

Helten i eget liv

**Hvordan veilede elever til å tilegne seg kunnskap
basert på nevrobiologiske prinsipper og
motivasjonelle faktorer.**

Hovedoppgave

Profesjonsstudiet i psykologi

Psykologisk institutt

NTNU

Stud. Psychol. Leif Marius Trana

Høst 2014

Veileder
Hermundur Sigmundsson
Psykologisk institutt
NTNU

Forord

Denne oppgaven ble til ut av flere tilfeldigheter gjennom min tid som student ved NTNU. Jeg har alltid vært fasinert av biologi og spesielt nervesystemet. Hjernen er fortsatt i dag et «unexplored territory» og det fanger min forskersans. Det hele startet da jeg som førsteårs psykologistudent satt i en forelesning der Hermundur Sigmundsson foreleste i biologisk psykologi. Tema var hvordan spesifikk trening må til for at hjernen skal kunne danne nettverkene som trengs for at ferdigheter skal bli automatisert og behersket. Denne tankegangen ble begrunnet gjennom hvordan evolusjonen har skapt hjernen vår og hvordan disse prinsippene fortsatt er relevante når det kommer til hvordan hjernen utvikler seg. Noen år etterpå hadde jeg et ønske om å lære meg mer om hvordan man forsker. Så søkte jeg meg inn på bachelorgraden i psykologi for å skrive en oppgave der. Der hadde Hermundur et prosjekt på gang som omhandlet det samme temaet. Jeg fullførte denne graden og gjennom min studietid har jeg skrevet til sammen tre oppgaver med ham som veileder. Jeg ble presentert for Nevral Darwinisme og Dr. Edelmanns teori. Dette vekket min interesse og det var noe som passet mitt inntrykk om hvordan hjernen utvikler seg. Denne oppgaven er et forsøk på å sette all den teori jeg har tilegnet meg gjennom disse årene inn i en helhetlig sammenheng, og gjennom dette finne ut hvordan man kan få til endring i hjernen. Basert på dette ønsker jeg så å ta et skritt videre å se hvordan man kan motivere til denne endringen hos mennesker som sliter, da det å hjelpe mennesker er mitt hovedfokus som profesjonsstudent. Denne oppgaven skal belyse biologien rundt endring i hjernen, og hvordan man kan motivere individet til å handle på en slik måte at denne endringen forekommer på en positiv måte.

Ønsker til slutt å si takk til min veileder Hermundur for gode diskusjoner og veiledning gjennom dette arbeidet.

Trondheim den 12.12.14.

Leif Marius Trana

Sammendrag

Oppgaven tar for seg teorien rundt hvordan hjernen styrker sine nettverk basert på erfaring gjennom seleksjonelle mekanismer på lik linje som evolusjonen bruker. Det kan tolkes utifra forskning og teori at for å utvikle gode ferdigheter så må det spesifikk trening til. Edelman sin teori om hvordan nevrongrupper blir selektert og danner nettverk gir et rammeverk der man kan se hvordan disse mekanismene fungerer. Disse nettverkene må også opprettholdes, så selv om de blir godt innøvde så trengs det fortsatt en viss mengde trening til for å opprettholde disse. Trening over tid blir en slitsom affære. Problemstillingen ser derfor også på hvordan man motiverer til den innsatsen denne treningen krever. Den humanistiske tradisjonen baserer seg på tanken rundt at alle mennesker har en iboende tendens til å søke personlig utvikling og vekst. Den indre motivasjonen er det som gir mest utbytte hos mennesker som søker å mestre kompliserte ferdigheter, da man må ha en indre drivkraft for å gi trening den innsatsen den trenger. De motivasjonelle teoriene som blir gjennomgått går utifra at denne indre motivasjonen er medfødt men at den svekkes over tid hvis den ikke blir ivaretatt og fostret av støttende omgivelser. Hvis de grunnleggende behovene blir tilfredstilt vil de fleste mennesker søke å vokse så lenge de får sosial aksept, støtte og evne til å føle seg trygg nok til å være selvstendige.

Innholdsfortegnelse

Forord	3
Sammendrag	4
Innholdsfortegnelse	5
Innledning	6
Del I:	10
1.1 Darwins arv	10
1.2 Gottlieb og utvikling	17
1.3 Nevral Darwinisme	20
1.4 Hjernens mekanismer for læring	36
1.5 Ferdigheter gjennom nevralt nettverk	39
1.6 Øvelse - Gjør mester?	45
1.7 Hjernens gjennom livet	47
1.8 Hjernens påvirkning av motivasjon	50
Del II:	54
2.1 Hva er motivasjon?	54
2.2 Maslow sitt bidrag	58
2.3 Humanistisk tradisjon	61
2.4 Flyt	66
2.5 Self-Determination Theory (SDT)	68
2.6 Hvordan er forholdene i den norske skolen?	73
Diskusjon	77
Referanser	84

Innledning

Hvorfor skal jeg gidde? HVORFOR skal jeg gidde? Jeg har lyst men jeg orker det ikke!.....

Høres dette kjent ut? De fleste mennesker har enten hørt eller følt på dette når det kommer til å utføre oppgaver de føler er for utfordrende. Mennesker kan til slutt oppleve apati og håpløshet hvis de blir satt til å gjøre oppgaver de føler er for store for deres evner til å mestre (Myers, 2005). Når man føler aversjon mot det en skal utføre kan det naturligvis føre til at oppgaven ikke blir gjort. Alternativt blir den utført mekanisk og monotont slik at individet ikke får noen grad av utvikling fra det. Dette kan føre til tilstand av lært hjelpeløshet der man til slutt gir opp å utfordre seg selv, fordi man allerede tror på at man vil feile (Myers, 2005). Depresjonsrisikoen til denne gruppen vil man kunne karakterisere som stor (Seligman, 1975). Disse personene vil over tid føle gjentatte ganger at de ikke får til å møte de utfordringene samfunnet og faktisk livet møter dem med, og da er det ikke vanskelig å se for seg en følelse av apati og håpløshet (Seligman, 1975). Hvor blir det isåfall av den såkalte livsgnisten hos dem? Apati er noe av det verste som kan bremse personlig utvikling (Rogers, 1961; Seligman, 1975). Man må gi disse menneskene håp om mestring og samtidig fostre en positiv "I can do it!" tankegang (Fadnes, Leira & Brodal, 2010). Som ung kliniker har oppgaveforfatteren gjennom sin utdanning fått erfaring rundt denne problematikken. Håpløsheten disse menneskene opplever gjør sterkt inntrykk på en. Derfor ble undertegnede nysgjerrig på hva som kan være en av årsakene til at mennesker sliter og ikke jobber mer med personlig utvikling, men bare gir opp.

En av disse fallgruvene kan være overkompliserte oppgaver som vi får gjennom utdanningen. Utdanning er nøkkelen til en verden av muligheter. Vi i Norge er heldige, vi kan bli hva vi vil innen rimelighetens grenser så lenge vi jobber for det. Gratis utdanning er en luksus vi undervurderer i dagens samfunn der man ofte ser at ungdommer føler mer plikt og kjedsomhet enn glede og vekst når de går på skole (Meld. St. 22, 2010-2011). Det er derfor et

paradoks at man stadig oftere ser problemer hos elever ved skolene med alt fra lærevansker til apati når det kommer til å følge med på det som skjer på tavlen (Dæhlen, Smette & Strandbu, 2011). Elevene ser enkelt og greit ut til å falle fra lasset gjennom årene skolegangen former dem (Dæhlen et al. 2011). Generelle inntrykk tilsier jo at barn oftest går inn i skolen ved første klasse full av lærelyst og hjerner klare som svamper til å suge til seg kunnskap. (Tetzchner, 2001). Paradokset er som sagt at gjennom årenes løp mister elevene denne lærelysten (Meld. St. 22, 2010-2011). De fleste av oss har vel en eller annen gang følt oss lei av et fag eller flere? Et godt eksempel i dag ser jo ut til å være nynorsk der det er stor diskusjon om dette bære fortsatt være obligatorisk med eget karakter eller om det skal endres. Et forslag som nå er oppe er å fjerne karakteren for dette faget (Snilstveit & Elvebakk, 2013). Dette skal ikke være et manifest for fjerning av nynorsk, det er jo en del av vår nasjonale historie og kultur. Poenget er at fag som dette og for eksempel matematikk er fag en trenger mye øvelse på for å mestre (Utdanningsdirektoratet, 2010).

Oppgaven skal ta for seg denne problematikken sett gjennom et biologisk rammeverk. I to deler skal teori og empiri bli gjennomgått som belyser viktigheten av biologisk hjernekunnskap for forståelse rundt hvordan hjernen tar til seg læring. På bakgrunn av dette må man skape strategier som er basert på denne kunnskapen for å optimalisere læring, og motivere for det arbeidet som må til for å oppnå kompetanse innenfor fagene som kreves.

Del I tar for seg hvordan hjernen til mennesket har utviklet seg gjennom evolusjonen, og hvordan disse mekanismene fremdeles er gjeldende for hjernen sin måte å fungere på i sitt miljø (Edelman, 1992; Gottlieb, 1997). Empirisk støtte for hvordan man tenker seg hjernen danner nettverk og hvordan disse nettverkene er relevante for læring vil bli gjennomgått.. Mennesket har nemlig et fantastisk organ i hodet som er i stand til å tilpasse seg de spesifikke miljøstimuleringene det opplever gjennom livet (Brodal, 2013). Denne oppgaven skal se på hvordan dette skjer in vivo, altså i det virkelige liv. Hjernen er et stort nettverk av nevroner

som er nøkkelen i vår evne til å tenke fleksibelt og lære handlingsmønstre (Edelman, 1992; Fadnes et al, 2010; Sporns, 2011). Gjennom gjentatt trening vil hjernens nettverk av nevroner endre seg og enten styrkes eller svekkes (Edelman, 1992). Dette er noe evolusjonære prosesser har selektert gjennom våre forfedre, slik at de med egenskaper som gjør de bedre i stand til å tilpasse seg miljøet var de som overlevde og fikk barn videre. (Brodal, 2013; Edelman, 1992). Nevronene danner nettverk som er i konstant samhandling i korteks, og styrkingen av denne samhandlingen er viktig for å gi oss kunnskap og ferdigheter (Fadnes et al. 2010). For å sette denne tankegangen i et helhetlig samleverk vil oppgaven bli sett i lys av Edelman sin teori om nevrongruppe seleksjon (The Neuronal Group Selection Theory, TNGS), som forteller hvordan stimuli og erfaring er med på å danne nettverkene i hjernen (Edelman, 1992). Mennesker er et resultat av det nettverket hjernen er, men den biologiske kunnskapen er ikke nok.

Del II skal se på strategier for å motivere til læring. Den biologiske forklaringsmodellen forklarer oss hvordan hjernen lærer, men like viktig er hvorfor skal man bruke energi på læring. Når man har sett på hvordan hjernen er i stand til å lære bør en kunne ta i bruk denne kunnskapen for å etablere de beste betingelsene for at mennesker skal kunne ta til seg læring. Dette er ofte samfunnets sin oppgave når barna er unge og må ha tilrettelegging (Tetzchner, 2001). Når barna blir eldre øker deres eget ansvar for videre læring innen et felt de interesserer seg for. Institusjonell skolegang tar en bare så langt innenfor generelle rammebetingelser der alle skal kunne oppnå en viss grad av kunnskap (Robinson, 2010). Alle kan ikke bli like gode i alt, men de fleste kan oppnå en akseptert grad av kompetanse bare de finner den rette veien å lære, mennesker er faktisk ikke droner som alle må gå samme vei for å nå samme mål (Robinson, 2010; Tetzchner, 2001). Hvis man klarer å aktivere denne motivasjonen hos elevene vil de ta til seg kunnskapen bedre og de kan bli motiverte av å mestre noe de følte var utfordrende. Hvis man mestrer en utfordrende, men givende aktivitet

kan man faktisk få motivasjon utifra å holde på med aktiviteten i seg selv uten å ha noe fastsatt sluttprodukt eller mål. Å holde på med aktiviteten blir i seg selv målet (Csikszentmihalyi, 1975). Spørsmålet er om man kan legge til rette for å gi elever denne indre motivasjonen. Arbeid er slitsomt, og alle merker hvordan man blir påvirket av tungt teoretisk stoff, motivasjon er derfor viktig!

Kunnskap om hjernens fungering har økt de siste 200 år siden Darwin originalt kom med sin teori om evolusjon og hvordan vi utvikler oss (Brodal, 2013; Edelman, 1992; Tunstad, 2009). Denne kunnskapen er viktig for å forstå hvordan man best kan lære, samtidig er det viktig å faktisk gidde å bruke tid på denne læringen.

Problemstillingen for denne oppgaven blir derfor:

"Hva er det nevrobiologiske grunnlaget for læring, og hvordan kan man motivere til innsatsen denne læringen trenger?"

Del I:

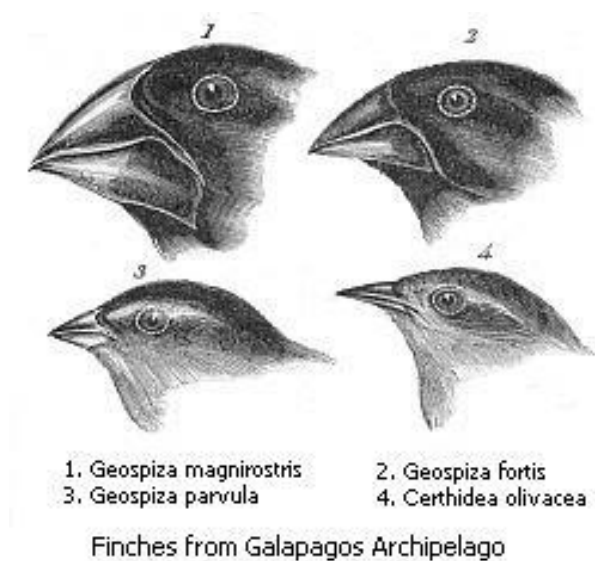
1.1 Darwins arv

Da han i 1831 - 1836 seilte med HMS Beagle på sin berømte ferd til Galapagos øyene, var Charles Darwin ikke helt sikker på hva som ville møte ham. Det han visste som naturist var at datidens kunnskap bare var toppen av isfjellet om hvordan verden egentlig er, og vi mennesker hadde heller ikke stor innsikt i vår rolle i dette systemet (Kennair, 2004; Tunstad, 2009; Wilson, 2006). Det at naturen er et enormt system var ikke noe nytt, og verken Darwin eller hans mindre kjente kollega (den andre store skikkelsen i evolusjons teori), Alfred Russel Wallace var de første som innså hvor stort alt egentlig er (Tunstad, 2009). Dette enormt komplekse systemet som vi alle er omsluttet av og integrert i har forbløffet mennesker så lenge vi har eksistert. Mennesket har siden vår spede begynnelse blitt forundret over noe så mektig. Naturen og universet er noe av det mektigste mennesker noen gang har stått ovenfor og betraktet, bare tenk hvor små vi blir i forhold. Alle som har vært på havet eller blant store fjellkjeder, eller i flott natur kan bekrefte hvor små vi mennesker egentlig er. Dette har selvsagt skapt grunnlaget for mange forskjellige tanker og teorier (Tunstad, 2009). Mennesker er i en verden så stor og kompleks at vi blir nødt til å finne en mening ut av det vi ser. Vi prøver derfor å sette alle inntrykkene fra omgivelsene inn i kategorier for å forenkle det enormt komplekse bilde som er rundt oss (Bear, Connors & Paradiso, 2007; Dehaene, 2014; Edelman, 1992, 1993). Det er da en enkel sak å se for seg hvordan overnaturlige og guddommelige tanker kan dukke opp hos enhver av oss når vi står ved en fjelltopp og skuer utover landskapet eller er ute på det store havet i en storm. Akkurat denne tankegangen var i stor grad rådende i den tiden Darwin levde og utførte sine ekspedisjoner (Tunstad, 2009). Samtidig var den nysgjerrigheten som vi mennesker naturlig har i oss såpass stor at mange vitenskapsmenn ville finne ut mer om hvordan dette systemet fungerer og utviklet seg, dette skapte grunnlaget for Darwins ekspedisjon med HMS Beagle (Tunstad, 2009; Wilson, 2006).

Charles Darwin var naturist dypt inn i sjelen, og en mann som forstod at selv om ting skjedde langsomt, så skjedde det en kontinuerlig utvikling (Tunstad, 2009; Wilson 2006). Dette hadde han med seg fra sin tid som geolog og lærling hos Charles Lyell, som forstod at jordoverflaten var skapt gjennom veldig langsomme prosesser (Tunstad, 2009). Som Tunstad (2009) sier "da geologen Darwin etter hvert ble biologen Darwin, tok han langsomheten med seg over i dyreriket – og utviklet evolusjonsteorien" (Tunstad, 2009, s.12). Dette er essensen i vår utvikling, ting tar tid!

"Både evolusjon og geologiske forandringer går så langsomt at de ikke engang kan registreres fra generasjon til generasjon" (Tunstad, 2009, s.18). Dette er et viktig poeng. Mye av kritikken som kommer fra motstanderne mot evolusjon er at disse endringene ikke kan observeres. Det blir ofte fokusert på at funnene vi har i dag fra våre tidligere stadier fra Homo Erectus – Homo Habillis – Homo sapiens (Homo Neanderthalis) kan tilskrives at det er snakk om helt forskjellige arter og ikke forgjengere til neste stadium (Freberg, 2006; Tunstad, 2009). Hvor er i så fall det leddet som fører fra Homo Habillis til Homo Sapiens, altså the missing link? Det moderne evolusjonsforskere sier og som Darwin alltid hevdet er at evolusjonsmessige forandringer skjer så gradvis at man ikke kan se konkrete «stadier» der en art hopper videre til det neste utviklingsstadiet (Tunstad, 2009; Wilson, 2006). Evolusjon skjer kontinuerlig, men veldig sakte. Derfor er det ikke snakk om et missing link fordi overgangen fra Homo Habillis til Sapiens var glidende og ikke hopp fra et stadium til det neste (Tunstad, 2009). Denne gradvise utviklingen blir drevet av flere krefter som for eksempel biologiske faktorer og det miljømessige systemet en organisme vokser opp i (Edelman, 1993; Kennair, 2004; Tunstad, 2009; Wilson, 2006). Darwin oppdaget denne forandringen med å observere at flere ulike varianter av finker dukket opp på de forskjellige små øyene i Galapagos, men alle disse så ut til å ha en felles stamfar (Wilson, 2006). Det som skilte dem var fasongen på nebbet, der noen hadde tynt nebb for å spise små nøtter gjemt

mellom trebarken mens andre hadde store og sterke nebb for å knekke skallet av større nøtter (se bilde 1).



Bilde 1: De forskjellige finkene med forskjellige nebb tilpasset ulike måter å få tak i nøtter og frø på som Darwin beskrev (Wilson, 2006).

Denne koblingen så ikke Darwin med en gang, det tok ham noen år å sortere alt det materialet han hadde samlet på sin store reise og teorien om evolusjonen dukket ikke opp over natten (Tunstad, 2009). Det at man nå klart kunne se hvordan tid og miljø har påvirket artenes forandring og tilpasning gjennom å selektere de med best egnede egenskaper gjorde at man kunne legge grunnlaget for den moderne biologiske tankemåte. Evolusjonen er retningsløs.

Livets tre så ut for Darwin som en velfrisert busk, hvor dagens arter befinner seg på hver sin kvist. Ingen kvister var viktigere enn andre, og det var intet rom for automatisk progresjon. Evolusjonen skulle ikke noe sted, de organismene som overlevde, overlevde (Tunstad. 2009. s.228).

Det Darwin enda ikke var klar over var hvordan arven, altså våre gener, fungerte i å drive denne prosessen fram. Det tok fortsatt noen år før denne kunnskapen kom gjennom forskningen til Mendel (Kennair, 2004; Tunstad. 2009).

Gregor Johann Mendel var en Østerrisk munk som hadde en hypotese om at "enkle faktorer (det vi i dag kaller gener) blir overført i sin helhet fra generasjon til generasjon" (Tunstad, 2009. s.236). Han var forut for sin tid og selv ikke Darwin var klar over artiklene

hans (Tunstad, 2009). Darwin selv beskrev «saffteorien», der væsker fra begge foreldrene ble blandet og dermed ble denne nye konstellasjonen ført over til avkommet (Kennair, 2004; Tunstad, 2009; Wilson, 2006). Dette ville over tid føre til at all variasjon ble nullet ut statistisk sett gjennom få generasjoner og det er forståelig at teorien hans derfor manglet en underliggende forklaring på arvbarhet (Tunstad, 2009). Tankegangen var dermed ikke holdbar, og Mendel sin genetik kom med et alternativ. I begynnelsen så ble den ikke automatisk akseptert som en forklaringsmekanisme for hvordan arv blir ført videre gjennom evolusjonen, men snarere en motpart (Tunstad, 2009). Genetikerne trodde ikke på det naturlige utvalg der organismene gradvis endret seg sakte over tid gjennom ørsmå tilfeldige mutasjoner. Evolusjon og utvikling måtte skje med genetiske sprang siden gener er diskrete enheter, som ifølge datidens logikk kun ville resultere i egne adskilte organismer (Tunstad, 2009). Tanken er at store mutasjonen skjer ofte, vi ser organismer født med to hoder eller andre genetiske kuriositeter. "Kan man da virkelig se bort i fra at det også forekommer store dramatiske mutasjoner som også er nyttige?" (Tunstad, 2009, s.237). Gjennom flere år med tester og forskning kom de stadig mer fram til at nei, slik var det ikke. Gener hadde tilfeldige mutasjoner, som så førte til en populasjon med forskjeller. Disse ble så frisert av det naturlige utvalg akkurat slik Darwin hadde alltid ment (Tunstad, 2009; Wilson, 2006). Teorien var nå i stor grad komplett med at evolusjonen nå hadde en forklaringsmekanisme for arvbarhet og tilfeldig utvikling gjennom generasjonene. Hvis man ser på Darwins observasjoner gjennom hans reise og samtidig i dag ser på forskjeller mellom ulike arter, så skal det ikke mye til for å forstå at hvis man legger til geografisk avstand i denne blandingen så vil en art over tid separere seg inn i flere distinkte arter (Tunstad, 2009; Wilson, 2006). Dette kan godt bli illustrert i et klassisk skolebok eksempel med et såkalt "ring species". En slik rekke med arter er definert og beskrevet som "en demonstrasjon i hvordan små forandringer kan føre til arts forskjeller.... Der to reproduktivt isolerte former (kan ikke få fruktbart avkom) er koblet

sammen gjennom et kjede av mellomledd i samme slekt" (Irwin, Irwin & Price, 2001, s.223).

Vi kan i vår egen naturlige omgivelse se og i alle fall høre et godt eksempel... sildemåken (*Larus Fuscus*). Denne fuglearten er i nær slekt med gråmåken (*Larus argentatus*), men fortsatt er de såpass forskjellige at de betraktes som isolerte arter (Dwight, 1919; Tunstad, 2009). Hvis man starter med sildemåken og følger den østover vil man se familiære variasjoner som kan pare seg. Ulike variasjoner vil forekomme til man kommer til Sibir og *Larus Fuscus Heuglini* og videre tilbake til Norge igjen med gråmåken. Dette fører til at en sirkel med nært beslektede måker som kan pare seg, videre utvikler seg til to distinkte populasjoner som er såpass forskjellige at de ikke kan pare seg (se bilde 2) (Dwight, 1919; Irwin et al., 2001; Tunstad, 2009).



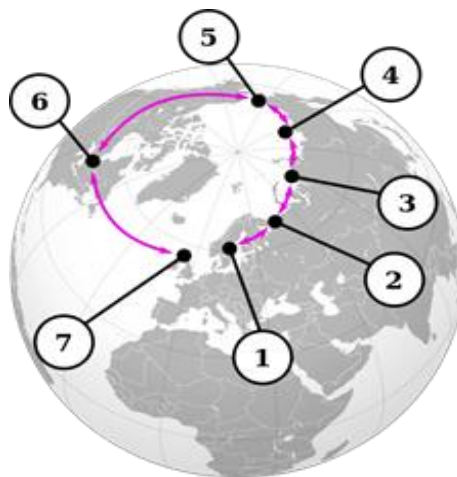
Bilde 2.1: Sildemåke (*Larus Fuscus*)



Bilde 2.2: Sibirskmåke (*Larus Fuscus Heuglini*)



Bilde 2.3: Gråmåke (*Larus argentatus*) (se referanselisten)



Bilde 2.4: Illustrerer utbredelsen av 7 familiære måkevariasjoner. fra 1. Sildemåken, 3. Sibirsk måke, til 7. Gråmåken som også er i Norge. Dette viser hvordan måkefamilien gradvis spredte seg utover og ble påvirket av det lokale miljøet slik at de til slutt ble separate arter i en ring rundt den nordlige halvkule (Wikipedia).

Denne utviklingen kommer fra en enkel sak, geografiske forskjeller i miljøet som den originale måke arten møtte idet den utbredte seg videre ifra sitt opprinnelsessted. Fugler og andre dyr er i en konstant bevegelse da konkurransen om resurser øker med økt antall like artsfrender, man spiser jo det samme som de som er mest like som en selv (Tunstad, 2009; Wilson, 2006). Konkurransen fører til at dyr blir presset ut til andre miljøer for å finne

muligheter for fortsatt overlevelse. Slik fortsetter denne sirkelen med at flere fugler eller dyr kommer til et nytt miljø, og gradvis over tid vil de som er best tilpasset overleve. Det handler enkelt sagt om statistikk, evolusjon fungerer på populasjonsnivå (Tunstad, 2009). Arter sprer seg utover geografiske områder som ikke er formet på bakgrunn av disse artenes tidligere påvirkning, naturen og miljøet styrer seg selv. Selv om naturen også blir formet igjen til en viss grad av arter som bor der, som for eksempel mennesket. Hva resultatet blir er det ingen som vet, utviklingen er ikke retningsstyrt (Wilson, 2006). Dette illustrerer også godt det faktum at vi ikke utvikler oss basert på en stigemodell der mennesker er på toppen av en lang rekke med forskjellige arter fra amøbe til Homo Sapiens. Utviklingen er ikke retningsstyrt med tanke på at det er ikke noen vilje bak den uten reproduksjon og føre sine gener videre. Det er ikke noe endemål eller stor plan med den (Tunstad, 2009). Gråmåken er ikke en sluttmodell av sildemåken. De er to distinkte arter som er såpass i slekt at over tid som arten har spredd seg over et stort geografisk område har miljøpåvirkningene endret den populasjonen som kom til det spesifikke stedet. Fuglene som har passet best i de forskjellige områdene har dermed klart å leve lengre enn sine «søsken» og klart å legge flere egg og dermed spredt sine gener videre (Kennair, 2004; Tunstad, 2009). Dermed over tid har de små mutasjonene som spontant oppstår i arvematerialet blitt såpass forskjellige at da sirkelen ble sluttet og fuglene hadde spredd seg tilbake til Norge igjen, hadde de blitt ute av stand til å formere seg med sine slektninger (Irwin et al., 2001). Helt i tråd med naturlig seleksjon om at den som er best tilpasset sitt nåværende miljø vil kunne leve lenge nok til å få mange barn i forhold til artsfrender som har mutasjoner som er ikke så godt tilpasset det nye miljøet (Kennair, 2004; Tunstad, 2009; Wilson, 2006).

Det var nå klart at organismene som er best tilpasset miljøet vil over tid klare å utkonkurrere sine artsfrender og til slutt bli en egen art. Det er konkurransen mellom de som er mest like som er sterkest, på grunn av at disse konkurrerer om de samme tingene. Det er

derfor ikke stor konkurranse mellom forskjellige arter. Evolusjonær seleksjon blir drevet av behovet for å selektere ut de best tilpassede, og dermed blir differensiering av en populasjon med begynnende like individer viktig (Tunstad, 2009). Denne mekanismen ser vi på både makro og mikro nivå. Der makronivå kan skje over flere hundre om ikke tusener av år og er derfor vanskelig å bevise empirisk, kan vi se mikroevolusjon over kortere tid og det er denne formen for utvikling som er relevant for denne oppgaven (Reznick & Ricklefs, 2009).

Mikroevolusjon er adaptasjoner innenfor en populasjon over tid, mens makro mer omhandler utviklingen av egne arter og kompliserte organer (Reznick & Ricklefs, 2009). Utviklingen av mennesket har skjedd på makronivå i mange millioner av år og Homo Sapiens slik vi kjenner oss selv i dag tror man ble utviklet for ca 200.000 år siden, altså det man kaller det moderne mennesket (Freberg, 2006). Men det skjer også en kontinuerlig utvikling av oss gjennom vårt livsspen. Vi utvikler oss fra fosterstadiet til den dagen vi dør, og dette er fokuset for denne oppgaven. Siden mennesket er en organisme som består av mange forskjellige celler og organer kan man se evolusjonære prosesser på innsiden av kroppen gjennom denne utviklingen, altså evolusjon på mikronivå der populasjoner av celler endrer seg over tid (Reznick & Ricklefs, 2009). Det pågår en konkurranse inne i kroppen til enhver tid på tilgang til de resursene som kroppen har til rådighet, og hvis denne prosessen kommer ut av kontroll kan alvorlige lidelser forekomme som f. eks kreft (Brodal, 2013; Hunskaar, 2013). Spesielt relevant for denne oppgaven er tanken om hvordan vårt nervesystem utvikler seg gjennom livet og er i stand til en kontinuerlig dynamisk endring med tanke på erfaring og læring (Brodal, 2013; Edelman, 1992, 1993). Teoriene denne oppgaven skal se på, mener det må foregå en evolusjonslignende prosess med utluking av svake koblinger og tilpasning til miljøet (Gottlieb, 1997, 2002, 2007; Johnston, 2007).

1.2 Gottlieb og utvikling

Gilbert Gottlieb var sammen med flere andre teoretikere tilhenger av denne tankegangen, at det foregår en kontinuerlig utvikling gjennom hele vårt liv. I følge Gottlieb så dukker ikke atferd opp som følge av ren genetisk modning.

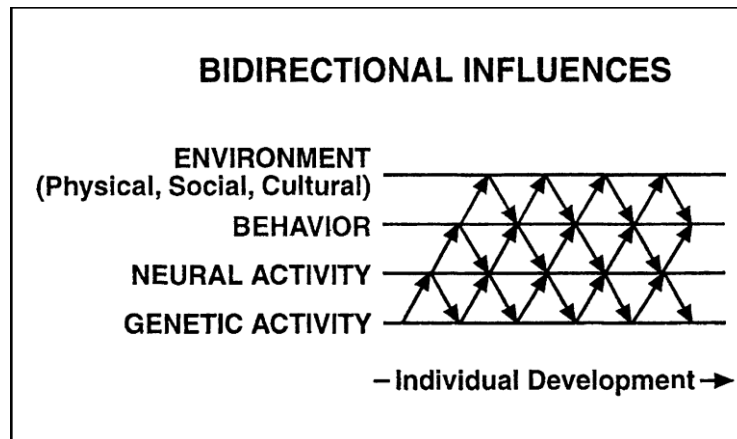
Adapsjoner dukker opp før de blir valgt og er derfor ikke et resultat av naturlig seleksjon. Adapsjoner er et resultat av individuell utvikling; endringer i individuell utvikling skaper nye atferdsmessige variasjoner og forskjellige adapsjoner. Dermed er det endringer i den individuelle utviklingen som produserer evolusjon gjennom naturlig seleksjon. (Gottlieb, 2002, s.211).

Dermed kommer oppvekstmiljøet sterkt inn på banen. Vi har med oss mye gjennom vår genetiske "mal", men nyere genetisk forskning ser på hvordan gener blir aktivert eller hemmet basert på miljømessige faktorer (Jaenisch & Bird, 2003). Gottlieb så på hvordan utviklingen var avhengig av stimulering for å forløpe "normalt". Hans teori så på hvordan disse stimuleringene var nødvendige for å få til utvikling, men samtidig var de uforutsigbare. Det er vanskelig å spå hvilke erfaringer vi vil få gjennom vår utvikling. Gottlieb så på hvordan andunger viste preferanse for andemoren sine kall når de hadde klekket. Det han la merke til var at andungene begynte selv å lage lyder inne i egget. Han hadde da isolert eggene slik at ikke noen annen ekstern lydkilde kunne høres (Gottlieb, 1997). Andungene som klekket viste fortsatt preferanse for andemoren sine kall. Gottlieb tolket dette som at andungene sine egne lyder var artspesifikke nok til at hørselssentrene i hjernene deres ville gjenkjenne en annen and når de klekket (Gottlieb, 1997). Det han da gjorde var å fjerne deres evne til å lage egen lyd inni egget med å stivne deres stemmebånd midlertidig til de klekket. Disse andungene viste ikke en preferanse for morens kall når de hørte denne samtidig med f.eks. en høne sine lyder (Gottlieb, 1997). Dette tolkes som at når andunger i normal utvikling hører moren sine lyder samt sine egne mens de er inne i egget, så danner hjernene deres en preferanse for

lignende fonetiske lyder. Denne prosessen kalles imprinting (Gottlieb, 1963). Gottlieb mente dette var et uttrykk for hvordan nervesystemet er avhengig av erfaring fra både intern stimulering (andungenes egne lyder), og ekstern (andemor sine lyder) for å utvikle seg innenfor det som er normalt for en art (Gottlieb, 1963, 1997). "Det er fordi uttrykket av vår arvbarhet skjer i en sammenheng med andre påvirkninger som handler over det genetiske nivået og bestemmer om genene uttrykker seg eller ikke" (Gottlieb, 1997, s.xiii). Det Gottlieb mener er at vår atferd og stimulering fra omgivelsene påvirker hvilke av genene våre kommer til uttrykk, og at både indre og ytre stimulering er viktig for god utvikling. Genene påvirker selvsagt også stor del av vår biologiske framtoning, men det er ikke snakk om arv eller miljø. Debatten der er lagt død av alle seriøse vitenskapsmenn for lenge siden, det er nå snakk om arv og miljø i en dynamisk interaksjon (Johnston, 1987). Denne gjensidige påvirkningen har Gottlieb satt inn i et rammeverk han kaller for probabilistisk epigenese (Gottlieb, 1997, 2002, 2007; Johnston, 2007). Epigenese er tanken om at visse utviklingsmessige trinn må aktiveres og utføres før neste steg begynner (Gottlieb, 1998). Gottlieb kaller sin videreutvikling av denne teorien probabilistisk fordi man ikke følger en fastsatt mal, på et hvert trinn kan miljømessige påvirkninger føre til endringer tilpasset omgivelsene (Gottlieb, 1997, 1998). "Probabilistisk epigenese forteller oss at det nødvendigvis er påvirkninger både fra det indre og ytre miljøet som aktiverer DNA til å produsere de relevante proteinene" (Gottlieb, 1998, s.798).

Man følger samme tanken som Darwin der utvikling har mange ulike påvirkninger som også vil ha sin del å si i hvordan individet blir formet. Tanken bak denne modellen er at DNA produserer proteiner, som igjen danner byggeblokkene til organisk materie (Gottlieb, 1998). Disse molekylene vil igjen bli påvirket av miljømessige faktorer som gjør at de enten hemmer eller fremmer dannelsen av andre typer proteiner (Meaney, 2001). Gottlieb (1998) forteller hvordan denne teorien bidrar til å inkludere et individs oppvekstmiljø og gi dette lik

betydning som genene når det kommer til hvordan et menneske utvikler seg til en voksen og selvstendig person. Modellen viser godt hvordan Gottlieb sin teori fungerer (se bilde 3).



Bilde 3: Probabilistisk epigenese der man har interaksjoner mellom alle nivåer i et individs utvikling, fra det genetiske til det miljømessige (Sigmundsson & Wiedermann, 2008).

Denne modellen forklarer hvordan evolusjonære mekanismer fungerer på individnivå, og gir en modell som forteller hvordan miljøet påvirker vår biologiske mal, DNA. Miljøet selekterer hvilke gener som blir aktiverte gjennom påvirkning av proteiner som enten fremmer eller hemmer de forskjellige genene et individ har (Gottlieb, 1998). Denne modellen er derfor i samsvar med moderne forskning rundt genetikk og evolusjonsbiologi.

Denne oppgaven skal se på hvordan evolusjon fungerer på mikronivå i vår biologiske organisme, med fokus på hjernen . Hjernen er noe av det mest adaptive man vet om i verden, og vår evne til å ta til oss erfaring og faktisk lære av våre erfaringer er enormt komplekst (Edelman, 1992). Evolusjonen og probabilistisk epigenese gir oss forklaringsmodeller som gjør at vi kan prøve å forstå dette organet på en mer sammenhengende måte med miljøet i rundt oss og vår tidlige utvikling. Det trengs en mer helhetlig teori på hvordan hjernen i seg selv fungerer innenfor disse rammene, og i tillegg for å forklare oss hvordan hjernen er i stand til å håndtere denne enormt komplekse verden. Vi skal nå se på denne teorien fremmet av Dr. Edelman, der han gir oss en biologisk forklaring på hvordan hjernen tar til seg erfaring og lærer av dette basert på de prinsippene vi nå har gjennomgått.

1.3 Nevral Darwinisme

Det var Francis H. C. Crick som kommenterte sarkastisk at tanken som egentlig heter nevr达尔winisme burde kalles edelmanisme i stedet (Edelman, 1992). Dette på grunn av at Dr. Edelman var en av de største forkjemperne for denne teoretiske retningen, altså tanken om at hjernen utvikler seg i samspill med miljøet basert på seleksjonistiske prinsipper (Edelman, 1992, 1993, 2006). Gerald Edelman M.D. Ph.d. var før sin død direktør for den nevrovitenskapelige avdelingen ved the Scripps Research Institute i USA. Han har hatt en lang og distingvert karriere som inkluderer tildelingen av nobelprisen i medisin for sin forskning på hvordan den kjemiske strukturen i immunsystemet fungerer. Denne kunnskapen tok han med seg videre da han i ettertid begynte å forske på hvordan lignende mekanismer kanskje fungerer i neversystemet vårt (Edelman, 1992). Hvordan immunresponsen fungerer er derfor et logisk startsted for å få et innblikk i tankegangen til Edelman fordi det illustrerer godt hvordan seleksjon fungerer på biologiske prosesser i kroppen. Det Edelman fikk nobelprisen for var at han fant ut at den rådende tankegangen om immunresponsen var feilaktig. Edelman (1992) beskriver at den tidligere tanken rundt immunresponsen var at når et patogen kom inn i kroppen, så ville det overføre informasjon om sin form og struktur til en reseptor på lymfocytt cellen. Patogenet formet så reseptoren på lymfocytten slik at når patogenet fjernet seg ville reseptoren være i stand til å gjenkjenne andre patogener som har samme form og struktur. Dette ville så gjøre at lymfocytterne i kroppen gjenkjente alle lignende patogener og ødelegge disse. Teorien kaltes «the theory of instruction» (Edelman, 1992). Dette er en instruktiv prosess der informasjon fra patogenet faktisk endrer immuncellen, slik at den kan angripe lignende patogener. Logisk nok innebærer dette at endringen i immunsystemet blir instruert av en ekstern kraft som former den enkelte cellen. Edelman (1992) mente dette var en feilaktig prosess fordi evolusjonen forteller oss at utvikling IKKE er intensjonell eller instruktiv. "Immunsystemet fungerer som et selektivt

gjenkjennelsessystem" (Edelman, 1992, s.76). Den avdøde Sir Frank MacFarlane Burnet kom med en helt annerledes teori enn den instruktive modellen, nemlig "the theory of clonal selection" (Edelman, 1992, s. 77). Burnet hevdet at i stedet for en generell celle som formet seg ettersom hvilken informasjon den fikk fra et patogen, så produserer kroppen mange ulike celler som alle har et ANNERLEDES bindested for kobling med patogener. Så Patogenet møter en POPULASJON med ulike celler og vil binde seg med den cellen som ALLEREDE har en form som passer til patogenet sin struktur (Edelman, 1992; Springer, 1990). Cellen (Lymfocytt) med reseptorer som passer til patogenet vil da dele seg og produsere mange datterceller som alle passer til det spesifikke patogenet. En gruppe datterceller kalles "clone" (Edelman, 1992).

Hele prosessen er differensial reproduksjon av clone seleksjon. ... antistoffene for et spesifikt patogen er økt i antall fordi selektiv reproduksjon etter koblingen fikk disse cellene til å øke i antall. Komposisjonen av lymfocytt populasjonen har endret seg ved seleksjon (Edelman, 1992, s.77).

Neste gang et lignende patogen viser seg har andelen antistoffer økt, og patogenet ødelegges raskere. Dette illustrerer hovedtankegangen bak Edelman sin teori som skal presenteres her. Cellene i kroppen formes ikke som modelleire av ytre krefter slik man fort kan tro om utvikling. Det som skjer er at gjennom utviklingen så vil tilfeldige mutasjoner i genene føre til flere heterogene populasjoner av celler. Fra disse populasjonene blir det selektert celler som passer det spesifikke miljøet organismen er i. Det vil si at den populasjonen av celler som passer best til det spesifikke miljøet vil skape datterceller med større sannsynlighet enn de andre cellene (Brodal, 2013). Dette fører til en annen konklusjon som er viktig i den sammenhengen oppgaven skrives i. Ingen to individer er helt identiske, det er en nødvendighet gjennom evolusjonen og utviklingen at man kan være like men ikke identiske (Edelman, 1992; Gottlieb, 2002, 2007; Johnston, 2007; Tunstad, 2009). Edelman forsket mye

på hvordan seleksjon fungerte på kroppens celler og mente at denne prosessen skjedde i hele kroppen, da spesielt i hjernen når den ble utsatt for erfaring og læring (Edelman, 1992, 2006). Man kunne se at hjernen var veldig påvirkbar fra ung alder av, og at dette måtte forklares av en enhetlig teori som kunne forklare hvordan denne utviklingen gir oss den dynamiske hjernen forskning viser vi har (Brodal, 2013; Edelman, 1993). Spørsmålet han spurte seg var hvordan dette fungerte biologisk og hva de spesifikke mekanismene var (Edelman, 1992). Hvis hjernen fungerer etter evolusjonistiske mekanismer så er det logisk å tenke seg at det foregår en form for seleksjon i nervesystemet under vår utvikling og liv. Hva er det som blir selektert og hvordan fungerer dette? og på hvilket nivå foregår denne selekteringen i så fall?

Evolusjonen fungerer basert på seleksjonistiske mekanismer, og Edelman mente at dette også burde være mekanismen for hvordan hjernen utvikler seg (Edelman, 1992). For at denne mekanismen skal fungere så må det være en populasjon å selektere utifra. Forskning viser at hjernen danner separate felt som man kan identifisere gjennom mikroskop. Disse feltene har blitt kartlagt i stor grad av Brodmann, og kalles i dag for Brodmanns områder (Brodal, 2013). Man kan også se at disse nevrongruppene har "grenser" seg imellom (Edelman, 1993). Et annet holdepunkt for at hjernen har separate grupper med nevroner er at skader på avgrensede områder i korteks fører til spesifikke funksjonsutfall (Bear et al, 2007; Brodal, 2013; Kleim & Jones, 2008). Mennesker blir født med et stort repertoar av nevroner, og denne variasjonen gjør det mulig for seleksjonen å begynne med å luke ut inaktive celler (Sowell, Peterson, Thompson, Welcome, Henkenius & Toga, 2003). Menneskebarn blir født inn i en enorm verden av stimuli, og over tid må de lære seg å sette denne verden inn i et system. Dette skjer gjennom stor mengde tilpasninger inne i hjernen under foster- og tidlig spedbarnsalderen (Tetzchner, 2001). Evolusjonens mekanismer finjusterer hjernen basert på de erfaringene den møter og tilpasser den det miljøet den er utsatt for (Gottlieb, 2007). Derfor sitter hjernen igjen med slike grupper av nevroner i spesialiserte felt som tar for seg spesifikke

elementer i miljøet i rundt seg (Brodal, 2013). Seleksjonen er i kraft til enhver tid og på ethvert nivå, og slik teorien om probabilistisk epigenese forteller oss så vil en påvirkning på et nivå få ringvirkninger på hele systemet (Edelman, 1992; Gottlieb, 2007). Det Edelman ville se på er hvordan disse spesifikke gruppene av nevroner i hjernen blir utvalgt basert på seleksjonistiske mekanismer, og sammen danner grunnlaget for hjernens evne til å fleksibelt ta imot erfaring (Edelman, 1992).

Edelman baserte seg på denne forskningen rundt hvordan hjerner danner distinkte grupper når han dannet fundamentet for det han kaller "theory of neuronal group selection (TNGS)" (Edelman, 1992, 1993, 2006). Teorien baserte seg på at hjernen dannet ulike nettverk basert på hvilke erfaringer den får gjennom utviklingen, dette er i samsvar med Gottlieb sin teori om probabilistisk epigenese (Edelman, 1992, 1993, 2006; Gottlieb, 1997, 2002, 2007). Nevronene dannet som nevnt ovenfor grupper av koblinger som totalt sett dannet et repertoar av handlingsmønstre og kobler ulike deler av hjernen sammen (Brodal, 2013; Edelman, 1992; Sporns, 2011). "Neurons that fire together wire together" (Edelman & Gally, 1992, s.11651). Tanken om at nevroner som er aktive samtidig vil bli koblet sammen kommer fra Hebb's teori om nevronal plastisitet. Det betyr enkelt sagt at nevron A, fyrer av rett før eller parallelt med nevron B, og dermed fører det samme stimuli til aktivitet på tvers av områder (Hebb, 1949). Disse cellene blir påvirket av hverandre, og aktiviteten fra et område til et annet fører til at jo flere nevroner blir aktivert jo bedre koordinert blir inntrykket. Hjernen skal oppfatte en utrolig komplisert verden gjennom de sansemulighetene og refleksjonsmulighetene vi har som mennesker. Desto "dypere" i de nevralt kartene stimuli går jo bedre integrert på tvers av forskjellige nettverk vil inntrykket bli, og vi vil til slutt oppfatte en helhetlig verden i rundt oss når alle sanseintrykkene blir integrert og satt inn i perseptuelle kategorier (Edelman, 1992, 2006; Sporns, 2011, 2012). Hebb prøvde å forklare assosiativ læring der simultan aktivering av flere nevroner øker deres synaptiske styrke (Hebb, 1949).

Sammen med moderne forskning som inkluderer et tidsmessig aspekt for nerveaktivering, gir dette en biologisk forklaring på hvordan hjernen tar til seg erfaring og læring på et nevronalt nivå som Edelman bygger videre på (Edelman, 1992, 1993). Dette med "timing" for når nevroner fyrer sammen er viktig med tanke på at nevroner som fyrer av veldig nært tidsmessig blir oppfattet av hjernen som å reagere på den samme stimuleringen (Edelman, 1992). Derfor vil de gjennom mekanismer vi snart skal se på bli organisert sammen på tvers av nevronale grupper og sammen danne et helhetlig inntrykk (Caporale & Dan, 2008; Edelman, 1992). Sammen ville disse nevrongruppene danne nettverk som fører til forbindelser og tanker. Sinnet er et resultat av disse koblingene. Noe som ikke er en ny tanke "William James påpekte at sinnet er en prosess, ikke en struktur. Moderne vitenskaplige studier indikerer at ekstraordinære prosesser kan oppstå fra materie" (Edelman, 1992, s.6). Det at sinnet kommer fra spesielle strukturelle forbindelser i hjernen er fundamentet til Edelmans teori, noe som også kan tolkes matematisk gjennom graf teori (Sporns, 2011). "Det er over en million milliard koblinger i det kortikale laget..... En mer bemerkelsesverdig egenskap er måten hjernecellene er samlet i funksjonelle mønstre.... En snakker her om det mest kompliserte materielle objektet i det kjente univers" (Edelman. 1992. s.17). Denne enorme mengden med synaptiske koblinger er det som gir oss alt det vi er, fra motorikk til bevissthet. Nevronenes organisering er kjernen i TNGS.

Teorien i seg selv er delt inn i tre deler (Edelman, 1992):

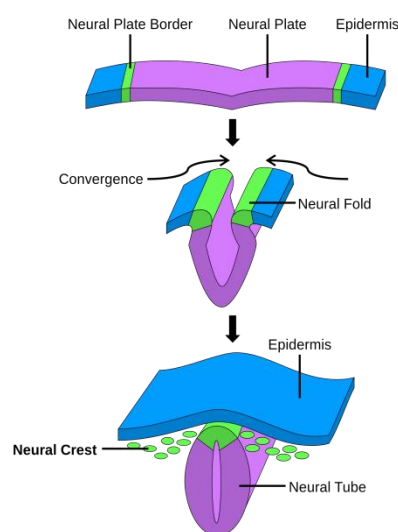
1. Hvordan hjernen anatomisk utvikler seg og dannes fra unnfangelsen av (s.25).
2. Hvordan hjernens nettverk former seg basert på stimuli og erfaring (s.28).
3. Hvordan disse nettverkene kommuniserer seg i mellom og danner helhetlige inntrykk og atferdsrepertoarer (s.31).

Vi skal ta for oss alle de tre delene hver for seg.

Når et individ utvikler seg så skjer det gjennom tre faser, først som en zygote etter sammensveisingen av sædcelle og egg. Deretter kaller man individet for et embryo og til slutt (ca 8 uker) et foster. I sin første form dannes det lag med celler som gjennom utviklingen danner grunnlaget for kroppen. det ytre laget kalles ectodermis og er det som til slutt vil utvikle seg til nervesystemet, hud og hår (Bear et al. 2007, Brodal, 2013, Freberg, 2006).

Gjennom den tredje uken etter unntfangelsen vil cellene i det ectoderme laget som er formet langs midtlinjen differensiere seg til et nytt lag kjent som den nevrale platen. De resterende cellene i ectodermis vil så danne huden. Cellene differensierer seg i respons fra en kombinasjon av gener og påvirkende faktorer, eller kjemiske signaler fra andre celler (Freberg, 2006. s.134).

Påvirkende faktorer er for eksempel Ben Morfogenetisk Protein (BMP), som gjør at cellene utvikler seg til hud (epidermis). En region i et annet cellelag som kalles mesoderm har evne til å hemme BMP. Når BMP blir blokkert for en del av ectodermis vil nevrale celler dannes. Det vil si at alle cellene i ectodermis kan bli til hud hvis de blir påvirket av BMP, men hvis de ikke blir i kontakt med dette stoffet vil cellene bli til nerveceller (Freberg, 2006). Den nevrale platen vil så folde seg langs midtlinjen og danne en tube (Se bilde 4).



Bilde 4: Illustrerer dannelsen av den nevrale tuben og separasjonen mellom det som blir til sentralnervesystemet og det som danner huden (epidermis). Cellene i neural crest danner grunnlaget for diverse celletyper og disse vil migrere videre til periferien og danne grunnlaget for f. eks, perifere nevroner og gliaceller (Wikipedia).

"Hele det sentrale nervesystemet kommer fra veggene til en væskefylt tube..... tuben i seg selv blir til det ventrikulære systemet" (Bear et al, 2007, s.178). De ytre veggene i den nevraltubulen utvikler seg videre til hjernen og ryggmargen (Freberg, 2006). Når denne tubulen har dannet former nervesystemet seg i 6 stadier: 1. Nevroner og glia dannes, 2. Cellene migrerer til sine plasseringer i systemet. 3. Differensiering av nevroner i distinktive typer. 4. Nevronene kobler seg sammen. 5. Nevroner dør. 6. De nevraltubulene endrer seg i respons til miljøet (Freberg, 2006). Det som er interessant å fokusere litt på her er cellenes migrasjon og celledød. Korteks dannes fra innsiden ut. Med dette mener man at nevronene dannes i det ventrikulære området og følger så spesielle støtteceller som kalles radiale gliaceller. Disse cellene er som et stillas der de nye nevronene følger lange "ledninger" som disse gliacellene danner, denne ferden kan ta så lenge som 2 uker (Bear et al. 2007; Brodal, 2013; Freberg, 2006). Programmert celledød, også kjent som apoptose er en viktig prosess for å sile ut celler som ikke har viktig funksjon, som ikke blir aktivert eller ikke blir koblet til nettverket på riktig måte (Brodal, 2013). Disse nevronene blir overflødige og hvis de ikke blir ryddet vekk kan de forårsake alvorlig dysfunksjon i hjernen, man har blant annet sett på hvordan dette problemet kan være koblet til autisme (merk at autisme er et syndrom med mange mulige årsaker og dette er kun en mulighet) (Freberg, 2006; Sakic, B., Kolb, B., Whishaw, I. Q., Gorny, G., Szechtman, H. & Denburg, J. A., 2000). Igjen ser vi evolusjonen i sving. Mange celler dukker opp, men gjennom stimulering og erfaring vil de som er funksjonelle bli beholdt og de som ikke finner sin plass vil forsvinne gjennom seleksjonens mekanismer. Nevroner er ment til å fungere i nettverk, og det er dette de er spesialiserte til fra starten av (Sporns, 2011, 2012).

Men den endelige spesifiseringen av nevronet og bestemmelse av hvordan det skal fungere, avhenger i høy grad også av genetisk bestemt påvirkning fra andre nevroner i omgivelsene og hensiktsmessig bruk av nevroner i nettverk. Derfor bestemmes

nervesystemets utvikling og endelig ytelse av et samspill mellom genetiske og ytre faktorer (Brodal, 2013, s.143-144).

DNA er det første nivået for variasjon som seleksjonen kan utøve sin mekanisme på. DNA kan ha rent tilfeldige mutasjoner som nevnt ovenfor, og disse mutasjonene kan være små men i stort nok omfang, som på populasjonsnivå vil det føre til at visse celler og organismer blir forskjellige nok til at de skiller seg fra massen på små måter (Irwin et al. 2001; Tunstad, 2009). Basert på hvilke signaler individer får fra omgivelsene, og utfordringene man møter vil noen være bedre tilpasset enn andre. Disse mutasjonene vil være utslagsgjørende for senere utvikling også. Visse utviklingmessige hendelser må ha skjedd før andre igjen kan skje, men dette vil selvsagt være avhengig av mange variabler som må på plass og systemet er sårbart for miljømessige påkjenninger (Mash & Wolfe, 2010; Tetzchner, 2001). Under hele denne prosessen fra den første celledelingen til voksent menneske kan individet bli påvirket fra miljøet rundt, og dette er ikke nødvendigvis alltid til fordel for et foster. Klinisk kan man her nevne Fetal Alcohol Syndrome (FAS) der barnets utvikling blir forstyrret av alkohol i mors kropp (Mash & Wolfe, 2010). Alkoholkonsum er en ekstern miljøpåvirkning så kan påvirke et barns biologiske utvikling alvorlig (Mash & Wolfe, 2010). Forfatteren har selv jobbet med ungdommer som lider av denne lidelsen og forstyrrelsene kan være veldig sterke hos slike pasienter. Denne utviklingsprosessen belyser hvordan ytre påvirkninger kan føre til endringer, og vi har allerede sett på hva for eksempel alkohol kan gjøre med et utviklende foster. Dette forteller oss hvor viktig det er å alltid ta med miljøet i beregningene når det kommer til utvikling. Det er ikke snakk om arv eller miljø, men arv og miljø i en interaksjon (Gottlieb, 1997, 2007). Det som belyses her er at selv om tilfeldige mutasjoner i arvestoffet er et viktig element i seleksjon så er ikke gener alt. I boken der Edelman presenterer teorien sin forteller han også hvorfor det er urimelig at alt det et menneske er kan være satt kun i genene, altså hvorfor genetisk determinisme ikke fungerer (Edelman, 1992). Hvordan cellene kobler seg

sammen gjennom utviklingen til en organisme blir påvirket av mange forskjellige faktorer, man får derfor individuelle forskjeller som er nesten uendelige i omfang (Edelman, 1992; Gottlieb, 2007). Undertegnede bruker ordet uendelig for det er så godt som umulig å måle alle de tusen små påvirkningene som et individ blir påvirket av gjennom sitt liv og utvikling. Det blir her snakk om statistikk der en mengde av påvirkninger totalt vil bli så stor at det til slutt faktisk vil føre til betydelige endringer i en organisme (Sporns, 2011). Disse miljømessige påvirkningene er noe evolusjonsteorien gir en overhengende forklaringsmodell for, og Edelman sin teori tok dette til mikronivå med tanke på hvordan hjernens nevroner vokser eller dør basert på hvilke stimuli de får fra miljøet i rundt. Når de enkelte nevronene har utviklet seg og kommet seg på "plass" basert på aktivering av forskjellige proteiner som leder dem til sin plassering i kraniet så kommer man til neste steg i TNGS prosessen (Brodal, 2013; Edelman, 1992). Denne prosessen forteller oss hvordan basert på denne utviklingen og selekteringen av individuelle nevroner, at grupper og nervebaner dannes.

"Ikke bare mister vi mange nevroner, men vi mister også mange synaptiske koblinger gjennom utviklingen" (Freberg, 2006, s.141). Synapsen er kløften mellom nevronene der de signaliserer til hverandre med kjemiske stoffer kalt neurotransmittere. Forskning og teori forteller oss at hjernen fungerer på et "use it or lose it" prinsipp (Freberg, 2006). Hebbs teori forteller om hvordan nevronene styrkes basert på simultan aktivering, men det ser også ut til at nevroner som ikke blir aktivert og forblir inaktive til slutt trekker sine aksoner og dendritter tilbake (Brodal, 2013; Roberts, Tschida, Klein, & Mooney, 2010). Cellene søker til andre celler ved hjelp av proteiner som kalles Cell Adhesion Molecule (CAM) (Freberg, 2006). Når nevroner gror aksoner til andre deler av korteks vil de klebes sammen ved hjelp av disse molekylene. Aksoner gror i starten basert på genetisk informasjon med jo lengre ut aksonene kommer jo mer vil de bli påvirket av de nærliggende omgivelsene i hjernevevet (Brodal, 2013). Aksoner søker dermed til de finner likesinnede nevroner som de kan kobles med.

Hva i omgivelsene som bestemmer aksonets vekstretning i korteks, er riktig nok ikke kjent. I noen tilfeller er det imidlertid gode holdepunkter for at tofiske faktorer som diffuserer fra målorganet, spiller en viktig rolle for målrettet vekst. Aksonene vokser da mot en konsentrasjonsgradient av et stoff som bindes til spesifikke reseptorer. Bare aksonet som har de rette reseptorene påvirkes og vokser. (Brodal, 2013, s.157)

Flere andre faktorer har blitt tolket for å bidra til denne koblingen. Nevrotrofiner (nervevekstfaktor NGF) er et protein som finnes i målorganet og stimulerer cellene der. Man ser i forsøk at aksoner vokser mot områder der NGF finnes. Denne faktoren krever aktivering for å bli sluppet og derfor får man en forklaring på hvorfor nevroner som er aktive sammen kobler seg sammen (Brodal, 2013; Huang & Reichardt, 2001). Aktiverte synapser som vokser trekker på bakgrunn av disse faktorene sine aksoner ut i korteks til det finner fram til et område med tilstrekkelig mengde av et signalstoff som gjør at de kobler seg til det lokale nevronet, hvis dette ikke finnes så trekker aksonene seg gradvis tilbake til det originale nevronet (Ottersen, 2005). Ved utviklingen av nervesystemet er disse mekanismene spesielt aktive, men visse områder har kritiske perioder i utviklingen der de er særlig åpne for erfaringer og stimuli før de deretter "stivner". Andre deler er igjen aktiverte gjennom hele vårt liv, vi danner jo nye minner hele tiden (Brodal, 2013; Freberg, 2006). Disse kritiske periodene ser ut til å forekomme i utviklingsperioder der det er et overtall av nevrotrifiner i form av hjerne lokalisert nervevekstfaktorer (brain-derived neurotrophic factor (BDNF) (Berardi, Pizzorusso & Maffei, 2000). Lengden av disse periodene er avhengig av mengden av slike nervevekstfaktorer og tilgang på næring slik at nevroner kan gro, man observerer at aktiverte nevroner får økt tilgang på blod (Logothetis, 2003). Man observerer også økt andel nitrogen (NO) rundt aktiverte nevroner, denne substansens funksjon er ikke helt kjent (Freberg, 2006). Man tror at nitrogen øker cerebral blodtilgang, og fører til endringer i synaptisk effektivitet (Edelman & Gally, 1992). En tanke er at et postsynaptisk nevron vil kunne kommunisere med

det presynaptiske nevronet og på den måten få til en form for feedback på deres felles aktivitet, en forklaring på hvorfor de som er aktive parallelt er de som kobler seg opp mot hverandre (Bear et al, 2007; Edelman & Gally, 1992). Dette er biologiske forklaringer på hvordan denne koblingen skjer i hjernen. Eksisterende synapser svekkes eller styrkes basert på erfaring. Er aktiviteten i systemet synkront styrkes koblingene, er det asynkront så vil de svekkes basert på nevnte mekanismer. Aktive nevroner slipper både NGF, BDNF, og nitrogen, m.fl. som fører til at aksoner fra andre nevroner søker seg fram til dem. Igjen kommer ordtakene "neurons that fire together, wire together" fram (Edelman & Gally, 1992, s.11651). Når nevroner som har koblet seg sammen danner lengre kjeder med nevroner og nervebaner, så begynner prosessen med å sile ut hvilke nerveforbindelser er adaptive og hvilke er ikke (Edelman, 1992). Dette er hovedmekanismen i trinn to hos TNGS. Den genetiske koden som tidligere fortalt danner grunnlaget for utviklingen forteller oss ikke hvordan den spesifikke forbindelsen skal bli i korteks, men gener setter spesifikke begrensinger i hvordan dette nettverket vil bli (Edelman, 1992, 1993, 2006). "Selv med slike begrensinger er genetisk like individer lite sannsynlige til å ha like koblinger i hjernen, for denne seleksjonen er epigenetisk" (Edelman, 1992, 83). Epigenetisk vil som nevnt si at et individ ikke utvikles av genene alene, men ved hvert trinn i utviklingen kan andre faktorer også ha en utviklingsmessig påvirkning (Gottlieb, 2007). TNGS forteller oss at atferd styrer stryking eller svekkelse av synaptiske koblinger. Det enkelte nevronet har påvirkning på hvordan signaler blir sendt gjennom korteks. Nevroner fungerer grunnleggende på en av to måter, de aktiverer (eksitatoriske), eller hemmer (inhibitoriske) signaler som kommer (Brodal, 2013). "Også svekking av synapser er nødvendig for å unngå kaotiske forbindelser" (Stensdotter, 2008, s.55). Samme fungerer disse for å dirigere signalene i gjennom de nettverkene som har blitt dannet i hjernen. Gjentatt eksponering for samme stimuli over tid vil føre til styrking av visse synapser, svekkelser av andre, Dette kalles langtidspotensering

(Long-term potentiation, LTP) (Bear et al, 2007; Stensdotter, 2008). Dette betyr at jo mer aktivert et nevron er så vil det andre nevronet i rekken over tid kreve mindre aktivering fra det første før det selv blir aktivert. Dette kan bli sett som en form for vanedannelse der nervebanene som konstant er aktive har lettere for å igjen aktivere seg når det samme stimuliet dukker opp enn mer inaktive nervebaner (Bliss & Lømo, 1973; Freberg, 2006). Man ser også biologisk at gjentatt stimulering mellom to nevroner fører til dannelsen av enda flere synapser mellom dem, samt økt antall reseptorer hos mottaker nevronet (Engbert & Bonhoeffer, 1999). Dette forklarer at jo bedre vant en blir med visse erfaringer og stimulering, jo mer automatisert blir handlingsmønstrene (Bear et al, 2007). Logisk sett vil dette totalt føre til sterke nerveforbindelser mellom flere nevroner i en nevronal gruppe. Det vil føre til at sammen vil disse sende ut et helhetlig signal som over tid vil enten bli styrket eller svekket basert på den erfaringen hjernen blir utsatt for.

Det siste steget i TNGS er "reentrant connections". "Reentry er den kontinuerlige signaliseringen fra en hjerneregion (kart) til en annen og tilbake igjen gjennom massive parallelle fibre (aksoner) som det er mengder av i hjernen" (Edelman, 2006, s.28). Hjernen sine nevrongrupper samhandler seg i mellom rundt oppfattelsen av stimuli. Vi blir født inn i en ukjent og utrolig kompleks verden, som sender en masse signaler til vårt utviklende nervesystem. Disse signalene blir håndtert av nevrone grupper og blir dermed amplifisert eller inhibert ettersom verdien av disse signalene blir vurdert. "enhver art har et sette med verdisystemer som regulerer verdien av ulike signaler med å slippe en spesifikk neurotransmittor eller nevromodulator under spesielle omstendigheter" (Edelman, 2006, s.30). Disse verdisystemene blir omtalt senere i oppgaven i forhold til nevrone korrelater til motivasjon. Nevrongruppene danner større områder i hjernen som kalles kortikale kart. Kortikale kart er spesialiserte til en type signaler, det vil si det spesialiserer seg for den inputen de får (Brodal, 2013). Man kan derfor dele hjernen i områder som tar for seg ulike deler av

vår kropp og sanseinntrykk, som for eksempel synskorteks bak i occipital lappen, motorisk og sensorisk korteks i parietal og frontal lappene (Brodal, 2013). Når flere forskjellige kart i hjernen er topografisk koblet sammen gjennom mekanismene forklart her, vil man ikke behøve noen overordnet funksjon eller sentral eksekutiv som samhandler og organiserer inntrykkene (Edelman, 1992, 1993). Siden disse områdene samhandler gjennom reentry vil de organisere seg selv gjennom styrkning og svekkelser av nervebaner, sammen med overordnede kart som integrerer og siler disse stimuleringene vil vi som individer oppfatte en helhetlig verden (Sporns, 2011, 2012). Denne helheten er det innrykket vi sitter bevisst igjen med av miljøet rundt oss. "Denne koblingen er ikke begrenset til et par kart i en avgrenset tidsperiode, disse koblingene kan være med mange kart på samme måte" (Edelman, 1992, s.87). Det er summen av all denne aktiviteten som til slutt danner en helhet, og det er denne helheten vi oppfatter som individer i samhandling med miljøet. Edelman brukte denne tankegangen til å beskrive hvordan en samlet og koordinert hjerne selv danner høyere bevissthet uten bruk av en overstående samlende egenskap som den kognitive sentrale eksekutiv (Edelman, 1992). Man kan sammenligne det med en sverm, der det ikke er enkeltindividene som utgjøre noen spesifikk egenskap, men den totale enheten. En enkelt gresshoppe er ufarlig for plantasjer i Australia, men kommer det en hel sverm da vil man merke endringer og skadene de får til sammen. Dette er hva graf teori forteller oss, det er summen av inntrykk som skaper helheten (Sporns, 2011). Påvirkningen fra nevrongruppene vil føre til en domino effekt der de mer overordnede kartene som kalles globale kart vil tilpasse seg denne endringen. Dette vil i sin natur føre til svært fleksible forbindelser og en hjerne som er kapabel til å håndtere nye situasjoner i miljøet og ta til seg erfaring fra dette (Edelman, 1992). Som nevnt over så produseres det en stor mengde nevroner gjennom utviklingen. Med så mange nevroner dukker det også opp en stor mengde synapser, og man ser en enorm mengde synapser postnatalt hos barn. Brodal skriver

Det er også påfallende at en slik postnatal overproduksjon av synapser er mest uttalt hos mennesket, mens det nesten ikke finnes hos dyr med mindre uttalt hjernebark. sannsynligvis henger det sammen med menneskets enorme potensial for læring og tilpasning - evolusjonen har favorisert fleksibilitet og læringsevne framfor "sikker" forhåndsprogrammering av synaptiske koblinger (Brodal, 2013, s.159).

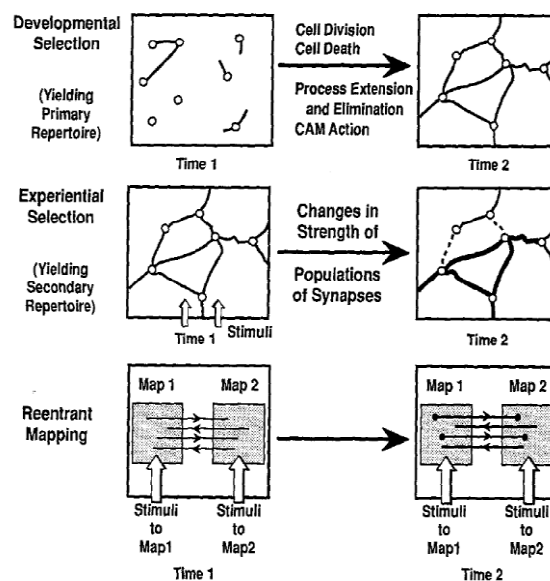
I voksen alder er det ikke nevronene som i seg selv som dør eller blir byttet ut, et kjennetegn ved sentralnervesystemet i voksen alder er nemlig det at nevroner som skades ikke vokser ut igjen (Freberg, 2006). Det man derimot ser er en forbedring i koblingene mellom nevronene, altså økt signalstyrke gjennom aksonene grunnet fortsatt økt myelinering og økning av synapsetetthet (Brodal, 2013; Sowell et al. 2003).

Mens antallet nevroner i hjernebarken ser ut til å være uforandret fra ca 28 ukers fosteralder, skjer det store endringer i synapsetettheten fram til slutten av puberteten... Så skjer det en langsommere reduksjon - sannsynligvis med at synapser elimineres - fram til voksent antall ved 15 års alderen (Brodal, 2013, s.158-159).

Brodal beskriver her formeringen av hjernen. Hvordan den utvikler seg med en "overproduksjon" av nevroner og koblinger (Brodal, 2013). Fram til erfaring får silt ut ikke-funksjonelle koblinger og prosessen stabiliserer seg ved 15 års alder (Stensdotter, 2008).

Denne prosessen danner grunnlaget for den voksne hjernen, men hjernens evne til å endre synapser bevares livet igjennom selv om aldring vil påvirke evnen over tid. (Pascual-Leone, Amedi, Fregni & Merabet, 2005; Sowell et al. 2003). Med "reentrant signalling" så vil overordnede mønstre dannes i hjernen for å integrere og skape en mening utav all aktiviteten nevrongruppene har i respons på stimuli. Mekanismene forklart her gir en biologisk forklaring på hvordan hjernen danner disse mønstrene mellom nevrongruppene. Det handler om hvordan hjernen danner samlinger av mange nevrongrupper og bruker disse til å kommunisere med hverandre for å danne en totalitet i alle enkeltinntrykkene vi får gjennom sansene våre. Utifra

disse inntrykkene vil vi danne perseptuelle kategorier for å gi oss en mening utav verden. Dette er også mekanismen som brukes for å få til høyere ordens kognisjon og bevissthet (Edelman, 1992, 1993, 2006). Sett sammen vil disse tre faktorene gi oss en teoretisk modell på hvordan hjernen utvikler seg og er i stand til å håndtere våre inntrykk av verden og gi oss helhetlige opplevelser. Grunnelementet er hvordan nevronene styrkes eller svekkes basert på erfaring og lager nervebaner på tvers av områder i korteks (se bilde 5).



Bilde 5: Billedlig beskrivelse av TNGS (Edelman, 1992).

Øverst: utviklingen av korteks og cellene kobler seg sammen.

Midten: Synaptisk plastisitet fører til at enkelte nervebaner styrkes mens andre svekkes basert på erfaring og aktivitet.

Nederst: Reentry, der segregerte nevralt kart binder seg sammen basert på gjensidig aktivering.

TNGS er en helhetlig teori som Edelman bruker til å forklare hvordan hjernens distribuerte nettverk fører til at vi har bevissthet. Dette argumenterer han godt for i sin litteratur, men denne oppgaven handler om læring så å gå for dypt inn i dette blir å gå forbi oppgavens omfang, interesserte lesere bes lese hans bok *Bright Air Brilliant Fire*. TNGS har blitt gått igjennom i stor grad fordi det er relevant med tanke på hvordan hjernen danner seg nettverk og styrker forbindelsene gjennom erfaring. Læring er enkelt sagt sterke forbindelser mellom grupper av nevroner distribuert i hjernen (Fadnes et al. 2010). Denne læringen er instinktiv siden vi ikke kan unngå å havne i et miljø med mange millioner ulike stimuleringer gjennom våre liv. Dynamikken er her fra tidlig av, og studier viser hvordan fostret blir

påvirket av stimulering fra det ytre miljøet allerede i mors mage (Gottlieb, 1997, 2002, 2007; Tetzchner, 2001). Dette er akkurat det Gottlieb brukte sin karriere på når han forsket på andungene og deres behov for stimulering før klekking slik at de kunne gjenkjenne mor sine kall (Gottlieb, 1997). Teoriene sett sammen gir oss gode forklaringer på hvordan hjernen danner nettverk basert på stimuli og erfaring i miljøet, disse nettverkene brukes til å løse utfordringer og tolke omgivelsene slik at organismen kan overleve. Disse avgrensede kartene tolkes som å ha en spesifikk funksjon, som så blir integrert i mer globale kart (Edelman, 1992, 2006; Sporns, 2011). Evolusjonen har gitt oss denne mekanismen: ”En organismes hjerne er dannet av et stort antall av spesifikke, men funksjonelt integrerte mekanismer som er designet til å takle spesifikke adaptive problemer” (Buss & Kenrick, 1998, s.990). Hjernen er som nevnt flere ganger en integrert helhet av slike konstellasjoner av nervekart. Man får et helhetlig inntrykk av de enkelte bitene sett sammen. Vi har medfødt evne til å danne slike nevralt kart, men på bakgrunn av erfaring fra miljøet så vil vi bli forskjellige. Edelman (1992) forklarer også at den generelle hjernestrukturen innenfor en art er lik, men med store individuelle forskjeller på grunn av erfaringsspesifikke forskjeller i de nevralt kartene. (Edelman, 1993). Alt dette forteller oss at ingen hjerner er identiske. Så mye kan skje gjennom vår individuelle utvikling, at det blir umulig å registrere alt et som har påvirket et individ. Overlege Sverre Torp ved St. Olavs hospital som hadde forfatterens kull i hjernedisseksjon fortalte at selv han med doktorgrad i hjernens fungering, ofte slet med å identifisere fissurer og etablerte områder i individuelle hjerner. Ingen er helt like, men hvordan hjernen fungerer er generelt likt, og mekanismene er de samme. Det at ingen er helt like viser bare hvor fleksibelt systemet er, og individuelle nevralt kart kan være enormt påvirkbare. Grunnelementet er at de skal fungere i nettverk og det er det totale som blir resultatet vi ser (Edelman, 1992; Sporns, 2011, 2012). TNGS forteller oss hvordan hjernen

lærer gjennom fleksible nettverk. Oppgaven skal nå ta en titt på hvordan disse mekanismene fungerer mer spesifikt.

1.4 Hjernens mekanismer for læring

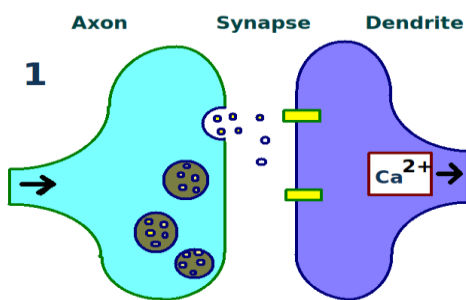
Oppgaven har nå sett på hvordan hjernen er kapabel til læring av komplekse handlinger gjennom mekanismer mennesker har fått selektert gjennom evolusjonen. Her skal vi se nærmere på hvordan LTP fungerer, hvordan man automatiserer ulike former for tenkning og motorikk. Det blir derfor viktig å se på hvordan hjernen lagrer minner, og former hukommelsen. "Læring kan bli definert som en relativt permanent endring i atferd, eller kapasiteten for atferd, på grunn av erfaring" (Freberg, 2006, s.343). Oppgaven skal se på læring i lys av TNGS og det man vet om synaptisk plastisitet sin rolle i ferdighetsutvikling.

For å lære, må en huske. Det ser ut til at nevronal plastisitet er en viktig mekanisme for hvordan vi danner minner (Kleim & Jones, 2008). Den grunnleggende mekanismen for LTP ble kartlagt i 1966 av Terje Løvmo, sammen med Timothy Bliss ved universitetet i Oslo (Bliss & Løvmo, 1973). Enkelt forklart så handler LTP om varig endring i synaptiske koblinger grunnet simultan aktivering av begge nevronene (Bliss & Løvmo, 1973). Man tror at minner er dannet av disse synaptiske endringene i hippocampus der flere nevrongrupper sammen danner koblinger i spesifikke mønstre som samsvarer minner (McHugh, Blum, Tsien, Tonegawa & Wilson, 1996).

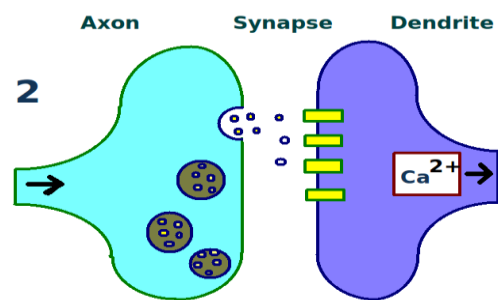
Langtidsminne forklares av at stimuli gjentas, eller at stimulansen er så kraftig at det oppstår strukturelle forandringer i synapsen (langtidspotensiering, LTP).... LTP dannes via gjentatte stimuli over tid, enten stimuli utenfra eller via aktivitet initiert av individet selv og i samspill mellom disse (Stensdotter, 2008, s.55).

Synapsene mellom nevronene er som nevnt navnet på kløften mellom et nevron sitt akson og mottaker nevronet sin dendritt. Disse to områdene har kjemiske mekanismer som gjør at når et

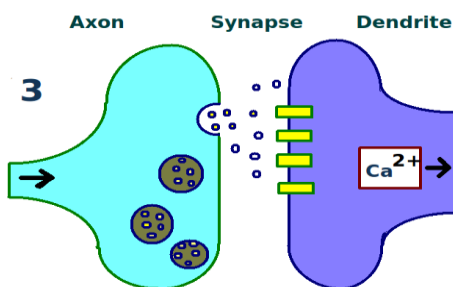
elektrisk signal kommer til ytterkanten av aksonet i det første nevronet, så vil visse hendelser føre til at det slippes ut kjemiske stoffer kalt neurotransmittere (Brodal, 2013). Disse binder seg så til mottakermolekyler i dendritten til det andre nevronet, kalt reseptorer. Hvis mange nok reseptorer aktiveres vil et nytt elektrisk signal aktiveres og senders videre gjennom dette nevronet (Brodal, 2013). Gjentatte aktiveringer av denne mekanismen fører til at nevronene gradvis endrer sine synaptiske koblinger og tilpasser seg bruken de blir utsatt for (Se bilde 6)



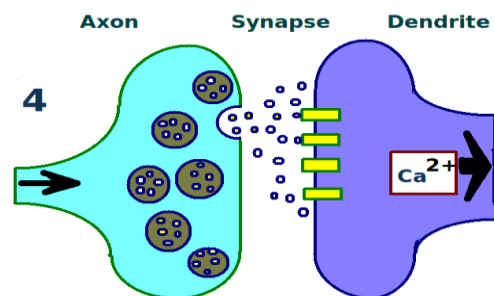
Bilde 6.1: Synapsen blir stimulert gjentatte ganger grunnet aktivitet i nevronene (Warkentin)



Bilde 6.2: Den gjentatte aktiviteten fører til flere reseptorer dannes i dendritten til det mottakende nevronet



Bilde 6.3: Det første nevronet vil igjen øke antall neurotransmittere i respons av den økte aktiviteten



Bilde 6.4: Disse mekanismene fører totalt til at forbindelsene mellom nevronene styrkes

Denne tankegangen er i samsvar med Hebb's cellulære læringsteori om hvordan aktiviteten i et nevron vil påvirke aktiviteten i det andre (Wigstrøm & Gustafsson, 1986). Mekanismen i seg selv er observert flere steder i korteks, og med forskjellige neurotransmittere i bruk (Clugnet & LeDoux, 1990). I hippocampus er det primært molekylet glutamat som brukes som neurotransmitter (Brodal, 2013). Glutamat kan binde seg til forskjellige reseptorer avhengig av type nevron og dens lokalisering i korteks, men i hippocampus som er skolebokeksemplet på LTP så er det primært NMDA reseptorer som er i bruk (Li & Tsien, 2009). Disse fungerer

med å åpne kanaler i nevronet som regulerer inntak og utfart av ioner (Brodal, 2013). Inntak av ioner vil regulere hvordan nevronet fyrer av neste aksjonspotensial og sender signalet videre (Brodal, 2013).

Det er viktig å huske på at det ikke er snakk om nevroneer i isolerte koblinger. Vi må huske på det sentrale fokuset i TNGS, nemlig at nevroneer fungerer i tett koblede grupper. Så et enkelt nevron kan ha samhandling med ofte tusenvis av andre nevroneer som også vil påvirke dets evne til endring (Fadnes et al. 2010). Når signaler blir sendt mellom nevroneer i synapsene så fungerer det på en av to måter, inhibitorisk eller eksitatorisk (Freberg, 2006). Dette skjer ofte samtidig med at nevroneer regulerer signalstyrken seg i mellom basert på input fra andre områder i systemet. Glutamat er et eksitatorisk molekyl, mens det mest "brukte" inhibitoriske molekylet i hjernen er GABA (Brodal, 2013). Inhibitoriske neurotransmittere binder seg til mottakercellen og minker sannsynligheten for at denne vil fyre av et nytt aksjonspotensial og føre signalet videre. Dermed vil disse ha en regulerende funksjon som bremser signalstyrken i hjernen, det hemmer kaotiske forbindelser (Stensdotter, 2008). Andre nevroneer har en mer modulerende funksjon.

Slike synapser tjener først og fremst til å øke eller redusere en nervecelles mottakelighet for presise synaptiske påvirkninger - for eksempel vil en nervecelle i hjernebarken reagere ulikt på presis synsinformasjon, avhengig av hvilke modulerende påvirkninger den mottar samtidig med sanseinformasjonen . Eksempler på transmittere som har denne typen virkning er noradrenalin, dopamin og serotonin. (Fadnes et al., 2010, s.30).

Dette illustrerer hvor viktig nettverk er i forhold til innlæring og signalføring av nevroneer. Mekanismen fra de modulerende nevroneer gir også en mulighet for verdssystemene i hjernen til å regulere hva som blir ilagt verdi og lagret og hva som bare vil bli oversett (Edelman, 2006). Det er altså en beregning som foregår i systemet når nye impulser kommer. Er det nok

glutamat i synapsekløften vil det neste nevronet fyre et aksjonspotensial og systemet er i gang med LTP. Hvis derimot modulerende nettverk slipper ut nok inhibitoriske transmittere vil ikke signalet sendes videre (Brodal, 2013). Slik regulerer hjernen hva som skjer og hva som ikke skjer basert på verdier og indre grenseverdier vi har med oss. Edelman plasserer disse verdinevronene i hjernestammen, da dette er inkludert i det som regnes som den "eldre" delen av korteks fra evolusjonen (Edelman, 1992, 1993, 2006).

Mekanismene forklart så langt forteller oss hvordan hjernen lærer basert på nevralt plastisitet. Dette gir en beskrivelse om hvordan hjernen er i stand til å endre seg på molekylnivå basert på erfaring. For å lære kompliserte ferdigheter må man integrere informasjon fra ulike kilder, og man må ha evne til å reflektere over disse. Man må også ha evne til å se sammenhenger mellom ulike former for erfaring og stimuli. Med TNGS og empirien bak LTP så har man et godt grunnlag for å forklare hvordan læring påvirker hjernen og dermed fører til at vil tilegner oss ferdigheter/kunnskaper gjennom koblinger av flere nettverk i hjernestrukturen.

1.5 Ferdigheter gjennom nevralt nettverk

Hjernen er essensen i oss. Mennesket er et resultat av biologiske prosesser i dette fantastiske organet som er det mest kompliserte objektet vi kjenner i universet, hjernen har nemlig over en million milliard koblinger i det kortikale laget (Edelman, 1992). Det er nemlig fra prosesser i dette organet som skaper det vi kaller sinnet (mind), ikke bare strukturene og hjerneområdene i seg selv. (Edelman, 1992, 1993, 2006; Sporns, 2011, 2012). Vi har sett på TNGS som gir en forklaring på hvordan hjernen biologisk lager nettverk mellom nevrongrupper, og hvordan denne endringen fungerer mellom nevronene. Som nevnt så lagde Edelman TNGS for å beskrive hvordan en materie som hjernen klarer å danne noe som ikke er materie, altså våre tanker (Edelman, 1992). Dette blir et metafysisk spørsmål som går

utover denne oppgaven, men hjernen sin evne til å danne nettverkene som fører til våre tanker er av relevans når det kommer til læring. Spesielt da med tanke på kompliserte former for læring som krever koordinering og samhandling på tvers av hjernens nettverk. Det er derfor relevant å ta Edelman sin teoretiske modell og se på den i et videre perspektiv når det kommer til hvordan hjernen bruker nettverk til å utvikle ferdigheter og danne sammenhenger mellom disse.

Strukturene i hjernen har blitt utforsket i flere hundre år, og man holder enda på å knekke koden for hva de ulike strukturene faktisk gjør (Brodal, 2013). Det man i dag tror er at visse områder har en funksjon de har hovedansvaret for, men at det ikke finnes et spesifikt kart som styrer komplekse funksjoner helt i isolasjon fra andre deler av nettverket. Størsteparten av nevronene i hjernen er nemlig assosiative, at de sammenfatter informasjon fra spredte nevrongrupper i nettverket slik at det gir en mening (Brodal, 2013; Edelman, 1992). Dette går inn på det vi kaller assosiativ læring (Stensdotter, 2008). "Assosiativ læring forbinder ulike fenomener med hverandre (klassisk betingning) eller forbinder egen handling med konsekvens (instrumentell betingning)" (Stensdotter, 2008, s.57). Dette krever at man ilegger en verdi til handlingen man utfører, dette får man enten fra en indre motivasjon eller eksternt belønningssystem (Edelman, 2006; Ryan & Deci, 2000a). Vi skal se litt videre på denne typen motiverende påvirkning litt senere i oppgaven. Hovedpoenget er at for å få til denne typen læring så må flere inntrykk kobles sammen slik at man får en mulighet til å legge sammen to pluss to som man sier. Læringsprosessen krever at man ilegger tid til å innlære seg ferdigheter. For å få til dette må man først ha en grunnleggende forståelse over alle inputene en ferdighet krever (Sigmundsson & Wiedermann, 2008). TNGS gir oss en forståelsesmodell for å forstå hvordan denne tolkningen foregår i hjernen gjennom dens evne til dynamiske nettverk. Dette førte til den gamle tankegangen om at de ulike delene i hjernen utførte spesifikke funksjoner isolert fra andre områder ble vurdert som feilaktig, og empirien blir

stadig sterkere om at hjernen i stor grad er aktivert ved flere parallelle områder som sammen danner forståelse og funksjon (Brodal, 2013; Edelman, 1992, 2006; Sporns, 2011, 2012).

Denne tankegangen får støtte fra moderne nevrovitenskap. Sporns forklarer en matematisk metode for å kalkulere nytten av slike nettverk gjennom en modell basert på grafteori (Sporns, 2011, 2012). For å tilegne seg ferdigheter må derfor flere hjerneområder fungere sammen, og grafteori beskriver nevronele grupper og kart som blir samordnet gjennom nevrone i såkalte "hubs" (Van den Heuvel & Sporns, 2013). Dette er i samsvar med TNGS der reentry forteller at nevronele kart kommuniserer og dermed får en samordning seg i mellom. Denne koblingen av forskjellige nevronele grupper danner grunnlaget for innlæring av ferdigheter som kan både være kognitive (lesing) eller motoriske (teknikk i fotball). Ferdigheter er derfor viktige for å fungere, men hva er egentlig en ferdighet?

Ferdigheter har forskjellige definisjoner, men det kan formuleres som en lært, målrettet og frivillig handling med et bestemt mål eller hensikt (Gallahue, Ozmun & Goodway, 2012). Det handler om dyktighet og kunnskap rundt en målrettet handling eller tenkemåte (Sigmundsson, Leverensen & Haga, 2014). Man kan ha ferdigheter i mange forskjellige områder, og som mennesker har vi fra utviklingen av et bredt repertoar å velge ifra når vi skal møte utfordringer og mestre ferdigheter (Hadders-Algra, 2010). Det er en forskjell mellom ferdigheter og evner, selv om mange bruker disse om hverandre (Sigmundsson et al. 2014). Synssystemet kan betraktes som en evne (Stein & Walsh, 1997). Hadde vi ikke hatt syn hadde vi heller ikke kunne utført en del av handlingene vi trenger (selv om vi selvsagt kan tilpasse oss). Dette illustrerer at for å utføre ferdigheter så må vi ha de biologiske forutsetningene for å kunne utføre visse oppgaver (Haga & Sigmundsson, 2005). Ferdigheter derimot er noe vi tilegner oss gjennom erfaring og trening. Det vil si at selv om vi har evnen til å utføre en ferdighet og bli skikkelig god, er det ikke en forutsetning at et individ vil mestre den spesifikke ferdigheten. Dette illustrerer viktigheten av trening, noe

som er helt i tråd med den teoretiske retningen vi har gått igjennom så langt. TNGS forteller oss viktigheten av å holde nettverkene aktive og bruke de gjentatte ganger over tid for å styrke forbindelsene. Man må opprettholde bruken for at de ikke skal svekkes igjen (Kleim & Jones, 2008). I tråd med seleksjonistisk tankegang viser forskning at vi har nevrongrupper som ikke er aktive i stor grad, mens andre er det (Edelman, 1992). Under endrede omstendigheter vil de inaktive gruppene bli aktivert igjen. Dette illustrerer at evnen til å utføre handlinger er i oss, men basert på erfaring vil andre nervebaner bli selektert og styrket (Edelman, 1992, 1993). Dette krever trening, masse trening. Viktigheten av trening kan man se motorisk med hvor mange krav det er for barn å fungere i hverdagen.

Barn er avhengige av å ha en viss generell motorisk kompetanse for å kunne mestre praktiske oppgaver i hverdagen. Det forventes for eksempel at en seksåring skal kunne kle på seg, spise med bestikk, pusse tennene, knytte skolissene, gå, hoppe, løpe, delta i lek, skrive, klippe og tegne.....Motoriske problemer er ikke noe som forsvinner av seg selv. Uten noen form for intervensjon vil de fleste fortsette å ha slike problemer. Nyere forskning viser at barn med motoriske problemer er mindre fysisk aktive enn andre (Sigmundsson & Haga, 2000, s.3048-3049).

Intervensjonen som blir brukt er spesifikke med tanke på hvilken trening disse barna får. Sliter barna med å gå er det dette de trener på, sliter de med finmotorikk og skriving er det dette man trener. Man øver dermed ikke på generelle evner, men spesifikke ferdigheter (Sigmundsson & Haga, 2000). Denne treningen er noe man er i stand til helt siden fødselen, Gottlieb har vist oss hvordan erfaring under fosterutviklingen er viktig for å få til artsspesifikk atferd etter fødsel (Gottlieb, 2007). Trening og stimulering er derfor viktig til å utvikle ulike ferdigheter, og det er ikke alene genetisk modning som driver utviklingen. Gener og miljø samarbeider i en interaksjon. Et skolebokeksempel på hvordan denne modningstankegangen var feilaktig ble illustrert av Thelen og Fisher (1982) med "the newborn stepping reflex". Man

observerte tidlig at nyfødte barn viste en gangerefleks når de ble holdt opp og fotsålene berørte en overflate. Denne refleksen så ut til og gradvis forsvinne, og bli borte ved 2 månedersalderen før den så kom tilbake ved slutten av det første leveåret. "Den mest aksepterte forklaringen er at utviklende kortikale sentre hemmer en primitiv gangerefleks" (Thelen & Fisher, 1982, s.760). Det de derimot fant ut var at gangerefleksen aldri forsvant, den var der hele tiden. Når de tok barn som hadde mistet refleksen og holdt de opp i en beholder med vann så bena ble lettere dukket gangerefleksen opp igjen (Tetzchner, 2001). Dette er et tegn på asynkron utvikling, der bena faktisk ble tyngre enn det musklene var i stand til å løfte en liten periode. Det nevrologiske grunnlaget var der hele tiden (Thelen & Fisher, 1982). Dette illustrerer hvor viktig riktig forståelse er for hvordan nervesystemet fungerer. Ja det har plastiske perioder der det er spesielt mottakende for læring som nevnt tidligere, men evnen til å lære er der hele livet. Man må derfor ha en helhetlig teoretisk forståelse for hvordan hjernen tar til seg erfaring, og det er det TNGS gir, et teoretisk rammeverk. Den sentrale tesen er jo at hjernen danner nettverk som gjør den mottakelig for erfaring fra miljøet. Dette er ikke uavhengig "modning" der biologiske prosesser alene utgjør utvikling, man er nødt til å ha stimuli fra omgivelsene for å få til en god utvikling (Edelman, 1992, 1993, 2006; Gottlieb, 1997, 2002). "Bevegelse er den siste felles banen for mange undersystemer som samarbeider for å oppnå en oppgave eller et mål" (Thelen, 1989, s.946). Det ser derfor ut at moderne forskning i stor grad konkluderer med viktigheten av denne kombinasjonen av biologi og miljø.

Variabilitet har vært et gjennomgående tema i denne oppgaven med tanke på hvordan seleksjon fungerer. TNGS danner et nevrobiologisk grunnlag for å forklare hvordan denne variabiliteten fungerer i korteks og utgjør en modell for hvordan visse nettverk blir selektert over andre. Som nevnt så vil inaktive nettverk enten degradere, eller "satt til side" inntil det er bruk for dem igjen. Det betyr ikke at de forsvinner helt, har man lært å sykle vil man alltid

kunne det er et ordtak. Det at man har slike lagrede nettverk gjør at man har en stor evne til variasjon, samtidig som nettverkene endrer seg selv basert på mekanismene nevnt ovenfor. Man ser at barn velger forskjellige strategier for å lære seg å gå, noen krabber, noen drar seg fram, andre sitter og dytter (Tetzchner, 2001). Barn som er rigide i sin framgangsmåte og har lite variabelt repertoar viser tegn på motoriske problemer (Hadders-Algra, 2010). Barn danner et stort utvalg av atferdsmessige mønstre gjennom sin utvikling og erfaring. Dette gjør at de er i stand til å møte spesifikke utfordringer som dukker opp i miljøet. Spesifikke situasjoner krever spesifikke ferdigheter og de er helt nødt til å trenes spesifikt. Forskning viser viktigheten av spesifikke ferdigheter og trening i disse for å mestre utfordringer. Evolusjonen har gitt oss evnen til å ha spesifikke nettverk som seleksjonen velger utifra, og mekanismene vi har gjennomgått gjør at disse nettverkene blir mer spesialiserte og automatiserte basert på trening. Denne treningen må være spesifikk. Det er flere studier som har funnet støtte for denne spesifikke tankegangen. En studie har brukt babysvømming som mål på motorisk kompetanse. Denne har vist at spesifikk motorisk trening vil øke barns ferdigheter, men treningen er nødt til og teknisk være spesifikk på problemene barna sliter med (Sigmundsson & Hopkins, 2010). Det er dermed ikke mulig å trene generelle ferdigheter og tro det blir bedring, sliter barn medd spesifikke svømmeteknikker for eksempel så må man øve på den spesifikke ferdigheten man sliter med (Rothlisberger & Michel, 2009). En annen studie testet om trening på barn med spesielle læringsbehov vil ha godt av trening. Det den kom fram til var at deres resultater ikke viste noen global treningseffekt, men at spesifikke kognitive og motoriske øvelser gjorde at deres evner ble fremmet (Rothlisberger & Michel, 2009). En annen studie som så på et testbatteri for motorikk kalt "movement ABC" fant ut at korrelasjonene mellom oppgavene i dette batteriet var lave (Haga, Pedersen & Sigmundsson, 2007). Batteriet består av flere forskjellige oppgaver som alle kan tolkes som å være spesifikke. Når korrelasjonene så blir lave tolkes dette om tegn på at ferdighetene som krevers

for å utføre deltestene er spesifikke. Det går dermed an å ”argumentere for at prosessen av ferdighetslæring er spesifikk” (Haga et al., 2007, s.3). Disse studiene støtter tanken om spesifikk trening fremmer spesifikke ferdigheter, i tråd med TNGS som sier at spesifikke nettverk som trenes vil styrkes. Trening er iallefall viktig for å bli god i noe, men hvor mye trening trenger man egentlig?

1.6 Øvelse - Gjør mester?

Hva er egentlig en ekspert? Kan alle oppnå ekspertnivå på sine ferdigheter? Denne oppgaven har illustrert hvordan hjernen er i stand til å endre seg basert på erfaring. Læring er noe de fleste mennesker får gjennom sine aktiviteter, men å oppnå ekspertnivå innenfor et felt krever to ting, tid og spesifikk trening. Ekspertise er definert som "konsistent overlegen utførelse på et spesifikt sett av oppgaver i et domene" (Ericsson & Lehmann, 1996, s.277). Ekspertter kan vise sine overlegne ferdigheter ved forespørsel, og deres kyndighet er reliabel over tid (Pedersen, 2008). Forskning viser at det ikke bare er øvelse som gjør mester men såkalt "deliberate practice", som kan oversettes til spesifikk trening (Ericsson, Roring & Nandagopal, 2007). I tråd med TNGS så ser det ut til at ferdighetene et menneske innehar er spesifikt trent opp gjennom seleksjon og styring av de nevralt kartene som representerer disse ferdighetene i korteks. I tråd med tanken om spesifisitet i trening sier en forsker at "det ser ut til at ekspertise innen et område krever helt spesifikke strategier og ferdigheter som ikke kan overføres" (Pedersen, 2008, s.33). Man kan derfor ikke trene i geografi og dermed bli like god i algebra, ulike ferdigheter må trenes spesifikt. "Ekspertise innen et område krever helt spesifikke strategier og ferdigheter som ikke kan overføres" (Pedersen, 2008, s.33). Det kan derfor tolkes slik at ferdigheter i et felt må trenes spesifikt for det feltet, og overføringsverdien til andre aktiviteter er liten selv om man kan få en liten fordel når det kommer til aktiviteter som ligner det man har øvd på (Sigmundsson & Wiedermann, 2008).

Læring er derfor viktig for å oppnå kyndighet innenfor felt, det holder dermed ikke med biologisk modning i seg selv (Pedersen, 2008; Sigmundsson et al, 2014). Gode ferdigheter er tillærte, eneste som ser ut til å ha genetisk betydning er høyde og kroppsstørrelse\fasong (Ericsson, Prietula & Cokely, 2007). Kroppsfasong har selvsagt betydning innen visse idretter, og det er ikke fokuset her å antyde at alle kan bli Petter Northug. Til tross for dette ser det ut til at spesifikk trening er likevel viktig for disse mesterne, og de bruker mange timer i uken på spesifikk trening for å bli gode i sin idrett selv om de kan ha en kroppsfasong som gir dem en fordel (Ericsson et al, 2007). Selv om ikke alle kan bli verdensmester kan de likevel bli skikkelig gode i slike ferdigheter så lenge de jobber hardt nok med det. Forskning som ser på ekspertise viser at for å oppnå nivå med verdens beste så krever det daglig spesifikk trening i en periode på ca 10 år (Ericsson, et al, 2007). Dette krever mange timer ukentlig med spesifikk trening i ferdigheten man skal bli god på, og det krever enorm innsats.

En utøver må gjøre en aktivitet ca 500 ganger riktig før den er automatisert eller lært....

Selv om aktiviteten er automatisert må den stadig holdes ved like, med at utøveren stadig trener og øver på arbeidsoppgaver i den enkelte idrett (Trana, 2005, s.4)

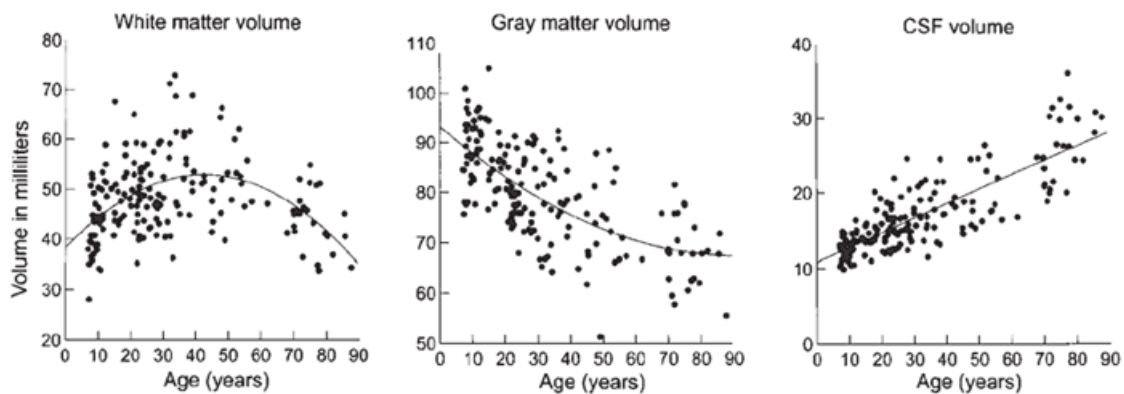
Siden denne treningen vil styrke synapsene mellom de nevralt kartene som styrer disse ferdighetene vil disse banene enklere kunne aktiveres ved en senere tid og de vil ikke kreve like stor mengde med kognitive ressurser. Ferdigheten beskrives da for å være automatisert (Brodal, 2013). For å illustrere hvor viktig spesifisitet er med tanke på tilegnelse av ferdigheter så Haga, Pedersen og Sigmundsson på hvordan forskjellige motoriske ferdigheter ikke har høy korrelasjon med hverandre. De brukte den såkalte ”movement ABC” testen og fant ut at det var lav korrelasjon mellom oppgavene i den. De konkluderte med at det var mulig å ”argumentere for at prosessen av ferdighetslæring er spesifikk” (Haga, Pedersen & Sigmundsson, 2007, s.3). Forskningen på finmotorikk støtter opp om påstanden om at

ferdigheter er spesifikke og krever spesifikk trening (Haga et al. 2007; Sigmundsson & Hopkins, 2010). Dette gjelder flere arenaer og mye forskning har blitt gjort på hvordan man får funksjonsutfall etter hjerneslag og hvordan man må trene spesifikt på den ferdigheten man skal gjenopprette etter et utfall (Kleim & Jones, 2008). Det kan argumenteres at denne spesifisiteten i de nevralt kartene gjør hjernen mer robust med tanke på skade, siden en skade ikke setter ut hele systemet men ferdigheter som motorikk og følelse i et avgrenset område (Brodal, 2013; Kleim & Jones, 2008). Evolusjonsmessig sett kan dette komme fra det faktum at mennesker blir født inn i en komplisert verden med flere funksjonelt separate utfordringer fra å kunne kaste spyd under jakt til å kunne kommunisere med hverandre språklig. Evolusjonen har selektert de som var i stand til å mestre disse utfordringer i omgivelsene, og de populasjonene som hadde muligheter til å tilegne seg stor kompetanse innenfor spesifikke ferdigheter ville da ha hatt en konkurransemessig fordel siden de var i stand til å oppnå høy grad av kompetanse innenfor disse separate områdene (Brodal, 2013; Tunstad, 2009; Wilson, 2006). Dette betyr at man har spesifikke ferdigheter som bør trenes opp uavhengig av hverandre. Langvarig og spesifikk trening ser derfor ut til å være den beste veien til ekspertise innenfor et felt (Ericsson et al. 2007). Derfor må man virkelig brenne for det man bruker tiden sin på, og klare å motivere seg selv. Det som er viktig å ta med seg videre er sitatet som Ericsson konkluderer med i litteraturen sin: "Konsistent og overveldende viser forskning at eksperter alltid blir lagd, ikke født" (Ericsson et al. 2007, s.2).

1.7 Hjernen gjennom livet

Nå som oppgaven har brukt en del tid på å se hvordan hjernen fungerer og utvikler seg, er det relevant å se på hvordan den endrer seg med alderen. Hvordan hjernen er i ung alder og tidlig utvikling har blitt godt gjennomgått tidligere. Man observerer ett økende mengde grå materie (nevronale kropp) og hvit materie (myeliniserte aksoner) i ungdom og

tidlig voksen alder (Sowell et al. 2003). Etter ungdomstiden minker mengden grå materien mens hvit materie fortsatt øker, dette er i samsvar med teoriene forklart tidligere med at hjernen siler ut inaktive koblinger og styrker aktive koblinger (Sowell et al. 2003). Man tolker dette også som et tegn på fortsatt myelinisering inn i ung voksen alder (Sowell et al. 2003). "En nedgang i grå materie volum er markant mellomvoksen alder og gammel alder, mens hvit materie volum øker mellom 19 og 40 år, etter da synker den stadig" (Sowell et al. 2003, s.309). Dette er i samsvar med minkende volum generelt i hjernen, man ser og en økt mengde cerebrospinalvæske (CSF) siden ventriklene øker i størrelse og hjernen produserer dermed mer væske (se bilde 7).



Bilde 7: Volum grafer. Scatterplot viser effekten av aldring på hjernen med tanke på hvit materie, grå materie og CSF volum (Sowell et al, 2003).

Hjernen endres på lik linje med resten av kroppen med økende alder. I det mennesker eldes så vil muskelmasse og beinmasse svekkes (Erber, 2010). Man ser det samme i hjernen. Hjernen krymper med alderen, går ned i vekt og ventriklene øker i størrelse. Dette er alle tegn på ett minkende nevronantall i korteks, men det er notorisk vanskelig å måle antallet nevroner (Sowell et al, 2003). Det er også ikke en uniform endring, noen deler av hjernen krymper med ca 1 % årlig, mens andre deler holder seg relativt stabile livet gjennom (Raz & Rodrigue, 2006). Spørsmålet er hvordan påvirker det hjernens evne til å ta til seg læring?

Studier har sett på hva som er det mest påfallende med den aldrende hjerne. Er det at nevroner dør eller er det at synapsene mister sin evne til effektiv funksjon? En teori er at synapsene sin evne til å regulere inntak og utslipp av kalsium forverres over alderen (Burke &

Barnes, 2006). Siden kalsium er ett av ionene som er nødvendige for at nevronene skal kunne signalisere med hverandre gjennom såkalte aksjonspotensialer så er det logisk å tolke at dette fører til problemer med signalisering. Siden nevroner kobler seg sammen gjennom felles aktivitet, slik som gjennom habituering og LTP, så er det en mulighet at denne evnen svekkes da nevronene begynner å miste sin evne til å regulere sine aksjonspotensialer (Burke & Barnes, 2006; Hof & Morrison, 2004). Det er også påfallende at denne svekkelsen ser ut til å være spesielt utartet i visse områder som er viktige for læring og hukommelse, som hippocampus og assosiasjons områder i korteks (Hof & Morrison, 2004). Hjernens endringer biologisk er i stor grad innefor hva man kaller primær aldring. Det vil si biologisk endring som er universal og påvirker alle individer innenfor en art (Erber, 2010). Men i hvilken grad hjernen påvirkes av aldringsprosessen kan tolkes å tilhøre sekundær aldring, som ikke er universal men påvirker fungering gjennom sykdom, misbruk eller manglende trening (Erber, 2010). Forskning viser at man kan for eksempel hemme utvikling av demenslidelser gjennom såkalt "hjernetrim", som tilsier at på lik linje med resten av kroppen kan hjernen holdes ved like med sunn bruk (Brodal, 2013). Man ser også endringer i de synaptiske koblingene som gjør at man tolker hjernetrim til også være til fordel for fortsatt styrkning av disse (Hof & Morrison, 2006).

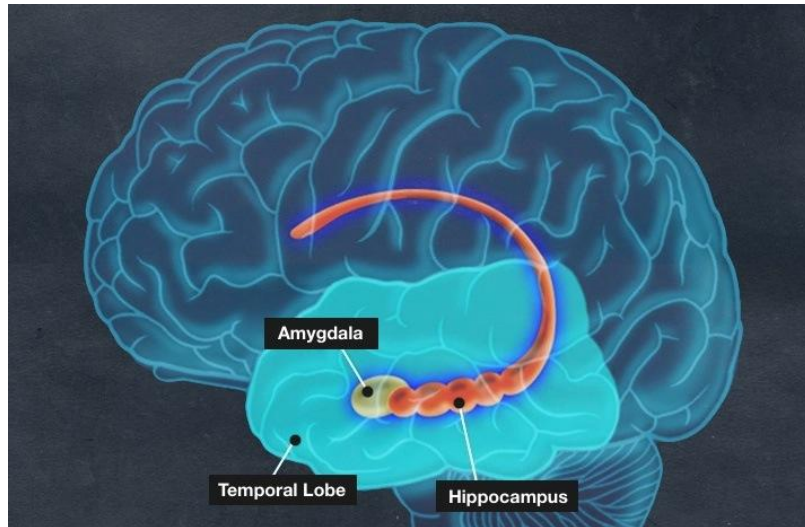
Lang utdanning "beskyttet" mot demens....Det vil si at lang utdanning ikke beskyttet mot nevrodegenerasjon som sådan, men mot de negative virkningene på kognitive funksjoner. Igjen ser det altså ut som meningsfull og langvarig bruk av hjernens nettverk gjør dem mer robuste slik at reduksjon av synapser etc. kompenseres bedre (Brodal, 2013, s.170).

Det er viktig her å påpeke at disse svekkelsene generelt sett ikke ser ut til å påvirke allerede innlærte ferdigheter, men kan gjøre det vanskeligere å lære seg nye (Brodal, 2013).

Læring blir dermed vanskeligere med høy alder, men det er viktig å poengtere at det fortsatt ikke er umulig. Selv om synaptisk plastisitet svekkes med økende alder så er det fortsatt mulig å lære seg nye ferdigheter, men det vil ta mer innsats og tid enn det gjør med yngre mennesker. Dette fører oss til det neste emnet, hvordan motivasjon påvirker hjernen.

1.8 Hjernens påvirkning av motivasjon

Hjernen sine nevrongrupper for minner og læring er distribuert over hele korteks, men et område som har fått særskilt fokus for hukommelse er hippocampus (Eichenbaum, 2007). Hippocampus er en del av det man kaller for limbiske strukturer (Brodal, 2013). Dette er hva noen kaller den emosjonelle hjernen, og man har gitt disse områdene betydning innenfor alt fra hukommelse, emosjoner og motivasjon (Bear et al. 2007). Brodal (2013) argumenterer for bruk av uttrykket limbiske strukturer isteden for det tradisjonelle "limbiske system" fordi det ikke er presist definert anatomisk, og det er stor variasjon innenfor litteraturen med henhold til hvilke strukturer man inkluderer i dette systemet. "I denne boken bruker vi derfor betegnelsen limbiske strukturer, for å unngå å gi et inntrykk av en funksjonell enhet." (Brodal, 2013, s.483). Det er derfor ikke snakk om en enkel struktur som har en enkel funksjon, "men en samling av nevrongrupper" (Brodal, 2013, s.485). To av strukturene med spesiell relevans for læring er hippocampus og amygdala.. Disse to strukturene er nært lokalisert i korteks og har sterke koblinger seg i mellom ([se bilde 8](#)). Studier tyder på at nevrongrupper i basolateral amygdala komplekset står for lagringen av informasjon om belønninger på bakgrunn av visse handlinger individet har utført (Tye & Janak, 2007). Dette er handlinger som ser ut til å gi positivt utfall i truende situasjoner individet har oppfattet det har vært i. "En grunnleggende oppgave for amygdala er som nevnt læring av assosiasjoner mellom sensoriske stimuli og deres emosjonelle farging. Det er avgjørende at vi raskt foretar en evaluering om noe er trygt eller farlig" (Brodal, 2013, s.289).



Bilde 8: Illustrasjon om lokaliseringen til hippocampus og amygdala i temporallappen (Keiths neuroblog).

Mange av minnene våre er forbundet med emosjonelt innhold. Vi må huske at våre hjerner ble selektert igjennom evolusjonen for at de var de best tilpassede til å overleve miljøet som vi levde i for mange tusen år siden. På den tiden var det viktig å huske adaptive løsninger og lære av faretruende hendelser, vi har derfor lett for å huske på sterkt emosjonelt materiale (Brodal, 2013; Tunstad, 2009). Amygdala og hippocampus har tette koblinger for at emosjonelt ladet materiale skal kunne tolkes og lagres slik at man husker faretruende situasjoner og lager et handlings repertoar om hvordan man løser lignende situasjoner (Freberg, 2006). Dette illustrerer et eksempel på hvordan emosjonell motivasjon, her for å unngå farefulle situasjoner i framtiden, bidrar i å fremme minnelagring.

Motivasjon er ikke bare negativ, at man blir motivert for å unngå farefulle situasjoner. Motivasjon kan også være positivt, da med tanke på å oppnå belønning for noe som er positivt for individet. Inkludert i limbiske strukturer er områder i hjernestammen som har regulative funksjoner (Daw & Shohamy, 2008). Edelman beskriver i sin teori hvordan nevroner i hjernestammen danner verdisystemet i TNGS, og modulerer hvordan nettverkene aktiveres (Edelman, 1993, 2006). TNGS beskriver at nervebanene blir styrket gjennom trening bare hvis handlingen blir tolket gjennom dette verdisystemet til å ha et positivt utfall for individet (Edelman, 1992; Sigmundsson & Wiedermann, 2008). Forskning plasserer disse nevronene i

den sentrale hjernestammen kalt area tegmentalis ventralis (Ventral Tegmental Area, VTA), som har koblinger med flere områder i hjernen (Arias-Carrion & Poppel, 2007). Disse nevronene er ofte dopaminergiske, det vil si de bruker neurotransmitteren dopamin som signalstoff (Brodal, 2013). Dopamin har ofte blitt omtalt som belønningsstoffet i hjernen (Arias-Carrion & Poppel, 2007; Brodal, 2013, Freberg, 2006). Forskning tyder på at mekanismen dopamin fungerer på er å skape en forventningseffekt for framtidig givende stimuli (Berridge, 2006). Nevronene er direkte aktiverte under forventning til positivt stimuli, og man ser fordeler innenfor læring når disse nevronene er aktiverte (Schultz, 2007). Dette fører til en målrettet handling, og motiverer for å jobbe hardt til man oppnår mål som gir en belønningsfølelse. Man ser også økt aktivering i visse synapser som man tolker fører til økt potensial for læring gjennom synaptiske endringer når dopamin er aktivert i systemet (Brodal, 2013; Dreyer, Herrik, Berg & Hounsgaard, 2010; Wang, Vijayraghavan & Goldman-Rakic, 2004). Studier viser også økt fleksibilitet i synaptisk aktivering hos nevroner som responderer til en passelig mengde dopamin (Vijayraghavan, Wang, Birnbaum, Williams & Arnsten 2007). Dopamin viser en såkalt "u-kurve" der både for mye eller for lite ikke vil ha den positive effekten, det er en gylden middelvei som fører til de positive effektene (Vijayraghavan et al. 2007). Totalt tolkes disse resultatene som støtte for dopamins rolle i motivasjon og belønning, samt fremming av vår evne til å lære. Det gir en nevrobiologisk forståelse for hvorfor motivasjon er viktig. Blir vi motiverte på bakgrunn av forventning av positive opplevelser kan denne forskningen tyde på at hjernen faktisk er bedre i stand til å lære. Det kan også argumenteres for at negativ motivasjon også fordrer læring, med tanke på det skrevet ovenfor med amygdala. Det er likevel viktig å huske på at det som da læres er ikke lystbetont, men assosiert med fare og angst. Følelser man tolker hemmer vår evne til læring (Brodal, 2013)

Straff er motiverende motsatt effekt til belønning, skaper tilbaketrekking atferd, skaper negative forventning til utfall, fungerer som negative forsterkere med å redusere atferd som fører til straff og øker atferd som fører til unngåelse og danner negative spådommer for individets evne til å fatte beslutninger (Schultz, 2007, s.206).

Straff fører til en negativ effekt med dopamin, og gjør at disse nevronene ikke aktiverer seg på lik linje som med belønning (Schultz, 2007). Sammen med hvordan angst og stress fører til problemer med hukommelsesmekanismene, fører negativ forsterkning til at læringseffekten svekkes (Bear et al. 2007; Brodal, 2013). Totalt sett tyder empirien på at positiv forsterkning er den beste måten å fremme læring på, hvis man er redd så aktiveres andre systemer som tar for seg evnen til overlevelse. Dette er ikke relevant når det kommer til skolefag, og de nevralske mekanismene som trengs for å lære seg fag vil dermed bli forstyrret hvis man er utsatt for stort stress og angst. Derfor er det viktig å fremme positive opplevelser for elever når de skal lære seg fag som er utfordrende, ikke bare vil de jobbe hardere for å mestre, men det ser ut til at de lærer bedre også (Brodal, 2013; Dreyer et al. 2010; Vijayraghavan et al. 2007).

Del II:

2.1 Hva er motivasjon?

Hva er det som driver oss? Oppgaven har nå tatt for seg hvordan utviklingen blir drevet gjennom samspillet mellom arv og miljø med evolusjonære mekanismer (Edelman, 1992; Gottlieb, 2002). Hvis denne utviklingen fungerer optimalt vil individet vokse opp med en godt fungerende kropp som han eller hun kan utforske verden med. Denne utforskingstrangen er en naturlig mekanisme som kommer av at mennesker blir født inn i en uoversiktlig og stor verden som vi må lære oss å overleve i (Tunstad, 2009). Gjennom tusener av år har mennesker i stor grad klart å overkomme disse utfordringene og danne seg et trygt samfunn der de fleste kan være trygge på å få nok mat, beskyttelse og sosialt samvær (Tunstad, 2009). Dette gjør at fokuset på disse mer grunnleggende behovene ikke er så sterkt da de allerede er dekket. Mennesker i den moderne tidsalder er derfor så heldige at de kan fokusere på personlig vekst, og bli alt man kan bli, å realisere seg selv (Larsen & Buss, 2008). I denne delen skal oppgaven ta for seg konseptet motivasjon, hvordan kan man motivere til den treningen nettverken i hjernen trenger for å gjøre oss gode i diverse ferdigheter? Hvordan kan man motivere til personlig utvikling? Hjernens krever spesifikk og varig trening for å opprette og opprettholde nettverkene som kreves for våre ferdigheter (Edelman, 1992; Sigmundsson & Wiedermann, 2008). Oppgaven har sett på hvordan TNGS er en teoretisk modell som tar for seg hvordan dette skjer inne i hjernen (Edelman, 1992). Det neste viktige nivået er, hvorfor skal vi gidde, "what's in it for me?" (Fadnes et al, 2010, s.32).

Motivasjonsbegrepet har flere definisjoner og tolkninger i litteraturen da teoretikere ofte ser på forskjellige aspekter rundt dette konstruktet. Denne oppgaven skal fokusere på hvordan man kan motivere til læring, og inne i dette begrepet ligger også tendensen til personlig vekst. Det vil si å utvikle seg selv til å oppnå ny kompetanse eller forbedre sin eksisterende kompetanse innenfor en aktivitet individet får stor glede av å utføre i seg selv

som for eksempel seiling, klatring eller pianospilling (Csikszentmihalyi, 1975; Rogers, 1961). Mennesker har ofte aktiviteter som gir dem glede i hverdagen, og de nyter å gjøre disse aktivitetene uten tanke på at de skal oppnå noe med dem annet enn å mestre utfordringene de får fra dem. Denne drivkraften for å utføre disse aktivitetene er veldig sterk, og mennesker som finner aktiviteter de for fornøyelse av å utføre opplever at de får økt selvtillit, mestringstro og glede i livet (Deci & Ryan, 1985; Mitchell, 1982; Rogers, 1961). Slik personlig vekst bør være et mål i seg selv når det kommer til læringssituasjoner. Læring er noe man vokser på, og for å få elevene til å legge inn den innsatsen læring krever så må de motiveres slik at de får en slik indre drivkraft (Fendler, 1998). Indre drivkraft er det indre drivet som gjør at mennesker yter det lille ekstra som kreves for å oppnå ekspertise og kompetanse innenfor en aktivitet. Det er et begrep som illustrerer godt hva oppgaven prøver å beskrive, men mer formelt sett så brukes begrepet indre motivasjon (intrinsic motivation) i faglitteraturen. Det er viktig å skille mellom indre og ytre motivasjon (Extrinsic motivation). Indre motivasjon er å betrakte som den "gyldne" standarden innenfor de teoriene oppgaven skal se på i denne delen. Indre motivasjon refererer som navnet tilsier til motivasjonelle faktorer som kommer fra innsiden av individet, i stedet for en ekstern kilde som belønning eller straff (Ryan & Deci, 2000a). Internt motiverte individer jobber for eksempel med en matteoppgave fordi de får fornøyelse av å gjøre oppgaven i seg selv, de jobber ikke med aktiviteten bare på grunn av at de skal tilfredsstille eksterne krav eller forventninger (Csikszentmihalyi, 1975; Ryan & Deci, 2000b). Ekstern motivasjon er logisk nok det motsatte. Det omhandler ytre belønninger, krav eller forventninger som individer baserer seg på når de utfører aktiviteter (Ryan & Deci, 2000a). Individer som drives av ekstern motivasjon opplever ikke lik grad av personlig tilfredsstillelse av å utføre oppgaven i seg selv som de internt motiverte, de utfører oppgaven for å oppnå noe (Ryan & Deci, 2000b). Det skal sies at disse eksterne

motivasjonene kan til en grad integreres og bli interne over tid under visse omstendigheter noe som blir forklart senere i oppgaven under selvdeterminerings teori (Ryan & Deci, 2000a).

Siden motivasjon faktisk ser ut til å øke hjernens innlæringsevne er det av betydning å legge til rette for god motivasjon hos elevene (Dreyer et al. 2010; Wang et al. 2004).

Forskning tyder på at er man motivert og føler fornøyelse av en aktivitet vil mekanismer i hjernen samarbeide til å gi økt grad av fokusert oppmerksomhet (Brodal, 2013), større grad av mental fleksibilitet/problemløsningsevne (Dreyer et al. 2010; Schultz, 2007), og innkoding av kunnskap (Brodal, 2013; Schultz, 2007). Modulerende mekanismer fra dopaminergiske nevroner i hjernestammen påvirker de nevralt kartene som er aktiverte ved slike givende aktiviteter og øker deres egenskaper som støtter opp om mestringen av aktiviteten (Arias-Carrion & Poppel, 2007; Brodal, 2013; Daw & Shohamy, 2008). Læring krever innsats, og hvorfor ilette innsats i noe som ikke gir oss noe tilbake? Siden vi ønsker noe tilbake må vi ha en grunn til det, og denne grunnen er i sin reneste form ønsket om å utvide vår horisont og bli mer enn det vi er (Maslow, 1954). Derfor vil motivasjon til læring og personlig utvikling bli sett på som nært beslektede konstrukt siden begge to handler om vekst av kunnskap og erfaring (Maslow, 1954; Ryan & Deci, 2000a). Oppgaven ser på hvordan man kan bidra til å skape en indre motivasjon til personlig vekst og læring, så det vil begrense hvilke teoretiske retninger som blir ansett som relevante i denne sammenhengen. Derfor blir det vurdert å se på motivteoriene som tar for seg ønsket om personlig vekst, disse er Maslows behovspyramide, den humanistiske tradisjonen og teorien om selvdeterminering (Maslow, 1943; Rogers, 1963; Ryan & Deci, 2000a).

Et motiv er beskrevet som en indre tilstand som driver atferd og dirigerer denne mot spesifikke objekter eller mål (Ryan & Deci, 2000b). Motivasjon er dermed ikke et generelt trekk ved en person, men er til en stor grad situasjonsavhengig som påvirkes av individets forutsetninger (Skaalvik & Skaalvik. 2005). Ulike situasjoner påvirker vår motivasjon på

forskjellige måter da vi lever varierte liv innenfor mange arenaer. Situasjoner som et menneske ikke føler er relevante eller givende for sitt liv, men likevel må utføre vil være avhengig av eksterne motivasjonsstrategier for å oppmuntre aktiviteten (Skaalvik & Skaalvik, 2005). Et annet individ kan ha andre forutsetninger og få dyp glede av den samme aktiviteten. Mennesker opplever og tolker dermed situasjonen ulikt basert på individuelle forutsetninger (Skaalvik & Skaalvik, 2005). Noen elsker å gjøre hagearbeid, mens andre forakter det, noen elsker vedlikehold av bil, andre kjeder seg. Folk er forskjellige som oppgaven belyste i del I om individuell utvikling og det er viktig å være bevisst på dette (Edelman, 1992; Gottlieb, 2002; Skaalvik & Skaalvik, 2005). Mennesker har derfor forskjellige motiver innenfor forskjellige situasjoner, der givende aktiviteter i stor grad styres av vår indre motivasjon for å utføre oppgaven. I andre aktiviteter der opplevelsen er mekanisk og ikke givende, vil man måtte basere seg på ekstern motivering og måloppnåelse for å få framdrift i oppgaven (Skaalvik & Skaalvik, 2005). Motiver er ofte basert på individuelle behov rundt ønsker eller mål de føler en drivkraft for å tilfredsstille, eller en spenning de ønsker å redusere (Maslow, 1954). De grunnleggende motivasjonene er i stor grad basert på nødvendige forutsetninger mennesker trenger for å overleve, men motiver kan også handle om personlig vekst (Maslow, 1954). Det er som nevnt viktig å inkludere individuell personlighet i denne likningen siden alle er individer av natur slik oppgaven har omtalt i del I (Edelman, 1992). Derfor må enhver motivasjonell teori ta for seg individet sine personlige motiver for vekst, og forskning tyder på at forskjellige personlighetskonstellasjoner har forskjellige motiver (Larsen & Buss, 2008). Basert på disse retningene ble Mitchell (1982) sin definisjon om motivasjon valgt som den mest passende for denne oppgaven sitt syn på hvordan motivasjonelle faktorer fungerer:

"Motivasjon er den graden et individ **ønsker** og **velger** å utføre en spesifikk handling i en gitt situasjon" (Mitchell, 1982, s.82). Definisjonen tar ikke bare for seg behovene et individ vil ha (ønsker), men også det faktum at et individ i stor grad har valgt om han eller hun vil følge

denne retningen eller ikke for å nå et mål (Mitchell, 1982). Man får altså en verdivurdering inn i bildet. Individer som er sterkt motiverte har et stort ønske om å utføre oppgaven fordi den er tilfredsstillende i seg selv og velger å gi alt de har. Er de ikke fullt så motiverte kan de likevel velge å utføre den for å oppnå et eksternt mål som de ønsker, som for eksempel en god karakter (Ryan & Deci, 2000b). Oppgaven vil primært se på motivasjon som noe selvvalgt og positivt som gir et individ en følelse av personlig utvikling. Det er tre områder innen forskningen som i hovedsak blir gjennomgått, behovsorientert motivasjon, indre og ytre motivasjon og ønske om selv-realiserings. Dette vil bli sett i lys av empiri og teori med fokus på Maslow, Rogers og nyere forskning rundt teorien om selvdeterminasjon. Denne delen av oppgaven vil først se på de relevante teoriene som foreligger på området, deretter trekke koblinger til hvordan man kan bruke dette i skolen.

2.2 Maslow sitt bidrag

Et av de store navnene innenfor motivasjonsforskningen er Abraham Maslow (Larsen & Buss, 2008). Maslow mente at våre motiver dannet et hierarki av behov, der de primære behovene er nødt til å være tilstede før man går til neste behovsnivå (Maslow, 1943). Motivasjon mente Maslow gikk ut på å oppfylle de primære behovene først før man så fikk mulighet til å legge inn innsats til å gå til neste nivå (Maslow, 1954). Tanken var at for å få et komplett individ må man ha basisbehovene møtt før man kan fokusere på å utvikle seg selv. Basert på denne tankegangen utviklet Maslow en behovspyramide for å illustrere denne trinnvise veien for utvikling (se bilde 9) (Maslow, 1943).



Bilde 9: Maslows behovspyramide (Hagen, 2010).

Man kan kalle de behovene nederst på pyramiden for mangelbehov mens de øverste kan kalles for vekstbehov (Maslow, 1954). Maslow (1943) beskrev de fem behovsgruppene som følgende:

Det mest grunnleggende behovet en må ha er fysiologisk basert, mennesker må ha tilgang på vann, mat og husly for å overleve. Så kommer trygghet og sikkerhetsbehov som tilsier at individet har et sted å bo som er trygt. Her kommer grunnleggende utdanning inn i bildet da det skaper grunnlag for en trygg inntektskilde i form av arbeid. Det siste behovet som kan betraktes som et mangelbehov er sosial tilhørighet. Mennesker er sosiale vesener og har stort behov for sosial omgang i form av vennskap og kjærlighetsforhold, samt at man blir akseptert av andre. Det første trinnet med det man kan kalle vekstbehov er sosial status/selverdsbehov. Er alle de overværende behovene møtt kan man begynne å jobbe med sitt selvbilde og aktelse for seg selv, noe som ofte krever aktelse fra andre først. Mye av aktiviteten vi gjør i moden alder går ut på å få god aktelse fra andre og øke vår egen selvtillit. Det kan argumenteres for at trening/utdannelse også kommer inn på dette trinnet da økt kompetanse gir høyere selvtillit og sosial status. Toppen av pyramiden og det øverste et menneske kan bli er selv-aktualisering/realisering. Det handler om å utvikle en selv og bli alt

en kan bli. Selvaktualiserte mennesker får en følelse av å være i en flyt, og i total harmoni med omgivelsene. de "glemmer seg selv" og blir en del av opplevelsen. Det er noen spesifikke kjennetegn hos selvaktualiserte mennesker (Csikszentmihalyi, 1975; Larsen & Buss, 2008; Maslow, 1943, 1954):

- Selvbevissthet: De vet nøyaktig hvem de er og hvor de vil.
- Opptatt av prosess: De gjør aktiviteter rett og slett fordi de liker å gjøre aktiviteten, ikke på grunn av noe mål om et sluttprodukt. se flyt kapitlet s.66..
- Selvstendige: Klarer å tenke objektivt rundt regler og mål innefor sin spesifikke kultur, går i mot mengden og motstår krav samfunnet pålegger dem.
- Genuint ønske om å gjøre verden til en bedre plass: De ser ut til å ha en dyp og oppriktig medfølelse for andre mennesker.
- Sterke bånd til få mennesker: Selv om de har omsorg for mange knytter de seg til relativt få mennesker.
- Aksept for seg selv og andre: dømmer ikke andre, og er bevisst på at alle har feil. aksepterer også situasjoner de ikke har kontroll over.
- Selvsikker: De er seg selv, føler ikke et behov for å imponere andre mennesker.
- Ikke redde for ensomhet: Er fortrolige i eget selskap, trenger ikke nødvendigvis andre folk rundt seg hele tiden.

"Maslow utviklet teoriene sine basert på sine egne ideer og tanker rundt motivasjon, ikke på empirisk forskning" (Larsen & Buss, 2008, s. 371). Likevel har forskning funnet støtte for hans teori rundt motiver. Det ser ut til at mennesker som ikke har oppfylt sine grunnleggende behov ikke fokuserer på de øvrige trinnene, man ser at forsøkspersoner reagerer sterkere negativt hvis de ikke får oppfylt mangelbehovene enn vekstbehovene (Larsen & Buss, 2008). Mennesker er også naturlig sosiale, og aksept/inkludering i omgivelsene er en forutsetning for å ha det bra med seg selv og jobbe med selv-aktualisering (Baumeister & Leary, 1995).

Et viktig skille her er at man ikke nødvendigvis kan sammenligne behovsoppnåelse med lykke. Maslow selv anerkjente at en person på et lavere behovsnivå kan være like lykkelig som en person på et høyere nivå (Larsen & Buss, 2008). "De fleste individer jobber ikke aktivt med selv-aktualisering, Maslow estimerte at ca 1 % av populasjonen er motivert på vekst og jobber for å bli alt de kan bli" (Larsen & Buss, 2008, s.375). Veien mot selvaktualisering er sårbar og individer kan lett bli distraheret, andre behov kan bli forstyrret noe som tvinger individet til å fokusere oppmerksomheten mot dette (Maslow, 1968). Det kan også hende at mennesker er fornøyde og tar til takke med det nivået de er på, de har ikke behov for selv-aktualisering, de kan som nevnt over fortsatt være lykkelige (Maslow, 1968). Her ser man det samme problemet som kommer opp med tanke på utdanning, elever mister motivasjonen for å utvikle sin egen kompetanse (Meld. St. 22, 2010-2011; Robinson, 2010). Utdanning og fokus på personlig vekst er i stor grad vekstbehov, iallefall høyere utdanning (Larsen & Buss, 2008). Det er derfor sammenheng mellom Maslows behovspyramide og fokuset på utdanning i samfunnet. Mange ønsker å bli selv-aktualiserte, mange ønsker også å bli rik (Eker, 2005). Det holder ikke å bare ønske, man må gidde. Derfor er det viktig å se på metoder for å praktisk muliggjøre å gi individer denne drivkraften slik at de faktisk får lyst til å stå på for å bli selv-aktualiserte.

Maslow dannet grunnlaget for behovstankegangen og veien mennesker går for å oppnå dette, og dermed også grunnlaget for den humanistiske tradisjonen som fokuserte på hvordan man terapeutisk kunne motivere mennesker i en tung fase av livet (Larsen & Buss, 2008; Rogers, 1951, 1961).

2.3 Humanistisk tradisjon

Maslow dannet grunnlaget for den humanistiske tradisjonen med sin teori om behovspyramiden. Selv-aktualisering innebærer et personlig ansvar for vekst, og at man er

bevisst på sine behov og valg. Dette er også kjernefokuset i den humanistiske tradisjonen (Larsen & Buss, 2008). Det er snakk om å ta ansvar for sitt eget liv i stedet for å inneha en offerrolle. Det er dermed viktig at miljøet rundt individet støtter utviklingen av selvstendighet og ansvar for eget liv (Ryan & Deci, 2000a). "I den humanistiske tradisjonen, er det mest menneskelige motivet – Å bli selvaktualisert – ikke et mangelbehov, men et vekstbehov" (Larsen & Buss, 2008, s. 371). Så istedet for å se på hva et menneske mangler for å løse folk sine problemer, ser man i humanistisk tradisjon hva det er som hemmer et menneske fra å bli selv-aktualisert (Rogers, 1963).

Innenfor denne takegangen dannet klinikerer Carl Rogers sin teori om det fullt funksjonelle mennesket (Rogers, 1963). "Kjernen i Rogers sin tankegang er koseptet om det fullt funksjonelle mennesket, en person som er på vei mot selvaktualisering" (Larsen & Buss, 2008, s.377). Fullt funksjonelle mennesker lever i nuet, bekymrer seg ikke for fortiden og engster seg ikke for framtiden (Rogers, 1963). De stoler på seg selv og nyter nye stimuli, det er altså stor overlapp mellom det som er beskrevet om selv-aktualiserende mennesker i Maslow sin behovspyramide (Maslow, 1943; Rogers; 1963). Teorien omtaler hvordan mennesker får denne drivkraften mot personlig vekst. Rogers beskriver at barn blir født med et ønskeom å bli akseptert og elsket av sine foreldre, og kalte dette medfødte behovet for positiv aktelse (Larsen & Buss, 2008). Dette samsvarer med andre teoretiske perspektiver innenfor motivasjonsforskningen som sier at indre motivasjon er medfødt og gitt gjennom evolusjonen (Ryan & Deci, 2000a). Det samsvarer også med det oppgaven har sett på tidligere med at vi blir født med et nervesystem som er klart for stimuli fra omgivelsene og søker å utvide sin erfaring og horisont fra fødselen (Gottlieb, 2002). Rogers mente at for å fremme denne motivasjonen måtte foreldre og omgivelsene gi betingelsesløs positiv aktelse (Rogers, 1963). Det vil si at man aksepterer barnet for det individet det er, uten å sette betingelser for å oppnå denne aktelsen. Hvis man setter betingelser for å oppnå kjærlighet og

aksept kan man risikere at barnet til slutt jobber så hardt for å oppnå dette at det kan miste kontakten med sine egne behov og ønsker (Larsen & Buss, 2008). Dette kan i værste fall gjøre at barn mister all indre motivasjon og blir så opptatt av å få positiv aktelse fra andre også i voksen alder at viser tendenser til avhengighet av andre for selvbildet sitt (Rogers, 1961). Rogers (1961) beskrev ulike beskyttelsesmekanismer og oppfatninger mennesker kunne danne seg hvis de ikke klarte å bygge et selvstendig og trygt selvbilde. Rogers beskriver at menneskers selvbilde utvikler seg basert på slike tidlige erfaringer, og at hvis man ikke lever opp til disse forventningene vil man oppleve angst (Rogers, 1961, 1963).

Angst er i følge Rogers opplevelsen av å ikke leve opp til ditt selv-konsept, en student som er vandt med å få toppkarakterer på VGS, og deretter får gjennomsnittlige karakterer på universitetet klarer ikke å leve opp til sitt eget selv-konsept" (Larsen & Buss, 2008, s.280).

En fullt fungerende person vil ha evnen til å akkommodere sitt selvkonsept basert på erfaringene man gjør seg, og er fleksibel med tanker rundt seg selv (Rogers, 1963). De kan for eksempel tenke at de ikke trenger alltid gode karakterer og at så lenge de gjør så godt de kan er det bra nok (Larsen & Buss, 2008, Rogers, 1963). En annen forsvarsmekanisme individer kan bruke når de opplever angst er forvregning (Rogers, 1961). Individet kan da modifisere sine opplevelser i stedet for å endre sin selvoppfattelse. Man kan for eksempel komme med unnskyldninger, unnvike vansker og bare ta den letteste veien (Larsen & Buss, 2008; Rogers, 1961). Slike strategier fører til rigiditet og en usunn personlighetsstruktur der individet baserer sin selvoppfattelse og selvtillitt på utrygg grunn som kan bryte hvis den møte motstand eller motstridende informasjon. Rogers (1961) mente at mennesker som viste slik rigiditet og motstand ikke fungerte optimalt og faktisk kunne føre til at den oppfattede trusselen økte, siden strategiene endret oppfattelsen av trusselen og ikke trusselen i seg selv. Dette kan føre til psykopatologi og en negativ spiral der resultatet blir en person som er hemmet, engstelig,

avhengig eller deprimert på grunn av svakt selvbylde (Rogers, 1961). Klient-fokusert terapi var behandlingsformen Rogers utviklet på bakgrunn av denne teorien om hvordan mennesker utvikler seg. Det handler om å ikke tolke eller dirigere endring hos et menneske, men å gi klienten et rom får å selv finne sin vei (Rogers, 1951). Fokuset ligger på å gi et varmt og aksepterende miljø der klienten kan være seg selv og støtte klienten i sin søken om vekst og selvaksept. Terapien begrunnes i at innerst inne vil alle mennesker bli alt det de kan bli, og ha personlig vekst mot selv-aktualisering. Dette rommet for varme og aksept skapes på bakgrunn av tre kjerneverdier (Rogers, 1951; Rogers, Lyon & Tausch, 2013):

- Genuin aksept: Fra terapeuten for den personen klienten er. Man dømmer ikke pasienten og terapeuten aksepterer klienten på en ekte måte.
- Ubetinget positiv aktelse: Det vilsi at terapeuten aksepterer alt klienten sier uten å komme med dømmende tilbakemeldinger.
- Empatisk forståelse: Klienten må føle at terapeuten forstår ham eller henne.

Terapeuten fungerer som et speil for klienten og reflekterer rundt det klienten sier. Målet er at gjennom denne speilingen vil klienten forstå seg selv bedre gjennom å få terapeuten til å forstå. Empirisk støtte for denne teoriformen kom allerede før Rogers publiserte denne i sin helhet basert på hans egen kliniske praktisk med pasienter (Porter, 1943). Det viste at holdningene og graden av styring fra terapeuten hadde effekt for hvilke valg klienten gjorde, der terapeuter som ikke tok for mye styring hadde best resultater (Porter, 1950; Rogers, 1951). Empati hos terapeuten har også gjennom forskning blitt vist at ikke er arvbart i stor grad, noe som tyder på at det er læringsbasert (Larsen & Buss, 2008). Kvinner har i begynnelsen litt høyere nivå av empati enn menn, men forskning viser at begge er i lik grad mulig å trenes opp i empatisk forståelse (Larsen & Buss, 2008). Så terapeuter kan lære å vise empatisk forståelse og aksept for andre mennesker, dette samsvarer med teoriene sett på tidligere med at treningsmengde samsvarer med økt kompetanse (Ericsson et al. 2007; Larsen & Buss, 2008).

Totalt sett skal terapeuten gi klienten et rom der vedkommende kan være seg selv og gjennom refleksjon av sin situasjon finne tilbake til veien mot selv-aktualisering (Rogers, 1951).

Sett i sammenheng med den klient-sentrerte terapien så utviklet Rogers også en lignende teori rundt personlig vekst med tanke på utdanning og læring. Denne tilnærmingen kalte han elev-sentrert læring (Rogers, 1969; Rogers et al. 2013). Hovedaspektet i elev-sentrert læring samsvarer med hovedpoengene i en klient-sentrert terapi, at eleven får støtte og tro på at han/hun kan møte livets utfordringer og vokse til å bli et fullt funksjonelt menneske. Rogers mente denne tesen hadde 5 faktorer (Rogers, 1951, 1969):

- Læringsstøtte: En person kan aldri lære en annen direkte, men kun legge til rette for en annens trening. Fokuset er på eleven, og det er viktig å anerkjenne unikheten i elever sine individuelle erfaringer. Enhver elev lærer annerledes basert på hvilke erfaringer individet tar med seg til klasserommet.
- Relevant læring: Et individ lærer bedre stoff som det knytter til sitt selv-konsept, altså anser som relevant for sin personlige utvikling.
- Åpen for endring: Man må på en skånsom måte oppfordre elever til å ha et åpent sinn til nye impulser, og være i stand til å endre sin selvoppfatning. Hvis man klarer dette og elevene møter ny informasjon som er annerledes enn deres eget selvkonsept med nysgjerrighet og åpenhet for de nye inntrykkene, vil de være i stand til å ta til seg denne nye informasjonen og endre sitt selvkonsept.
- Trygghet: Truende atmosfære og utrygghet aktiverer beskyttelsesmekanismer som hemmer læring og vekst. Man bør derfor fokusere på å skape et miljø med aksept og trygghet for elevene slik at de føler seg tryggere på å utforske nye konsepter.
- Mentor: En instruktør som aksepterer sin rolle som mentor og veileder elever skaper en tryggere atmosfære enn en instruktør som anser seg selv som autoritet og ekspert på området. Instruktøren bør være åpen for å også lære av elevene.

Dette er praktiske strategier instruktører kan ta i bruk for å skape en atmosfære av aksept og vekst i klasserommet. Poenget er at for at en person skal vokse og bli motivert for dette, så må de bli veiledet på en omtensksom måte som er tilpasset deres individuelle erfaringer. Dette er i samsvar med andre teorier rundt læring at individer må få tilpasset læring med tett oppfølging der de føler seg sett og akseptert av instruktøren (Robinson, 2010; Rogers, 1969, Ryan & Deci, 2000a).

2.4 Flyt

I den humanistiske tradisjonen er selv-aktualisering sett på som målet et fullt fungerende menneske jobber mot (Rogers, 1963). Ikke alle trenger å være fullt fungerende, som Maslow kommenterte så er noen fornøyde av forskjellige grunner å være på det nivået de allerede er (Maslow, 1954). Disse menneskene kan fortsatt være lykkelige, men da får lykke ut i fra andre aktiviteter enn selvutvikling. Det kan være at man lever i en situasjon der man selv ønsker å leve etter samfunnets normer og følge disse så godt vedkommende kan (Maslow, 1954). Maslow (1954) mente at opplevelser av optimal erfaring kommer i flyktige og korte perioder, og selv ikke selv-aktualiserte mennesker er i en slik tilstand hele tiden. Alle er forskjellige, og innenfor hvilket område mennesker opplever selv-aktualisering kan variere (Ryan & Deci, 2000a; Skaalvik & Skaalvik, 2005). Dette kan man se i konstruktet flyt (flow) (Larsen & Buss, 2008). Csikszentmihalyi (1975) foreslo flyt som et konstrukt som var nært beslektet med selv-aktualisering. «flyt...indre motivasjon, autotelisk aktivitet – det vil si en aktivitet som i seg selv er givende, helt uavhengig av sluttproduktet eller andre eksterne goder forbundet med aktiviteten» (Csikszentmihalyi, 2008, s.121). Flyt er en subjektiv tilstand der man er så opphengt i en aktivitet at man glemmer tid, sult og tretthet (Csikszentmihalyi, 1975). Aktiviteten i seg selv er såpass givende at individet er i en total tilstand av kontakt med situasjonen og omgivelsene. Man føler seg utfordret, men man føler at man klarer å

overkomme utfordringen. Det er en individuell opplevelse, det vil si man ikke har bevissthet om seg selv som en sosial aktør, man er i sin egen sone (Csikszentmihalyi, 2008). Dette skjer under visse betingelser (Csikszentmihalyi, 1975; 1990):

- Utfordrende: Det er balanse mellom en persons ferdigheter og utfordringen som det jobbes med. Blir utfordringene for stor blir de truende, blir de for små blir det kjedelig.
- Mål: Individet jobber mot et klart fastsatt mål
- Tilbakemelding: Man får øyeblikkelig tilbakemelding på sin innsats.

“Opplevelsen av flyt kan være en sterk motiverende faktor i seg selv og kan være et tegn på at i alle fall for et øyeblikk, en opplever selv-aktualisering” (Larsen & Buss, 2008, s.376). Det er viktig å være bevisst på at det er de subjektive oppfattelsene av aktiviteter som danner flytopplevelsen, ikke konkret hva aktivitetene handler om. Flytaktiviteter er beskrevet som aktiviteter innenfor alt der et individ opplever de overnevnte forutsetningene (Csikszentmihalyi, 1990). Dette er aktiviteter et individ opplever som positivt og i stor grad ønsker å komme tilbake til.

Erfaringsmessige belønninger som følge av den positive opplevelsen en flytopplevelse gir, gjør at individer kommer gjentatte ganger tilbake til denne erfaringen og dermed styrkes ferdighetene over tid (Csikszentmihalyi 1998, 2008). Hvis man dermed klarer å gi elever en mestringstro og positiv følelse i skolesammenheng kan man fostre slike opplevelser (Csikszentmihalyi, 1990, 2008; Rogers et al, 2013). Flyt er forbundet med innsats og forbedrede resultater i flere læringsarenaer (Csikszentmihalyi, 2008). Sett i sammenheng med kapittelet om hjernens påvirkning av motivasjon kan man tolke at innlæringsevnen også øker under slike flytopplevelser da de gir individet positive inntrykk, og de modulerende nevronene i hjernestammen vil da slippe ut dopamin. (Csikszentmihalyi, 1990, 2008; Dreyer et al, 2010; Wang et al, 2004). Forskning støtter antakelsen om at hvis en lærer klarer å gjøre læring til en autotelisk opplevelse for elevene så vil de øke sin motivasjon til å bli gode i faget

(Csikszentmihalyi, 1990, 2008). For å bli god må mye spesifikk trening til og det kan bli vanskelig å holde fokus over tid. Dette krever innsatsvilje, men mange elever føler at øving er kjedelig (Dæhlen et al. 2011). Når forventningen er negativ kan resultatet også fort bli negativt fordi man ikke iletter nok innsats og har generell lav mestringsstro (Bandura, 1977; Rogers et al, 2013). Elevene som oppnår høy kompetanse og over flere år, (forskning viser 10 år for å oppnå verdensklassen), og klarer å få øvingen i seg selv til å bli en positiv opplevelse kan oppnå ekspertise i verdensklasse (Csikszentmihalyi, 1975, 1990, 2008; Ericsson et al, 2007). Skoler som har prøvd å skape flytopplevelser hos elevene har vist økt grad av læringsmotivasjon samt bedre skoleopplevelser hos sine elever (Csikszentmihalyi, 2008). Det er den enkelte lærers ansvar å gjøre så godt han eller hun kan for å legge til rette for en positiv skoleopplevelse for elever. I det minste med å være seg bevisst enkeltelevers styrker og svakheter og tilpasse deres arbeidsoppgaver deretter (Rogers, et al, 2013; Strandkleiv, 2006). Skolesystemet er svært mekanisk og masseorientert, slik at fokus på enkeltindividet vil være en logisk første arena for å utforske hvordan man kan bruke denne teorien til å skape et motiverende skolemiljø for elever (Robinson, 2010; Strandkleiv, 2006). Lærere som støtter barnas interesser og valg, gir rom for at barnas egne motivasjoner kan vokse (Rogers et al. 2013). Hvis læreren tilbyr veiledning og råd for å guide eleven mot målsetningene som kreves for å bli noe eleven ønsker, så kan man få praktisk nytte av flyt-teori i skoleverket. Dette krever selvsagt innsats og forståelse hos læreren, noe som er viktig hos veiledere og kan læres (Larsen & Buss, 2008; Rogers et al, 2013).

2.5 Self-Determination Theory (SDT)

I tråd med Maslows og Rogers tankegang rundt viktigheten av en indre motivasjon for å oppnå selv-aktualisering, har moderne motivasjonsforskning utdypet teoriene rundt indre motivasjon og differensiert enkeltelementer for å fostre dette. SDT er en moderne teori som

har mye til felles med den humanistiske tradisjonen med at teorien ser mennesker som grunnleggende vekstinteresserte og nysgjerrige (Ryan & Deci, 2000a). På lik linje med Rogers mener SDT at mennesker blir født med en indre motivasjon for utvikling og læring fra miljøet, noe som samsvarer med evolusjonsmessige antakelser (Rogers, 1951, 1961; Ryan & Deci, 2000a).

«Det faktum at mennesker viser betydelig innsats, initiativ og forpliktelse til oppgaver i sine liv ser heller ut til å være normalt heller enn eksepsjonelt. SDT bruker tradisjonell forskning og setter denne inn i en metateori.. belyser viktigheten av menneskers evolusjonsbaserte indre ressurser for personlighetsutvikling og atferdsmessig selv-regulering... Teoriens arena er utforskningen av menneskers indre tendens for vekst og deres psykologiske behov som grunnlaget for deres motivasjon og personlighets integrering, og for hvilke prosesser som fostrer disse prosessene» (Ryan & Deci, 2000a, s.68).

Teorien kaller disse tendensene for personlig vekst for «indre vekst tendenser» (Chirkov, Ryan, Kim & Kaplan, 2003). Den omhandler ikke hvordan man skal skape slik motivasjon, da den går ut i fra at alle mennesker blir født med denne motivasjonen og at omgivelsenes roller er å fostre og støtte denne (Ryan & Deci, 2000a).

Teorien identifiserer tre indre behov som tillater optimal utvikling hvis er tilfredsstilt (Ryan & Deci, 2000a):

- Kompetanse
- Interpersonlig tilknytning
- Selvstendighet

Disse behovene samsvarer med det som er nevnt tidligere om menneskers behov for å føle seg selvstendige, føle seg kompetent og få støtte til dette. Disse behovene vises gjennom forskning at manifesterer seg gjennom tid, kjønn og kultur (Chirkov et al. 2003).

Motivasjon blir beskrevet av teorien til å være viljen og drivkraften for å møte disse behovene på forskjellige måter (Chirkov et al. 2003; Ryan & Deci, 2000a, 2000b). Mennesker trenger å få disse behovene møtt, men måten de kan velge å gå fram for å oppnå dette kan variere (Chirkov et al. 2003; Ryan & Deci, 2000a). SDT skiller primært mellom to hovedtyper motiver, som kan begge være framtrede ved forskjellig tid og situasjoner (Ryan & Deci, 2000b).

- Intern motivasjon (Intrinsic motivation)
- Ekstern motivasjon (Extrinsic motivation)

Intern motivasjon er den naturlige drivkraften til å oppsøke utfordringer og nye muligheter som SDT assosierer med kognitiv og sosial utvikling (Deci & Ryan, 1985). Dette er den drivkraften som sannsynliggjør opplevelser av flyt og muliggjør vekst mot selv-aktualisering, altså det Rogers beskriver som et fullt funksjonelt menneske (Rogers, 1963). En underteorie som kalles Kognitiv evalueringsteori (Cognitive Evaluation Theory, CET), tar for seg faktorer som er inkludert i indre motivasjon (Ryan & Deci, 2000a). For det første så er mennesker sosiale, det er en av våre mest primære behov (Baumeister & Leary, 1995; Maslow, 1943; Deci & Ryan, 1985). For å vokse må vi føle oss akseptert og godtatt av våre sosiale omgivelser. CET argumenterer for at sosiale sammenhenger innenfor visse situasjoner som fremmer ens følelse av kompetanse øker indre motivasjon (Baumeister & Leary, 1995; Ryan & Deci, 2000a, 2000b). Dette kan være løpende tilbakemeldinger, ros, god kommunikasjon o.l. som man også ser i den humanistiske tradisjonen. Studier tyder at positiv tilbakemeldinger fostrer bedre kompetansefølelse enn kritikk (Rogers et al. 2013; Ryan & Deci, 2000a, 2000b). En annen faktor som teorien ser på er følelsen av selvstendighet, altså at individet føler det utfører handlingen av egen fri vilje. Forskning på selvstendighet vs. kontroll har sett tendenser på at belønninger kan hemme intern motivasjon på bakgrunn av at individet da mister på et eller annet nivå sin oppfatning at de gjør handlingen av egen fri vilje

(Ryan & Deci, 2000a). Ekstern belønning oppfattes ofte av individet som ekstern kontroll uansett om belønningen er positiv eller ikke (Ryan & Deci, 2000b). Metaanalyser støtter antakelsen om at all ekstern belønning som baserer seg på resultat av utførte oppgaver hemmer intern motivering (Deci, Kostner & Ryan, 1999). Forskning viste at negativ forsterkning også hemmer intern motivering (Vallerand & Reid, 1984). Trusler, tidsfrister, påtvunget mål, direktiver og pressede evalueringer hemmer intern motivering fordi det sørger for en følelse av kontroll fra en ekstern part (Ryan & Deci, 2000a).

Ekstern motivering kommer fra ytre kilder, og det kan noen ganger bli integrert som en del av den indre motivasjonen. Teorien som omfavner dette kalles Organismic Integration Theory (OIT), og er en annen undert teori av SDT (Ryan & Deci, 2000a). OIT beskriver hvordan ulike former for ekstern motivering fungerer og hvordan visse former kan bli integrert i selvet og bidra til den interne motivasjonen til individet. Kjernen i denne teorien er selvstendighet og autonomi (Ryan & Deci, 2000a). Graden av opplevd selvbestemmelse vil påvirke om den eksterne motiveringen vil bli integrert eller ikke. De fire forskjellige formene for ekstern motivasjon er separert rundt autonomi konseptet (Ryan & Deci, 2000a):

- Eksternt regulert atferd: Er minst selvstendig. Ekstern kontroll der man utfører oppgaven kun basert på oppfattet belønning eller plikt.
- Introjektiv regulering av atferd: Introjeksjon er psykodynamisk begrep som omhandler å ta objektet ifra det eksterne miljøet inn uten å totalt integrere det med selvet. Individet jobber etter eksterne regler uten å fullt ut akseptere disse, man jobber for å unngå negative følelser eller skape et positivt sosialt bilde av seg selv.
- Regulering gjennom identifisering: Individet identifiserer et ekstern gitt mål som personlig viktig, man jobber derfor for noe en selv ønsker å oppnå.
- Integrert regulering: Individet aksepterer de eksterne reglene og målene fullt ut i sine egne målsetninger etter å ha vurdert betydningen av dem. Disse oppgavene blir i lik

grad sammenlignet med full intern motivasjon, men er likevel ekstern da man gjør oppgavene for å oppnå et ønsket og verdsatt mål, ikke på grunn av handlingen i seg selv.

OIT foreslår at jo mer et individ sammenligner sine egne mål med det eksterne målet vil internalisering forekomme (Ryan & Deci, 2000a). Hvis omgivelsene klarer å skape et trygt miljø for mestring hos elevene vil de kunne føle økt grad av innsatsvilje og kompetanse som gjør at de enklere kan internalisere eksterne forventninger (Rogers et al. 2013; Ryan & Deci, 2000b). Studier viser at barn internaliserer skolens eksterne motiver når de føler seg trygg i sin tilknytning og tatt vare på av sine foreldre og lærere (Ryan, Stille & Lynch, 1994). Hvis barn føler seg trygg og selvstendige vil dette øke grad av indre motivasjon, overbeskyttende foreldre og omgivelser som hemmer barns naturlige oppdagelsessans kan vanskeliggjøre barns følelse av selvstendighet og kompetanse (Ainsworth, 1979; Tetzchner, 2001). Elever må få føle mestring skal de internalisere motiver og mål som omgivelsene gir dem. Det er derfor viktig å akseptere deres kunnskapsnivå slik det er og legge til rette for den beste veien for dem å lære (Rogers et al, 2013; Ryan et al. 1994; Skaalvik & Skaalvik, 2005). De må også få føle at de har et valg og ikke blir tvunget til å gjennomføre oppgaver. Forskning viser at forsøkspersoner i laboratoriesettinger gjør det bedre hvis de får en forklaring og en mening med en uinteressant oppgave i tillegg til støtte for å utføre denne oppgaven selvstendig på deres egen måte, samt at oppgaven blir sett i sammenheng med andre mål individet har fra før (Deci, Eghrani, Patrick & Leone, 1994). Denne teorien støtter antakelsene som startet med Maslow sin pyramide om at hvis en person føler seg akseptert, fri og kompetent vil det bli hva Rogers kaller et fullt fungerende menneske, jobbe mot selv-aktualisering og "be all that we can be".

2.6 Hvordan er forholdene i den norske skolen?

Oppgaven handler om hvordan man kan motivere barn til læring og selvutvikling, derfor er det relevant å se på hvordan forholdene er i den norske skolen per dags dato. Det har vært en del omveltninger de siste 10 årene der den nye generasjonen ledere kommer fra det man kan kalle gammeldags "puggeskole", den gamle skolen med en streng lærer og tvangspugging som man forbinder med grøss og gru (Monsen, 2010). Dette har ført til at holdningene i samfunnet i dag er at skolen skal "desentraliseres", og elevene skal få spillerom og mer innflytelse i sin læringshverdag (Bjørngen, 2008). Sett i sammenheng med motivasjonsteoriene som nettopp har blitt gjennomgått skulle man tro at dette var enestående positivt, med tanke på at selvbestemmelse og frihet er grunnfaktorer for indre motivasjon (Ryan & Deci, 2000a). Her kommer faktisk en gjentakelse fra innledningen, hvis en elev som allerede er lei av skolen får frihet til å styre sin skolehverdag selv, hvorfor skal han gidde? Det som er problemet med dagens system er at denne friheten kommer i en tid der elevene allerede har begynt å bli apatiske for fagene skolen presenterer dem for (Meld. St. 22. 2010-2011). Det ser også ut til at elevene ikke får den oppfølgingen de trenger for å mestre den økende vanskelighetsgraden i fagene som de møter. En studie som så på hvordan dette fungerer i dagens skole fant ut at i flere klasser så fungerte ikke denne ordningen optimalt:

....klassenes lærere gikk i liten grad ut på å motivere, inspirere, utfordre eller hjelpe elevene med utvikling av egne læringsstrategier og metakognitiv innsikt. Elevene ble ikke opplært til å reflektere kritisk over måtene de gikk fram på når de skulle lære, eller til å utvikle egen mestring og motivasjon (Lyngsnes, 2007).

Studier tyder på at i rundt 10 klasse er allerede mange elever apatiske og umotiverte for videre skolegang (Meld. St. 22. 2010-2011). Elever som ikke får støtte og tilrettelegging basert på deres egne forutsetninger ender ofte opp med lav mestringstro, som også er korrelert med lavere karakterer i for eksempel matematikk (Utdanningsdirektoratet, 2010). For å bli god må

man øve, for å øve må man gidde. For å gidde må man igjen ha tro på at man kan mestre utfordringene en møter på veien. Det er viktig å ha kunnskaper om hvordan hjernen fungerer for å kunne tilrettelegge gode strategier for læring (Stensdotter, 2008). Paradoksalt nok ser det ut til at pedagogiske emner ved universitetet ikke har en eneste bok om hjernens biologi.

- Som tilfellet er i deler av samfunnsforskningen, er det et fullstendig fravær av biologiske forklaringsmodeller i pedagogiske miljøer. Dette er helt hodeløst. Du kan gå ned på studentbokhandelen Tapir og lete etter en bok med et biologisk perspektiv i pedagogikkpensumet - uten å finne en eneste en. Det er ikke lett for ny og vesentlig kunnskap å finne veien inn i moderne pedagogikk, mener Hermundur Sigmundsson (Monsen, 2010).

Dette er veldig merkelig da hjernen er det organet som faktisk tar til seg læringen.

Grunnleggende kunnskap om hvordan hjernen danner nettverk og tilegner seg ferdigheter basert på øving skulle man tro var essensielt i læreryrket. Lærere trenger kunnskaper om evner og ferdigheter, forskjellen mellom disse og hvordan man kan best legge til rette for øving basert på individuelle forutsetninger og mål. Likevel finner man ikke biologisk kunnskap i sosialpedagogikken, og forskningsmiljøer har forsøkt å få dette inn i skolen over tid (Monsen, 2010). Dette kan tolkes som et resultat av et tungrodd offentlig system som er så mekanisert i sine originale tankeganger at det er vansker for nyere tankesett å få plass i klasserommet (Robinson, 2010). Den moderne skolen er jo basert på tanker om at massene skal bli kunnskapsrike fra 1800 tallet, og det har i prinsippet vært lite endringer siden den gang (Robinson, 2010).

Massene skal læres på lik linje er grunnlaget for skolesystemet (Robinson, 2010). Men mennesker er ikke en homogen gruppe, evolusjonen forteller jo oss dette (Wilson, 2006). Av ren utviklingsmessig nødvendighet er alle sammen unike individer og bør bli møtt med tilpassede læringsstrategier i stedet for å bli presset inn i en boks som ikke passer mange.

Skolesystemet slik det er lagt opp i dag tar dermed ikke hensyn til ulike forutsetninger elever kommer inn i klasserommet med (Robinson, 2010).

- I integrerte klasser er det de svakeste elevene som lider mest. Flere og flere vil falle utenfor om ikke grep tas nå, mener Sigmundsson..... Såkalte ressursvake foreldre vil i sin tur ikke ha forutsetningene for å oppveie for skolesystemets tilkortkommenhet. De vil ikke kunne gi barna leksehjelp hjemme, i samme grad som ressurssterke foreldre kan. (Monsen, 2010).

Problemet dukker opp når det blir til at alle skal i samme båt uansett hva, og dette skaper problemer for elevenes motivasjon da de ikke føler de får støtte på den måten de trenger (Lyngsnes, 2007; Robinson, 2010). Ekteparet Moser som har vunnet nobelprisen i medisin har selv kommentert i intervju hvor viktig det er å dyrke elevers individuelle kunnskaper og interesser: "Edvard og May-Britt Moser har ikke tro på eliteskoler, men understreker viktigheten av differensiering i norsk skole. Og lærere som ser stjernene av nysgjerrighet i barns øyne" (Midling, 2014). Lærere må fostre elevenes egne interesser innenfor felt, og dyrke deres ambisjoner og mål. Edvard Moser forteller hvordan han måtte jobbe på lik linje med alle de andre i klassen selv om han følte seg foran og ønsket mer utfordring i visse fag (Midling, 2014). Dette kan i stor grad være skadelig for motivasjonen da elever som mestrer fagene godt kan begynne å kjede seg og bli distraheret. Elever som faktisk får differensiert oppfølging i form av spesialundervisning med fag de sliter med kan på sin side ha problemer med å føle trygghet og aksept når de får dette, da en vesentlig andel av elevene føler det er flaut å bli skilt ut ifra klassen for ekstra undervisning (Grøgaard, Hatlevik & Markussen, 2004). Dette vil logisk nok forstyrre en av de tre viktige faktorene i SDT, nemlig det sosiale aspektet som er så viktig for oss. Hvis vi tjener sosialt på å ignorere dette og det blir "kult" å ikke gjøre det bra så vil man selvsagt få problemer med å motivere seg til å sitte hjemme med matteleksene isteden for å holde på med PC (Baumeister & Leary, 1995; Ryan et al. 1994).

Kravet om individuell tilrettelegging er faktisk lovfestet: "Opplæringa skal tilpassast evnene og føresetnadene hjå den enkelte eleven, lærlingen og lære kandidaten" (Opplæringsloven). Det er derfor egentlig skolen som skal tilpasse seg elevene, ikke omvendt. Retten til opplæring er allmenn, det vil si alle har rett til utdanning til et visst nivå. Det er viktig å forstå at ikke alle kan gå den samme veien til disse nivåmålene, og det er den enkelte lærer og skoles ansvar å tilpasse opplæringen slik at enkeltelevne klarer å følge med. Et eksempel på dette er tendensen til at jenter går ut med bedre karakterer enn gutter i stadig økende grad (SSB, 2014). Det har blitt kommentert at dette kommer av at gutter modnes senere enn jenter og at guttene tar igjen senere (Holtermann, 2010). Det er viktig her å være oppmerksom på at selv om det skulle være slik at fysiske forandringer som puberteten kommer hos jentene noen år før guttene, så kan guttene fortsatt lære på det samme nivået som jentene i følge teoriene denne oppgaven har sett på (Edelman, 1992; Gottlieb, 2002). Ferdigheter må trenes, og modningstankegangen forutsetter at det ikke er stor vits i trening siden forutsetningen for å mestre ferdigheten ikke er til stede. Forskningen denne oppgaven har sett på motstrider denne tankegangen, hjernen er fleksibel og i stand til å ta til seg læring i de fleste aldre (Edelman, 1992; Sowell et al. 2003). Med økt fokus på individuell opplæring basert på en elevs individuelle forutsetninger så ser man at flere veier vil føre til samme mål hvis veileder legger opplæringen opp på korrekt måte (Lyngsnes, 2007; Rogers et al. 2013). Gutter trenger isåfall bare en alternativ måte å få inn kunnskapen på og dette sier loven at de skal få (Opplæringsloven). Dette belyser viktigheten av biologisk kunnskap hos pedagogene, slik at man ikke får en apatisk lærer som bare venter på at eleven skal bli "moden nok".

Diskusjon

Denne oppgaven har sett på flere teorier som kan tolkes å omhandle det samme problemet; hvordan fungerer hjernen når det kommer til ferdighetstrening og hvordan motivere til dette. I diskusjonen skal oppgaven se på hva man kan trekke utifra de to hoveddelene i teksten samt diskutere hvordan disse sammen danner en helhetlig tankegang man kan bruke for å konkludere i problemstillingen. Formålet i denne oppgaven var begrunnet primært i hvordan få elever til å gidde å ta til seg læring gjennom utdanningen, samt viktigheten av at pedagoger er klar over hjernens fungering for å overbevise dem om viktigheten av spesifikk øving. Oppgaven er rent teoretisk der relevant teori og forskning ble samlet for å belyse problemstillingen og hvilken kunnskap vitenskapen har i disse feltene. Den hjernebiologiske forskningen er basert på moderne kunnskap fra nevrovitenskapen om hvordan hjernen fungerer etter nettverksprinsipp, mens teoriene rundt motivasjon ble valgt på bakgrunn av at oppgaven valgte å se på læring som personlig vekst. For å være motivert må aktiviteten og ferdigheten man utfører være rettet mot noe, enten det er et mål i seg selv eller bare for å føle det positive med å utføre aktiviteten (Ryan & Deci, 2000a). Derfor ble fokuset lagt mot personlig utvikling, da dette er brukt i disse tradisjonene som mål på et menneske som er på vei for å utfylle alle mulighetene et individ har (Rogers, 1951, 1963). Totalt sett vil disse to tradisjonene danne et helhetlig bilde for læring der kunnskap om hjernens evne til nettverkdannelse fører til at man legger til rette for motivasjonelle strategier som støtter den innsatsen læring og øvelse trenger.

Hva er det nevrobiologiske grunnlaget for læring?

Læring krever at flere områder i hjernen sammen koordinerer seg sammen og danner nettverk. Denne nettverktankegangen har blitt konkretisert i det teoretiske rammeverket som TNGS gir (Edelman, 1992). Gottlieb så på hvordan stimuli fra fosterstadiet og tvers gjennom hele livsløpet er en viktig faktor for å få disse nettverkene til å dannes og korteks til å utvikle

seg optimalt (Brodal, 2013; Gottlieb, 2002). Det vil si at utvikling er et dynamisk samspill mellom fysisk vekst, læring og erfaring (Edelman 1992; Gottlieb, 2002). Gjennom evolusjonen har hjernen blitt utviklet til å bestå av mange spesifikke, men likevel koordinerte nettverkskart som fungerer på en domenespesifikk måte (Edelman, 1992; Sporns, 2011, 2012). Praktisk vil dette manifestere seg i et behov for spesifikk trening innen den ferdigheten eller kunnskapen individet vil øke sin kompetanse innenfor (Haga et al. 2007; Sigmundsson & Hopkins, 2010). Et viktig skille er mellom evner og ferdigheter, evner er en medfødt egenskap som ofte er en forutsetning for å tilegne seg ferdigheter (Sigmundsson et al. 2014). Skal man bli god til å kjøre formel 1 bil er det for eksempel viktig å se godt. Syn er betraktet som en evne, kjøring derimot er en ferdighet (Sigmundsson et al. 2017; Stein & Walsh, 1997).

Forskning viser at hjernen danner flere nettverk under utviklingen, og gjennom øving vil de nervebanene som er i bruk bli styrket gjennom synaptiske endringer (Brodal, 2013; Edelman, 1992; Stensdotter, 2008). De som ikke blir aktiverte i lik grad vil bli gradvis svekket og lagt i bakgrunnen (Edelman, 1992, 1993; Kleim & Jones, 2008). Synaptiske endringer gjennom mekanismer som LTP fører til det man kaller nevralt plastisitet, at hjernen er i stand til å endre seg basert på stimuli og erfaring. Disse modellene fra probabilistisk epigenese, TNGS, LTP o.s.v. gir pedagoger teoretiske rammeverk som gjør at de kan skape verktøy som fremmer læringspotensialet hos den enkelte elev. Hjernen er avhengig av stimuli og erfaring for å utvikle seg på en normal måte. På lik linje vil økt stimuli og erfaring gjøre at ferdigheter automatiseres over tid (Brodal, 2013; Gottlieb, 1997). Resultatene fra forskning tyder på at for å få til denne kompetansen så må det spesifikk trening til, og individer må jobbe lenge for å oppnå høy kompetanse (Ericsson et al. 2007). Studier som har sett på problemstillinger rundt spesifikke ferdigheter har funnet støtte om tankegangen rundt nødvendigheten av spesifikk trening. Dette gjelder ferdigheter i seg selv (Haga et al. 2007), økning av kompetanse gjennom trening (Hadders-Algra, 2010; Sigmundsson & Hopkins, 2010), og rehabilitering

etter hjerneskader (Kleim & Jones, 2008). På bakgrunn av resultatene de finner, er det logisk å kunne argumentere for viktigheten av spesifikk trening for økning av ferdighetskompetanse. Hjernen er lagd for å være adaptiv slik at barn som blir født i en ukjent verden full av utfordringer får de beste forutsetninger til å lære seg ferdigheter slik at de kan mestre disse utfordringene. Plastisitet gjør at gjennom gjentatte øvelser så blir man stadig mer kompetent i de ferdighetene en ønsker å bli god i; ”Pågående stimuli vil føre til større frisetting av transmittorstoffer i synapsene og øke synapsenes følsomhet” (Stensdotter, 2008, s.55). Dette er i tråd med Edelman sin teori rundt TNGS som hevder at økt aktivisering fører til sterkere forbindelser mellom nevralt nettverk og dermed aktiveres disse forbindelsene lettere over tid og gjør at ferdigheter automatiseres (Edelman, 1992). Det ser også ut til at hjernen sin evne til endring gjennom plastisitet også krever at ferdighetene i stor grad er nødt til å bli vedlikeholdt for å opprettholde sin styrke (Brodal, 2013; Ericsson et al. 2007). Hjernen har evnen til endring gjennom hele livet, men med økende alder ser man tegn på økt vanskelighet for dette i visse kortikale områder som for eksempel hippocampus (Hof & Morrison, 2004). Det er derfor viktig å ha en grad av motivasjon inn i bildet for å opprettholde menneskers evne til fortsatt øvelse, selv de største mestrene i fiolin øver flere timer daglig (Csikszentmihalyi, 1975). Man ser tolkninger i litteraturen til at økt motivasjon faktisk fremmer hjernens evne til læring gjennom modulerende nevroner som kommuniserer med de nevralt banene som ferdigheten bruker (Daw & Shohamy, 2008; Tye & Janak, 2007). Derfor er det ikke viktig bare med kunnskap rundt hvor viktig det er med spesifikk trening, man må også vite hvordan man motiverer til denne treningen.

Hvordan kan man motivere til innsatsen læring trenger?

Motivasjonsforskningen som har blitt gjennomgått har i stor grad forsket på hva motivasjon egentlig er, og hvordan man kan oppnå optimal personlig utvikling. Maslow sin grunn teori er fremdeles rådende i de fleste miljøer, og den gir et grunnleggende rammeverk

man kan forstå motiver og behov utifra. Rogers sin klient-sentrerte terapi og varianter av denne tok Maslow sin teori og forsøkte å få dette ut i felten. Sammen med mer moderne forskning rundt SDT kan man nå begynne å legge et grunnlag for konkrete strategier som kan brukes til å motivere til personlig vekst og læring. Det som går igjen gjennom teoriene i denne retningen er behovet for frihet og aksept fra omverdenen rundt enkeltindividet (Deci & Ryan, 1985; Rogers, 1961). Barn ser ut til å bli født inn i verden utforskende og motiverte for erfaring (Rogers, 1961; Tetzchner, 2001). Dette er i stor grad i samsvar med utviklingsteorier oppgaven har sett på, samt tankegangen for nødvendighet av stimulering for optimal utvikling av hjernen (Gottlieb, 1997; Brodal, 2013; Edelman, 1992). Gjennom oppveksten har utviklingsteoretikere med Bowlby i spissen sett på hvordan barn søker tilknytning i omverdenen, barn er veldig sårbare og har behov for beskyttelse fra omgivelsene (Tetzchner, 2001). Dette behovet er i stor grad selektert gjennom evolusjonen med tilknytningsstiler der barn og omsorgspersoner knytter sterke bånd som fører til at omsorgspersonene bruker tid og energi på å oppdra barnet (Ainsworth, 1979; Tetzchner, 2001). Det som kan få negative følger er når omsorgspersonene blir såpass overbeskyttende at det hemmer barnets sin evne til selvstendig kunne utforske omgivelsene fra en trygg base (Ainsworth, 1979; Tetzchner, 2001). Dette går på en av de store motivasjonelle faktorene som har gått igjen i alle teoriene, retten til selvbestemmelse. Barn må få lov til å velge hva de vil fokusere sin interesse og innsats på basert på de unike forutsetningene ethvert barn har. Ekteparet Moser beskriver viktigheten av å differensiere skolesystemet basert på elevenes individuelle forutsetninger slik at de flinke barna ikke kjeder seg, og de som sliter ikke faller fra (Midling, 2014). Å fostre ambisjoner hos studenter er noe rektor ved NTNU Gunnar Bovim er enig i: "– Det må være lov å ha ambisjoner. Det er lov i sport, men det er unorskt å ha intellektuelle ambisjoner. Vi må la de intellektuelle ambisjonene komme frem, sier Bovim" (Midling, 2014). Problemet i dag er at skolesystemet er basert på at alle skal komme opp til et akseptert nivå innenfor de

fagene samfunnet mener barn skal kunne, og det er ikke tilrettelagt i stor grad for individuelle variasjoner i interesser og kompetanse. (Dæhlen et al. 2011; Lyngsnes, 2007; Utdanningsdirektoratet, 2010). Så pedagoger er nødt til å være kreative i sin tilrettelegging i disse fagene slik at elevene får best mulig utgangspunkt til å oppnå økt kompetanse i dem. Både Edvard og May-Britt Moser sier at samfunnet trenger ikke eliteskoler, men dyktige lærere med "stjerner i øynene" som kan motivere barna i fagene (Midling, 2014). Lyngsnes (2007) beskriver hvordan pedagoger kan legge opp til ansvar for egen læring på en god måte:

Det innebar en tydelig ledelse og organisering av elevenes aktiviteter, motivering og støtte til elevene slik at de ble satt i stand til å ta et aktivt og selvstendig grep om egne læringsprosesser, utvikle faglig kunnskap og nysgjerrighet og samtidig jobbe sammen. Her ble ikke elevene *fortalt* at de hadde ansvar for egen læring og overlatt til seg selv for å ta dette ansvaret mens lærerens rolle ble marginalisert. I denne klassen ble det utviklet strukturer som fastholdt elevene i deltakende og ansvarlige roller med lærere som samarbeidet med dem om målfastsettelse, faglig innhold og vurderingskriterier, og som støttet og utfordret elevenes læring gjennom dialoger, samhandling og kontekstualisering av lærestoff og oppgaver (Lyngsnes, 2007, s.54)

Dette er helt i tråd med både Rogers sin student-sentrerte teori og SDT som forteller oss at for å få til best mulige forutsetninger for læring, så bør elever bli møtt med aksept, forståelse, mulighet til selvstendighet og trygghet (Rogers, 1963; Ryan & Deci, 2000a). Man bør bruke motivasjons ord for å oppmuntre elever sin evne til selvstendighet. Gode eksempler på disse er vil, kan og tør, i stedet for må, skal og bør (Trana, 2005). Gode trenere har allerede kunnskapen om mestringsfølelse i bruk: "Det som er bra med enkeltturer er at turen kan skape en opplevelseslyst hos den enkelte elev og som igjen kan være en motivasjonsfaktor for videre aktiviteter og livsutfoldelse" (Trana, 2005, s.1). Dette er teknikker erfarne trenere anerkjenner, og hvis man får inn slike faktorer i klasserommet kan man tilegne seg det samme

resultatet. "Tryggheten, trivselen og sikkerheten for hver enkelt utøver må vi aldri glemme" (Trana, 2005, s.16). Det samme kan vi si om eleven, å få vedkommende til å føle seg trygg, sosialt akseptert og selvstendig til å følge sine interesser og møte utfordringer.

Konklusjon

Det er viktig å være bevisst på sammenhengen mellom motivasjon og læring, samt hvordan hjernen fungerer for å tilegne seg kunnskaper. Spesifikk og varig trening er nødvendig for å oppnå kompetanse, bedre kunnskap og automatisere ferdigheter (Brodal, 2013; Ericsson et al. 2007). Økt mestring av ferdigheter gjør at nye muligheter åpner seg, og økt kompetanse lar mennesker få mulighet til å gå utover de normale rammene for en aktivitet og være kreativ (Csikszentmihalyi, 1975; Ericsson et al. 2007). Spesifikk trening er det viktigste man gjør for å forbedre mestring, dette er et viktig moment med tanke på både normal utvikling og rehabilitering etter skader (Kleim & Jones, 2008). Nevrale nettverk vil omdanne seg spesifikt til hvordan man trener, og de blir påvirket fra modulerende nettverk basert på vår grad av motivasjon til å utføre treningen (Daw & Shohamy, 2008; Edelman, 1992; Tye & Janak, 2007). Viktigheten å oppmuntre barn til å bli alt det de kan bli er derfor stor, elever må få et mål som gjør at de vokser ikke bare som fagperson men også som menneske (Rogers, 1961). Derfor ble personlig utvikling valgt som det målet flest mennesker vokser på, noe som er interessant ikke bare pedagogisk men også klinisk. Når mennesker ikke lengre fungerer optimalt og blir på stedet hvil i livene sine kan man være trygg på at en eller annen form for depresjon er i anmarsj når det ikke er en annen somatisk lidelse som har dukket opp eller en traumatisk hendelse (Rogers, 1961; Seligman, 1975). Elever og studenter kan bli skolelei og opplever ikke mestring på disse arenaene som er så viktig i dagens samfunn. Dette bidrar til følelsen av håpløshet og at livet blir satt på vent fordi det er forventet at en tar en utdanning. Derfor er kunnskapen denne oppgaven presenterer så viktig. Den ser på hvordan man må øve for å mestre ferdigheter og strategier for hvordan dette

kan bli motivert hos den enkelte. Å møte deprimerte mennesker er en tung oppgave som blir helsevesenet sin jobb, og en av kommentarene en terapeut kan møte her er "hvorfors gidder jeg?". Depresjon er faktisk en av de store energityvene av psykopatologiske tilstander (Seligman, 1975). Å være preventiv med tanke på å arbeide med å gi unge mennesker et mål i livet og vilje til å oppnå dette vil muligens minke depresjonsraten man ser i samfunnet i dag (Mash & Wolfe, 2010). Apati gjenspeiler nedsatt livskvalitet, og selv om alle ikke kan bli superstjerner eller jagerpiloter så kan man iallefall finne sin egen sti og mening etter å ha oppnådd et grunnleggende kunnskapsnivå. Derfor må man legge til rette for at elever og mennesker generelt føler at de blir møtt med sosial aksept for dem de er, slik at de kan føle seg trygge til å utforske sine ferdigheter i en trygg og oppfordrende ramme. Lærere bør også legge til rette for at elevene kan finne ut hva som interesserer dem og kanskje gjøre karriere innenfor dette feltet. Elever som får disse behovene tilfredstilt vil ha alle forutsetninger for å kunne oppnå mestringsfølelse gjennom god veiledning og støtte, slik at over tid vil de selv internalisere denne motivasjonen slik at de selvstendig kan utvikle seg selv og følge sine mål. Dermed blir elevene heltene i sine egne liv, da de selv bestemmer hvilken vei de tar.

Referanser

- Ainsworth, M. S. (1979). Infant–mother attachment. *American Psychologist*. *34*. 932-937. doi: 10.1037/0003-066X.34.10.932
- Arias-Carrión, O. & Pöppel, E. (2007). Dopamine, learning and reward-seeking behavior. *Acta Neurobiologiae Experimentalis*. *67*. 481–488
- Bandura, A. (1977): Self-efficacy: Toward a unifying theory of behavioral change. *Psychological Review*. *84*, 191-215.
- Baumeister, R. F. & Leary, M. R. (1995). The need to belong: Desire for interpersonal attachments as a fundamental human motivation. *Psychological Bulletin*. *117*. 497-529. doi: 10.1037/0033-2909.117.3.497
- Bear, M. F., Connors, B. W. & Paradiso M. A. (2007). *Neuroscience: Exploring the brain*, (3rd edition). Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins
- Berardi, N., Pizzorusso, T. & Maffei, L. (2000). Critical periods during sensory development. *Current Opinion in Neurobiology*. *10*. 138-145. doi: 10.1016/S0959-4388(99)00047-1
- Berridge, K. C. (2007). The debate over dopamine's role in reward: the case for incentive salience. *Psychopharmacology*. *191*. 391–431. doi: 10.1007/s00213-006-0578-x
- Bjørngen, I. A. (2008). Ansvar for egen læring. *Tidsskrift for Norsk Psykologforening*. *45*. 862-866
- Bliss, T. V. P., & Lømo, T. (1973). Long-lasting potentiation of synaptic transmission in the dentate area of the anaesthetized rabbit following stimulation of the perforant path. *The Journal of Physiology*, *232*. 331-356
- Brodal, P. (2013). *Sentralnervesystemet*, (5 utgave). Oslo: Universitetsforlaget AS
- Burke, S. N. & Barnes, C. A. (2006). Neural plasticity in the ageing brain. *Nature Reviews Neuroscience*. *7*, 30-40. doi:10.1038/nrn1809
- Buss, D. M., & Kenrick, D. T. (1998). Evolutionary social psychology. I Gilbert, D. T., Fiske, S. T. & Lindzey, G. (Red.), *The handbook of social psychology* (4th edition, Vol. II). s.982-1026. Boston: McGraw-Hill.
- Caporale, N., & Dan, Y. (2008). Spike timing-dependent plasticity: a Hebbian learning rule. *Annual Review of Neuroscience*, *31*, 25-46. doi: 10.1146/annurev.neuro.31.060407.125639

- Chirkov, V., Ryan, R. M., Kim, Y., & Kaplan, U. (2003). Differentiating autonomy from individualism and independence: A self-determination perspective on internalization of cultural orientations, gender and well being. *Journal of Personality and Social Psychology*, *84*, 97–110. doi: 10.1037/0022-3514.84.1.97
- Clugnet, M. C. & LeDoux, J. E. (1990). Synaptic Plasticity in Fear Conditioning Circuits: Induction of LTP in the Lateral Nucleus of the Amygdala by Stimulation of the Medial Geniculate Body. *The Journal of Neuroscience*. *10*. 2818-2824.
- Csikszentmihalyi, M. (1975). *Beyond Boredom and Anxiety. Experiencing Flow in Work and Play*. San Fransisco: Jossey-Bass Inc. Publishers
- Csikszentmihalyi, M. (1990). *Flow: The Psychology of Optimal Experience*. New York: Harper and Row.
- Csikszentmihalyi, M. (1998). *Finding Flow: The Psychology of Engagement With Everyday Life*. New York: Basic Books
- Csikszentmihalyi, M. (2008). Flyt og læring. I Sigmundsson, H. (Red.). *Læring og ferdighetsutvikling*. (s.119-129). Trondheim: Tapir akademisk forlag.
- Daw, N. D. & Shohamy, D. (2008). The Cognitive Neuroscience of Motivation and Learning. *Social Cognition*. *26*. 593–620
- Deci, E. L., Eghrari, H., Patrick, B. C., & Leone, D. R. (1994). Facilitating internalization: The self-determination theory perspective. *Journal of Personality*, *62*, 119–142. doi: 10.1111/j.1467-6494.1994.tb00797.x
- Deci, E. L. Kostner, R. & Ryan, R. M. (1999). A meta-analytic review of experiments examining the effects of extrinsic rewards on intrinsic motivation. *Psychological Bulletin*. *125*. 627-668. doi: 10.1037/0033-2909.125.6.627
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (1985). *Intrinsic motivation and self-determination in human behavior*. New York: Plenum
- Dehaene, S. (2014). *Consciousness and the Brain. Deciphering How the Brain Codes Our Thoughts*. New York: Viking, Penguin Group.
- Dreyer, J. K., Herrik, K. F., Berg, R. V. & Hounsgaard, J. D. (2010). Influence of Phasic and Tonic Dopamine Release on Receptor Activation. *The Journal of Neuroscience*. *30*. 14273-14283. doi: 10.1523/JNEUROSCI.1894-10.2010
- Dwight, J. (1919). The Relationship of the Gulls Known as *Larus fuscus* and *Larus affinis*. *The American Ornithologists` Union*. *36*. 542-546. doi: 10.2307/4073350
- Dæhlen, M., Smette, I. & Strandbu, Å. (2011): *NOVA Rapport 4. Ungdomsskoleelevers meninger om skolemotivasjon - En fokusgruppestudie*. Oslo. Allkopi. Hentet fra http://www.nova.no/asset/4538/1/4538_1.pdf

- Edelman, G. M. (1992). *Bright Air, Brilliant Fire. On the Matter of the Mind*. USA: BasicBooks
- Edelman, G., M. (1993). Neural Darwinism: Selection and Reentrant Signaling in Higher Brain Function. *Neuron*. 10. 115-125. doi: 10.1016/0896-6273(93)90304-A
- Edelman, G. M. (2006). *Second Nature. Brain Science and Human Knowledge*. New Haven, London: Yale University Press
- Edelman, G. M. & Gally, J. A. (1992). Nitric oxide: Linking space and time in the brain. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 89. 11651-11652
- Eichenbaum, H. (2007). Comparative Cognition, Hippocampal Function, and Recollection. *Comparative Cognition & Behavior Reviews*. 2. 47-66. doi: 10.3819/ccbr.2008.20003
- Eker, T. H. (2005). *Secrets of the Millionaire Mind: Mastering the Inner Game of Wealth*. New York: HarperBusiness publishing
- Engert, F. & Bonhoeffer, T. (1999). Dendritic spine changes associated with hippocampal long-term synaptic plasticity. *Nature*. 399. 66-70. doi:10.1038/19978
- Erber, J. T. (2010). *Aging and Older Adulthood*. (2nd edition). Malden, MA: Wiley-Blackwell Publishing.
- Ericsson, K. A. & Lehmann, A. C. (1996). EXPERT AND EXCEPTIONAL PERFORMANCE: Evidence of Maximal Adaptation to Task Constraints. *Annual Review of Psychology*. 47. 273-305. doi: 10.1146/annurev.psych.47.1.273
- Ericsson, K. A., Prietula, M. J. & Cokely, E. T. 2007. The Making of an Expert. *Harvard Business Review*. 85. 114-121.
- Ericsson, K. A., Roring, R. W. & Nandagopal, K. (2007). Giftedness and evidence for reproducibly superior performance: an account based on the expert performance framework. *High Ability Studies*. 18. 3-56. doi:10.1080/13598130701350593
- Fadnes, B., Leira, K. & Brodal, P. (2010). *Læringsnøkkelen. Om Samspillet Mellom, Bevegelser, Balanse og Læring*. Oslo: Universitetsforlaget
- Fendler, L. (1998). What is it impossible to think? A genealogy of the educated subject. I Popkewitz, T. & Brennan, M. (Red.). *Foucault's challenge: Discourse, knowledge and power in education*. (s.39-63). New York: Teachers College Press
- Freberg, L. A. (2006). *Discovering Biological Psychology*. Boston, New York: Houghton Mifflin Company

- Gallahue, D. L., Ozmun, J. C. & Goodway, J. D. (2012). *Understanding Motor Development: Infants, Children, Adolescents, Adults*. (7th edition). Boston, MA: Macgraw-Hill Book Co.
- Gottlieb, G. (1963). A naturalistic study of imprinting in wood ducklings. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*. 56. 86-91. doi: 10.1037/h0046285
- Gottlieb, G. (1997). *Synthesizing Nature Nurture. Prenatal Roots of Instinctive Behavior*. New York, London: Psychology Press.
- Gottlieb, G. (1998). Normally Occuring Enviromental and Behavioral Influences on Gene Activity: From Central dogma to Probabilistic Epigenesis. *Psychological Review*. 105. 792-802. doi: 10.1037/0033-295X.105.4.792-802
- Gottlieb, G. (2002). Developmental-Behavioral Initiation of Evolutionary Change. *Psychological review*. 109. 211-218. doi: 10.1037//0033-295X.109.2.211.
- Gottlieb, G. (2007). Probabilistic Epigenesis. *Developmental Science*. 10. 1-11. doi: 10.1111/j.1467-7687.2007.00556.x
- Grøgaard, J. B., Hatlevik, I. & Markussen, E. (2004). *Eleven i fokus? En brukerundersøkelse av norsk spesialundervisning etter enkeltvedtak*. Oslo: Norsk institutt for studier av forskning og utdanning (Rapport nr 9). Hentet fra http://www.udir.no/Upload/Rapporter/5/Brukerundersokelse_spesundervisningen_NIF_U_STEP.pdf?epslanguage=no
- Hadders-Algra, M. (2010). Variation and Variability: Key words in Human Motor Development. *Physical Therapy*, 90. 1823-1837. doi: 10.2522/ptj.20100006
- Haga, M., Pedersen, A.V., & Sigmundsson, H. (2007). Interrelationship among selected measures of motor skills. *Journal Compilation, Child: care, health and development*. Blackwell Publishing Ltd. doi: 10.1111/j.1365-2214.2007.00793x
- Haga, M., & Sigmundsson, H. (2005). Ferdighetsutvikling innen idrett –øvelse gjør mester. *Gymnos Tema*. 2(2). s.3-6.
- Hebb, D.O. (1949). *The Organization of Behavior*. New York: Wiley & Sons
- Hof, P. R. & Morrison, J. H. (2004). The aging brain: morphomolecular senescence of cortical circuits. *Trends in Neuroscience*. 27. 607–13. doi:10.1016/j.tins.2004.07.013.
- Holterman, S. (2010, 6. mai). Vil skille jenter og gutter. *Dagbladet*. Hentet fra <http://www.dagbladet.no/>
- Huang, E. J. & Reichardt, L. F. (2001). Neurotrophins: Roles in Neuronal Development and Function. *The Annual Review of Neuroscience*. 24. 677–736. doi: 10.1146/annurev.neuro.24.1.677.
- Hunskår, S. (2013). *Allmennmedisin*. (3 utgave). Oslo: Gyldendal akademisk

- Irwin, D. E., Irwin, J. H. & Price, T. D. (2001). Ring species as bridges between microevolution and speciation. *Genetica*. 112-113. 223-243. doi: 10.1023/A:1013319217703
- Jaenisch, R. & Bird, A. (2003). Epigenetic regulation of gene expression: how the genome integrates intrinsic and environmental signals. *Nature Genetics* 33, 245 - 254. doi:10.1038/ng1089
- Johnston, T. D. (1987). The persistence of dichotomies in the study of behavioral development. *Developmental Review*. 7. 149–182. doi:10.1016/0273-2297(87)90011-6
- Johnston, T. D. (2007). The Role of Genes in Probabilistic Epigenesis: Rethinking the Nature of `Nature`. *European Journal of Developmental Science*. 1. 120-128. doi: 10.3233/DEV-2007-1204
- Kennair, L. E. O. (2004). *Evolusjonpsykologi. En innføring i menneskets natur*. Trondheim: Tapir Akademisk Forlag
- Kleim, J. A., & Jones, T. A. (2008). Principles of Experience-Dependent Neural Plasticity: Implications for Rehabilitation After Brain Damage. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*. 51. 225-239. doi: 10.1044/1092-4388(2008/018)
- Larsen, R. J. & Buss, D. M. (2008). *Personality Psychology. Domains of Knowledge About Human Nature*. (3rd edition). New York: McGraw-Hill
- Li, F. & Tsien, J. Z. (2009). Memory and the NMDA Receptors. *N Engl J Med*. 361. 302-303. doi: 10.1056/NEJMcibr0902052
- Logothetis, N. K. (2003). The Underpinnings of the BOLD Functional Magnetic Resonance Imaging Signal. *The Journal of Neuroscience*. 23. 3963–3971
- Lyngsnes, K. M. (2007). «Ansvar for egen læring» i norsk skole. *Forskning og utvikling i praksis*. 1. 45-58
- Mash, E. J. & Wolfe, D. A. (2010). *Abnormal Child Psychology*. Belmont: Wadsworth
- Maslow, A. (1943). A Theory of Human Motivation. *Psychological Review*. 50. 370-396. doi: 10.1037/h0054346
- Maslow, A. (1954). *Motivation and Personality*. New York: Harper
- Maslow, A. (1968). *Toward a Psychology of Being*. (2nd edition). New York: Van Nostrand
- McHugh, T. J., Blum, K. I., Tsien, J. Z., Tonegawa, S. & Wilson, M. A. (1996). Impaired Hippocampal Representation of Space in CA1-Specific NMDAR1 Knockout Mice. *Cell*. 87. 1339–1349. doi: 10.1016/S0092-8674(00)81828-0

- Meaney, M. J. (2001). Maternal Care, Gene Expression, and the Transmission of Individual Differences in Stress Reactivity Across Generations. *Annual Review of Neuroscience*. 24. 1161-1192. doi: 10.1146/annurev.neuro.24.1.1161
- Meld. St. 22. (2010-2011): *Motivasjon - mestring - muligheter. Ungdomstrinnet*. Oslo: Kunnskapsdepartementet
- Midling, A. S. (2014, 8. desember). Viktig med ulik undervisning for å dyrke talentene. *Gemini*. Hentet fra www.gemini.no
- Mitchell, T. R. (1982). Motivation: New Directions for Theory, Research, and Practice. *Academy of Management Review*. 7. 80-88. doi: 10.5465/AMR.1982.4285467.
- Monsen, T. H. (2010, 10. september). Læringsekspert ut mot sosialpedagogikken: - Skolefolks skrekk for biologi skaper tapere. *Universitetsavisa*. Hentet fra <http://www.universitetsavisa.no/>
- Myers, David G. (2005). *Social Psychology*. (9th edition). Boston: McGraw Hill.
- Opplæringsloven. Lov av 17. juli 1998. nr 61. § 1-3. Tilpassa opplæring og tidleg innsats. Lov om grunnskolen og den vidaregåande opplæringa.. Hentet fra https://lovdata.no/dokument/NL/lov/1998-07-17-61/KAPITTEL_1#KAPITTEL_1
- Ottersen, O. P. (2005). Sculpted by competition. *Nature*. 434. 969. doi: 10.1038/434969a
- Pascual-Leone, A., Amedi, A., Fregni, F. & Merabet, L. B. (2005). The Plastic Human Brain Cortex. *Annual Review of Neuroscience*. 28. 377-401. doi: 10.1146/annurev.neuro.27.070203.144216
- Pedersen, A. V. (2008). Hva er ferdighet? I Sigmundsson, H. (Red.). *Læring og ferdighetsutvikling*. (s.19-37). Trondheim: Tapir akademisk forlag
- Porter, E. H. (1943). The development and evaluation of a measure of counseling interview procedures. Part I. The development. *Educational and Psychological Measurement*. 3. 105-126. doi: 10.1177/001316444300300111
- Porter, E. H. (1950). *An Introduction to Therapeutic Counseling*. Boston: Houghton Mifflin
- Raz, N. & Rodrigue, K. M. (2006). Differential aging of the brain: Patterns, cognitive correlates and modifiers. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. 30. 730-748. doi:10.1016/j.neubiorev.2006.07.001.
- Rezmick, D. N. & Ricklefs, R. E. (2009). Darwin's bridge between microevolution and macroevolution. *Nature*. 457. 837-842. doi: 10.1038/nature07894
- Roberts, T. F., Tschida, K. A., Klein, M. E. & Mooney, R. (2010). Rapid spine stabilization and synaptic enhancement at the onset of behavioral learning. *Nature*. 463. 948-952. doi: 10.1038/nature08759

- Robinson, K. (2010). Changing education paradigms. *RSA Animate, The Royal Society of Arts. London*. Hentet fra <https://www.youtube.com/watch?v=zDZFcDGpL4U>
- Rogers, C. R. (1951). *Client-centered Therapy: Its Current Practice, Implications and Theory*. London: Constable
- Rogers, C. R. (1961). *On becoming a person: A therapist's view of psychotherapy*. New York: Houghton Mifflin
- Rogers, C. R. (1963). The concept of the fully functioning person. *Psychotherapy: Theory, Research & Practice. 1*. 17-26. doi: 10.1037/h0088567
- Rogers, C. R. (1969). *Freedom to Learn: A View of What Education Might Become*. (1st edition). Columbus, Ohio: Charles Merrill
- Rogers, C. R., Lyon, H. C. & Tausch, R. (2013). *On Becoming an Effective Teacher – Person - centered teaching, Psychology, Philosophy, and Dialogues with Carl R. Rogers and Harold Lyon*. London: Routledge,
- Rothlisberger, M., & Michel, E. (2009). Development and evaluation of a motor coordination training for children in special-needs classes. *Prax Kinderpsychol Kinderpsychiatr, 58*, 215 – 230.
- Ryan, R. M. & Deci, E. L. (2000a). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American Psychologist. 55*. 68-78. doi: 10.1037/0003-066X.55.1.68
- Ryan, R. M. & Deci, E. L. (2000b). Intrinsic and Extrinsic Motivations: Classic Definitions and New Directions. *Contemporary Educational Psychology. 25*. 54-67. doi: 10.1006/ceps.1999.1020
- Ryan, R. M., Stiller, J., & Lynch, J. H. (1994). Representations of relationships to teachers, parents, and friends as predictors of academic motivation and self-esteem. *Journal of Early Adolescence, 14*, 226–249. doi: 10.1177/027243169401400207
- Sakic, B., Kolb, B., Whishaw, I. Q., Gorny, G., Szechtman, H. & Denburg, J. A. (2000). Immunosuppression prevents neuronal atrophy in lupus-prone mice: evidence for brain damage induced by autoimmune disease?. *Journal of Neuroimmunology. 111*. 93–101. doi: 10.1016/S0165-5728(00)00364-7
- Schultz, W. (2007). Behavioral dopamine signals. *Trends in Neurosciences. 30*. 203-210. doi: 10.1016/j.tins.2007.03.007
- Seligman, M.E.P. (1975). *Helplessness: On Depression, Development, and Death*. San Francisco: W.H. Freeman & Company
- Sigmundsson, H. & Haga, M. (2000). Barn og motorisk kompetanse. *Tidsskrift for Den norske legeforening, 120*. 3048-3050.

- Sigmundsson, H. & Hopkins, B. (2010). Baby swimming: exploring the effects of early intervention on subsequent motor abilities. *Child: Care, Health and Development*. 36. 428–430. doi: 10.1111/j.1365-2214.2009.00990.x
- Sigmundsson, H., Leverensen, J. & Haga, M. (2014). Læring av ferdigheter - erfaringsbasert seleksjon. I Sigmundsson, H. (Red.). *Læringsvansker*. (s.13-22). Oslo: Fagbokforlaget.
- Sigmundsson, H. & Wiedermann, J. E. (2008). Ferdighetsutvikling. I Sigmundsson, H (Red.). *Læring og ferdighetsutvikling*. (s.69-79). Trondheim: Tapir akademisk forlag
- Skaalvik, E. M. & Skaalvik, S. (2005). *Skolen som læringsarena: selvoppfatning, motivasjon og læring*. Oslo: Universitetsforlaget
- Snilstveit, P. K. S. & Elvebakk, L. (2013). Norskundervisningen - når det bare skal settes en karakter. *Utdanningsforbundet - Bedre Skole*. 1. 73-77.
- Sowell, E., R., Peterson, B., S., Thompson, P., M., Welcome, S., E., Henkenius, A., L., & Toga, A., W. (2003). Mapping Cortical Change Across the Human Life Span. *Nature neuroscience*, 6. 309-315. doi: 10.1038/nm1008
- Sporns, O. (2011). *Networks of the Brain*. Cambridge: The MIT Press
- Sporns, O. (2012). *Discovering the Human Connectome*. Cambridge: The MIT Press
- Springer, T. A. (1990). Adhesion receptors of the immune system. *Nature*. 346. 425-434. doi: 10.1038/346425a0
- Statistisk Sentralbyrå. (2014, 30. oktober). Karakterer ved avsluttet grunnskole, 2014. Hentet fra <http://www.ssb.no/kargrs/>
- Stein, J. & Walsh, V. (1997). To see but not to read; the magnocellular theory of dyslexia. *Trends in neurosciences*. 20. 147-152. doi: 10.1016/S0166-2236(96)01005-3
- Stensdotter, A. K. (2008). Det biologiske grunnlaget for læring. I Sigmundsson, H. (Red.). *Læring og ferdighetsutvikling*. (s.51-67). Trondheim: Tapir akademisk forlag.
- Strandkleiv, O. I. (2006): *Motivasjon i praksis: Håndbok for lærere*. Oslo: Elevsiden DA.
- Tetzchner, S. V. (2001). *Utviklingspsykologi, Barne- og Ungdomsalderen*. Oslo: Gyldendal Akademisk.
- Thelen, E. (1989). The (Re)Discovery of Motor Development. Learning New Things From an Old Field. *Developmental Psychology*. 25. 946-949. doi: 10.1037/0012-1649.25.6.946
- Thelen, E., & Fisher, D. M. (1982). Newborn stepping: An Explanation for a "Disappearing" Reflex. *Developmental Psychology*. 18. 760-775. doi: 10.1037/0012-1649.18.5.760
- Trana, N. (2005). *Basistrening for ungdom i alderen 13-16 år, ved hjelp av "treningsprosessen"*. Namsos: Namsen grafiske

- Tunstad, E. (2009). *Darwins Teori. Evolusjon Gjennom 400 År*. Oslo: Humanist forlag
- Tye, K. M. & Janak, P. H. (2007). Amygdala Neurons Differentially Encode Motivation and Reinforcement. *The Journal of Neuroscience*. 27. 3937-3945. doi: 10.1523/JNEUROSCI.5281-06.2007
- Utdanningsdirektoratet (2010): *Matematikk for alle ... men alle behøver ikke å kunne alt*. Hentet fra: www.udir.no/Upload/Rapporter/2010/5/Matematikk_for_alle_2.pdf
- Vallerand, R. J., & Reid, G. (1984). On the causal effects of perceived competence on intrinsic motivation: A test of cognitive evaluation theory. *Journal of Sport Psychology*, 6, 94–102.
- Van den Heuvel, M. P. & Sporns, O. (2013). Network hubs in the human brain. *Trends in Cognitive Sciences*. 12. 683-696. doi: 10.1016/j.tics.2013.09.012
- Vijayraghavan, S., Wang, M., Birnbaum, S. G., Williams, G. V. & Arnsten, A. F. T. (2007). Inverted-U dopamine D1 receptor actions on prefrontal neurons engaged in working memory. *Nature Neuroscience*. 10. 376-384. doi: 10.1038/nn1846
- Wang, M., Vijayraghavan, S. & Goldman-Rakic, A. S. (2004). Selective D2 Receptor Actions on the Functional Circuitry of Working Memory. *Science*. 303. 853-856. doi: 10.1126/science.1091162
- Wigstrøm, H. & Gustafsson, B. (1986). Postsynaptic control of hippocampal long-term potentiation. *Journal de Physiologie*. 81. 228-236
- Wilson, E. O. (2006). *From So simple a Beginning. The four great books of Charles Darwin*. London, New York: W. W. Norton & Company Ltd.

Referanser for bilder:

- Bilde 1: Hentet fra Wilson (2006) s.330.
- Bilde 2.1: Hentet fra Måkebloggen (<http://maakeid.blogspot.no/p/sildemake.html>)
- Bilde 2.2 Hentet fra Surfbirds.com (<http://www.surfbirds.com/>)
- Bilde 2.3: Hentet fra Miljølære.no (<http://www.miljolare.no/>)
- Bilde 2.4: Hentet fra Wikipedia (http://en.wikipedia.org/wiki/Ring_species)
- Bilde 3: Hentet fra Sigmundsson & Wiedermann (2008) side 70.
- Bilde 4: Hentet fra Wikipedia (http://en.wikipedia.org/wiki/Neural_crest)
- Bilde 5: Hentet fra Edelman (1992) side 84.

Bilde 6.1-6.4: Hentet fra forelesning vad händer i hjärnan när man lär? v/Siegbert Warkentin.

Bilde 7: Hentet fra Sowell et al. (2003) side 314.

Bilde 8: Hentet fra Keiths Neuroblog (Innlegg datert 28.02.13)
(<http://keithsneuroblog.blogspot.no/>)

Bilde 9: Hentet fra forelesning i PSY 1006 Personlighetspsykologi v/Roger Hagen.