


Om konstruktivismen

Øistein Bjørnstad

TITTEL Om konstruktivismen	NOTATNR. 12/04	DATO
PROSJEKTTITTEL	TILGJENGE Open	TAL SIDER 19
FORFATTAR Øistein Bjørnestad	PROSJEKTLEIAR/-ANSVARLEG	
OPPDRAKSGJEVAR FoU-delen av stillinga ved HSF	EMNEORD Læringsteori	
SAMANDRAG / SUMMARY <p>I høve ei lærebok i matematikk som underskrivne lagar saman med Tom Rune Kongelf og Terje Myklebust, for Fagbokforlaget, har me vortne einige med forlaget om at stoff som klart er perifert eller kan tena til utdjuping, kan gjerast tilgjengeleg på ein nettstad. Dette for at læreboka ikkje skal verta altfor stor. Sjølv vil eg gjerne ha med eit bidrag om læringsteori. Det er det som ligg føre her.</p> <p>Konstruktivisme er eit mykje brukt pedagogisk merkelapp no. Her er ein freistnad på å ta stilling til denne teorien. Ikkje alle ynskjer å verta kalla konstruktivistar. Eg har prøvd å uttrykkja mine eigne reservasjonar.</p>		
PRIS	ISSN 0806-1696	ANSVARLEG SIGNATUR  Svein Heggheim Dekan

Forord

På nesten alle områder har vi tankeretninger som dominerer området over en viss tid. Ikke minst pedagogikken er blitt anklaget for å "vingle" fra det ene standpunktet til det andre. Nå er denne situasjonen trolig ikke til å unngå. Vi skjønner stykkevis, og vi har ikke oversyn over konsekvensene av våre standpunkter. Ideer må prøves ut for at vi skal kunne vurdere dem. Men noe vi *kan* unngå, er ureflekterte holdninger til de tankeretningene vi møter. *Ingen ting er selvsagt.*

I pedagogiske kretser er for tiden *konstruktivisme* et viktig begrep. Noen undervisningsinstitusjoner hevder at de bygger på et konstruktivistisk læringssyn. Det er helt sikkert at det noen ganger ligger misforståelser bak slike erklæringer.

I dette notatet har vi villet gi en oversikt over hva konstruktivisme er for noe ifølge konstruktivisters egne skrifter. Vi har også villet gi uttrykk for til dels sterke reservasjoner mot dette tankeklimate. Endelig har vi villet peke på et alternativt tenkesett, mer i tråd med empirisk tradisjon.

Sogndal 1. oktober 2004

Øistein Bjørnstad

Om konstruktivismen

Av Øistein Bjørnstad

Lærerutdanningen er gjennomtrengt av pedagogiske idéer og teorier. Vi kommer ikke utenom å måtte forholde oss til dem. Trenger vi pedagogikk? Eller er det medfødte egenskaper som bestemmer våre evner som lærere? Av og til kan det se slik ut. På den annen side vitner pedagogikkfagets blotte eksistens om at det er behov for å forsøke å tenke gjennom hva som går for seg når vi lærer, hva som kan hindre eller fremme læring og hvorfor det ene og ikke det andre bør være gjenstand for læring i skolen.

Vi skal ikke gå inn i en drøfting av slike spørsmål over en bred front, men bare ta for oss den pedagogiske retningen som for tiden dominerer matematikkens fagdidaktikk, nemlig *konstruktivismen*. Vi skal ta frem noen tanker fra de to hovedgrenene av konstruktivismen, den *kognitive konstruktivismen*, særlig knyttet til Jean Piaget (1896–1980), og *sosialkonstruktivismen*, især forbundet med Lev Semjonovitsj Vygotskij (1896–1934). Vi skal også bringe inn kritiske og alternative synsmåter, dels fra konstruktivistenes egen leir og dels fra såkalt kognitiv vitenskap (*cognitive science*).

Ordet *refleksjon*, eventuelt *metakognisjon*, går igjen i pedagogisk litteratur. Og det med rette. Først når vi er kommet dit at vi automatisk *reflekterer* over hva vi tenker og gjør i faget, er vi på vei mot mestring. Da har vi de sikreste redskaper for å vurdere hva som bør legges vekt på i undervisningen (dvs., hvor viktige de enkelte delene av faget er i forhold til hverandre) for å nå de mål som er satt. Refleksjonen vil ikke naturlig stoppe der. Den vil også omfatte nettopp de mål som er satt, altså læreplanene – didaktikkens *hva* og *hvorfor*. Det faktum at læreplankritikk er nesten fraværende i vårt land, tyder på at reflekterende holdninger til fagene ikke er blitt oppmuntret.

Trenger vi pedagogikk? Hvis vi ønsker å utdanne lærere som skal kunne vurdere fagenes *hva*, *hvorfor* og *hvordan* på kompetent vis, så må svaret bli 'ja'.

1 Konstruktivisme

Begrepet er slett ikke klart. Ofte forbindes det med tanker om at "elevene skal konstruere sin egen kunnskap". Bak slike formuleringer ligger misforståelser. Konstruktivismen er en *beskrivende* teori, en teori om hvordan læring kommer i stand og mening skapes, *ikke* en teori som gir forskrifter for praktisk undervisning. Noen har forestillinger om konstruktivisme som lar oss ane dovenskap og dyp forvirring. Slik som når en kanadisk lærerstudent skriver

Jeg ser frem til å komme til klassen min og undervise naturfag. Konstruktivismen har lært meg at jeg ikke trenger å kunne naturfag for å undervise det. Jeg lar rett og slett elevene mine finne ut av sakene selv, for jeg vet at det ikke finnes noe *rett* svar ([18], s.53).

Ordet 'konstruktivisme' brukes med varierende innhold og rekkevidde. For *radikale konstruktivister* dreier det seg om et totalsyn på tilværelsen. I den andre enden av spekteret finner en folk innenfor undervisning som bare har kommet til at tradisjonelle undervisningsmåter noen ganger er svært lite effektive. Idéer fra især Dewey, Piaget, Vygotskij og Bruner kan se løfterike ut. Det er denne siste fløyen vi skal befatte oss med.

De fleste i sistnevnte fløy av konstruktivister – de som mest er opptatt av å "gjøre noe med undervisningen" – er enige om (se [18], s. 3) at

- konstruktivismen er en teori om hvordan læring skjer og mening skapes

- mennesker skaper sin egen forståelse ved et samvirke mellom det de alt vet eller tror og idéer og fenomener de møter
- "den tradisjonelle undervisningsmåten" – angivelig bygd på det synet at kunnskap *overføres* fra lærer til elev – ikke fremmer samvirke mellom "gammel" og "ny" kunnskap og heller ikke den samtalen/diskusjonen som er nødvendig for virkelig tilegnelse og forståelse.

Konstruktivister er uenige om *fokus for undervisningen*:

- Noen fokuserer på den enkelte eleven når denne konstruerer eller rekonstruerer mening
- Andre fokuserer på den sosiale og kulturelle sammenhengen som eleven står i
- Atter andre mener at det individuelle og det sosiale/kulturelle begge bør være med når en gjør seg tanker om undervisning.

Konstruktivister er også uenige om *hvilken rolle formell kunnskap bør ha i undervisningen*:

- Noen ser på formell kunnskap som et mål
- Andre mener at formell kunnskap bare er et redskap for å nå frem til felles forståelse (*shared understandings*) i klassen.

Det hevdes i [18] at slike uenigheter finnes *både mellom og innenfor* to temmelig forskjellige konstruktivistiske leirer, den *Piaget-inspirerte kognitive konstruktivismen* og den *Vygotskij-inspirerte sosialkonstruktivismen*.

Et konkret dilemma for konstruktivistisk orientert undervisning gjelder *den plassen formell kunnskap skal ha i den praktiske skolehverdagen*. – Med 'formell kunnskap' menes begreper, grunnoppfatninger og "forståelse" som det er betydelig enighet om i en større sammenheng enn klasserommet: blant matematikere, blant pedagoger, osv. Det er kunnskap som en finner i lærebøker, læreplaner, blant lærere, osv. Hvordan forholde seg til spørsmål om "rett svar"? Skal læreren gi forklaringer? Osv. Ubesvarte spørsmål her skaper dilemmaer for den som vil skape et konstruktivistisk læringsmiljø. En forfatter (Deborah Ball) spør

Hvordan kan jeg få til erfaringer hos mine elever som knytter an til det de akkurat nå vet og er opptatt av, men som også går utover øyeblikket? Hvordan møter jeg med interesse det de er opptatt av og knytter dette sammen med idéer og tradisjoner som kommer fra århundrer av matematisk utforskning og oppfinnelser? ([18], s. 4.)

Må det bli strid blant konstruktivister om bruk og omfang av formell kunnskap? Svaret er trolig 'ja' og det henger sammen med et dyptliggende problem som hefter ved *all* konstruktivistisk tenkning på grunn av konstruktivismens ideologiske opphav. Grunnlaget finner en hos Immanuel Kant (1724–1804), den filosofen som fremfor alle andre har preget moderne tenkesett. I slik tenkning er det alltid individet som er orienteringspunktet, uansett om ordet 'sosial' bringes inn. Individet er et lite univers, i grunnen helt for seg selv. "Sunn fornuft" vil nok mene at slike universer vel må kunne tre i kontakt med hverandre! Men i den filosofiske tradisjonen konstruktivismen står i er slike tanker *svært problematiske*. Det enkelte jeg skaper, "konstruerer", en omverden *og andre individer*. Eksisterer disse? Hva skulle det egentlig bety at de eksisterer? – I den såkalte radikale konstruktivismen er arven fra Kant svært tydelig til stede.

Om vi jekker problemlnivået ned noen hakk, og ser bort fra de trasige spørsmålene omkring "den ytre verdens" eksistens, kan vi ønske å stille spørsmål som disse: Formell kunnskap i en lærebok lest av tretti elever vil bli forstått på tretti forskjellige måter. Hva er da formell kunnskap? Hvordan kan formell kunnskap bli felleseie i en klasse dersom alle har forskjellig forståelse av den? Og hva om det i klassen skulle bli utviklet en felles forståelse som er ute av takt med formell kunnskap innenfor faget? Hvem har autoritet til å dømme om meninger og oppfatninger i klasserommet? (Se [18], s. 4.)

2 Kognitiv konstruktivisme

Dette er former for konstruktivisme som nokså direkte tar sitt utgangspunkt hos Jean Piaget (1896–1980). I det følgende nevner vi noen stikkord i Piagets teori for kognitiv utvikling. ('Kognitiv' brukes om slikt som har med kunnskap eller "erkjennelse" å gjøre. – En erkjennelsesteori, en teori om erkjennelse, er en teori om hvordan det går til at vi får ny kunnskap.)

For det første, kognitiv utvikling er en prosess som går ut på *tilpasning* (fagfolk sier *adaptasjon*) til omgivelsene. Denne tilpasningen tenker Piaget seg styrt av mentale, *kognitive skjemaer* (*schèmes*).

Hos spedbarn finner en medfødte skjemaer, *reflekser*, så som det som ytrer seg ved suging. (En kan merke seg at Piaget hadde sin første skoleing som biolog.) Når barnet vokser til, "konstruerer" det og "lager om" skjemaer for å organisere sin befatning med omgivelsene.

Skjemaene blir etter hvert mer komplekse. Dette svarer til at barnets atferd blir stadig mer kompleks. Omfattende, komplekse kognitive skjemaer kaller Piaget *kognitive strukturer*.

Noen vil si at kognitive skjemaer og strukturer er det samme som det andre ville kalle *begreper* og *begrepskomplekser*.

Piaget bruker begrepene *assimilasjon* og *akkomodasjon* for å beskrive tilpasningsprosessen. Dette er begreper som det krever tid å få tak på. La oss sitere fra Hundeide i [12], s. 13–20:

På samme måte som en amøbe tilpasser seg sitt umiddelbare miljø, så tilpasser det menneskelige intellekt seg sitt miljø ved delvis å forandre miljøet så det passer inn i den struktur intellektet har, og ved å forandre intellektets struktur så den passer til miljøet. Dette er en tosidig "dialektisk" prosess som kan anvendes på all tilpasning. Når vi undersøker fordøyelsen, så ser vi at fordøyelsessystemet reagerer og forandrer seg (strukturen) idet maten blir tatt inn; magen trekker seg sammen og syrer blir utløst, dvs. strukturen forandres så den passer til miljøet. Dette kaller Piaget *akkomodering*. Men på samme tid forandres miljøet så det passer til strukturen. I dette tilfellet skjer dette når syrer og kjemiske substanser forandrer maten så den kan bli absorbert som næringsstoffer for kroppen. Denne prosess kaller Piaget *assimilering*. Når denne tenkemåte anvendes på psykologisk tilpasning, vil de fleste kunne gjenkjenne de to prosessene når de blir konfrontert med nye opplevelser, ideer eller mennesker. Vi opplever da en tendens til å redusere og omforme de nye ideer til de forståelseskategorier ("skjemaer") vi på forhånd har. Det er ved hjelp av denne assimileringssprosess vi kan organisere verden meningsfylt, og knytte forbindelseslinjer mellom våre tidligere erfaring og forståelse ... og det nye. Men dersom assimilering var den eneste tilpasningsprosess, ville det ikke skje noen forandring av den indre struktur ... Det ville ikke være mulighet for korreksjon i forhold til den foreliggende situasjon. ...

Det er når organismen tvinges til å akkomodere til den spesielle foreliggende situasjon at det skjer en korreksjon og utvikling av den indre struktur.

Piaget hevdet at kognitiv utvikling skjer i fire stadier. Overgangen fra ett stadium til det neste innebærer en ny måte å handle på/tenke på i forhold til omgivelsene. I oversikten nedenfor har vi benyttet oss av Imsen [13] og Tetzchner [21] (foruten en rekke internettsteder som vi ikke spesifiserer).

- 1 Det *sansemotoriske* (sensomotoriske, sensorimotoriske) stadiet (fra fødsel til om lag 2 år): Her bygges det kognitive strukturer knyttet til mestring av fysiske gjenstander. Barnet kan handle på meningsfullt vis på konkrete situasjoner, men derimot ikke på tenkte situasjoner.
- 2 Det *preoperasjonelle* stadiet (til om lag 7 år): Mestring av symboler. Barnet begynner å kunne løsrive seg mentalt fra konkrete situasjoner. Det begynner å kunne representere, forestille seg, slikt som det ikke opplever i øyeblikket. Når stadiet kalles *preoperasjonelt* (dvs. *før-operasjonelt*), vil det si at et barn på dette stadiet ennå ikke rår over det som Piaget kaller *operasjoner*. Dette er *mentale handlinger som barnet er i stand til å reversere*, dvs. at barnet i tankene kan gå gjennom momentene i handlingen i omvendt rekkefølge.

3 Det *konkret-operasjonelle* stadiet (til om lag 11 år): mestring av klassifisering, relasjoner, tall. Barnet begynner å tenke *operasjonelt*, men bare på konkrete gjenstander.

- Tenkningen blir reversibel. Barnet er for eksempel i stand til å godta at addisjon og subtraksjon er "motsatte" regnearter, vel å merke dersom addisjon og subtraksjon går på konkrete gjenstander: har vi tre epler, får to epler og så gir fra oss to epler, da er vi tilbake til utgangspunktet.
- Barnet kan etter hvert oppfatte underordning/overordning av begreper. Et lite eksempel:

	<i>frukt</i>	
<i>eple</i>	<i>plomme</i>	<i>pære ...</i>
<i>Aroma, Gravenstein ...</i>	<i>Edda, Victoria ...</i>	<i>Keiserinnne, Clara Frijs ...</i>

Barnet kan mentalt "bevege seg opp og ned" i slike begrephierarkier.

- Barnet kan i noen grad sette seg inn i andres synspunkter.

4 Det *formelt-operasjonelle* stadiet: Mestring av "tenkning". Barnet, eller ungdommen, begynner å kunne tenke "formelt", operasjonene går ikke lenger bare på konkrete gjenstander og forhold, men også på tenkte og abstrakte forhold. Piaget var ganske særlig opptatt av at det *logiske* etter hvert blir forstått, nemlig hva det innebærer at sammensatte setninger av typene

... og ...
... eller ...
hvis ..., så ...

og noen til er sanne, eventuelt falske (her må en tenke seg enklere setninger satt inn i stedet for '.'). Tenkningen kan nok bli mer kompleks etter hvert ut over i voksenalder, men etter Piagets mening er den kognitive utviklingen på sett og vis avsluttet omkring 15-årsalderen. Senere er det bare kunnskapen som tiltar.

Vi nevner til sist det momentet i Piagets teori som heter *likevekt*, tidligere gjerne kalt *ekvilibrum*, som betyr det samme. Det er snakk om "likevekt" mellom eksisterende skjemaer og nye erfaringer: Når assimilasjon har foregått, følger det alltid en "utprøving" av det aktuelle skjemaet mot virkeligheten. Dersom personen opplever at noe ikke stemmer, at det er en *kognitiv konflikt* mellom det som personen regner med (etter assimilasjon av inntrykk) og det som oppleves å være virkelig, da må det skje noe med de eksisterende skjemaene, de må akkomoderes til den opplevde virkeligheten. Denne korreksjonen eller omdanningen av eksisterende skjemaer fører da til at personen opplever "likevekt" mellom rådende skjemaer og nye inntrykk. Prosessen kalles *ekvilibrering* eller *likevekting*. Personen har nå fått ny kunnskap. (Se [12], s. 18–20, og [21], s. 167.)

Piaget og undervisning

I Piaget-inspirert undervisning finner en *aktiv læring* ved oppdaging (*discovery learning*) og støtte til interesser som er under utvikling hos barnet. Foreldre og lærere utfordrer barnets evner, men er forsiktige med å presentere materiale langt utover det nivået barnet befinner seg på. Ginn [9] ser for seg en organisering av undervisningen som gir muligheter for assimilasjon og akkomodasjon:

Barn trenger å utforske, manipulere, eksperimentere, stille spørsmål og lete etter svar på egen hånd – aktivitet er vesentlig. Men dette betyr ikke at elevene skal få gjøre hva de vil. Hva er så lærerens rolle? Læreren bør være i stand til å vurdere elevens kognitive nivå og deres sterke og svake sider. Instruksjon bør være mest

mulig individrettet. Elever må ha muligheter for å kommunisere med hverandre og å argumentere og diskutere. [Piaget] så lærere som tilretteleggere av kunnskap – de er der for å veilede og stimulere elevene. Tillat barna å gjøre feil og lære av feilene. Læring er langt mer meningsfull dersom barnet får lov til å eksperimentere på egen hånd i stedet for å høre læreren forelese. Læreren bør forsyne eleven med materiell og situasjoner som får dem til å oppdage ny kunnskap. ... I aktiv læring må læreren ha tillit til at barnet kan lære på egen hånd.

Videre hos Ginn [9]:

[Teknologi] som legger til rette for interaktivitet, så som multimedia, hypermedia og virtuell virkelighet, går godt sammen med Piagets tankesett. Programvare som bare er drill og øving passer ikke inn i aktiv-oppdaging-omgivelser. Drill og memorering, som brukes så ofte i språkstudier, fremmer ikke kreativitet og oppdaging.

Det kan være nyttig å ta med noen få momenter til en konkretisering. Opplistingene nedenfor er hentet fra internettsider fra Valdosta State University, Georgia, USA. (Se [11] for et oversyn, og følg lenker.)

På det konkret-operasjonelle stadiet:

- Bruk konkrete gjenstander og visuelle hjelpemidler, særlig når stoffet er krevende..
- Gi elevene rikelig anledning til å manipulere gjenstander og utprøve ideer.
- Instruksjon og skriftlig materiell bør være trinnvis organisert med en klar progresjon.
- Bruk velkjente eksempler for å forklare komplekse ideer. I matematikk er tekst-oppgaver verdifulle.
- Legg til rette for klassifisering og gruppering av gjenstander og ideer.
- Gjør bruk av problemer på forskjellig nivå ("Mind Twisters", "Brain Teasers", "grubliser", osv.).

På det formelt-operasjonelle stadiet:

- Bruk fortsatt mange av strategiene fra det konkret-operasjonelle stadiet.
- Gi elevene mulighet for å diskutere hypotetiske spørsmål.
- Oppmuntre elevene til å forklare hvordan de løser problemer. La her gjerne elevene arbeide i par.
- Legg an på å undervise bærende ideer, ikke bare fakta.

3 Sosialkonstruktivisme

Det viktigste navnet her er Lev Semjonovitsj Vygotskij (1896–1934). Også han ønsket å forstå barns kognitive utvikling. I tradisjonen fra Piaget er kognitiv utvikling en individuell sak. Barnet er i mangt en ensom aktør i konstruksjonen av kunnskap. I tradisjonen fra Vygotskij konstruerer barnet sin kunnskap gjennom samhandling med andre mennesker og tilegnelse ("internalisering") av kulturens redskaper og tenkemåter (se [21], s. 31). Til forskjell fra (den tidlige) Piaget mente Vygotskij at en ikke kan forstå individets utvikling uten å trekke inn den sosiale og kulturelle sammenhengen som utviklingen foregår i. La oss nevne noen viktige momenter i Vygotskijs teori:

- Språket som en vesentlig faktor i den kognitive utviklingen.
- Den såkalte *nærmeste utviklingssonen* (en g. *zone of proximal development*), "avstanden" mellom barnets *aktuelle* utviklingsnivå (det som en kan finne frem til ved intelligenstester) og barnets *potensielle* utviklingsnivå (det fungeringsnivået barnet kan nå til med assistanse fra en voksen eller en dyktigere jevnaldrende). – Omtrent slik uttrykker Vygotskij seg i [22], s. 84–91. Når det gjelder forestillingen om "avstand" her, så gir Vygotskij dette eksemplet: Kanskje er to barn ti år gamle, men er ved tester funnet å være på åtteårsnivået. Anta at læreren forsøker å vise eller starte tankerekker på "høyere" nivåer enn åtteårsnivået, og at elevene da kan

viser måter å fungere på som en forbinder med tolvårsnivået, henholdsvis niårsnivået. Da vil en si at den nærmeste utviklingssonen strekker seg over fire år for den ene eleven, men bare ett år for den andre. – Anvendt mer direkte på undervisningssituasjonen har noen uttrykt det slik: Den nærmeste utviklingssonen er "avstanden" mellom det eleven i øyeblikket mestrer og det læreren forsøker å undervise. Hvis "avstanden" er for stor, vil undervisningen ikke nå frem. Er "avstanden" for liten, vil undervisningen ikke føre til økt kunnskap.

- Vygotskij så på lærerens aktive veiledning som avgjørende viktig for effektiv læring. (Dette følger egentlig av foregående punkt.)

I denne tradisjonen er en nok enig med Piaget-tradisjonen i at barnets biologiske utrustning i mangt bestemmer den tidlige kognitive utviklingen. Men en mener at barnet ikke på egen hånd kan utvikle de "høyere mentale funksjonene" (så som logisk hukommelse (hukommelse knyttet til mening, til forskjell fra ureflektert "husking"), bevisst, selektiv oppmerksomhet, å mestre språk, å kunne abstrahere). "Barn er avhengige av av mennesker som formidler de nødvendige mentale redskapene og kunnskapene, og hjelper dem å anvende dem" ([21], s. 197). Hvilke redskaper? De viktigste kognitive redskapene som kulturen gir er språk (i en litt vid forstand som omfatter også andre symbolsystemer enn det talte og skrevne språket). Ved hjelp av disse redskapene for tenkning blir det mulig å reflektere omkring kunnskap og å formidle kunnskap.

Vygotskij og undervisning

Nettsteder om "det sosialkonstruktivistiske klasserommet" er langt vagere enn de som tar for seg kognitiv konstruktivisme. De har også et langt tydeligere ideologisk preg. Det står frem noen som har sett et lys: "Før underviste jeg på den tradisjonelle måten, jeg var en 'instruksjonist', men nå ..." Språket blir sjablongmessig og ofte manipulerende. Svært mange av disse nettstedene stammer fra USA (noen også fra Australia). Kan noe av bakgrunnen for den rådende *all-out craze* for konstruktivisme være en reaksjon mot behaviorismen, lenge dominerende i USA, en læringsteori som ikke engang har begrepet mental funksjon, der elevens sinn er en "black box" med kontrollerbar input og observerbar output? Fra europeisk synspunkt må det være tale om en kolossal overreaksjon.

Et utgangspunkt for å informere seg om forskjellige avskygninger av konstruktivisme kan være [15] og [7].

Vi skal likevel prøve å gi et inntrykk av hvordan det tenkes i sosialkonstruktivistiske kretser om undervisning.

I Dougiamas [6] og Hanley [10] hevdes følgende momenter å være karakteristiske for det sosialkonstruktivistiske klasserommet:

- Undervisningen relateres til sammenhenger som gir mening for elevene personlig.
- Oppfatninger som elevene ser ut til å anse som selvsagt riktige, blir gjort til gjenstand for diskusjon.
 - En betydelig del av arbeidet i klassen er samarbeid i små grupper.
 - Meningsfull aktivitet vurderes høyere enn riktig svar.
 - Kunnskap blir ikke sett på som objektiv.
 - Konsentrasjon om bærende ideer og begreper.
- Læreren er én av elevenes informasjonskilder, og ikke nødvendigvis den viktigste.
- Elevene utfordres gjennom erfaringer som setter spørsmålsteget ved kunnskap de mener seg å ha.
- "Timene" er uforutsigbare i den forstand at elevens innspill og svar får bestemme retningen av det som foregår.
- Kunnskap skilles ikke fra prosessen med å finne ut.
- Det insisteres på klare formuleringer fra elevene (som tegn på at læring har kommet i stand).

- I matematikkundervisning settes overlevering av matematikk som "innhold" opp mot det å arbeide frem matematiske ideer som en kollektiv aktivitet i klassen.

Referansen [10] har mange hint til konstruktivistisk undervisning.

Ofte vises det ikke eksplisitt til kognitiv konstruktivisme og sosialkonstruktivisme. I USA i dag refererer undervisningsinstanser noen ganger ikke til konstruktivisme i det hele tatt. Men for eksempel vil en finne at det store læreplanverket i matematikk fra 2000, *Principles and Standards of School Mathematics* [16] er gjennomtrengt av ideer fra de nevnte konstruktivistiske leirene. Stoff fra såkalte *Regional Educational Laboratories* er ofte mer tydelige på hvor ideene kommer fra. (Se for eksempel nettstedene [17] og [20], med nyttige lenker. Det er ti *Regional Educational Laboratories* i USA. Disse har som oppgave å drive forskning omkring undervisning og tjene som ressurssentre for dem som arbeider med forbedring av undervisning på lokalt nivå, statsnivå og regionalt nivå i det amerikanske samfunn.)

Dougiamas [6] snakker om lærerens bruk i konstruktivistisk undervisning av *multiple epistemologies*, som her trolig betyr en flerhet av kunnskapssyn. Han snakker videre om å konstruere vår sosiale og kulturelle oppfatning av tenkning, forståelse og til sist den menneskelige natur. En aner tankegods fra den radikale konstruktivismen, med dens postmoderne ultra-relativisme.

Jerome Bruner

Når det snakkes om konstruktivisme, hører også Jerome Seymour Bruner (1915–) med.

I 1960 skrev Bruner:

Jeg ble slått av at vellykket undervisning av høyt strukturerte kunnskapsområder som matematikk, fysikk og til og med historie, ofte artet seg en slags spiraler der en begynte med å innføre ideer og operasjoner på et enkelt nivå og på en nærmest intuitiv måte, for så å komme tilbake til dem på mer formell måte og knytte dem sammen med annen kunnskap. Mestring på ett nivå ble tatt med til neste nivå, og en endte opp med å mestre ... et stort kunnskapsområde. ([2])

Dette er *spiralprinsippet*, velkjent fra norske læreplaner og lærebøker. Ved dette prinsippet ville Bruner organisere læreplanen omkring bærende tanker og verdier i samfunnet og kulturen. Forøvrig mente han at et undervisningsløp burde organiseres slik: enkelt til komplekst, generelt til detaljert og abstrakt til konkret. – Enhver får gjøre seg sine tanker til dette siste.

En annen metafor som knyttes til Bruner er bruk av "stillas" i undervisningen (*instructional scaffolding*, først fremsatt i en tidsskriftartikkel i 1975). Dette går ut på å gi eleven tilstrekkelig støtte til at læring skal skje når begreper og ferdigheter presenteres for eleven for første gang. – En illustrasjon fra Larkin [14]: Et lite barn eller et barn som er fysisk utviklingshemmet vil trolig trenge assistanse for å lære å bruke en sklie på en lekeplass. Til å begynne med ville den voksne kanskje flere ganger bære barnet opp trappen og renne sklien ned sammen med barnet. Så ville noe av stillaset eller støtten tas bort ved at den voksne plasserer barnet på den nedre delen av sklien og lar barnet renne sklien ned med liten eller ingen assistanse. Den voksne ville fortsette å fjerne stillaset etter hvert som barnet viste at det kan renne ned en større del av sklien uten hjelp. – Ved at læreren slik gjør bruk av stillas får elevene støtte helt til de selv mestrer begrepet, ferdigheten eller strategien. Etter hvert som de viser tegn til mestring, reduser læreren støtten. Slik overfører læreren ansvaret for læringen til elevene.

Mange av tankene i forbindelse med bruk av stillas har Bruner fra Vygotskij.

I Larking [14] finner en detaljert veiledning for bruk av stillas i Bruners ånd.

4 Intern kritikk av konstruktivismen

Hvis det skal nevnes ett navn knyttet til kognitiv utvikling og kognitiv psykologi, må det være Jean Piaget. Howard Gardner (Harvard Graduate School of Education) [8] minner om Piagets kolossale innsats, og om at de viktigste syn på barns mentale utvikling som er blitt fremmet i den senere tid langt på vei kan ses på som kommentarer til Piagets tanker. Og "[Piagets] sentrale posisjon skyldes ikke bare at [hans teori] er den eneste helhetlige og detaljerte teorien om kognitiv utvikling, men også at teorien inneholder mange klart prøvbare synspunkter på utviklingen av kognitive ferdigheter" ([21], s. 175).

Donaldson: Kritikk av Piagets stadieteori. "Relasjonsfri tenkning"

Margaret Donaldson står i gjeld til såvel Piaget som Vygotskij og Bruner. I *Childrens Minds* [5] har vi "én av de mest overbevisende, klokeste og mest kunnskapsrike bøker om utviklingen av barns tenkning som har kommet ut på 20 år. Dens betydning for skolen er enorm" (Bruner). I resten av dette kapitlet trekker vi frem noen momenter fra denne boken, og gjør oss noen tanker til dem.

I følge Piaget lever barnet opp til om lag seks-sjuårsalderen i den "egosentriske illusjon", dvs. *er ute av stand til i tankene å sette seg i en annens sted* (det som Piaget kalle å *desentrere*). Ut fra sine forsøk har Piaget tømret sammen en overveldende argumentasjon. Det faller oss ikke så lett inn at noe kan være feil. Donaldson beskriver imidlertid forsøk som viser at barn helt ned til under fireårsalderen faktisk kan ha en slik evne. Piagets *forsøksresultater* tviler Donaldson ikke på. Noe må da være feil ved Piagets *teori*. Uten å beskrive forsøkene gjør vi oppmerksom på en vesentlig forskjell. I de forsøkene Donaldson beskriver *opplever barnet sammenhengen (konteksten) som meningsfylt*. Så må vi spørre hva det innebærer. Barn har i utpreget grad evnen til å gripe meningen med typer av situasjoner som innebærer *direkte samspill mellom mennesker*. De tolker *situasjoner*. I tilknytning til disse prøver de ut *hypoteser og trekker logiske slutninger og får språklig innsikt*. Å propos dette med logiske slutninger, så mente Piaget at en ikke finner noen slik *deduktiv evne* hos barnet før om lag sjuårsalderen. Også dette mener Donaldson er tilbakevist gjennom nyere forsøk. Barn i hvert fall ned til 4-årsalderen kan ses å trekke logiske slutninger. Igjen har det vært *forsøkets sammenheng* som har vært det springende punkt. På to viktige områder ser det altså ut til at førskolebarns evner ikke er så mangelfulle sammenlignet med de voksne som Piaget mente.

Når vi klemmer saft og liv ut av en situasjon, gjør et problem "abstrakt" eller "formelt", da forstår ikke barnet det. På den annen side vet vi at det *er ekstremt viktig* å kunne tenke abstrakt eller formelt. *Hva er det som gjør dette så vanskelig for barn?* Kunne vi forstå det, ville vi ha bedre muligheter for å hjelpe barn gjennom vanskelighetene. Donaldsons stikkord her er *relasjonsfri tenkning*.

Donaldson unngår for det meste ord som "abstrakt" og "formell", som hun mener er altfor mangetydige. For bedre å få frem vesentlige ting i vårt tema, innfører hun uttrykket *relasjonsfri tenkning* (eller *løsrevet tenkning*) om tenkning som er "rykket ut av den ... primitive grunnmasse som opprinnelig inneholdt all vår tenkning." – Trolig kunne vi bruke *teoretisk tenkning* som synonym.

Dette er jo svært aktuelt når vi kommer til matematikken (og logikken). Vi spør jo etter hvert "Hva er to og fem?", ikke bare "Hva er to kroner og fem kroner?" Vi ser bort fra relasjonen til det som for små barn er fortrolig og meningsfylt. Fremskritt i teknikk og vitenskap er utenkelig uten at det lykkes å gjøre tenkningen relasjonsfri. Det er nødvendig å lete etter *struktur* og *lage system*.

(Når Donaldson av og til bruker ordet "formell" er det i betydningen av å ha med *form* å gjøre. Et eksempel vil forklare dette: Utsagnet 'to og (eller pluss) fem er lik sju' har *formen* ' $a + b = c$ '. Utsagnet om to, fem og sju og

alle lignende utsagn har noe felles, nemlig formen eller malen 'a + b = c'.)

De tingene Donaldson trekker frem tyder på at de egenskapene som er nødvendige for relasjonsfri tenkning

- i atskillig grad kan være til stede allerede i 4–5-årsalderen
- i begynnelsen er avhengige av å knyttes til det som er umiddelbart tilgjengelig og meningsfylt for barnet.

Skolering innebærer å bli i stand til, i hvert fall i noen grad, å mestre relasjonsfri tenkning, dvs. slikt som har med struktur og system å gjøre. Donaldson hevder at vi ikke er i stand til å mestre *noe som helst* formelt system før vi har lært å ta i hvert fall noen skritt ut over det som er umiddelbart tilgjengelig og meningsfylt. Hun hevder at problemene med å hjelpe barn til å ta slike skritt tidlig i skolegangen (eller før) sjelden er blitt innsett, og at en eventuell slik innsikt sjelden har ført til effektive tiltak.

Mange mislykkes altså. Er det mulig å endre dette?

Én måte ville være å nedrangere intellektuelle ferdigheter og opprangere andre. Den utopiske marxismen forsøkte dette. I størst målestokk skjedde det i Kina ("kulturrevolusjonen"). Det destruktive resultatet kjenner vi: minst ti tapte år, og en hel del annet. Også i Vesten har tanker om en "omvurdering av alle verdier" vært fremtredende i intellektuelle miljøer, særlig på 70- og 80-tallet. – Ellers er det bare å peke på at hele vår hverdag er preget av resultater av intellektuell virksomhet, i form av teknologi som vi knapt kan tenke oss å leve foruten.

Finnes det noen bedre vei? Den måtte bestå i at vi underviser i relasjonsfri tenkning på en bedre måte.

Språket – det fremste redskapet til relasjonsfri tenkning

Forstandsmessig har vi jo forskjellig profil og utrustning. Noen vil alltid mislike relasjonsfri tenkning. *Men det er ikke sikkert at gapet mellom teoretisk tenkning og praktisk handling behøver å være så vidt.* Bruner har påpekt at det finnes *redskaper* for tenkning på lignende måte som det finnes redskaper for praktisk aktivitet. I tråd med dette synet kan vi si at intellektuelle ferdigheter, relasjonsfri tenkning, er noe som lar seg øve opp ved å utnytte "teknologien". Hvilken teknologi skulle det være? Først og sist *språket*, og særlig *skriftspråket*, som er det systemet vi har laget oss for å kunne bevare, kontrollere og korrigere våre tanker.

Donaldson konkretiserer sine tanker til leseopplæringen. Nå er dette for henne ikke bare ett eksempel blant mange. Hun ser på leseopplæringen som grunnleggende for *all* skolering. Vi skal si litt om de viktigste stikkordene i fremstillingen hennes:

- *Selvbevissthet* som bevissthet om seg selv som tenkende vesen.
- *Kontroll* som bevisst herredømme over en mental funksjon.

Barnet må lære å beherske *symboler*. Når det begynner på skolen har det allerede et visst tak på ett bestemt symbolsystem, nemlig talespråket. Hit-til har barnet ganske sikkert ikke hatt noe reflektert forhold til språket. Det vil si, det har ikke vært seg bevisst språket som noe som eksisterer "for seg selv". Språket har vært innfiltret i det som skjer i og omkring barnet. Nå er tiden kommet til å oppfatte språket som et selvstendig system, noe det går an å *tenke på*.

Dette er ett moment i det forholdet til språket som vi i skolen håper de fleste skal tilegne seg. Et annet moment har med (bevisst) *kontroll* å gjøre, om barnet makter å holde oppmerksomheten festet på sin bruk av språket og avvise uvedkommende inntrykk. Dette kan virke banalt, men det går en direkte linje fra denne elementære formen for kontroll til den voksnes evne, eller mangel på sådan, til å "holde seg til saken" og ikke trekke inn i tanke-messige sammenhenger uvedkommende ting (så som sym- og antipatier).

Donaldson siterer Vygotskij: "... kontrollen over en funksjon er et motstykke til å være seg funksjonen bevisst". De to hører i så fall sammen. Spørsmålet om kontroll blir nært knyttet til spørsmålet om bevissthet. Det dreier seg om barnets bevissthet om sine egne tankeprosesser – dets *selvbevissthet*. Hvis et barn skal kunne kontrollere og styre sin egen tenkning må det bli seg bevisst sin egen tenkning. *Et mål for skolens undervisning må da være å fremme bevissthet hos barnet om egen tenkning*. Hvordan gjøre det?

Bevissthet utvikles når noe får oss til å nøle og "tenke etter", slik at vi i stedet for å handle tenker over hvilke muligheter for handling som foreligger. "Vi er oss bevisste hva vi gjør i samme grad som vi er oss bevisste hva vi *ikke* gjør men kunne ha gjort." *Valg* (eller *beslutning*) blir sentralt i bevisst intellektuell virksomhet.

Hva er det som får oss til å stanse opp og tenke etter – som altså gjør det mulig for oss å velge i hvilken retning vi vil styre vår tenkning? Vi skulle gjerne ha hatt et greitt og enkelt svar på det spørsmålet, men noe slikt finnes ikke. Men det som foregår i leseopplæringen kan gi oss en pekepinn. Når et barn lærer å lese vil det oppstå situasjoner hvor barnet begynner å fundere over ulike mulige betydninger av det han leser. At det som leses nettopp foreligger i *skriftlig form* er viktig her. Det skrevne er nemlig varig, og det er bare den tekstlige sammenheng som kan hjelpe leseren til å forstå meningen med det han leser. Den som leser får *tid til å tenke etter*.

De egenskapene ved skriftspråket som fremmer bevissthet om språket kan også fremme bevissthet om egen tenkning og dermed fremme intellektuell selvkontroll. En viktig egenskap ved skriftspråket er i denne sammenhengen altså at det *gir tid til ettertanke, til avveining av muligheter og til valg*.

Det som vi har omtalt ved hjelp av begrepene selvbevissthet og kontroll blir i nyere litteratur gjerne sammenfattet under betegnelsen *metakognisjon*, bevissthet om egne mentale prosesser.

Metakognisjon. En sammenlikning mellom lesing, skriving og matematisk aktivitet

Alan H. Schoenfeld [19] har laget en sammenlikning mellom lesing, skriving, og matematisk aktivitet, skolens tre grunnleggende anleggander. Vi skal gi en oversikt over innholdet i Schoenfelds artikkel. I tråd med ovenstående skal vi særlig trekke frem den *metakognitive* siden ved de tre områdene.

Schoenfeld viser at på den metakognitive siden har lesing, skriving, og matematisk aktivitet en god del til felles. Men nå har ethvert kunnskapsområde, også de nevnte tre, dessuten særegne (spesifikke) ferdigheter på forskjellige nivåer. For å skape litt perspektiv sier vi litt også om disse. Det er punktene 1 og 2 på figur 1.

Vi ser ut fra denne figuren at på det metakognitive området har de grunnleggende kunnskapsområdene klare fellestrekk. Noenlunde det samme skjer i de tre tilfellene. I løpet av den aktiviteten vi driver på med iakttar vi vår egen aktivitet. Hvis det synes som om alt går bra, så fortsetter vi i samme spor. Men hvis det ser ut til å være problemer, da stopper vi opp og overveier andre muligheter. En slik løpende overvåking, der vi hele tiden handler i overensstemmelse med vår vurdering av situasjonen, kaller vi *selvregulering*.

Den terminologien som har etablert seg i kognitiv vitenskap kan virke fjern og vanskelig. Nå er det slik at et nytt ord ikke alltid innebærer en ny idé. Men en ny terminologi betyr tross alt ofte en endret vektlegging. Når dette skal bringes til uttrykk ligger det nær å benytte seg av ord fra kunnskapsområder som for tiden er gjenstand for mye oppmerksomhet. Ordet 'selvregulering' kommer fra *systemteorien* (som har *kybernetikken* som sitt viktigste delområde). Systemteorien handler om bl.a. systemer med såkalt *negativ tilbakekopling*. Disse er (laget) slik at de kontinuerlig avføler sin egen tilstand og om nødvendig justerer den i retning av en ønsket tilstand (et svært enkelt eksempel er et termostatstyrt oppvarmingssystem). I slike systemer er det nettopp *selvregulering* det dreier seg om.

Lesing:

- 1 Ferdigheter i dekodning, dvs. i å få mening ut av ord
- 2 Strategier for å forstå, for å lage oversikter (eventuelt bare "i tankene"), for å gjet seg til mening (ikke minst ved hurtiglesing)
- 3 *Metakognitive ferdigheter knyttet til lesing:*
En god leser har stadig for øye sin egen forståelse av det han leser ("Har jeg forstått dette." "Kan jeg gjengi forfatterens mening med egne ord?")
Aspektet *selvregulering*: "Dette har jeg ikke forstått godt nok. Jeg vil lese det på ny, og tenke over det til det gir god mening for meg"

Skriving:

- 1 Ferdigheter i grammatikk
- 2 Strategier for å kommunisere mening (idéer) og for å sikre at leseren oppfatter poengene (f.eks. ved å bruke overskrifter på forskjellige nivåer)
- 3 *Metakognitive ferdigheter knyttet til skriving:*
Den som er dyktig til å skrive har evnen til å sette seg i leserens posisjon, og til å "fornemme" om meningen vil kunne komme frem. Han har en forståelse for hva skriving dreier seg om, nemlig å kommunisere idéer og inspirere leseren.
Aspektet *selvregulering*: Midt i et avsnitt forstår du at du har kommet ut på viddene. Du innser at enten bør du stryke noe av det du har skrevet og begynne på ny, eller du bør følge det nye sporet i stedet

Matematisk aktivitet:

- 1 Grunnleggende ferdigheter i regning med tall
- 2 Strategier for problemløsning. 'Problemløsning' er blitt et sentralt ord i pedagogisk debatt. En oppgave er et *problem* (for en *gitt student*) hvis oppgaven engasjerer ham – oppgaven er *hans* – men han ikke har noen ferdig strategi for å løse den. (De fleste oppgaver i lærebøker er i denne språkbruken ikke problemer, men drilløvinger.) Problemer har gjerne det ved seg at de åpner opp for mer generelle spørsmålsstillinger. Det finnes mer eller mindre etablerte problemløsningsstrategier. Vi går ikke inn på dem her
- 3 *Metakognitive ferdigheter knyttet til matematisk aktivitet:*
Aspektet *selvregulering*: Mens du arbeider med et problem finner du kanskje ut at det er vanskeligere enn du hadde ventet. Du bestemmer deg for å gå tilbake og bruke mer tid på å forstå problemet, eller gir opp ditt nåværende løsningsforsøk og prøver å finne en annen angrepsmåte

Figur 1 Sammenliknende oversikt over ferdigheter som særpreger lesing, skriving, og matematisk aktivitet.

"Hva kan skolen gjøre?"

I kapitlet med denne overskriften går Donaldson videre fra de mer generelle tankene ovenfor om bevissthet og kontroll. Hun spør seg hva som kan gjøres for å gi flest mulig barn en rimelig god start på den type læring som kjenner seg skolen.

I lys av ovenstående blir *det å lære å lese tidlig* viktigere enn ofte antatt. Som en forberedelse er det svært viktig å gjøre barna bevisst på det talte språket. *De må lære seg til å legge merke til hva de gjør.* De må forstå at talestrømmen består av ord. Dette er nødvendig for at de skal få mening ut av de tegngruppene i boken som svarer til ordene. Så må vi sikre oss at de forstår "vitsen" med denne skrevne versjonen av ordene: at den fungerer som støtte for hukommelsen og middel til kommunikasjon. De bør ikke være nødt til å slite for å lære seg noe de ikke forstår hensikten med.

Vi gjentar at selve leseprosessen kan ha stor betydning for den intellektuelle utviklingen hos barnet, nemlig hvis den fremmer selvbevissthet og kontroll. Avgjørende er om barnet får tid til tenke etter, reflektere, og ikke bare over det han leser, *men over selve leseprosessen.*

Hurtighet og reflektert tenkning er motsetninger (og ikke bare for barn). – En annen sak er at mange voksne må kunne lese raskt når situasjonen krever det. De må kunne lese med ettertanke når stoffet er vanskelig og viktig, og skumme når de bare trenger å få et overblikk over stoffet. Hvis vi vil venne barnet til ettertanke, da fokuserer vi ikke på hurtighet og automatisering, *i begynnelsen.* "Flash cards", hvor et ord (eller et tall eller en regneoppstilling) presenteres via et kort, og barnet forutsettes å reagere øyeblikkelig med riktig ord (eller tallord eller regneresultat), er da en dårlig idé, *i hvert fall i begynnelsen.* – Men bare det å gi barnet tilstrekkelig tid er *ikke nok.* Situasjonen må legges til rette med valg mellom forskjellige muligheter. Antallet av valgmuligheter må være overskuelig for barnet. Tekstsammenhengen kan brukes til å gi leseprosessen en struktur. Sjansen for at barnet skal begynne å fundere og tenke over forskjellige valgmuligheter er

størst hvis han leser en sammenhengende tekst med et rimelig innslag av ukjente elementer. Tekstens grammatiske struktur må ikke være svært forskjellig fra strukturen i barnets talespråk. De litterære formene skal han nok lære seg å beherske, men han lærer lettest å beherske sammenhenger med ulike muligheter for mening om han *i begynnelsen* får lov til å arbeide med uttryksmåter han er fortrolig med fra talespråket.

Målet er altså å hjelpe barnet til refleksjon og selvbevissthet. Donaldson tror leseopplæring etter det skisserte mønsteret er en vei å gå, *men trolig ikke den eneste*. Hun siterer igjen Vygotskij: "Bevissthet, abstraksjon og kontroll er felles for alle de høyere [intellektuelle, mentale] funksjonene." Hva disse skulle være, er antydnet i avsnitt 1.2. Han mente at alle skolefag skulle undervises på en slik måte at de kunne bidra til "bevisst og målbevisst dyktighet".

Annen kritikk av Piaget

Keith Devlin [3] tar for seg noen av (den tidlige) Piagets forsøk omkring barns tallforståelse, og hevder at en del av Piagets konklusjoner er "nesten sikkert" feil. Devlin beskriver et mye omtalt og ofte gjentatt forsøk: To rader med henholdsvis seks flasker og seks glass plasseres ved siden av hverandre, med lik innbyrdes avstand mellom gjenstandene i de to radene. Forsøkspersonen er fire år gammel. På spørsmål om det er flest flasker eller flest glass, svarer barnet at det er like mange. Den som utfører forsøket øker så avstanden mellom glassene slik at denne raden blir lenger. Nå sier barnet at det er flere glass enn flasker. Piaget konkluderer at barn opp til fire–fem år enda ikke har forstått at antall bevares i slike operasjoner, altså at flytting av gjenstander ikke endrer antall.

Devlin viser til gjentakelser av Piagets forsøk (ved Jacques Mehler og Tom Bever, 1967) med to og tre år gamle barn. Disse svarte helt rett på spørsmål om antall! Hvordan kan dette henge sammen? Mister barn kanskje denne typen tallforståelse midlertidig ved fire–fem-årsalderen? Devlin foreslår en annen tolkning. Hen i mot fem-årsalderen begynner barn å ha tanker om hva som foregår i andre personers hoder. Et barn på den alderen regner med at voksne mennesker er kunnskapsrike og dyktige. Kanskje merket det seg foreldrenes respektfulle oppførsel da de kom til laboratoriet. Hvordan kan barnet ha reagert når det ser den som utfører forsøket flytte på på gjenstandene i den ene raden for så å stille nøyaktig det samme spørsmålet som for et øyeblikk siden: "I hvilken av radene er det flest gjenstander?" Barnet tenker muligens: "Vel, det er samme spørsmål som isted. Voksne er ikke dumme, i hvert fall ikke han der. Han og jeg ser begge at antallet av gjenstander ikke har endret seg. Jeg må ha misforstått noe isted. Jeg trodde han spurte om antallet av gjenstander i raden. Det er klart at spørsmålet egentlig har gått på *lengden* av raden, siden det er den som er blitt forandret!" Så svarer barnet slik det tror det blir forventet.

Hvis denne tolkningen har noe for seg, viser forsøket egentlig bare at fire–fem år gamle barn er i stand til å gjøre seg fornuftige tanker om motivasjon og forventninger hos andre personer. (Men noe får meg til å spørre om Devlin har lest Piagets fremstilling av hvordan tallforståelse oppstår hos barn.)

Devlin beskriver to andre varianter av Piagets forsøk som begge viser at barn fra to til fem års alder har forstått at antall bevares når gjenstander flyttes på.

I [3], s. 31–37, beskriver Devlin forsøk som ser ut til å vise at barn så unge som fire dager (!) kan skille mellom to og tre gjenstander (og mellom to- og trestavelsesord). Barn på seks–åtte måneder kan se likheten mellom for eksempel to prikker og to epler; tilsvarende dersom det er tre av hver (de oppfatter "to-het" og "tre-het").

Små barn har avgjort en slags forståelse for tall. Og den er ikke "konstruert" fra sanseinntrykk, som konstruktivister regner med:

de er født med den.

Ja, forsøk viser at barn så unge som fire måneder har en forståelse for addisjon og subtraksjon på tallene 1, 2 og 3.

Fler kritiske innspill

Det kan nevnes mer under "intern kritikk". Se Tetzchner [21], som på sidene 175–82 drøfter både "standardteoriens status" (Piagets teori slik den forelå i 1950–60-årene) og "den nye teorien" (der Piaget tok hensyn til en del av kritikken av standardteorien). Vi viser også til nettstedet [7] (med 13 lenker under "Opposition to the Theory").

5 Kognitiv vitenskap (informasjonsbearbeiding)

Denne tilnærmingen til kognitiv utvikling og til læring vokste frem i siste halvdel av 1900-tallet på den tiden da teknologien utviklet datamaskiner som kunne bearbeide store mengder informasjon med stor hastighet. Den er en tverrfaglig disiplin som trekker på filosofi, allmenn språkvitenskap, kognitiv psykologi og informatikk. – Også her er forresten Piaget et viktig navn. Piaget var i utgangspunktet naturvitenskapsmann (biolog) og arbeidet på naturvitenskapens vis. – Vi henviser til [21], s. 182–88, for en oversikt.

Vi skal gjengi noen tanker fra en artikkel [1] skrevet av tre kognitive psykologer ved Carnegie Mellon University (Pittsburgh, USA). Forfatterne imøtegår sentrale tanker innenfor konstruktivismen som de setter frem som spissformuleringer. Vi trekker frem noe av det som er mest tilgjengelig.

1 Kunnskap kan ikke overføres fra en lærer. Den kan bare konstrueres av eleven

Forfatterne er enige med konstruktivister i at læring bare kan være en aktiv prosess. Læring innebærer at det skjer en endring hos eleven. Denne kommer bare i stand ved aktiviteter eleven går inn i. Lærerens aktivitet er relevant for så vidt som den måtte få elever til å gå inn i aktiviteter de ellers ikke ville gå inn i, inklusive innhenting av kunnskap fra læreren eller fra bøker. Annet som inngår er øving av ferdigheter for å gjøre disse operative, dertil vekselvirkning med medelever, med læreren og kunnskapskilder som internett.

Oppgaver for psykologi og pedagogikk oppgaver i denne sammenhengen blir da å legge til rette erfaringer for elevene som vil gjøre dem i stand til å lære effektivt og motivere dem for å gå inn i de relevante aktivitetene. Så langt melder forfatterne ingen motforestillinger. Men veiene skilles når det gjelder å stille opp ønskelige mål for undervisningen (her går artikkelen ikke i detaljer, dessverre) og å peke på erfaringer som kan føre til at målene nås. Forfatterne understreker at spørsmål om effektive fremgangsmåter ikke kan avgjøres ved filosofiske debatter, men bare ved empiriske fakta om hvordan læring faktisk foregår og hva som læres av forskjellige undervisnings erfaringer.

I konstruktivismen er Piagets skille mellom assimilasjon og akkomodasjon en nøkkel til å forstå hvordan læring og utvikling foregår. Assimilasjon betyr en relativt passiv innlemming av erfaringer i kognitive skjemaer som allerede finnes i barnets (eller den lærendes) sinn. Når gapet mellom krav barnet står overfor og de kognitive strukturene det så langt har utviklet blir for stort, vil barnet omorganisere sine "skjemaer". Derved internaliseres ny kunnskap hos barnet. Dette er akkomodasjon. (Leser en Piaget nøye, finner en at han tenker seg assimilasjon som en "tvilling" til akkomodasjon. De to opptrer ikke hver for seg.) Noen konstruktivister ten-

ker seg at kognitiv psykologi bare opererer med assimilasjon, og ikke med den mer "konstruktive" akkomodasjonen, som de selv legger hovedvekten på. Dette er langt fra korrekt, hevder forfatterne. De viser til to metaforer eller "mekanismer" for kunnskapstilegnelse brukt av kognitive psykologer, metaforer som de hevder *tillater mer detaljert studium av læring* enn Piagets metaforer (men som begge godt kunne kalles akkomodasjon):

- Når en elev får en oppgave han ikke vet hvordan han skal løse, vil han noen ganger se på hvordan en lignende oppgave er løst, og så prøve å gå frem *ved analogi*. Her vil det kunne foregå en akkomodasjonsprosess som går ut på at eleven konstruerer seg prosedyrer som gjør omveien om analogier unødvendig, ved at eleven tilegner seg et mer generelt mentalt "mønster" (skjema).
- Noen ser for seg et "nett" eller en "sil" for å gjenkjenne og ta passende aksjon. Et slikt "nett" er en rekke tester som anvendes på forskjellige sider ved fenomenet. Nye tester bringes inn dersom de øvrige testene finnes å være utilstrekkelige. Etter hvert utvikler eleven en stadig mer finstilt sensitivitet for situasjoner og stimuli i vedkommendes omgivelser, i en kontinuerlig akkomodasjonsprosess.

Disse tankene sier noe om hva *konstruksjon av kunnskap* kan gå ut på. Med disse tankene som bakgrunn går forfatterne over til å drøfte konstruktivistenes påstand om at kunnskap ikke kan overføres.

- De nevnte lære-"mekanismerne" kan ikke tilegnes ved passiv registrering. Men det er feil å tro at det som læres ikke påvirkes av eksplisitt undervisning. For eksempel, i læring ved analogi (se ovenfor) er undervisningen (læreren eller bøker) ansvarlig for de eksemplene som skal tjene til konstruksjonen av forståelsen. Forsøk har vist at læreutbyttet i høy grad avhenger av den undervisningen som gis sammen med eksemplene.
- Mye forskning viser at av og til husker folk bedre informasjon de har kommet frem til selv enn informasjon de er blitt "utsatt" for. Men annen forskning viser at i andre tilfeller husker folk like godt eller bedre informasjon de er blitt meddelt enn den de har skaffet seg selv.
- Når elever av en eller annen grunn ikke klarer å konstruere kunnskap selv, trenger de veiledning. Forfatterne hevder at når konstruktivister insisterer på at kunnskap må konstrueres, likner det på påstanden om at *learning by discovery* (læring ved oppdaging) er overlegen i forhold til direkte undervisning. De hevder at det finnes så godt som ingen positiv påvisning av at *learning by discovery* er overlegen; faktisk tar denne, selv når den lykkes, svært mye tid som kunne ha vært brukt til å anvende eller øve denne kunnskapen dersom den hadde blitt undervist. Siden det meste av læringen ved *learning by discovery* finner sted *etter* at kunnskapen er konstruert, og hvis famlingen etter kunnskapen tar lang tid eller slett ikke lykkes, blir resultatet ofte at motivasjonen svikter. I 1968 summerte D.P. Ausubel opp hva forskningen på *learning by discovery* hadde vist, uten mye omsvøp:

Undersøker en den forskningslitteraturen som hevder å gå inn for læring ved oppdaging finner en at bevis for [dens fortrinn] er så godt som ikke-eksisterende. Det kan se ut til at entusiaster for metoden har støttet hverandre ved å vaske hverandres skittentøy, for å si det slik, det vil si ved å sitere hverandres meninger og påstander og ved å foreta ville generaliseringer fra flertydige eller til og med negative funn.

- Noen ganger hevdes det at direkte undervisning fører til trivialisering av kunnskap ("bare rutine"), noe som forutsettes å drive forståelse ut. Forfatterne illustrerer med et sitat langs disse linjene (G. Brousseau):

[J]o tydeligere jeg er når det gjelder den kunnskapen jeg ønsker at mine elever skal kunne fremvise, desto sannsynligere er det at de vil vise akkurat det jeg har

undervist, men uten forståelse; dvs., desto mer sannsynlig er det at de vil forveksle form med innhold.

I forlengelsen av denne påstanden måtte en også hevde at mye øving, drill, vil drive forståelse ut ("*drill and kill*"). Forfatterne hevder at denne kritikken av øving er fremtredende i det konstruktivister skriver. Men:

Ingen ting strider sterkere mot resultatene av de siste 20 års forskning enn den påstanden at øving er negativt. All erfaring, fra laboratoriet og fra inngående *case*-studier av fagfolk, tyder på at virkelig kompetanse bare kommer ved utstrakt øving.

Å benekte at øving har en kritisk viktig rolle er å nekte barn nettopp det de trenger for å nå til virkelig kompetanse. Undervisning skal ikke "drepe" motivasjon ved å forlange "drill" men bør finne oppgaver som gir øving samtidig som interessen holdes ved like. Det er bevis for at dette kan gjøres på flere måter: "læring fra eksempler" er én fremgangsmåte som er blitt utførlig testet, og med hell, i skolesituasjoner.

2 Kunnskap kan bare meddeles i komplekse læresituasjoner

Konstruktivister anbefaler for eksempel at barn lærer det meste av sin matematikk i forbindelse med komplekse, "autentiske", problemsituasjoner. Men det finnes ikke bevis for at dette gir effektiv undervisning.

To problemer med denne tilnæringsmåten er disse:

- En elev som har vansker med deler av oppgaven blir oveveldet av de kravene oppgaven stiller.
- Dersom eleven har nådd frem til å beherske deler av oppgaven, vil han uvegerlig bruke en masse tid på å gjenta det han allerede behersker, fremfor å ta fatt på det han ennå trenger å mestre.

Det finnes grunner til å øve ferdigheter i komplekse sammenhenger av og til. Noen av disse grunnene har med *motivasjon* å gjøre og noen ferdigheter er *særegne for den komplekse sammenhengen*. En musikk elev som ønsker å spille fiolin med orkester ville ikke gjøre mye fremgang dersom all øving skulle skje med orkester. På den annen side, hvis vedkommende aldri øvde med orkester, ville han ikke kunne utvikle ferdigheter som har med samspill i orkester å gjøre. Med hensyn på motivasjon og læring virker det som om øving av ferdigheter av og til må skje i situasjoner av "real life"-kompleksitet, men dermed er det ikke sagt at dette må være hovedarenaen for læring.

Forfatterne tror ikke kompleks matematikk behøver å være motiverende i det hele tatt. At virkelig fremgang krever slit over lang tid vil avskrekke mange. Unntak kan være slike som har omfattende støtte fra sine omgivelser og "kulturen" for sine anstrengelser. (Dette kan være med å forklare hvorfor asiatiske barn lykkes bedre i matematikk enn de fleste andre.)

3 Det er umulig å vurdere læring ved vanlige metoder

De mest radikale konstruktivister hevder at det er umulig å vurdere en påstand om undervisning empirisk fordi enhver slik vurdering beror på tilfeldige, kulturbestemte, verdier. Mer moderate konstruktivister går inn for å vurdere læreprosesser mer enn resultater, taler til fordel for "autentiske" oppgaver og går inn for vurderingsformer som trekker inn flere perspektiver.

Forfatterne er enige i avvísningen av svært firkantede vurderingsmetoder og konsentrasjon om regneferdighet. På den annen side spør de om svært

åpne vurderinger som alternativ vil gi mer presis eller mer kulturuavhengig vurdering. Hovedproblemene med åpne vurderinger er

- mangelen på presisjon når det gjelder hva som vurderes
- tilliten til den subjektiv dømmekraft.

Forfatterne gir eksempler på vurdering fra litteraturen. I ett eksempel var det to besvarelser som objektivt sett var noenlunde likeverdige. De som stod for vurderingen ville likevel gi den ene besvarelsen bedre karakter fordi den etter deres syn vitnet om "bedre kommunikasjonsevne". Våre forfattere trekker frem at denne besvarelsen, oppgitt å være mer langtrukken, *var pene-re skrevet*. "Kommunikasjonsevne" kommer vel an på øynene til den som ser. I et annet eksempel fra litteraturen, med åpen vurdering, heter det at en elev vil få 50 % for rett svar hvis begrunnelsen er umulig å forstå men vil få 100 % for feil svar dersom det ikke viser misforståelse av problem eller løsningsstrategi, men *ser ut til* bero på skrivefeil eller regnefeil. Våre forfattere har sympati for den romsligheten som kommer til syne i dette siste momentet av rettingsprinsippet, men påpeker at prinsippet åpner veien til en kulturell slagside i vurdering. Ordene "ser ut til" burde etter deres mening tenne en varsellampe om at de som utfører vurderingen ikke vet hva de ser etter. Informasjonsbearbeiding-synsmåten ville kreve nøyaktig presisering av hva en ser etter i besvarelsene.

Av og til heter det at det er læreren som er nybegynneren, mens eleven er den egentlige ekspert. Forfatterne viser til Ernst von Glasersfelds *Radical Constructivism in Mathematics Education* (1991). Lærerens oppgave skulle være å forstå og påskjønne hva eleven har lært. Fra samme retning innenfor konstruktivismen siterer forfatterne:

Denne tilnæringsmåten har respekt for at elever vet best hva de opplever som problematisk og oppmuntrer dem til å konstruere løsninger som de finner akseptable ut fra deres nåværende tenkesett.

Våre forfattere spør: Hvis det er meningen at en elev i løpet av sine læreerfaringer skal bevege seg fra et lavere til et høyere kompetansenivå, hvorfor er da elevens bedømmelse av om en løsning er akseptabel spesielt interessant?

Vi respekterer lærere som kan bedømme barns individualitet, forstå deres innsikter og motivere dem til å gjøre sitt beste ..., men det må være konkrete mål for undervisningen.

Mer allmennt, hvis "eleven som dommer"-holdningen skulle dominere undervisningen, *ville det ikke lenger være klart når undervisningen har slått feil og når den har lykkes*.

Forfatternes oppsummering

"Å argumentere for radikal konstruktivisme ser for oss ut til å skape dype motsigelser." Tilhengere av dette synet er ute av stand til å argumentere for noe spesielt syn, siden de benekter at verdier kan være annet enn subjektive. Men argumentasjon for en posisjon er *alltid* verdiladet og innebærer påstander om at noe er mer gyldig eller verdifullt enn noe annet.

Det er ikke klart hvor mange konstruktivister som faktisk avviser vurdering og undervisning. En mindre radikal konstruktivisme behøver ikke å inneholde motsigelser og kan ha noe for seg. *Men en slik konstruktivisme inneholder lite som er nytt og ser bort fra en hel del som allerede er kjent*

Hva så?

Forfatterne gir en rekke anbefalinger for forskning og for undervisning. Noen viktige punkter:

- Det finnes empirisk støtte for at noen undervisningsmetoder, så som *læring fra eksempler* og "*learning by doing*", har fortrinn fremfor mer tradisjonelle metoder. Effektiviteten av disse ikke-tradisjonelle metodene bør utprøves i stor målestokk

- En mulig innvending: Lar det seg forsvare å utsette barn for ikke-tradisjonelle metoder i noe omfang? Effektiviteten av disse metodene er jo ikke påvist. Til det er å si at også de *tradisjonelle* metodene har dette "eksperimentelle" preget: Effektiviteten av dem i sammenligning med alternative metoder er ikke påvist. For eksempel er forelesning og monoton drill mye brukt i undervisning. Og nye idéer om undervisning innføres stadig vekk stilltiende uten annen begrunnelse enn at de er politisk korrekte og virker rimelige, men uten at de har skikkelig empirisk støtte. Ansvarlig eksperimentering fortjener plass i skolen
- Kognitiv psykologi som benytter seg av informasjonsbearbeidingsmetaforen ville foreslå at at enhver seriøs undervisningsmåte må begynne med en detaljert og nøyaktig analyse av kognitive oppgaver:
 - & Hvilken kompetanse er målet for matematikkundervisningen?
 - & Hvilke kognitive modeller kan fremme slik kompetanse?

Forfatterne hevder at så mange konstruktivistiske innspill slår feil her fordi detaljer og nøyaktige spesifikasjoner avvises med den begrunnelse at slikt ville inneholde nettopp ting som konstruktivister ikke tror på (dekomponering og de-kontekstualisering)
- Forfatterne hevder til slutt: Programmer for reform av undervisningen innføres med svak empirisk og teoretisk begrunnelse, mens programmer basert på kognitiv psykologi som arbeider under informasjonsbehandlings-synspunktet – programmer som er "enormt sterkere" begrunnet – er klare for utprøving og videreutvikling. Denne situasjonen burde endres, og kan endres.

6 En oppsummering

Vi som arbeider med undervisning har i (minst) ti-femten år vært utsatt for konstruktivistisk påvirkning, men lenge uten at ordet 'konstruktivisme' ble nevnt. Piagets og tildels Vygotskijs idéer er blitt nesten selvsagt pedagogisk ballast. Nå som konstruktivisme er kommet eksplisitt på dagsorden, har noen av oss begynt å reagere: Ønsker vi å kalles konstruktivister?

Vi har her forsøkt å få et visst tak på begreper som nå møter oss over alt. Mange av idéene, også innenfor sosialkonstruktivismen, går det an å finne tiltalende og inspirerende. Men innvendingene mot konstruktivismen gjengitt i avsnittene 3 og særlig 4 ser ut til å vise at det på dette området *er mulig å nå frem til noe som går ut over meninger og sympatier/antipatier*. Kognitiv vitenskap har redskaper for detaljert *empirisk* arbeid når det gjelder læring. Og den ser ut til å ha begrunnede motforestillinger til idéer som kalles konstruktivistiske. Burde ikke vi som arbeider med undervisning orientere oss mer mot empiri enn mot meninger? Vi burde bruke tid på å orientere oss om hva som er lagt frem av empiri om læring innenfor kognitiv vitenskap. For det ser ut til at det bare er der vi finner empiriske undersøkelser i mer klassisk forstand, dvs. med presisjon og etterprøvbarhet.

Radikal konstruktivisme er nevnt noen ganger ovenfor. Her tar en de filosofiske forutsetningene for konstruktivismen helt ut, og ender opp med en absolutt relativisme og subjektivisme. Dersom en tiltrekkes av konstruktivistiske ideer, bør en være klar over at det hefter visse problemer ved denne tankeretningen. Den har en indre logikk som gjør at en ikke lett kan unngå å følge med til veis ende. Det kan være at en da gjør elevene og seg selv en dårlig tjeneste.

7 Hva med drill og pugg?

Devlin [3] viser til at for Vygotskij og hans etterfølgere er *gjentatt drill* den eneste veien til mestring av abstrakte begreper og prosesser (s. 292). Dette må forbause mange som er oppflasket på nettopp Vygotskij og "konstruktivisme". Men en får huske på at i akademisk liv for nær hundre år siden var nøyaktige kunnskaper en selvfølge og moderne (postmoderne?) saker som for eksempel "læringsstrategier" ikke noe tema. Såvel Vygotskij som Piaget er preget helt gjennom av gammeldags dannelse.

Men det var den gangen. Hva nå? Fra det vi har lagt frem ovenfor mener vi at vi har grunnlag for å hevde at drill utøvd med forstand er en ypperlig ting, helt nødvendig for å oppnå faglig trygghet.

Hva med pugg, som har enda mer negative assosiasjoner knyttet til seg enn drill? Kaller vi det *over-læring*, klinger det kanskje litt bedre. I dag er det en del, også i lærerutdanningen, som ikke behersker "gangetabellen". Da har vedkommende tunge tider foran seg i matematikkfaget. Må en bruke lommeregner eller fingertelling for å regne ut 6 ganger 7, da har en et virkelig handikap. Så vi avviser ikke "pugg" heller. Vi oppmuntrer til å utvikle "logisk hukommelse" (det var én av Vygotskijs "høyere mentale funksjoner"). Målbevisst oppøving av hukommelsen for å fastholde kunnskap har det samme målet om forstandig drill, å hjelpe eleven til *mestring*.

Vi synes mestring, kompetanse, er et godt mål for skolen.

Øvinger

1. Hva sier Piaget om temaet "bevaring av relasjoner"? Dersom du har tilgang til Margaret Donaldson, *Children's Minds* [5], finner du i kapittel 6 motforestillinger til Piagets tolkninger av de viktige "bevaringseksperimentene". Se også under "Annen kritikk av Piaget" i avsnitt 3. Kommentér.

2. I Vygotskij [23], s. 179, heter det "Alle de høyere [intellektuelle, mentale] funksjonene har til felles opp-

merksomhet, abstraksjon og kontroll." Prøv å finne ut hvordan dette kommer til syne i forbindelse med a) logisk hukommelse og b) mestring av språk.

3. Hvis du har tilgang til Agnete Diderichsen [4], ta da for deg avsnittet 'Sproglig bevidsthed og symbolsk tænkning' i kapittel 2. Der legges det frem et syn på utviklingen av et ords symbolfunksjon. Bruk denne fremstillingen til å utrede begrepet *abstraksjon*.

Henvisninger

[1] Anderson, John R., Lynne M. Reder og Herbert A. Simon. "Applications and Misapplications of Cognitive Psychology to Mathematics Education."

<<http://act.psy.cmu.edu/personal/ja/misapplied.html>>

(John R. Anderson er forfatter av *Cognitive Psychology and its Implications*. 4.utgave. W.H. Freeman and Company, New York, 1995.)

[2] Bruner, Jerome Seymour. *The Process of Education*. Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1960.

[3] Devlin, Keith. *The Math Gene*. Basic Books, 2000.

[4] Diderichsen, Agnete, Vagn Rabøl Hansen og Sven Thyssen. *6 år – og på vej i skole*. Hans Reitzel, København, 1989.

[5] Donaldson, Margaret. *Children's Minds*. Croom Helm, London, 1978. På svensk: *Hur barn tänker*. Liber Läromedel, Lund, 1978. På norsk: *Barns tankeverden*. Cappelen, Oslo, 1984.

[6] Dougiamas, Martin. "A journey into constructivism".

<<http://dougiamas.com/writing/constructivism.html>>

- [7] emTech (emerging Technologies).
<<http://www.emtech.net/links/construct.htm>>
- [8] Gardner, Howard. *Slik tenker og lærer barn – og slik bør lærere undervise*. Praxis Forlag, Bekkestua, 1993. – På tross av den autoritære tittelen er dette en bok som godt lar seg lese. Den handler om forståelse – både det som skolen (ofte) tar som tegn på forståelse, og *virkelig* forståelse.
- [9] Ginn, Wanda Y. "Jean Piaget – Intellectual Development".
<<http://www.english.sk.com.br/sk-piaget.html>>
- [10] Hanley, Susan (Maryland Collaborative for Teacher Preparation, University of Maryland). "On Constructivism".
<<http://www.towson.edu/csme/mctp/Essays/Constructivism.txt>>
- [11] Huit, William G. "The Cognitive System".
<<http://chiron.valdosta.edu/whuitt/col/cogsys/cogsys.html>>
- [12] Hundeide, Karsten. *Piaget i skolen*. Cappelen, Oslo, 1980.
- [13] Imsen, Gunn. *Elevens verden. Innføring i pedagogisk psykologi*. 3. utg. Tano Aschehoug, Oslo, 1998
- [14] Larkin, Martha. "Using Scaffolded Instruction to Optimize Learning."
<<http://ericec.org/digests/e639.html>>
- [15] Maryland Collaborative for Teacher Preparation.
<<http://www.towson.edu/csme/mctp/Essays.html>>
- [16] National Council of Teachers of Mathematics. *Principles and Standards for School Mathematics*. Se
<<http://standards.nctm.org/document/index.htm>>
- [17] North Central Regional Educational Laboratory.
<<http://www.ncrel.org/sdrs/areas/issues/content/contareas/math/ma0.htm>>
- [18] Richardson, Virginia (red.). *Constructivist Teacher Education: Building New Understandings*. The Falmer Press, London, 1997.
- [19] Schoenfeld, Alan H. "Teaching Mathematical Thinking and Problem Solving." I *Sånn, ja! Rapport fra en konferanse om matematikk-didaktikk og kvinner i matematiske fag, Kristiansand 8.–10. mai 1992*. Arbeidsnotat 2/93. Norges Forskningsråd, avd. NAVF, sekretariatet for kvinneforskning. Norges Forskningsråd, Oslo, 1993.
- [20] Southwest Educational Development Laboratory.
<<http://www.sedl.org/scimath/compass/v01n03/welcome.html>>
- [21] Tetzchner, Stephen von. *Utviklingspsykologi. Barne- og ungdomsalderen*. Gyldendal Akademisk, Oslo, 2001.
- [22] Vygotsky, Lev Semjonovitsj. *Mind in Society. The Development of Higher Psychological Processes*. Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1978.
- [23] Vygotskij, L.S. *Tanke og språk*. På russisk 1934. På engelsk: *Thought and Language*. Forkortet utgave 1962 med kommentarer av Piaget. Ny utgave: MIT Press, Cambridge, Mass., 1986. På dansk: *Tænkning og Sprog*. Hans Reitzel, København, 1971–74 (2 bind) (med Piagets kommentarer). – Henvisninger er til den engelskspråklige utgaven fra 1986.
-