC till intuitivt matematiskt tänkande. Klassas som 1; metaforer, intuition, undervisningsdesign.

Resultat

Av totalt 98 artiklar var 72 från matematikdidaktiska tidskrifter och 26 från tidskrifter inom naturvetenskapens didaktik. Bland de 63 artiklar som i någon mån beskriver teorin återfanns 50 inom MD och 13 inom ND (tab 3). De första artiklarna inom matematikdidaktik skrevs 1997 med en kraftig ökning de sista åren (fig 1) observera att stapeln för 2012 endast var t o m april månad. Inom ND finns en artikel redan 1999 men sedan har det varit lite tunt.

Tabell 3 Antal artiklar inom MD och ND . Obs 2012 innefattar endast t o m april

<u>Kategori</u>	<u>MD</u>	<u>ND</u>	<u>Sum</u>
Teorin beskrivs	50	13	63
Teorin beskrivs ej men används	22	13	35
Summa	72	26	98

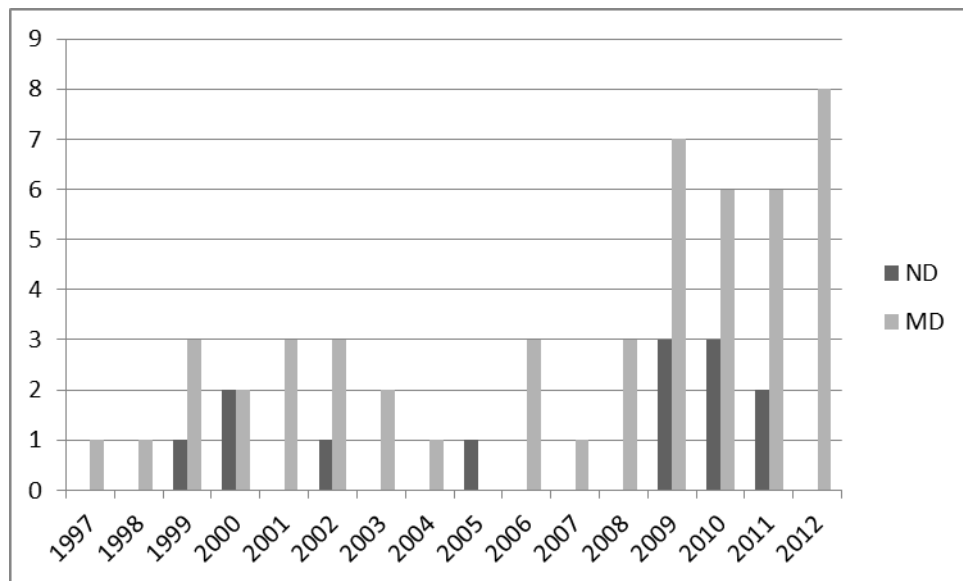


Fig 1 . Antal artiklar där teorin finns beskriven fördelade på år . Obs 2012 innefattar endast t o m april

Inom matematikdidaktik finns inte bara fler artiklar, där finns artiklar som jämför EC/enactivism med andra teorier ex.sociokulturella teorier, aktivitetsteori, poststrukturalism, Martons awareness m.m. Thom och Roth (2011) radikaliserar EC i sin variant ”Mathematics in the flesh” då de menar att många inom MD endast använder individuell konstruktivism och ”adderar” lite embodiment. Nio artiklar inom MD (en i ND) behandlar känslors betydelse vid lärande i matematik och refererar i mer eller mindre grad till EC/enactivism.

Geststudier

Forskning kring gester är väletablerat inom MD (19 artiklar) den första redan 1999. I flera av artiklarna får den oinvidge en bra introduktion till teorin bak EC. Marongelle (2011) pekar på att gestforskningen tagit fart genom utvecklingen av teorin om EC. Inom matematik finns en tradition bakåt kring hur kroppens rörelser medverkar vid tänkandet. Redan 1905 resonerade matematikern Poincaré om sambandet mellan ”muscular sensations” och hur vi kan tala om en punkt i rummet. Punkten finns representerad hos oss i de rörelser vi måste göra för att peka ut en sådan punkt (Nemirowsky & Borba, 2004). Williams (2009) resonerar över vad som händer när vi får en plötslig insikt ”threshold moment”. Enligt metafor-teorin är det olika domäner som ska kombineras. Han menar att ”kroppens språk” är centralt för spatialt tänkande och *gesten* kan där vara *nyckeln* till aha-upplevelsen och undrar hur mycket

lärande inom matematik som sker på detta sätt och ställer frågan ” Can we design learning trajectories like this for all important mathematics ? ”(sid 207)

Inom ND återfanns endast en artikel om geststudier (Padalkar & Ramadas, 2011). Teorin bak EC beskrivs som :

” a philosophical viewpoint tantalisingly termed ’ embodied cognition’ leading to problem-solving of a kind very different from the classical, logical, symbolmanipulating internal cogitation that we know and analyse so well “(sid 1737) .

Semiotik – begreppens grund – i kroppen

Tio artiklar, inom MD, behandlar semiotik där alla menar att tecknenas mening ytterst måste ha sin grund i kroppen. Ernest (2006b) ser EC som en vidareutveckling av tidigare semiotiska teorier kring barns matematikförståelse. Han ser hur tecknens mening finns i vår kroppsuppfattning t ex aritmetik har sin grund i rytm: barnets ”da-da-da-da ”. Bautista & Roth (2012 a) undersöker just rytmen som grund för matematik. I en annan artikel (Bautista & Roth, 2012b) behandlar de ljudens betydelse för matematik.

Inom ND fanns en artikel som beskriver lärande i naturvetenskap utifrån ett semiotiskt perspektiv (Klein & Kirpatrick, 2010). De menar att man kan se det utifrån tre principer:

1. Naturvetenskap uttrycks i tecken/symboler.
2. Dessa tecken får sin mening via vardagspråk.
3. Begrepp får sin mening genom en kedja av symboler ” this chain of signs is ultimately grounded in bodily experiences of perception and actions” (sid 88 -89)

Metaforer och intuitivt tänkande

Att metaforer inte bara är ”en hjälp” att förstå abstrakta begrepp utan är själva mekanismen för att abstrakta begrepp ska få mening betonar sex av de åtta av artiklarna inom MD (t ex Bazzini, 2001). Inom ND fanns fem artiklar som behandlade metaforer. Suzuki (2005) beskriver hur man med metaforer kan förstå Newtons kraftbegrepp. Han utgår från Lakoff & Johnsons metafor-teori med käll- och måldomäner men nämner inte att källdomänens mening kommer ur kroppens aktivitet. Tre av artiklarna betonar dock metaforernas kroppsliga ursprung. Zubrowski (2000) menar att läroplaner i naturvetenskap

borde bygga på några arketyper som man högre upp i utbildningen kan bygga vidare på via metaforer enligt kognitiv semantik.

Många matematiker t ex Poincaré har betonat det intuitiva tänkandets roll. Bazzini (2001) anser att resultat från kognitionsforskning nu klarlagt vad detta *är* för något: sensomotoriskt erfärande av kroppens interaktion med tid och rum.

Visualisering och kinestetisk simulering

Sju artiklar inom ND handlar om hur man kan använda visualisering eller kinestetisk simulering vid undervisning. Av dessa är det tre som beskriver EC:s tes att tänkande *är* simulering av de sensomotoriska systemen (i motsats till symbolmanipulation). Lindgren och Schwartz (2009) pekar på att en stor del av litteraturen inom ND kommer från ”informationsprocessartraditionen” och från den utgångspunkten är det svårt att tala om att kunskap skulle sitta i det sensomotoriska systemet. I de andra tre nämns endast kort att begrepp är ”*perceptually based*”.

Undervisningsdesign

Två artiklar inom MD och två i ND har man designat undervisning efter teorin kring EC. Bivall, Ainsworth & Tibell (2011) har studerat om högskolestudenter bättre lär sig proteinligand interaktioner genom få ”känna” krafterna via s.k ”haptisk feedback” som ges via en speciell hårdvara kopplad till datorn. Hadzigeorgiou, Anastasiou, Konsolas & Prevezanou (2008) utgår från att begreppet *balans* finns i erfärandet av att hålla kroppen i balans. Förskolebarn som fått träna att gå balans på en bom med olika tyngder i händerna klarar bättre av balansera en balansvåg genom att sätta vikter (som varierar i färg, form och tyngd) jämfört med en kontrollgrupp som fått öva sig tidigare på en liknande balansvåg.

Second generation cognitive science (SGC)

På sökordet ”*second generation cognitive science*” (SGC) fanns 8 av de 21 artiklarna inom ND. Det är Klein (2006) som lånar begreppet SGC från Lakoff & Johnson (1999). Klein beskriver gapet mellan den naturvetenskapliga textens exakt definierade begrepp och människors kognitiva apparat som i grunden mönsterigenkännande och kontextberoende. Han pekar på kognitivismens (och Piagets!) antagande att människans kognitiva representationer skulle ha samma egenskaper som den naturvetenskapliga textens väldefinierade begrepp: propositionellt uttryckta i concept-mapliknande strukturer. De övriga 7 artiklarna (Avraamidou & Osborne, 2009; Hubber, Tytler & Haslam, 2010; Tselfes & Paroussi, 2009; Yore & Hand, 2010; Yore & Treagust, 2006; Tytler & Prain, 2010; Waldrip, Prain & Carolan, 2010) refererar alla till Klein och gapet mellan naturvetenskaplig text och människors kognitiva apparat. Alla använder termen *SGC* men ingen nämner kroppen. Klein (2006) nämner analogiers roll för att förstå något nytt: och att källan är “*perceptual and motor experience*” men ordet “*body*” eller “*embodied mind*” förekommer inte.

Diskussion

Metoddiskussion

Min metod att via sökord i tidskrifter se vilket inflytande EC haft inom naturvetenskapens didaktik kan diskuteras. För det första finns det fler tidskrifter – det finns mer specialiserade inom t ex fysikdidaktik, biologididaktik och kemididaktik det är möjligt att EC har ett större genomslag där, nya teorier sprids ofta via någon inflytelserik forskare det är möjligt att någon sådan finns som publicerar sig i dessa tidskrifter. Ett annat sätt vore att via enkäter undersöka kunskap/uppfattningen om kroppsbaserad kognition hos forskare inom området.

Skillnaden mellan MD och ND

Utifrån mitt material har EC fått ett större genomslag inom MD än ND. Det finns både fler artiklar inom fler områden och teorin beskrivs utförligare. Gissningsvis beror detta på Lakoff och Nunes (2000) bok *Where mathematics comes from: how the embodied mind brings mathematics into being* där de teoretiskt beskriver hur *mening*, från den enklaste aritmetik till den mest avancerade matematiken, *kan* härledas ned till metaforer av erfandet av kroppens aktivitet. Det finns mig veterligen ingen liknande bok som beskriver vilka kroppsliga metaforer vi använder för att begrepp som kraft, tryck, energi, materia, osmos, koncentrationer, värme, temperatur, diffusion etc. får *mening*.

De områden där EC nämns inom MD är forskning kring gester, metaforer, semiotik, känslor och intuitivt tänkande. Inom ND fanns endast en artikel om gester och en om semiotik. Det skulle kunna vara en annan förklaring till att EC finns mer refererat inom MD. Gestforskning och semiotik är mer etablerat där och teorier från EC har då naturligt kommit in.

Intuitivt tänkande och misconceptions

Inom MD beskrivs intuition som något viktigt och centralt för att förstå matematik. Bazzini(2001) menar att kognitionsvetenskapen visat vad detta är: ett abstrakt begrepp inom en domän kopplas via en metafor till något som har mening (mönster grundade i det sensomotoriska systemet). Inom ND har jag upplevt att intuition ofta framställs som ett problem, det ger upphov till sk ”misconceptions”. Ett klassiskt exempel är föreställningen att det krävs en kraft för att ett föremål ska behålla sin hastighet. ”Intuitivt” känns det som om detta är riktigt. Det bottenar i vår vardagserfarenhet. Det är meningsfullt för det finns som ett

mönster i vårt sensomotoriska system, i vår interaktion med världen (inte propositionellt uttryckt). Ibland beskrivs det som ett "hinder" för att lära det Newtonska kraftbegreppet, en vardagsföreställning svår att "utrota". Från EC:s horisont tror man inte det existerar något Platonskt "rent tänkande", transcendent, frikopplat från vårt erfarande. Man skulle kanske istället undersöka vilka vägar de som lärt sig Newtons kraftbegrepp tagit – t ex vilka metaforer grundade i *andra erfarenheter* som används. För att sedan gå vidare och försöka designa undervisning efter detta.

Om jag undantar de 8 artiklar som fanns på sökordet *second generation cognitive science* och artiklarna om gester och semiotik, återstår 11 artiklar inom ND. De flesta handlar om simulering (visuellt eller kinestetisk), metaforer samt två artiklar där man designat undervisning efter teorin kring EC. I en del nämns endast att begrepp är "perceptually based" med referens till Barsalou. Det kan uppfattas som det endast handlar om perception, erfandet av motorik (kinestetiskt och proprioceptivt) missas. Barsalou (1999,2003) beskriver simulering i de senso-motoriska systemen. Jag tror att för en icke insatt så säger inte uttrycket "perceptually based" så mycket, trots det är radikalt annorlunda jämfört med teorin att begrepps mening finns i ett logiskt system propositionellt uttryckt.

Hur teorin bak EC beskrivs är olika, några beskriver den väl, andra som ett filosofisk synsätt "tantalizingly termed 'embodied cognition'" som skiljer sig från att se tänkande som logiskt resonerande. Den enda artikel som behandlade semiotik inom ND betonade att naturvetenskaplig text får sin mening genom en kedja av mening som ytterst grundas i erfande av perception och handling. Dock finns inte orden "body" eller "embodied" i artikeln, så kroppen lyfts inte fram det i sammanhanget.

Second generation cognitive science - kroppen bortglömd ?

Klein (2006) introducerar många av idéerna från EC i ND och använder då Lakoff och Johnsons begrepp *second generation cognitive science* (SGC). Klein skriver dock väldigt lite om kroppens roll, han nämner analogiers roll för att förstå något nytt: och att källan är "perceptual and motor experience" men ordet "body" eller "embodied mind" förekommer inte.. När Lakoff & Johnson (1999) skapar begreppet SGC så betonar de kroppens roll : "In short , second generation cognitive science is in every respect a cognitive science of the embodied mind"(sid 78). När de beskriver skillnaderna mellan *first* och *second generation* skriver de att de lika gärna kunde använt begreppen *disembodied* och *embodied* . Om de hade valt de orden hade

kroppens roll blivit tydligare även hos Klein(2006) och kanske även i de artiklar som byggde vidare på den.

Kommer EC ersätta konstruktivism?

Holton (2010) ställde frågan om konstruktivism kommer att ersättas av EC/Enactivism inom naturvetenskapens didaktik.

Jag tror att naturvetaren som arbetar med specifika begrepp utan närmre reflektion har en meningsteori som stämmer med referentteorin: begrepp refererar till objekt och händelser i världen. Det stämmer med synen att naturvetenskapen ”objektivt ” undersöker hur världen ”är ”. Från det perspektivet kan det vara svårförståeligt att *meningens* och *förståelsens* rötter skulle finnas i något så ospecifikt som subjektiva upplevelsegestalter (”hålla kroppen i balans” , hur klubbig ”känns”) dvs reaktivering av mönster i det sensomotoriska systemet.

Lite annorlunda är det för den som undervisar i naturvetenskap, där handlar det om att någon ska *förstå*, få *mening*. Från en konstruktivistisk utgångspunkt handlar det om att kunskap byggs utifrån tidigare erfarenheter. På vilket sätt hänger då *erfarenheter* samman med *kunskap* ? Jag tror att det här är en skiljelinje om man anser att det ur sinneserfarenheten sker en abstraktion som sedan i medvetandet hanteras skilt från den direkta erfarenheten. Karsny et al (2007) menar att all schemateori utgår från detta. Piagets beskrivning över tänkande i form av propositioner och logiska operationer (Klein, 2006) återfinns i skolor inom konstruktivismen som hävdar att all kunskap är propositionellt uttryckt (ex Novak, 1998). Enligt EC /enactivism handlar det istället om dynamiska mönster med grund i vårt sensomotoriska system. Det finns växande belegg som stöder detta inom neuroscience och neuropsykologi (Karsny et al, 2007; Barsalou, 2008; Hesslow, 2012). Mening har sina rötter här, mening grundas här, språk och logiska resonemang är en påbyggnad på detta. Med skriftspråkets hjälp kan vi sedan förfina och ange väldefinierade begrepp. Begg (2000) ser det som en brist inom konstruktivism att det inte finns någon koppling till neuroscience. Om de empiriska beleggen för att människor inte hanterar begrepp enligt konstruktivismens modeller fortsätter att växa gissar jag att enactivism /EC kommer att ersätta konstruktivism. Men skillnaderna behöver tydliggöras.

The Cartesian sickness

När jag för 15 år sedan kom i kontakt med forskning inom naturvetenskapens didaktik var det från den individuellt konstruktivistiska skolan. Trots att individens *erfarenheter* betonades

upplevde jag att kunskap ändå beskrevs i termer av något ”det”. ”Information” som kombineras med tidigare information, ett slags kognitivt system som antogs finnas separerat från människan i övrigt. Mina erfarenheter de gånger jag lyckats som lärare sa mig något annat – som jag inte tydligt kunde sätta namn på. Visst tränade jag mina elever att förhålla sig objektivt till det de undersöker. Använda passiv form i laborationsrapporter – för att markera att det inte är en levande person som gjort undersökningen. Men om jag ombads beskriva vad som händer då en individ *lär sig* eller *förstår* så menar jag att det inte handlar om ”passiva begrepp”. Det var därför jag sökte jag efter andra modeller som beskriver tänkande och hur mening uppstår.

Som lärare har man en strävan att elever eller studenter ska få en ”känsla” för olika begrepp. De ska ”se” vad ett diagram innebär – ”känna” vad som händer med blodtrycket om det venösa återflödet ökar, ”känna” hur strömstyrkan förändras om resistansen minskar etc. EC är en teori som både kan förklara mekanismer bak detta och ge inspiration till undervisningsdesign. När jag bland kolleger påstår att många idag ser tänkande som simulering av våra sensomotoriska system får jag igenkännande nickar om så länge vi talar om det visuella systemet. Men om jag påstår att det är mitt proprioceptiva system jag använder då jag ”känner” hur blodtrycket förändras om jag ökar den perifera resistansen får jag blickar av en helt annan karaktär. Likaså om jag påstår att det i Einsteins tänkande fanns ”entities of muscular type”.

Om lärande innebär att *ny mening* ska uppstå hos individer och man inom EC hävdar att det finns växande empiriska belägg för att *mening* i alla former är knutet till vår kropp så *borde det göra* teorin mer intressant för lärandeforskning inom ND. Precis som robotforskare funderar över vilka sensomotoriska processer som stöder olika former av abstrakt tänkande (Pezzulo et al, 2011) kan man göra det vid studier över hur man lär naturvetenskap. Hadzigeorgiou et al (2008) som studerade förskolebarns förmåga att sätta vikter på en balansvåg är ett exempel på det, men det är inte många studier som gjorts.

Om kognitivismens ”informationsprocessande” haft ett stort inflytande på forskning inom ND - så kan det ta tid innan kroppens roll uppmärksammas. Då handlar inte om empiriska belägg, idén att kroppen saknar betydelse i tänkandet bygger knappast på empiri, utan mer ett antagande i en mångtusenårig tradition.

”We need to find a cure for the Cartesian sickness” (Agar citerad i Lindblom, 2007) ”

Referenser

- Andersson, M. (2003) Embodied Cognition: A field guide *Artificial Intelligence* vol 149 (1) sid 91 -130
- Avraamidou, L. & Osborne, J. (2009) The Role of Narrative in Communicating Science *International Journal of Science Education* sid 1683 – 1707
- Barsalou, L. (1999) Perceptual symbol systems *Behavioral and Brain Sciences* vol 22 sid 577 -660
- Barsalou, L. Simmons, K. Wilson & B. Wilson, S.(2003) Grounding conceptual knowledge in modality-specific systems *TRENDS in Cognitive Sciences* vol 7 no 2 sid 84 -91
- Barsalou, L. (2008) Grounded Cognition *Annual Review of Psychology* vol 59 sid 617 -645
- Bautista, A. Roth, W-M. (2012a) The incarnate rhythm of geometrical knowing *Journal of mathematical behavior* vol 31 sid 91-104
- Bautista, A. Roth, W-M. (2012b) Conceptual sound as a form of incarnate mathematical consciousness *Educational Studies in Mathematics* vol 79 sid 41-59
- Bazzini, L. (2001) From grounding metaphors to technological devices: A call for legitimacy in school mathematics *Educational Studies in Mathematics* vol 47 sid 259-271
- Begg, Andy. (2000). *Enactivism: A personal interpretation*, Seminar presented at the University of Stirling, Scotland; & the University of Massachusetts, Amherst, MA. (Available from <a.begg@aut.ac.nz>)
- Bivall, P. Ainsworth, S & Tibell, L. (2011) Do haptic representations help complex molecular learning? *Science Education* sid 700 -719
- Broaders, S.C. , Wagner Cook, S. , Mitchell, Z. , Goldin-Meadow, S. (2007) Making children gesture brings out implicit knowledge and leads to learning *Journal of Experimental Psychology: general* vol 136 , No 4 sid 539 -550
- Brooks, R. (1991) Intelligens without representation *Artificial Intelligens* 47 sid 139 -159
- Carey, S. (1992) The Origin and Evolution of Everyday Concepts I Giere, R.N. (red.) (1992). *Cognitive models of science*. Minneapolis: Univ. of Minnesota
- Clark, A. (1998[1997]). *Being there: putting brain, body, and world together again*. Cambridge, Mass.: MIT.
- Clark, A. & Chalmers, D (1998) The extended mind *Analysis* 58 sid 7 -19
- Clement, J. (1994). Use of physical intuition and imagistic simulation in expert problem solving. In D. Tirosh (Ed.), *Implicit and explicit knowledge* (pp. 204–244). Norwood, NJ: Ablex.
- Damasio, A.R. (1999). *Descartes misstag: känsla, förnuft och den mänskliga hjärnan*. Stockholm: Natur och kultur
- Damasio, A.R. (2002). *Känslan av att leva: kroppens och känslornas betydelse för medvetenheten*. Stockholm: Natur och kultur
- Davis, B. & Sumara, S.J. (1997) Cognition, Complexity, and Teacher Education *Harvard Educational Review* 67 (1) sid 105 -125
- Donald, M. (2001). *A mind so rare: the evolution of human consciousness*. New York: W.W. Norton

- Dreyfus, H.L. (1992). *What computers still can't do: a critique of artificial reason*. Cambridge, Mass.: MIT Press
- Dreyfus, H.L.(2002) Intelligence without representation – Merleau-Ponty's critique of mental representation *Phenomenology and the Cognitive Sciences 1* sid 367 -383
- Dreyfus, H.L (2009) How representational Cognitivism Failed and is being replaced by Body /World Coupling in Leidlmair, K. *After Cognitivism [Elektronisk resurs] : A Reassessment of Cognitive Science and Philosophy*. Dordrecht: Springer Netherlands
- Edelman, G.M. (1994). *Bright air, brilliant fire: on the matter of the mind*. London: Penguin
- Edelman, G.M. (2006). *Second nature: brain science and human knowledge*. New Haven: Yale University Press.
- Ernest, P. (2006a) Reflections on theories of learning *ZDM. Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*. Articles [1615-679X] vol:38 iss:1 pg:3 -7
- Ernest, P. (2006b) A semiotic perspective of mathematical activity: The case number *Educational studies in mathematics* vol 61 sid 67-101
- Gallese , V. & Lakoff, G. (2005) The brain's concepts: the role of the sensory-motor system in conceptual knowledge *Cognitive Neuropsychology 22* (2/4) sid 455-479
- Gardner, H. (1987). *The mind's new science: a history of the cognitive revolution*. ([New ed.]). New York: Basic Books
- Gibbs, R.W. (2005). *Embodiment and cognitive science*. Cambridge: Cambridge University Press
- Gibson, J.J. (1979). *The ecological approach to visual perception*. Boston, Mass.: Houghton Mifflin
- Glenberg, A. (2009) *Embodiment for education I* Gomila, A. & Calvo, P. Handbook of cognitive science : an embodied approach : Perspectives on cognitive science [Elektronisk resurs]. Elsevier
- Goldin-Meadow, S. & Wagner, S. (2005) How our hand help us learn *Trends in cognitive science* vol 9 no 5 sid 234 -241
- Gärdenfors, P. (2008). "Cognitive science: from computers to anthills as models of human thought", I Gärdenfors, P. & Wallin, A. (eds.), *A Smorgasbord of Cognitive Science*, Nya Doxa.
- Hadamard, J. (1949). *An essay on the psychology of invention in the mathematical field*. Princeton: University Press
- Hadzigeorgiou, Y. Anastasiou, L. Konsolas, M. & Prevezanou, B. (2008) A study of the effect of preschool children's participation in sensomimotor activities on their understanding of the mechanical equilibrium of a balance beam *Research in Science Education* vol 39 sid 39 -55
- Hauk, O. Johnsrude, I. & Pulvermüller, F.(2004) Somatotopic representation of action words in human motor and premotor cortex *Neuron* vol 41 sid 301-307
- Hauk, O. & Tschentscher , N.(2013) The body of evidence: what can neuroscience tell us about embodied semantics ? *Frontiers in Psychology* vol 4 sid 1 -14
- Harnad, S. (1990) The symbol grounding problem *Physica D* 42 sid 335-346

- Hesslow, G. (2002) Conscious thought as simulation of behavior and perception *Trends in cognitive sciences* vol 6 no 6 sid 242 – 247
- Hesslow, G. (2012) The current status of the simulation theory of cognition *Brain research* vol 1428 sid 71-79
- Hoffmeyer, J. (2006) Genes development and semiosis i Neumann-Held, E.M. & Rehmann-Sutter, C. (red.) (2006). *Genes in development: re-reading the molecular paradigm*. Durham: Duke University Press.
- Holton, D.L. (2010). *Constructivism + Embodied Cognition = Enactivism: Theoretical and Practical Implications for Conceptual Change*. Conference paper 2010 AERA Conference.
- [Tillgänglig 12 februari 2013 :
http://www.academia.edu/232847/Constructivism_Embodied_Cognition_Enactivism_Theoretical_and_Practical_Implications_for_Conceptual_Change]
- Hubber, P. Tytler, R, & Haslam, F. (2010) Teaching and Learning about Force with a Representational Focus: Pedagogy and Teacher Change *Research in Science Education* (40) sid 5 – 28
- Hutchins, E. (1995). *Cognition in the wild*. Cambridge, Mass.: MIT Press
- Hutchins, E (2006) Imagining the cognitive life of things workshop on “ the cognitive life of things: Recasting the boundaries of the mind”, Mc Donald Institute for Archaeological Research, Cambridge
 [tillgänglig 10 mars 2014 : <http://pagesperso.lina.univ-nantes.fr/~prie-y/archives/ENACTION-SCHOOLS/docs/documents2006/ImaginingCogLifeThings.pdf>]
- Johnson, M. (1987). *The body in the mind: the bodily basis of meaning, imagination, and reason*. Chicago: Univ. of Chicago Press.
- Johnson, M. (2005) The philosophical significance of image schemas i Hampe, Beate. & Grady, Joseph E. (red.) . *From perception to meaning [Elektronisk resurs] image schemas in cognitive linguistics*. Berlin: Mouton de Gruyter
- Johnson, M., & Lakoff, G. (2002). Why cognitive linguistics requires embodied realism. *Cognitive linguistics*, 13(3), 245-264.
- Johnson, M. & Rohrer, T. (2007) We are live creatures : Embodiment, American Pragmatism and the cognitive organism in Ziemke, T. Zlatev, J. Frank, R. (ed) *Body, Language and Mind Volume 1: Embodiment* Mouton de Gruyter
- Keijzer, F. (2002) Representation in dynamical and embodied cognition *Cognitive systems research* 3 sid 275 -288
- Kelso, J.A.S. (1997[1995]). *Dynamic patterns: the self-organization of brain and behavior*. Cambridge, Mass.: MIT
- Klein, P.D. (2006) The challenges of scientific literacy: From the viewpoint of second-generation cognitive science *International Journal of Science Education* vol 28 No2-3, sid 143 -178
- Klein, P.D. Kirkpatrick, L.C.(2010) Multimodal Literacies in science: Currency, coherence and focus *Research in Science Education* vol 40 sid 87 -92

- Krasny, K.A. Sadoski, M. & Paivo, A. (2007) Unwarranted Return: A response to McVee, Dunsmore, and Gavelek's (2005) "Schema Theory Revisited" *Review of Educational Research* 77(2) sid 239-244
- Kondor (2008) *Analytic Philosophy and Cognitive Science: Uneasy Bedfellows or Comrades in Arms?* Talk given at the 6th European Congress of Analytic Philosophy, Kraków, August 21–26, 2008 [tillgänglig på <http://members.iif.hu/kondor.zsuzsanna/Analytic%20Philosophy%20and%20Cognitive%20Science.pdf> 2014-04-29]
- Lacey, S. Stilla R. Sathian, K. (2012). Metaphorically feeling: Comprehending textural metaphors activates somatosensory cortex. *Brain & Language* (2012), doi:10.1016/j.bandl.2011.12.016
- Lakoff, G. (1987). *Women, fire, and dangerous things: what categories reveal about the mind*. Chicago: Univ. of Chicago Press
- Lakoff, G. & Johnson, M. (1999). *Philosophy in the flesh: the embodied mind and its challenge to Western thought*. New York: Basic Books.
- Lakoff, G. & Núñez, R.E. (2000). *Where mathematics comes from: how the embodied mind brings mathematics into being*. New York: Basic Books.
- Li, Q. Clark, B. Winchester, I. (2010) Instructional design and technology grounded in enactivism: a paradigm shift? *British Journal of Educational Technology* vol 41 no 3 sid 403 -419
- Lindblom, J. (2007). *Minding the body: interacting socially through embodied action*. Diss. Linköping : Linköpings universitet, 2007. Linköping.
- Lindgren & Schwartz (2009) Spatial learning and Computer Simulations in Science *International Journal of Science Education* vol 31 No 3, sid 419 - 438
- Linell, Per (2005). "En dialogisk grammatik?" i Anward, Jan & Bengt Nordberg (red.) *Samtal och grammatik*, Studentlitteratur.
- Marongelle, K. (2007) The function of graphs and gestures in algorithmatization *Journal of Mathematical Behavior* vol 26 sid 211-229
- Marton, F. & Booth, S. (2000). *Om lärande*. Lund: Studentlitteratur.
- Maturana, H.R. & Varela, F.J. (1987). *The tree of knowledge: the biological roots of human understanding*. Boston: Shambhala
- McCulloch, W.S. & Pitts, W. (1943) A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity *The Bulletin of Mathematical Biophysics* 5 (4) sid 115 -133
- McGee (2005) Encative Cognitive Science. Part1: Background and Research Themes *Constructivist Foundations* vol 1 no 1 sid 19 -34
- Murphy, G.L. (2002). *The big book of concepts*. Cambridge, Mass.: MIT Press
- Nemirowsky, R. & Borbora, M. (2004) PME Special issue: Bodily activity and imagination in mathematics learning *Educational Studies in mathematics* 57 sid 303-321
- Novak, J.D. (1998). *Learning, creating and using knowledge: concept maps as facilitative tools in schools and corporations*. Mahwah, N.J.: L. Erlbaum.

- Paldakar, S. & Ramadas, J.(2011) Designed and spontaneous gestures in elementary astronomy education *International journal of science education* vol 33 no 12 sid 1703-1739
- Pezzulo, G. Barsalou, L. Cangelosi, A. Fischer, M. McRae, K. & Spivey, M. (2011) The mechanics of embodiment: a dialog on embodiment and computational modeling *Frontiers in PSYCHOLOGY* vol 2 article 5
- Pfeifer, R., Bongard, J. & Grand, S. (2007). *How the body shapes the way we think [Elektronisk resurs] a new view of intelligence*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Proulx, J. (2008) Some differences between Maturana and Varela's theory of cognition and constructivism *Complicity: An international Journal of complexity and education* vol 5 sid 11-26
- Radford, L. (2009) Why do gestures matter? Sensuous cognition and the palpability of mathematical meanings *Educational Studies in Mathematics* 70 sid 111-126
- Roberts, D.A. & Östman, L. (red.) (1998). *Problems of meaning in science curriculum*. New York: Teachers College Press
- Roth, W.-M., (2002). From action to discourse: The bridging function of gestures *Cognitive Systems Research*, Vol3 (3), sid 535 – 554
- Roth, W-M. & Thom, J.S. (2009) Bodily experience and mathematical conceptions: from classical views to a phenomenological reconceptualization *Educational Studies Mathematics* 70:175-189
- Shapiro, L.A. (2011). *Embodied cognition*. New York: Routledge
- Stewart, J. (1996) Cognition =life: Implications for higher-level cognition *Behavioural Processes* 35 sid 311-326
- Sumara, D.J. & Davis ,B.(1997) Enactivist theory and community learning: toward a complexified understanding of action research, *Educational Action Research*, 5:3 403-422
- Suzuki, M. (2005) Social metaphorical mapping of the concept of force “chi-ka-ra” in Japanese *International Journal of science education* vol 27 sid 1773-1804
- Säljö, R. (2000). *Lärande i praktiken: ett sociokulturellt perspektiv*. Stockholm: Prisma.
- Tall, D. (2005) The transition from embodied thought experiment and symbolic manipulation to formal proof I M . Bumler, H. MacGillivray & C. Varavsky (Ed) , *Proceedings of Kingfisher Delta '5: Fifth Southern Hemisphere Symposium on Undergraduate Mathematics and Statistics Teaching and Learning* (sid 23-35) Fraser Island, Australia
- Thelen, E. (2003) Grounded in the World: Developmental Origins of the Embodied Mind in ebruary, Inc. (2003). *The dynamical systems approach to cognition [Elektronisk resurs] concepts and empirical paradigms based on self-organization, embodiment, and coordination dynamics*. River Edge, N.J.: World Scientific.
- Thom, J.S. & Roth, W-M. (2011) Radical embodiment and semiotics: toward a theory of mathematics in the flesh *Educational studies in mathematics* vol 77 sid 267-284
- Tselfes & Paroussi (2009) Science and theatre education: A cross-disciplinary approach to scientific ideas addressed to student teachers of early childhood education *Science & Education* (18) sid 1115 -1134

- Tytler, R. & Prain, V. (2010) A Framework for Re-thinking Learning in Science from Recent Cognitive Science Perspective *International Journal of Science Education* (32) sid 2055 – 2078
- Varela, F.J., Thompson, E. & Rosch, E. (1991). *The embodied mind: cognitive science and human experience*. Cambridge: MIT Press.
- Varela, F. J. (1992) *Whence Perceptual Meaning? A Cartography of Current Ideas*, In: Varela, F J & Dupuy, J-P (Eds) (1992) *Understanding Origins: Contemporary Views on the Origin of life, Mind and Society*, Dordrecht: Kluwer
[tillgänglig på http://www.biologuem.com/biologuem_antropologia/varela_1997_whence_perceptual_meaning.pdf 2013-01-10]
- Waldrip, B. Prain, V. & Carolan, J. (2010) Using multi-modal representations to improve learning in junior secondary science *Research in Science Education* (40) sid 65 -80
- Wedberg, A. (2003a). *Filosofins historia. Antiken och medeltiden*. (2., rev. uppl. [sic]). Stockholm: Thales
- Wedberg, A. (2003b). *Filosofins historia. Nyare tiden till romantiken*. (2., omarb. och utök. uppl. [sic]). Stockholm: Thales
- Williams, J. (2009) Embodied multi-modal communication from the perspective of activity theory *Educational studies in Mathematics* 70 sid 201 -210
- Xu, L. & Clarke, D. (2011) What does distributed cognition tell us about student learning of science ? *Research in Science Education* vol 42 (3) sid 491-510
- Yore, L. & Hand, B. (2010) Epilogue: Plotting a research agenda for multiple representations, multiple modality, and multimodal representational competency *Research in Science Education* (40) sid 93-101
- Yore, L. & Treagust, D. (2006) Current Realities and Future Possibilities: Language and science literacy – empowering research and informing instruction *International Journal of Science Education* (28) sid 291 -314
- Ziemke, T. (2001) The construction of "reality" in the robot: Constructivist perspectives on situated artificial intelligens and adaptive robotics *Foundations of Science* 6 sid 163 - 233.
- Ziemke, T. (2003) Robosemiotics and embodied enactive cognition *S.E.E.D Journal – Semiotics, Evolution, Energy and Development* , 3(3)
- Ziemke, T. (2008) On the role of emotion in biological and robotic autonomy *Biosystems* 91 sid 401 -408
- Zubrowski, B. (2000) A curriculum framework based on archetypal phenomena and technologies *Science Education* sid 481 -501