

Arild Lian

## Statistisk læring, tilegnelse av språk og språkrelaterte utviklingsvansker

*Statistisk læring er fellesbetegnelse på implisitt læring av statistiske regelmessigheter i stimuli fra det naturlige miljøet, for eksempel, talespråklige ytringer fra andre mennesker. Artikkelen redegjør for flere eksperimentelle tilnæringsmåter til statistisk læring og viser at slik læring foreligger før tilegnelse av språk og er en forutsetning for ordsegmentering og gjenkjenning av frasestrukturer i det som blir barnets naturlige språk. Dette kommer særlig frem gjennom forskning på kunstig grammatikk. Det argumenteres for at mange språkrelaterte utviklingsvansker beror på en svikt i det prosedurale hukommelsessystemet, og at statistisk læring også er avhengig av dette systemet. Det forklarer at læring av visuo-spatiale sekvenser som har en underliggende statistisk struktur også har en overføringseffekt til språklige funksjoner. Derfor kan en si at slik læring er basert på en domene-generell læringsmekanisme og at mange språkvansker kan behandles når denne mekanisme styrkes hos barn som får trening i særskilte oppgaver for statistisk læring.*

*Arild Lian er Professor emeritus fra Universitetet i Oslo. Hans viktigste bakgrunn er eksperimentell hukommelsesforskning ved Universitetet i Oslo og Rutgers University i USA. Er i dag mest kjent for sin innsats innen fagfeltet språk/språkutvikling. Har i det siste levert betydningsfulle bidrag i forbindelse med en spesiell – og tidligere lite påaktet – forutsetning for språktilegnelse; statistisk læring, statistical learning. Siste publikasjon er boken *Language Evolution and Developmental Impairments*, utgitt på forlaget Palgrave Macmillan.*

Moderne forskning om statistisk læring har gitt ny innsikt i læring av ferdigheter, både innenfor språk (f. eks. grammatikk) og innenfor ikke-språklige domener (f.eks. visuo-spatial hukommelse og gjenkjenning av sekvensielle strukturer). Denne forskningen har derfor stor teoretisk relevans innen kognitiv psykologi, utviklingspsykologi og tilgrensende fagområder. Den har også relevans for klinisk arbeid med barn som har språkrelaterte utviklingsvansker, dvs. at den gir holdepunkter for både diagnostikk og behandling. I denne artikkelen skal jeg derfor gjøre rede for begrepet 'statistisk læring' i kognitiv psykologi samt forklare hvorfor kunnskap om slik læring kan sette oss bedre i stand til å identifisere og hjelpe barn med språkrelaterte utviklingsvansker. Utgangspunktet mitt vil være språktilegnelsen hos barn med normal kognitiv utvikling. Som regel lærer disse barna de første ordene og setningene med stor letthet. (Har barn et instinkt for språk?)

#### LÆRINGSLETTET.

Barn skal lære å uttale de første ordene riktig (fonologisk ferdighet), de skal lære deres betydning (semantisk forståelse), og de skal lære å bøye ordene (morfologisk kunnskap) og sette sammen ord i setninger (syntaktisk kunnskap). Språktilegnelsen er derfor en kolossal utfordring som etter hvert mestres, riktignok etter mange feil, men som langt overgår det den skarpeste sjimpanse kan tilegne seg. Hvordan er dette mulig?

Barn gjetter seg frem til ord og setninger. Det betyr ikke at de velger tilfeldig mellom mange (alle) svarmuligheter, men at deres gjetning synes å være styrt av "mekanismer" som er nedlagt i nervesystemet. Det betyr at de gjetter oftere riktig enn galt, derved vil feilene overskygges av den suksess de fleste barn har i den tidlige språktilegnelsen. Hvordan kan vi forklare den tilsynelatende letthet som karakteriserer barns læring? Flere forskere har hevdet at barn følger noen uskrevne regler når de lærer språk. En av disse reglene innebærer at barn bruker ord om hele objekter, ikke deres deler eller egenskaper. ('The whole object assumption', se Fitch

2010). Det er også blitt hevdet at barn fester seg ved temaer (f.eks. lek) og at de blir tidlig bevisst på klasser av ting (f.eks. hunder), dvs. regler som styrer vokabularutviklingen.

Slike regler som barn synes å følge kan være riktige, men gir likevel ikke en tilstrekkelig forklaring på den grad av læringsletthet som karakteriserer den tidlige språkutviklingen. De er beskrivende og gir ikke holdepunkter om årsaker, derfor spør vi igjen om hva styrer egentlig den tidlige språklæringen? Det er for å nærme oss et svar på dette spørsmålet jeg skal redegjøre for forskning på statistisk læring fra sent i forrige århundre (nittiårene) til situasjonen i dagens forskning. Først skal jeg redegjøre for et begrep som forekommer ofte i den engelsk-språklige litteraturen, nemlig 'learning constraints' som det ikke finnes noen enkel oversettelse på i norsk.

#### "LEARNING CONSTRAINTS"

"Constraints" blir gjerne oversatt med begrensninger, men "learning constraints" kan like gjerne forstås som styrt læring. Imidlertid har ikke "styring" noe med instruksjon, forsterkning eller feedback å gjøre, men en "mekanisme" i hjernen som gjør at vi retter oppmerksomhet og læring mot bestemte hendelser/egenskaper ved miljøet. Denne "rettethet" av oppmerksomheten sikrer at bestemte oppgaver løses lett; den gjør seg særlig gjeldende under statistisk læring.

#### VOKABULARUTVIKLING OG STATISTISK LÆRING

Statistiske egenskaper som vi finner ved språklyder, verbale ytringer eller andre hendelsesforløp i miljøet blir implisitt registrert av den menneskelige hjerne. Eksempel på slike egenskaper er sannsynligheten for bestemte lydoverganger ("transition probabilities", TP's) i det talte språk som barnet eksponeres for, og som gjør at barnet kan skille ut noe som ord i en sammenhengende talestrøm. Lydspektrografen som gjengir energifordelingen i en talt setning, f. eks. "hunden biter katten", har ingen lyd-frie mellomrom som gjør at vi kan skille ordene fra hverandre. Slike stopp i lydstrømmen kan like

gjærne forekomme midt i et ord som mellom ord i talen. Derfor er det statistiske, ikke akustiske holdepunkter barnet må gå på for å kunne skille ord fra hverandre.

Saffran (2003) nevnte stavelsen *pre* i engelsk som kan bli fulgt av en rekke andre stavelser f.eks., *ty, tend, cedes*. Sannsynligheten for at *pre* blir fulgt av *ty* er svært høy (anslått til 80 % i barnespråk), men fordi *ty* forkommer i slutten av et ord kan den ikke bli fulgt av stavelser som ellers danner begynnelsen på et annet ord. Med andre ord er sannsynligheten for at *ty* blir fulgt av *ba* som i pretty baby svært lav (0.03 % i barnespråk). På norsk kan *til*, som både er ord og stavelse (bundet morfem), bli fulgt av en rekke andre stavelser f.eks. *be, ta, gi*, men sjelden *gu* eller *fre*. Dvs, at vi lett oppfatter *tilbe* som ett ord, mens *gu* sjelden følger etter *til* eller *be* i samme ord. De fono-taktiske regler vi har for hvert språk forteller oss om hvilke lydkombinasjoner som kan danne ord. Barnet trenger ikke å ha bevisst kunnskap om disse reglene. I stedet lærer de implisitt sannsynligheten for bestemte lydoverganger som blir avgjørende for hvilke lyder i talestrømmen som tilhører samme ord og hvilke lyder tilhører forskjellige ord. Overgangen mellom lyder i samme ord har høy overgangssannsynlighet (TP), mens overgangen mellom lyder i slutten av et ord til lyder i begynnelsen av et annet ord har gjerne lav TP.

Kan mennesket utnytte den statistiske informasjon som ligger i overgangssannsynligheten mellom talelyder. Kan spebarn oppdage statistiske egenskaper ved talestrømmen? For å undersøke denne muligheten gjennomførte Saffran, Aslin og Newport (1996) et eksperiment med voksne, med førsteklasinger og med 8 måneder gamle spebarn. De fikk høre meningsløse stavelser i en sammenhengende talestrøm der overgangssannsynligheten mellom de tre første er høy, det samme gjelder mellom de tre påfølbende stavelsene, og deretter tre stavelser om gangen, som danner 'ord' 1 til 4:

'Ord' 1      'Ord' 2      'Ord' 3      'Ord' 4  
 (*ba pi ku*) (*go la tu*) (*da ro pi*) (*ti bu do*)

Samtidig er talestrømmen dannet slik at *go* sjelden følger etter *ku*, at *da* sjelden følger etter *tu* og at *ti* sjelden følger etter *pi*.

Alle deltagerne får høre alle stavelsene en stund (familiarisering) før de utsettes for diskriminerings/gjenkjenningstesten. De ble vist på en slik måte at stavelsene som her er angitt i parentes hadde en predikerbar rekkefølge (TP = 1), mens sannsynligheten for at siste stavelse i ett 'ord' følges av første stavelse i et annet 'ord' er liten (TP = .5).

Spørsmålet var derfor om deltagerne kunne skille stavelserrekker med høy TP, f.eks. *ba pi ku*, fra stavelserrekker med lav TP, f.eks. *ku go la* (som inneholdt sammenbinding over ordgrenser). Ville de gjenkjenne *ba bi ku*, men ikke *tu da ro*? (selv om alle stavelsene var vist like mange ganger). Det viste seg at både voksne, skolebarn og spebarn kunne skille godt mellom rekker med henholdsvis høy og lav TP, og at det bare var rekker der TP var høy de gjenkjente med stor grad av sannsynlighet. Dette betyr at deltagerne, både voksne og barn, utnyttet statistiske egenskaper i talestrømmen og kunne dermed oppfatte 'ordgrensene'. Det er altså grunn til å tro at det er de statistiske egenskapene som muliggjør at barn også oppfatter ordgrensene i naturlige språk.

Det er også viktig å merke seg at statistisk læring fant sted uten noen form for instruksjon, forsterkning eller feedback. Statistisk læring hviler heller ikke på en språk-spesifikk mekanisme, men kan lett demonstreres ved bruk av toner, sekvenser av visuelle former og taktile mønstre. Den er også påvist hos rotter og aper. Det er enighet om at statistisk læring er modalitets-, domene- og arts-uavhengig og derfor en generell form for læring (se Aslin 2016). Det er også mye som taler for at evnen til statistisk læring har grunnlag i evolusjonen og har vært avgjørende for våre forfedre i livet som jegere og samlere (se Lian, 2017).

#### FRASESTRUKTUREN I NATURLIGE SPRÅK: BETYDNINGEN AV PREDIKERBARHET

Selv om statistisk læring finner sted hos flere arter – særlig den form jeg har beskrevet over,

kan mer komplekse former for statistisk læring kanskje være begrenset til læring av språk hos mennesket. Dette gjelder spesielt den komplekse frasestrukturen vi finner i de naturlige språkene. Ofte er denne bygget opp hierarkisk slik at f.eks. en substantivfrase kan være bygget inn i en verbfrase. Likheter i frasestruktur som vi finner i språk over hele verden har vært gjenstand for mye forskning hos både lingvister og psykologer. Saffran, Hauser, Seibel, Kaphamer, Tsao og Cushman (2008) stilte spørsmålet om strukturellheter mellom naturlige språk har oppstått fordi det har vært lett for barn å lære dem. Hvis dette er riktig vil barn kunne tilegne seg slike strukturer lettere enn andre strukturer. Grunnen vil skyldes "learning constraints" som favoriserer læring av kryss-lingvistiske språkstrukturer.

Som påpekt ovenfor har det blitt hevdet at statistisk læring også forekommer hos pattedyr (rotter og aper). Saffran et al. (2008) spurte om aper (cotton top tamarin) ville ha større vanskeligheter med å lære strukturer i naturlige språk, eller kunne vi finne en svak men tilnærmet språkevne hos disse dyrene? De strukturer vi snakker om her ble beskrevet av Saffran et al. som "unidirectional dependency relations", dvs. at en ordklasse i begynnelsen av et utsagn blir vanligvis fulgt av andre som til sammen utgjør en frase. Artikler som *en*, *ei*, *et* blir gjerne fulgt av et substantiv, eventuelt adjektiv og substantiv som også kan opptre uten en artikkel, men en artikkel kan meget sjelden opptre uten et substantiv. Saffran et al. uttrykte det slik: "nouns can occur without articles like *the* and *a*, but an article rarely occurs without a noun somewhere downstream. These predictive dependency relationships provide a statistical cue that highlights phrasal units for learners" (Saffran, 2001; Saffran et al, 2008). Dette skiller derfor *predictive* språk (P), som inneholder slike "dependency relations", og er karakteristisk for naturlige språk, fra *non-predictive* (NP) språk som ikke er karakteristisk for naturlige språk men som likevel kan ha en regel-basert grammatikk. Begge typer språk kan nå defineres på grunnlag av et vokabular med non-ord

(pseudo-ord) der A, C, D, F og G står for ulike 'ordklasser'. Saffran et al. definerte P-språk på denne måten:

S	AP + BP + (CP)
AP	A + (D)
BP	CP + F
CP	C + (G)

S betyr setning, AP betyr A-frase, BP betyr B-frase osv. Hvis et D element opptre i setningen vil et A element alltid opptre tidligere i setningen, men A predikerer ikke et D-ord. Prediksjonene går én retning, C og G ordene har tilsvarende innen-frase avhengighet med betinget sannsynlighet = 1.0. Til forskjell fra P-språk ble NP-språk definert på følgende måte:

S	AP + BP
AP	{(A) + (D)} (Må inneholde minst en av elementene)
BP	CP + F
CP	{(C) + (G)} (Må inneholde minst en av elementene)

Siden mange av elementene er 'optional' forekommer ingen prediktiv avhengighet innen noen av frasene, dvs. at A og D ordene ikke predikerer hverandre. Grammatikken i et NP-språk har likevel en frasestruktur (hvis ikke A så D og vice versa).

To eksperimenter ble gjennomført med 24 spebarn i alderen 12.5 – 13.0 mnd. I eksperiment 1 ble ett non-ord i hver ordklasse presentert, i eksperiment 2 inneholder hver ordklasse mange non-ord. Med andre ord, eksperiment 2 inneholdt mer komplekse mønstre. I begge eksperimentene sitter barnet i 3 min. og hører på rekke av setninger for å vende seg til lydstrømmen (familiarization), senere får de ny tilvenning på 2 min da lys 'flashes' over de skjulte høyttalerne. I eksperiment 2 får barna en noe lenger tilvenningsperiode.

For å teste diskriminering mellom grammatiske og ugrammatiske 'setninger' benyttet forskerne et hodevennings paradigme (Head Preference Procedure). Dette gir en indikator på tiden barnet bruker på å lytte til en 'setning'/item.

Resultatene viste at barna diskriminerte signifikant mellom grammatiske og ugrammatiske setninger etter å ha blitt eksponert for P-språk, men ikke etter eksponering av NP-språk. Samme resultat ble funnet i Eksperiment 1 og 2.

Eksperiment 3 og 4 ble kjørt med 'cotton-top' tamarin aper (*Saguinas oedipus*). Eksperiment 3 benyttet enkle mønstre som i eksperiment 1 med spebarn, og eksperiment 4 benyttet komplekse mønstre som i eksperiment 2. Apene var født i fangenskap og var tidligere brukt i kognitiv forskning. De fikk en tilvenning til enten P eller NP-språket på 2 timer inne i buret som var brukt daglig (home-cage), og en kortere periode med re-familiarisering den dagen de ble testet. Også apene ble testet ved at orienteringsrespons til skjulte lydtkilder ble registrert.

Resultatene viste at apene diskriminerte signifikant mellom grammatiske og ikke-grammatisk setninger etter eksponering av P-språket, ikke etter NP-språket. Med andre ord, de greidde å lære seg et P-språk, ikke et NP-språk.

Så lenge enkle mønstre, med ett non-ord i hver 'ordklasse' ble benyttet var resultatene sammenlignbare med resultatene hos spebarn. Både spebarn og aper lærte seg et P-språk. I eksperiment 4 derimot (med komplekse mønstre) greidde ikke apene å skille mellom grammatiske og ugrammatiske setninger. Resultatene med enkle mønstre kunne kanskje tolkes som en 'svak men tilnærmet språkevne' hos apene, mens en sammenligning mellom Eksperiment 2 og 4 viste klare forskjeller i språkevne mellom primater og menneske.

I følge Saffran et al. (2008) kan resultatene støtte en teori om at naturlige språk har alle utviklet strukturelle relasjoner, definert som P-språk, fordi det har vært lett for barn å lære dem.

Omvendt kan en si at barn har utviklet sin evne til å oppfatte prediktive grammatiske strukturer fordi disse finnes i alle naturlige språk. En slik tankegang er helt i tråd med Deacon's (1998) teori om co-evolusjon av hjerne og språk.

KUNSTIG GRAMMATIKK OG SPRÅKVANSKER  
Sidene setningene i Saffran et al.'s arbeid var bygget opp av non-ord, ikke ord fra vokabularet

i et naturlig språk, kan en si at de inneholdt en kunstig grammatikk. Spebarn kan altså tilegne seg kunstig grammatikk dersom denne samsvarer med barnets medfødte 'learning constraints'. Evnen til å oppfatte prediktiv avhengighet mellom ord i en setning er avhengig av om ordene er nærstående (adjacent) eller skilt av flere mellomliggende ord (nonadjacent).

Det er generelt vanskeligere å lære grammatiske relasjoner mellom ord som har flere mellomliggende ord i setningen. Sannsynligheten for at barn lærer seg prediktive relasjoner bestemmes ikke bare av antall mellomliggende ord men også av variabiliteten i den eller de mellomliggende elementer. I et nå klassisk eksperiment av Gómez (2002) ble barna presentert for en streng av non-ord,  $A - X - B$ , der A og B alltid var de samme non-ordene, mens X representerte enten 3, 12, eller 24 non-ord. En test der man målte tiden barna brukte til å lytte på presenterte 'ordstrenger' viste at de kunne diskriminere grammatiske og ugrammatiske rekker bare under høy variabilitet, dvs. der  $X = 24$ . Senere har Hsue, Tomblin og Christiansen (2008) vist at bare ungdommer med normal språkutvikling, ikke ungdommer med språkvansker, greide å skille grammatiske og ugrammatiske rekker med høy variabilitet i det mellomliggende elementet ( $X = 24$ ).

Von Koss, Dailey, Aguilar, Gómez og Plante (2013) viste at prinsippet om variabilitet gjaldt også for andre grammatiske former enn  $A - X - B$ . De brukte strenger av non-ord med formen  $aX$  og  $Yb$  der a og b representerte de samme spesifikke non-ordene, men X og Y representerte forskjellige non-ord, 3 og 24 non-ord i henholdsvis lav og høy variabilitets betingelse. De testet 16 studenter med normal språkutvikling (NL) og 16 studenter med språkrelaterte (LLD) læringsvansker. Den siste gruppen greidde ikke å skille ordstrenger som var vist med lav variabilitet under trening, fra nye ordstrenger, bare etter trening i den høye variabilitetsbetingelsen. Studenter i NL gruppen greidde slik diskriminering under begge betingelsene. I tillegg greidde de også å generalisere til nye grammatiske 'ordstrenger'.

De nevnte arbeidene viste at barn og ungdom med språkvansker har større problemet med å lære kunstig grammatikk enn barn med normal språkutvikling. En mer omfattende diskusjon av forholdet mellom kunstig grammatikk og språkvansker finnes i Lian (2016). Spørsmålet blir derfor om tester for læring av kunstig grammatikk kan brukes diagnostisk for språkvansker. Videre kan vi spørre om slike vansker beror på atypisk utvikling av viktige nevralt strukturer for læring. Sist men ikke minst vil vi spørre om atypisk utvikling, og dermed språkrelaterte utviklingsvansker kan motvirkes gjennom spesielle treningsoppgaver. Jeg skal si litt om slike oppgaver senere, men først skal jeg si litt om nevralt strukturer som er kritiske for læring av språk.

#### DET DEKLARATIVE OG PROSEDURALE HUKOMMELESSESYSTEM

Ullman's (2004) *deklarativ-prosedurale* modell for tilegnelse og bruk av språk bygger på Cohen og Squire's (1980) klassiske skille mellom *deklarativ* og *prosedural* hukommelse, som igjen kan relateres til Ryle's (1949) skille mellom kunnskaper (knowing that) og ferdigheter (knowing how). Det *deklarative* systemet formidler læring, lagring og gjenhenting av kunnskaper og minner og omfatter derfor semantisk og episodisk hukommelse. Videre er dette systemet stort sett tilgjengelig for bevisst tenkning og refleksjon, og det styres av strukturer i den mediale temporallapp slik som hippocampus, entorhinale og perirhinale cortex. Systemet muliggjør hurtig innlæring og tjener konsolidering av nye minner. Det *prosedurale* systemet har i motsetning til det *deklarative* systemet følgende egenskaper:

1. *langsom, gradvis læring.*
2. *innkapsling av informasjon, ikke tilgjengelig for bevisst kontroll.*
3. *kontekst-avhengig og regelstyrt.*
4. *trigget av spesifikke stimuli.*
5. *bygger opp sekvenser i 'real time'. Sensoriske, motoriske og kognitive.*

Det *prosedurale* systemet er i stor grad avhengig av basalgangliene, inkludert neostriatum med putamen og nucleus caudatus. Ventrale deler av dette systemet er involvert i emosjoner mens dorsale deler er involvert i sekvenslæring, dannelse av nye sensorisk-motoriske forbindelser, mental rotasjon, timing og rytmekontroll av motoriske bevegelser, samt læring og opprettholdelse av en rekke kognitive ferdigheter (f.eks. Rubiks kube, Tower of Hanoi o.l.). Hukommelse blir gjerne ansett å være et ikke-språklig domene. Likevel blir språk i stor grad kontrollert av de strukturer som ligger til grunn for de *deklarative* og *prosedurale* systemene, dvs. at språklig og ikke-språklig atferd er avhengig av samme nevralt strukturer. Dette åpner muligheten for at vi kan påvirke språket ved å trene opp atferd innen et ikke-språklig domene. Resten av denne artikkelen vil i hovedsak drøfte denne muligheten. Først litt om hvilken rolle det *deklarative* og *prosedurale* systemet har i språket. I følge Ullman (2004) og Ullman og Pierpoint (2005) tjener det *deklarative* systemet i første rekke utviklingen av vokabular og semantikk, mens det *prosedurale* systemet tjener morfologi og grammatikk. Språkrelaterte utviklingsvansker der barn i første rekke har problemer av morfologisk og grammatisk art kan tilskrives en dysfunksjon av det *prosedurale* systemet. Ullman og Pierpoint fremsetter derfor den *prosedurale* *svikt hypotesen* (PSH) som sier at de fleste barn med språkrelaterte vansker har problemer med alle aspekter med regellæring, ikke bare grammatikk men også læring av sensorisk-motoriske og kognitive ferdigheter. Ofte finner man derfor at barn med språkvansker har co-morbide tilleggs-vansker på ikke-språklige områder. Samtidig har man funnet at hos språkvanskebarn med en utpreget *prosedural* svikt er *deklarative* funksjoner relativt intakt (Bishop og Hsu, 2015). Statistisk læring inkludert læring av kunstig grammatikk er regellæring og derfor et eksempel på *prosedural* læring. For øvrig har statistisk læring alle de egenskaper som ble nevnt ovenfor om det *prosedurale* systemet. Likevel skal vi ikke sette noe likhetstegn mellom statistisk og

*prosedural* læring. (Kanskje kan vi si at mental rotasjon er en *prosedural* men ikke statistisk ferdighet). Det kritiske spørsmålet gjelder overførbareheten mellom trening i ulike *prosedurale* ferdigheter, spesielt om statistisk læring har overføringseffekter på språklige funksjoner. Denne mulighet ligger i Ullman's *deklarativ-prosedurale* modell.

### UTSIKTER TIL ET BEHANDLINGSOPPLEGG FOR BARN MED SPRÅKVANSKER

Det finnes mange varianter av utviklingsmessige språkvansker. Den generelle betegnelsen *spesifikke språkvansker*, eller "*specific language impairment*" (SLI), er den diagnostiske term som oftest er brukt i litteraturen, men som også er sterkt omdiskutert (Bishop 2014, Reilly, Bishop & Tomblin 2014). Den følgende fremstilling vil ikke dekke alle varianter av barn med språkvansker men henvender seg til barn med en *prosedural språkvanske*, dvs. barn som faller innenfor Ullman og Pierpoint's begrep "*procedural language disorder*". Dette betyr ikke en stor innsnevring, snarere er det mulig at langt de fleste barn med utviklingsmessige språkvansker faller innenfor denne gruppen. Spørsmålet er hvilke utsikter finnes til et godt behandlingsopplegg for denne gruppen.

Som nevnt ovenfor har Ullman og Pierpoint åpnet for muligheten av å påvirke språket/språkevnen ved å trene opp atferd innen et ikke-språklig domene. Dette har den fordelen at vi unngår den demotiverende effekt av å trene på ord og språkregler. Kanskje kan oppgaver brukt i forskning på kunstig grammatikk benyttes, men det å lytte til lange remser av non-ord kan også være demotiverende. I siste del av denne artikkelen skal jeg vurdere å bruke ikke-språklige treningsoppgaver i behandling av utviklingsmessige språkvansker. Først vil jeg si litt om forholdet mellom arbeidshukommelse og læring av språk.

### ARBEIDSHUKOMMELSE OG SPRÅK

Det er vanlig å skille mellom fonologisk og visuo-spatial arbeidshukommelse. Det finnes flere modeller for begge former som er grundig

gjengitt og diskutert i Baddeley (2007). Her skal jeg bare minne om hvordan fonologisk og visuo-spatial arbeidshukommelse har betydning for språktilegnelse. Den første er utførlig behandlet i Baddeley og Hirsh's (1974) som senere er revidert og utvidet av Baddeley (2003). I alle utgavene av modellen finnes en egen modul som kalles den *fonologiske løkken*. Den beskriver trinnvis de forskjellige prosesser som muliggjør lagring av språklige uttrykk, både talte og skrevne ord. Baddeley, Gathercole og Papagno (1998) argumenterte således for at denne modulen utgjorde en mekanisme for språklæring ("*language learning device*"). En mer detaljert redegjørelse for den *fonologiske løkken* finnes på norsk i Lian og Ottem (2008).

Visuo-spatial arbeidshukommelse handler om hukommelse for steder (samme objekt/stimulus opptrer på forskjellige steder) eller hukommelse for ulike objekter som opptrer på samme sted over tid. Det er her snakk om ikke-språklige stimuli, men prosessen som forutsetter lagring av temporale sekvenser er felles for språklige og ikke-språklige oppgaver. En kan derfor si at både fonologisk og visuo-spatial arbeidshukommelse er viktig for språklæring, men bare den siste gir mulighet for å bruke ikke-språklig stimulusmateriale i treningsoppgaver. Conway, Gemp, Walk, Bauernschmidt og Pisoni (2012) har utnyttet denne muligheten samtidig som serien av stimuli/items i læringsoppgavene blir gitt en definert statistisk struktur. La oss se nærmere på hva dette betyr.

### TRENINGSOPPGAVENES STATISTISKE STRUKTUR

Hukommelsesspennet blir gjerne målt som antall enheter personen kan gjenta i riktig rekkefølge etter en gangs presentasjon. Enheterne kan være ord, non-ord, tall, lyspunkter på en skjerm e.l., og spennet blir deretter benevnt som ordspenn, tallspenn etc. En liste av enheter i en trenings oppgave blir satt opp tilfeldig, som tall etter en lottotrekning. Det vil si at listen har ingen definert statistisk struktur.

Conway et al. (2012) brukte en 4 x 4 matrise av sirkler (på en "*touch-screen*") som ble lyst opp

i tilsynelatende tilfeldig eller pseudo-tilfeldig rekkefølge. Deltagerne visste ikke at lysene ikke kom i tilfeldig rekkefølge, men at de fulgte en underliggende statistisk struktur, dvs. at en opplyst sirkel i matrisen ble ikke fulgt av en hvilken som helst annen sirkel i matrisen, bare av bare 3 andre. Etter noen forsøk vil deltageren 'merke' denne strukturen implisitt og derved skåre bedre på testen. Ulike sekvenser, som alle hadde en underliggende statistisk struktur, ble brukt de påfølgende dagene for å sikre at deltagerne ikke lærte én serie med stimuli, men generaliserte over serier og derved 'lærte å lære'. For noen av deltagerne var treningsprogrammet 'adaptivt', dvs. at lengden på de presenterte seriene ble tilpasset deltagerens prestasjonsnivå. Som kontroll fikk andre et ikke-adaptivt treningsopplegg. I første eksperiment til Conway et al. fikk en gruppe voksne deltagere vist serier med en underliggende statistisk struktur, en annen gruppe ble vist serier uten en slik struktur. Resultatene viste at trening med serier uten statistisk struktur virket hemmende på evnen til å lære strukturerte mønstre senere. Gruppen som fikk strukturerte mønstre viste positiv overføring til andre kognitive, ikke-språklige funksjoner. I det andre eksperimentet studerte Conway et al. 23 hørselshemmede barn med gjennomsnittlig alder 8;2 år og forsinket språkutvikling. Halvparten av barna ble trent med statistisk strukturerte serier og adaptivt treningsopplegg. Den andre halvparten ble trent med serier uten noen statistisk struktur (pseudo-random structure) og et non-adaptivt treningsopplegg. Gathercole og Baddeley's test på non-ord repetisjon ble gitt før og etter treningsopplegget. Barn med strukturert trening og et adaptivt treningsopplegg viste en signifikant forbedring i evnen til å gjenta meningsløse non-ord.

Non-ord repetisjonstesten er ikke en tradisjonell språkttest. (Kanskje ville CELF 4 være en mer adekvat test her.) Imidlertid blir det hevdet at non-ord repetisjonstesten er avhengig av de samme kognitive funksjoner som kreves under læring av nye ord. Det kan derfor konkluderes med at Conway et al. har gitt sterke argumenter for at statistisk læring/trening kan bidra til en

forbedring av språkevnen hos barn med forsinket språkutvikling.

#### SLUTTKOMMENTARER OM KLINISK BRUK AV EN DOMENE-GENERELL LÆRINGSMEKANISME

*Strukturell sevensiell prosessering* (SSP) er betegnelsen på en viktig funksjon, noen ganger også omtalt som en mekanisme, som muliggjør statistisk læring av den type som Conway et al. studerte. Kan det tenkes at SSP utgjør en domene-generell læringsmekanisme som gir språkutvikling? Kanskje kan en slik læringsmekanisme ligge til grunn for det meste av prosedural læring. Christiansen, Conway og Onnis (2011) hadde jo allerede vist at strukturelle uregelmessigheter i en SSP oppgave hadde samme virkning på P600 komponenten i ERP som syntaktiske avvik i språklige setninger. Dette tilsier en funksjonell sammenheng mellom SSP og språklæring.

Smith, Conway, Bauernschmidt og Pisoni (2015) har, som en oppfølging av arbeidet til Conway et al. vist at forholdet mellom SSP og språk er langt mer sammensatt enn det tidligere forskning synes å vise. De innførte en medierings-modell ("mediation model") der SSP tjener som en mellomliggende variabel. Derved kunne de skille mellom en indirekte og en direkte virkning av trening med strukturerte serier (4 x 4 matrise av sirkler med for øvrig samme opplegg som hos Conway et al.). Som uttrykk for språkfunksjon brukte de en test for oppfattelse av tale under støy. Deltagerne gjenga det siste ordet i en setning, der dette ordet enten er predikerbart (Nissen sitter på *låven*) eller ikke predikerbart (Nissen sitter på *varmblodig*). Antallet riktig svar på predikerbare ord minus riktige svar på upredikerbare ord ble brukt som skåre på språkfunksjon.

Smith et al. fant ingen direkte effekt på språkfunksjon som følge av trening med strukturerte serier. Derimot registrerte de en indirekte effekt på språkfunksjon, dvs. at en forsterkning av SSP har gitt bedre gjenkjenning av tale under støy. Smith et al. argumenterte derfor med at resultatene motiverte til en ny behandlingsmåte for



barn med språkvansker ("a novel intervention to treat language impairment").

Det er mange metodiske vanskeligheter knyttet til Smith et al's arbeid som det ikke er plass til å diskutere i denne artikkelen. En slik diskusjon finnes imidlertid i Lian (2016). Jeg vil likevel slutte meg til den optimisme som Smith et al. gir uttrykk for om metodens anvendelse i behandlingsøyemed. Generelt gjelder denne metoden trening på visuo-spatial arbeidskommelse der Conway et al's opplegg (med en 4 x 4 matrise av sirkler) bare er ett av flere mulige eksempler. For dem all gjelder imidlertid at serien av stimuli/items må inneholde en statistisk struktur slik jeg har beskrevet ovenfor. Alle slike opplegg vil ha et teoretisk fundament, dvs. at treningen går ut på å forsterke det som flere forskere omtaler som en *domene-generell læringsmekanisme*.

Til slutt vil jeg kort nevne Gabay, Thiessen og Holt (2015) som viste at barn med *dysleksi* gjør det dårligere på statistisk læring med både språklige og ikke-språklige stimuli. De hevder derfor at leseproblemene disse barna hadde ikke primært var av fonologisk art men skyltes en generell prosedural svekkelse ("more general procedural learning deficit"). Betyr dette at *dysleksi* og utviklingsmessige språkvansker fundamentalt sett er samme lærevanske. Hos noen barn med utviklingsvansker kan leseproblemene være mer fremtredende enn de talespråklige problemene. Hos andre er det kanskje omvendt at de talespråklige problemene er mest fremtredende. Er det slik at livsløpet, grunnet forskjeller i læring og miljømessige betingelser, har gitt ytre sett forskjellige utviklingsvansker, men som likevel hviler på en grunnleggende prosedural svekkelse?

#### Referanser.

Aslin, R.N.

(2016). Statistical learning: a powerful mechanism that operates by mere exposure. *WIREs Cogn Sci*, doi: 10.1002/wcs. 1373.

Baddeley, A.D.

(2003). Working memory: looking back and looking forward. *Nature Reviews Neuroscien-*

*ce*, 4 (10), 829-830.

Baddeley, A.D.

(2007) *Working memory, thought, and action*. Oxford University Press.

Baddeley, A.D. Gathercole, S.E., & Papagno, C.

(1998). The phonological loop as a language learning device. *Psychological Review*, 105, 158-173.

Baddeley, A.D. & Hitch, G.J.

(1975). Working memory. In G.H. Bower (ed.) *The Psychology of Learning and Motivation*. (Vol. 8). London: Academic Press.

Bishop, D.V.

(2014). Ten questions about terminology for children with unexplained language problems. *International Journal of Language & Communication Disorders*, 49, 381-415.

Bishop, D.V., Hsu, H.J.

(2015). The declarative system in children with specific language impairment: A comparison of meaningful and meaningless auditory-visual paired associate learning. *BMC Psychology* 3 (1), 3 doi: 10.1186/s40359-015-0062.7.

Christiansen, M.H., Conway, C.M. & Onnis, L.

(2011). Similar neural correlates for language and sequential learning. Evidence from event-related brain potentials. *Language & Cognitive Processes*, 27, 231-256.

Cohen, N.J., & Squire, L.R.

(1980). Retrograde amnesia and remote memory impairment. *Neuropsychologia*, 19, 337-356.

Conway, C.M., Gemp, M.A. Walk, A.D., Bauernschmidt, A., & Pisoni, D.B.

(2012) Can we enhance domene-general learning abilities to improve language function? In P. Rebuschat & J.N. Williams (eds.) *Statistical Learning and Language Acquisition*. Berlin: De Gruyter Mouton.

Deacon, T.

(1997). *The symbolic species. The co-evolution of language and the brain*. London: Penguin books.

Fitch, W.T.

(2010). *The evolution of language*. Cambridge: Cambridge University Press.

Gabay, Y., Thiessen, E.D., & Holt, L.

- (2015). Impaired statistical learning in developmental dyslexia. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 58, 934-945.
- Gómez, R.L.  
(2002). Variability and detection of invariant structure. *Psychological Science*, 13, 431-436.
- Hsu, H.J., Tomblin, J.B., & Christiansen, M.H.  
(2008). The effect of variability in learning nonadjacent dependencies in typically-developing individuals and individuals with language impairments. In A. Owen (ed). *The role of input variability on language acquisition and use: Symposium Presented the XI International Congress for the study of child language (IASCL)*; Edinburgh.
- Lian, A.  
(2017). Statistical language learning: evolutionary, developmental and clinical perspectives. Submitted Scandinavian Psychologist.
- Lian, A.  
(2016). *Language Evolution and Developmental Impairments*. London: Palgrave Macmillan.
- Lian, A., & Ottem, E.  
(2008). Spesifikke språkvansker II: Teori og empiri i Kognitiv psykologisk forskning. I Irene Velsvik Bele (ed): *Språkvansker*. Cappelen: Akademisk Forlag.
- Reilly, S. Bishop, D.V. & Tomblin, B.  
(2014). Terminological debate over language impairment in children: Forward movement and sticking points. *International Journal of Language & communication disorders*. 42, 416-451.
- Ryle, G.  
(1949). *The concept of mind*. London: Hutchinson
- Saffran, J.R.  
(2001). The use of predictive dependencies in language learning. *Journal of Memory and Language*. 44, 493-515.
- Saffran, J.R.  
(2003). Statistical Language Learning: Mechanisms and Constraints. *Current Directions in Psychological Science*. 12, 110-114.
- Saffran, J.R., Aslin, R.N., & Newport, E.L.  
(1996). Statistical learning by 8-month-old infants. *Science*, 274, 1926-1928.
- Saffran, J.R. Hauser, M., Seibel, R., Kapfhammer, J., Tsao, F., & Cushman, F.  
(2008). Grammatical pattern learning by human infants and cotton-top tamarin monkeys. *Cognition*, 107, 479-500.
- Smith, G.N.L., Conway, C.M., Bauernschmidt, A., & Pisoni, D.B.  
(2015). Can we improve structured sequence processing? Exploring the direct and indirect effects of computerized training using a mediational model PLoS One, 10,e0127148.doi: 10.1371/journal.pone.0127148.
- Ullman, M.T.  
(2004). Contributions of memory circuits to language: The Declarative/procedural model. *Cognition*, 92, 231-270.
- Ullman, M.T., & Pierpoint, E.I.  
(2005). Specific language impairment is not Specific to language: The procedural deficit hypothesis. *Cortex*, 41, 399-433.
- Von Koss Torkildsen, J., Dailey, N.S., Aguilar, J.M., Gómez, R., & Plante, E.  
(2013). Exemplar variability facilitates rapid learning of an otherwise unlearnable grammar by individuals with language-based learning disability. *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, 56, 618-629.

Arild Lian

E-post: arild.lian@psykologi.uio.no