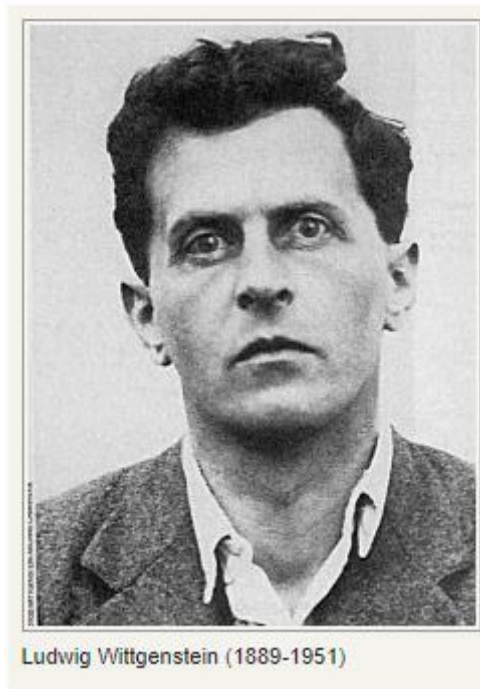


# Fra Wittgenstein til Ontology Engineering 1: Analytisk Sprogfilosofi og Moderne Kunstig Intelligens

## Hvor langt er vi nået?

Hvis man kort gør status på den sproglige side af kunstig intelligens i dag, er der mange avancerede løsninger som imponerer ved deres tekniske fremskridt og praktiske anvendelighed. Computere kan selv oversætte tekst fra et sprog til et andet, tæve os i skak og Jeopardy og i visse tilfælde endda kommunikere på vores præmisser indenfor begrænsede emner, såsom at svare på spørgsmål om rejsetider og lignende over telefonen.

Alligevel hersker der blandt forskere i kunstig intelligens og sprogteknologi forholdsvis bred enighed om at målet om at udvikle kunstig intelligens der kan simulere en form for bevidsthed gennem kommunikation via menneskelige sprog, også kaldet 'natursprog', er stødt på en naturlig grænse. Eksempler på gnidningsfri kommunikation mellem mennesker og computere via natursprog lader simpelthen vente på sig. Eksempelvist burde en søgning på Google fungere som en afslappet samtale – ikke en programmeringsopgave i semantisk snedighed og forståelse af den bagvedliggende algoritmes underliggende funktionalitet.



Ludwig Wittgenstein (1889-1951)

Det er som om denne type forskning har nået et sidste plateau, hvorfra man ikke kan komme videre. Spørgsmålet er så om der kan findes en helt ny vej – en ny tilgang til den sprogteknologiske side af kunstig intelligens, og om den i så tilfælde vil kunne udvise potentiale for nye og mere overbevisende resultater end det vi kender til i dag. Vores rejse mod dette mål starter ved den anerkendte, østrigske sprogfilosof [Ludwig Wittgenstein](#).

## Wittgensteins tidlige sprogforståelse

Kendetegnende for Wittgenstein er måden hvorpå hans liv kan opdeles på i to komplet divergerende perioder og hovedværker. Hver repræsenterer de et syn på det menneskelige sprog som på mange måder er komplet uforenelige med hinanden.

I sin tidlige periode var Wittgenstein dybt optaget af at afdække sprogets underliggende *logiske form*. Man kan sige at han forsøgte at finde 'matematikken i sproget' ved udelukkende at forholde sig til sprogets deskriptive egenskaber, og dette indenfor de strengeste logisk formaliserede rammer. En sætnings mening var udelukkende defineret ved dens sandhedsbetingelser; dvs. en forståelse af hvorledes verden ville se ud hvis den pågældende sætning var sand.

Dette deskriptive og logisk-matematiske syn på det menneskelige sprog, udmøntede sig i Wittgensteins første hovedværk "[Tractatus Logico-Philosophicus](#)". Værket er notorisk utilgængeligt for den gængse læser, og opstiller i hierarkisk punktform et regelsæt der beskriver hvorledes sproget bør anvendes, og i særdeleshed hvorledes det *ikke* bør anvendes.

Sagt i al korthed, viser Wittgenstein os hvorledes filosofiske problemer blot er et resultat af en forkert anvendelse af sproget, hvor der fejlagtigt fremsættes spørgsmål som ikke kan bringes på en *logisk form*. Konklusionen på værket lyder derfor også at "*Det, hvorom man ikke kan tale, om det må man tie*". Ifølge Wittgenstein er "*det hvorom man ikke kan tale...*" så de sproglige instanser som ikke i sig selv kan bringes på en logisk form, som for eksempel metafysiske eller eksistentielle spørgsmål som 'hvad er meningen med livet?'

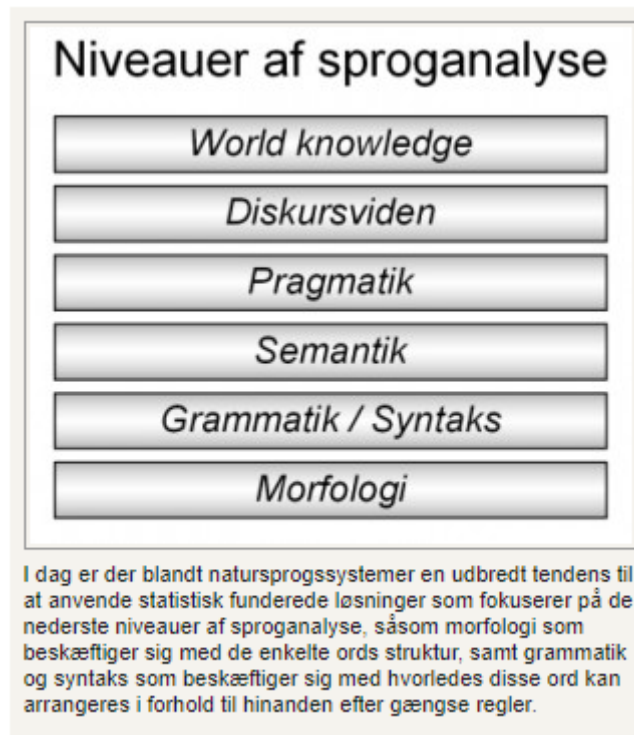
Hovedkritikken af værket er koncentreret omkring den *logiske atomisme* som bliver afgørende for mekanikken i Wittgensteins tidlige sprogforståelse. Wittgenstein hævder i Tractatus at sammenhængen mellem sproget og den verden som det beskriver, er ganske entydig via relationen mellem virkelighedens og sprogets 'mindste bestanddele'. Problemet er bare at Wittgenstein er totalt ude af stand til at præcisere hvad disse mindste bestanddele skulle være. Herved kan man til dels sige at selve fundamentet for Tractatus falder sammen.

## Status på den moderne sprogforståelse

Hvis vi et øjeblik vender tilbage til det dominerende syn på sproget indenfor nutidens forskning, så er det interessant at se hvorledes der er mange fællestræk med Tractatus. For eksempel er der i dag et overhængende fokus på den beskrivende del af sproget der blot sætter navn på de ting og begreber vi kender til. Som vi senere skal se, er dette en mangelfuld sprogforståelse, der ikke formår at indkapsle samtlige relevante aspekter af et natursprogs dynamik og mangfoldighed.

I dag er der blandt natursprogssystemer en udbredt tendens til at anvende statistisk funderede løsninger som fokuserer på de nederste niveauer af sproganalyse, såsom morfologi som beskæftiger sig med de enkelte ords struktur, samt grammatik og syntaks som beskæftiger sig med hvorledes disse ord kan arrangeres i forhold til hinanden efter gængse regler.

Den mest afgørende, fælles fejlslutning må dog være antagelsen om at nøglen til en givtig systematisering af sproget skulle ligge i en form for logisk atomisme der fokuserer på sprogets mindste bestanddele. På samme måde som i Tractatus, er nutidens sprogteknologiske løsninger nødt til at finde en systematik i sproget, så det kan håndteres af en computer. Den mest udbredte strategi hertil, som man ser anvendt i dag, kan med rette anses for en type af logisk atomisme idet den næsten udelukkende arbejder med sprogets mindste bestanddele; dvs. enkelte bogstaver og ord.



Der er helt konkret tale om *statistisk funderede løsninger*, som for eksempel kan oversætte en sætning ved at regne på sandsynligheden af en række ord- eller bogstavkombinationer mellem to forskellige sprog. De fleste har dog oplevet at selv de bedste oversættelsesprogrammer fungerer ganske utilfredsstillende. Den logiske atomisme som er indeholdt i den førnævnte moderne sprogforståelse, består altså helt konkret i et fejlbehæftet fokus på kombinatorikken af elementer fra de allernederste *niveauer af sproganalyse*. Spørgsmålet er hvad alternativet til denne logiske atomisme så er. Svaret finder vi i den sene Wittgensteins forkastelse af sine egne tidligere teorier i hans andet centrale hovedværk: "[Filosofiske Undersøgelser](#)".

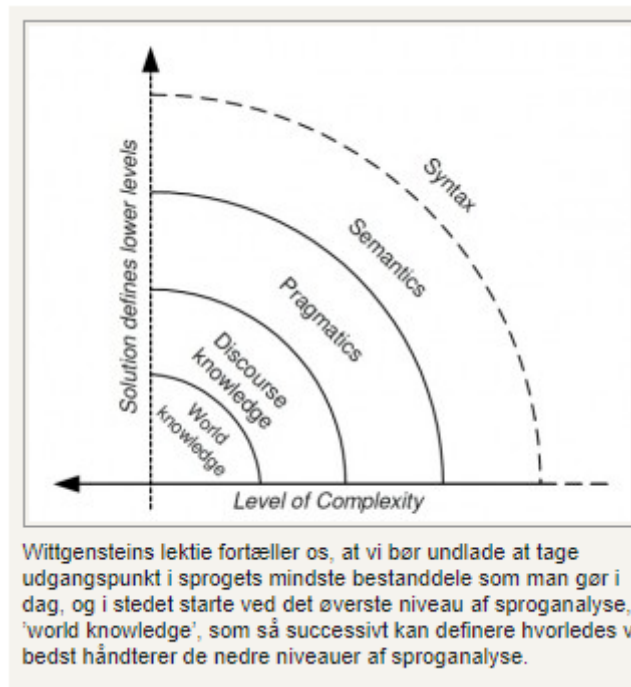
## Wittgensteins lektie

I "Filosofiske Undersøgelser" forkaster Wittgenstein sin tidligere tro på logikken og ideen om logisk atomisme. I stedet for at anse sproget som en strengt logisk affære hvis hovedformål udelukkende er at *beskrive* verden, skifter han fokus til hverdags sproget og interpersonel kommunikation indenfor en social og kulturel kontekst. Meningen med sproget er ikke længere sandhedsbetingelser, men dets egentlige, kontekstuelle *brug*.

Denne nye sprogforståelse udmønter sig i det Wittgenstein kalder "sprogspil". Al sprogbrug er baseret på sprogspil, som er endnu mere grundlæggende end sproget selv. Wittgenstein eksemplificerer dette ved at gøre os opmærksomme på, at selv når børn lærer sproget via ostensiv definition (det at pege på en ting og sige dets navn), så indebærer dette et sprogspil hvis regler skal mestres før selve tillæringen af et sprog kan begynde. Sprogspil er desuden unikke for hver sproginstans. Enhver samtale har for eksempel et helt unikt sæt regler som aldrig kommer igen. Det kan således undre at vi i det hele taget er i stand til at kommunikere, til trods for denne ekstreme kontekstualitet som vores sprogbrug er underlagt.

Årsagen hertil er, ifølge Wittgenstein, at vi alle har en medfødt kapacitet for sprogspil, og at vi alle deler det han kalder en "fælles livsform". Wittgenstein selv beskæftiger sig ikke meget med hvad denne medfødte kapacitet for sprogspil kommer af, men indenfor de sidste par år er der blandt andet gjort opdagelser indenfor neurobiologien der understøtter synspunktet. I den næste artikel i serien ser vi blandt andet nærmere på opdagelsen af de såkaldte "spejlneuroner", som peger på at vi som mennesker har en medfødt kapacitet for samarbejde og empati,

samt at disse egenskaber lader til at være stærkt forbundne med vores sprog. Ydermere kan vores ensartede kroppe, fysiske miljø og kulturelle omstændigheder også betegnes som delementer af det som udgør vores fælles livsform.



Wittgensteins lektie fortæller os, at vi bør undlade at tage udgangspunkt i sprogets mindste bestanddele som man gør i dag, og i stedet starte ved det øverste niveau af sproganalyse, 'world knowledge', som så successivt kan definere hvorledes vi bedst håndterer de nedre niveauer af sproganalyse.

Wittgensteins lektie er en vigtig pointe. Hvis forskere indenfor de sprogteknologiske aspekter af kunstig intelligens skal tage ved lære af hans voldsomme revidering af sin egen sprogforståelse, så må vi først og fremmest forkaste alle afarter af den logiske atomisme som stadig nyder stor indflydelse i dag. I stedet for at fokusere på de nederste niveauer af sproganalyse må svaret ligge i at starte ved det *øverste* niveau og arbejde sig nedad – ikke omvendt.

Grunden til at tendensen til at starte med de nederste niveauer af sproganalyse i den grad har vundet fodfæste, er at dette hurtigt har kunnet give konkrete resultater via relativt simple, statistiske metoder. Det betyder dog ikke nødvendigvis at de indeholder potentiale for at kunne videreudvikles til at inkludere de højere niveauer. Faktisk har de sidste års forskning vist det modsatte. Fokus bør altså rettes mod det øverste sproganalyseniveau "World Knowledge", som er den viden sprogbrugere må have for at kunne kommunikere med hinanden. Samtidigt skal vores indgangsvinkel hertil være, at denne viden skal organiseres ud fra en forståelse af vores fælles livsform og måden hvorpå den konkret udmønter sig i sproget.

I den anden del af denne lille serie på tre artikler, vil vi se nærmere på hvordan dette rent praktisk kan lade sig gøre, og gå dybere ind i nogle af de mest centrale konsekvenser for fremtidens forskning indenfor den sprogteknologiske side af moderne kunstig intelligens.

# Fra Wittgenstein til Ontology Engineering 2: Kropslighedstesen og den kognitive semantik

I den første artikel i serien etablerede vi hvorledes en ny og potentielt mere givtig tilgang til forskningen i den sprogteknologiske side af kunstig intelligens, skulle tage udgangspunkt i det øverste niveau af sproganalyse i stedet for de nederste, som fokuserer på ord, bogstaver og deres statistiske kombinatorik. Dette øverste niveau kaldes 'world knowledge', og repræsenterer den viden sprogbrugere skal have for at kunne kommunikere med hinanden. Vi så samtidig også hvorledes denne viden bør være orienteret omkring vores fælles livsform, som sprogfilosoffen Ludwig Wittgenstein viste er afgørende for succesfuld kommunikation via natursprog.

## Vores fælles livsform og kropslighedstesen

Indenfor den kognitive videnskab, som beskæftiger sig med hvorledes den menneskelige bevidsthed fungerer og hvordan vi som mennesker strukturerer og behandler informationer, er der i dag en udbredt opfattelse af sammenhængen mellem menneskets krop og sind, som den sene Wittgenstein tilbageviser igennem hans forkastelse af sine egne tidligere ideer om at sproget, i form af symboler og deres relationer, beskriver en objektiv virkelighed som er direkte tilgængelig for den menneskelige bevidsthed gennem brug af vores sanser.

Det er nemlig i dag sådan at de kognitive videnskaber hovedsageligt anser det menneskelige sind og dets omverden samt fysiske omstændigheder, som værende to tydeligt adskilte størrelser. Med andre ord, så opfattes det menneskelige sind overordnet set som værende ganske adskilt og frigjort fra dets fysiske rammer, som derfor ikke menes at spille nogen central rolle for analysen af sprog genereret af en sådan 'kropsfrigjort' bevidsthed. Dette står i stærk kontrast til den sene Wittgensteins sprogfilosofiske analyser, som viser os at vores kroppe og fysiske omstændigheder – vores fælles livsform – er afgørende for anvendelsen af natursprog.

Der findes dog en alternativ, kognitiv teori som er fuldt forenelig med en sprogforståelse der i langt højere grad vægter vores fælles livsform som en afgørende faktor for udformningen og anvendelsen af natursprog. Vi finder den indenfor den kognitive semantik, som netop fokuserer på sprogets konkrete, kontekstuelle anvendelse, en sprogbrug beroende på vores kognitive ressourcer samt en afdækning af sprogets mening ud fra dets *brug* – alt sammen fuldstændigt i den sene Wittgensteins ånd. Det drejer sig om den såkaldte 'kropslighedstese'.

Kropslighedstesen er blandt andet udsprunget af de seneste års forskningsresultater indenfor felter som lingvistik, kunstig intelligens, robotvidenskab samt neurobiologi, og postulerer i al korthed at vores kroppe og fysiske omstændigheder spiller en afgørende rolle for vores kognitive processer og dermed også for vores sprogs udvikling og anvendelse. Et af de seneste og mest interessante forskningsresultater, som er med til at understøtte kropslighedstesen og Wittgensteins ide om betydningen af vores fælles livsform, er opdagelsen af de såkaldte

## Spejlneuroner og sprogets evolution

I 1990'erne gjorde en række italienske forskere fra Parmas Universitet en bemærkelsesværdig opdagelse som indikerer at den menneskelige hjerne starter ud med en indbygget mængde kognitive mønstre som er relateret til vores fysikalitet, og som har indflydelse på måden hvorpå vi tilegner os og anvender natursprog.

Ved at indsætte elektroder i bestemte dele af forskellige abers hjerner opdagede de at de dele af abernes hjerner som blev aktiveret når de udførte en kompleks handling, som for eksempel at samle et objekt op og føre det op til munden, var de samme dele af deres hjerne som blev aktiveret når de blot iagttog en anden abe udføre den samme komplekse handling. Der var her tale om de såkaldte 'spejlneuroner'. Senere forskning i spejlneuroner har vist at noget lignende gør sig gældende for os mennesker.



Endnu mere interessant for tilhængere af kropslighedstesen er, at der via funktionelle MRI studier, skulle have været fundet områder i den menneskelige hjerne som minder om dem som dannede udgangspunkt for abernes spejlneuroner, og at disse er centreret omkring de områder i hjernen som menes at være instrumentelle for menneskets sproglige egenskaber. Dette har så ledt til en ny opfattelse af de reelle præmisser for sprogets opståen, idet man kan forestille sig hvorledes natursprog som vi kender dem i dag, kunne have startet ud som et bevægelses-/forståelsessystem baseret på fagter, implementeret i spejlneuroner, og at vi i dag således har en evolutionært udviklet, medfødt kapacitet for empati og samarbejde, samt en hel række forskellige kognitive mønstre.

## Sprogets metaforiske systematik

Der findes altså stærke empiriske argumenter for rigtigheden af kropslighedstesen og den sene Wittgensteins reviderede sprogforståelse. Vi mangler dog endnu at afdække hvorledes denne sprogfilosofiske og kognitivt semantiske præmis kan forme og vejlede håndteringen af det øverste niveau af sproganalyse, 'world knowledge', som vi tidligere etablerede bør danne udgangspunkt for en ny og potentielt mere givtig tilgang til den sprogteknologiske side af forskning i kunstig intelligens. Vi mangler så at sige at afdække hvorledes denne præmis udmønter sig i en reel systematik i sproget via forskellige kognitive mønstre.

Et virkelig godt bud på et svar hertil finder vi hos den anerkendte, amerikanske topforsker og politiske kommentator [George Lakoff](#). Lakoff er en fremtrædende figur indenfor kognitiv semantik, og betragtes af mange som faderen til kropslighedstesen.

Udover sine analyser af politisk billedsprog, er han især også kendt for sit arbejde med afdækningen af sprogets underliggende, metaforiske systematik, som vi skal se fremstår som et stærkt bud på en systematik i sproget som er direkte relateret til den type af kognitive mønstre som tager udgangspunkt i vores fælles livsform. Lakoff arbejder med en lang række forskellige klasser og typer af metaforiske koncepter, men følgende tre simple eksempler illustrerer sammenhængen mellem metaforiske koncepter og vores fælles livsform ganske udmærket.

Det første eksempel er [**Glad er op; Ked af det er ned**]. Dette metaforiske koncept kommer af vores oplevelse af at være oprejst i en verden påvirket af tyngdekraften. Man kan forestille sig et urmenneske på sletten som ligger ned – inaktivt og ubevægeligt. Dette er negativt. Men kan ligeledes forestille sig samme scenarium, men hvor urmennesket er aktivt og i bevægelse. Dette er positivt. Dette metaforiske koncept er baseret på denne op/ned orientering og udmønter sig direkte i sproget ved udtryk som "Op med humøret", "Jeg føler mig lidt nede i dag", osv. Et sådant metaforisk koncept beskriver altså ikke bare en række ensartede, isolerede tilfælde, men et sammenhængende system af sproglige karakteristika, baseret på vores fælles livsform.

Et andet eksempel er [**Mere er op; Mindre er ned**], som kommer af måden hvorpå vi associerer mængde med vertikalitet. Et lille barn ser for eksempel niveauet stige i sit glas hver eneste gang mængden øges. Derved har vi udtryk som "Aktierne steg i værdi" og "Min indkomst faldt sidste år". I de seneste år har Lakoff og hans kolleger fra den såkaldte NTL-gruppe ("Neural Theory of Language") fra Berkeley Universitet, arbejdet intenst med afdækningen af sådanne metaforiske koncepters neurobiologiske fundament. Man kan for eksempel argumentere for at vores fælles livsform udmønter sig ved vores ensartede oplevelse af sammenhængen mellem vertikalitet og mængde, og at det resulterende metaforiske koncept bliver en struktur i vores hjerne i og med at de steder i hjernen der har med vertikalitet og mængde konstant aktiveres samtidigt – hvilket igen resulterer i en forstærkning af de neurale forbindelser herimellem.



Når vi som helt små holdes tæt af vores mor eller far, opleves varme og omsorg som samtidige fornemmelser. Denne type oplevelse eller erfaring, som næsten alle mennesker deler, er blevet en del af vores fælles livsform ved at den som struktur manifesterer sig i vores hjerner, vores bevidsthed og vores sprogs evolution.

Sådanne metaforiske koncepter påvirker ikke bare vores sprogs evolution og anvendelse, men også direkte hvordan vi agerer i og opfatter vores omverden og andre mennesker. Tag for eksempel det tredje og sidste eksempel [**Varme er omsorg; Kulde er mangel på omsorg**]. Det kommer af hvorledes man som lille holdes tæt, og derved oplever en samtidighed af varme og omsorg. På Yale Universitet, udførte man et eksperiment hvor man lod testpersoner holde en varm eller kold drik i hånden. De skulle så give hånd og hilse på andre testpersoner, som skulle bedømme hvor imødekommende og varme *personligheder* de lod til at have. Folk der havde holdt en varm drik fik et målbart højere gennemsnit end dem som havde holdt en kold drik.

### Fra metaforer til 'world knowledge'

Selvom disse eksempler er meget fysisk orienterede, skal det siges at Lakoff også har klasser af metaforiske koncepter der formår at redegøre for vores fælles *kulturelle* udgangspunkt, som også kan siges at være en del af vores fælles livsform – noget der også er i overensstemmelse med den sene Wittgensteins sprogforståelse. Lakoffs afdækning af den underliggende metaforiske systematik der præger natursprog såvel som den menneskelige bevidsthed, er således et fortræffeligt bud på en gennemgribende systematik i sproget, som er orienteret omkring vores fælles livsform.

Vi står dog endnu tilbage med et afgørende, uløst problem. Hvordan omsætter vi vores afdækning af denne kognitivt semantiske systematik til en mere formel struktur, som vil kunne hjælpe en computer til at kunne håndtere world knowledge af denne art? Hvis en sådan implementering af world knowledge skal kunne danne udgangspunkt for en fælles referenceramme der kan facilitere en computersimuleret sprogforståelse, så er vi nødt til at afdække hvorledes Lakoffs meget konceptuelt orienterede kognitive semantik kan underlægges en mere strengt formel struktur.



Et muligt skridt på vejen er den kognitiv semantiske teori, som er udviklet af en kollega til Lakoff kaldet Gilles Fauconnier. Fauconniers teori, som han kalder '*Mental Space and Blending Theory*', imødekommer sådan set den samme kognitivt semantiske og sprogfilosofiske præmis som ses hos Lakoff og den sene Wittgenstein, men går samtidigt dybere ind i de strukturelle egenskaber som gør sig gældende. Det er en ekstremt kompleks teori, men man kan kort sagt sige at den muliggør en yderligere dekonstruktion af metaforiske koncepter som derved yderligere kan nærme sig en mere formel repræsentationsform, som bedre kan håndteres af en computer.

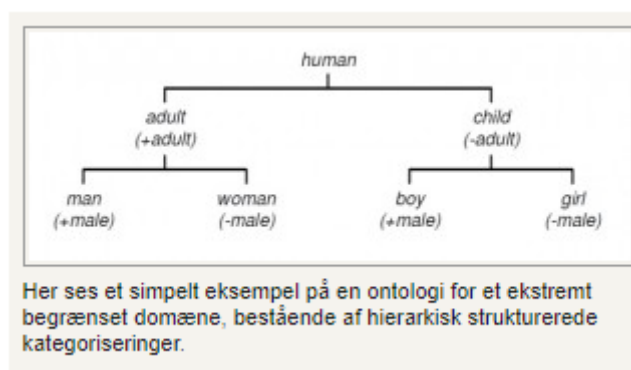
Og netop repræsentationsformen for de kognitive mønstre der kan opfattes som det essentielle ved et menneskeligt sprog er et område som der bør forskes i, for når først en sådan systematik kan afdækkes og repræsenteres på en måde der lader en computer håndtere den, så vil vi kunne få en computer til at håndtere den type world knowledge som vil fungere som fælles referenceramme når computere skal tale menneskets sprog. World knowledge alene er ikke nok, men pointen er at når først formen på den systematik i sproget der skal danne udgangspunkt for denne world knowledge er fundet, så vil den kunne diktere det videre arbejde med det underliggende niveau af sproganalyse, og successivt vil vi kunne arbejde os ned mod de ord og bogstaver, som vi i sidste ende ønsker at en computer skal kunne omsætte til *mening*.

I den sidste del af denne lille serie på i alt tre artikler, vil vi se nærmere på de mest avancerede og lovende, datalogiske muligheder for at få computere til at håndtere world knowledge når vi først har fundet en brugbar repræsentationsform for sprogets underliggende, kognitivt semantiske systematik.

## Fra Wittgenstein til Ontology Engineering 3: Kognitive mønstre og neurale netværk

I den [anden artikel i denne serie](#) fastslog vi hvorledes den kognitive semantik, eksemplificeret ved Lakoffs afdækning af sprogets underliggende, metaforiske struktur, udviser potentiale for at nå frem til en systematik i sproget som afspejler vores fælles livsform. Samtidig så vi også hvordan repræsentationsformen for denne kognitive semantik er afgørende for at det kan lykkes fremtidens forskere i den sprogteknologiske side af kunstig intelligens at udnytte denne systematik til at udstyre computere med egentlig 'world knowledge'.

### World knowledge som ontologi



Som nævnt tidligere er world knowledge den viden om verden som sprogbrugere skal have for at kunne opnå en succesfuld sprogbrug. Hvis en computer skal kunne håndtere world knowledge er den altså nødt til at have en form for vidensbase, som kan indeholde informationer om verdens struktur. Med andre ord, så er den nødt til at implementere en *ontologi*. Som en filosofisk term kan en ontologi i den bredeste forstand siges at være det der



eksisterer i verden. Indenfor den sprogteknologiske side af kunstig intelligens, har ontologier typisk en hierarkisk struktur af underklasser af forskellige ting og begreber, og typisk indenfor et meget begrænset domæne. Arbejdet med udvikling af ontologier, der har fagtermen '[Ontology Engineering](#)', er endnu et meget ungt felt, som stadig er gennemsyret af akademisk rivalisering og uenighed om de forskellige, divergerende tilgange til implementering, graden af formalisme og i særdeleshed det *konceptuelle spektrum*. De fleste ontologier beskæftiger sig dog med et begrænset domæne, som for eksempel de begreber der er relevante for faciliteringen af sprogligt assisteret booking af en flybillet, og som regel er disse ordnet i et simpelt system af klassehierarkier.

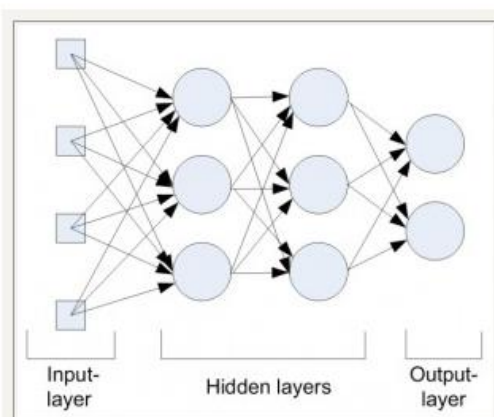
Sådanne ontologier minder i høj grad om den type ontologi man finder hos den *tidlige* Wittgenstein, og det skulle gerne stå klart at de således ikke formår at understøtte et natursprogs kontekstuelle *brug*, ved at inkorporere strukturer der repræsenterer vores fælles livsform i form af diverse kognitivt semantiske mønstre. Pointen er at en samlet ontologi der kan indeholde world knowledge ud fra den tidligere etablerede sprogfilosofiske og kognitivt semantiske præmis, bliver nødt til at tilgå feltet 'Ontology Engineering' på en helt ny måde.

Det er utilstrækkeligt selv at kortlægge en model over forskellige identificerbare klassifikationer. I stedet må vi forsøge at udvikle en beregnet model der vil kunne trænes til at indeholde den systematik, der tidligere viste sig at være repræsenteret i natursprog i form af kognitivt semantiske mønstre indeholdt i vores bevidsthed i kraft af vores fælles livsform.

## Neurale netværk som beregnet model

Den menneskelige, biologiske hjerne består bl.a. af nerveceller, der kaldes neuroner. Disse neuroner danner et såkaldt neuralt netværk. Mellem neuronerne i dette netværk sker der en udveksling af elektrokemiske signaler. En neuron får input fra andre neuroner og sender selv et output som resultat ud på netværket. Når vi lærer forstærkes forskellige forbindelser, og det er groft sagt måden hvorpå den menneskelige hjerne registrerer og holder forskellige typer af informationer og viden.

Indenfor kunstig intelligens arbejder man med en beregnet model som fungerer ud fra samme principper og som derved kan ses som en primitiv simulation af den menneskelige hjerne. Modellen kaldes for et 'kunstigt [neuralt netværk](#)'. Styrken ved neurale netværk er, at de ud fra en række eksempler er i stand til at lære mønstret i den viden der er repræsenteret ved de givne eksempler og derefter anvende denne viden på nye eksempler der ikke er set tidligere. De er, så at sige, i stand til at *generalisere på data*. Dette virker måske lidt verdensfjernt så lad os se på et simpelt, tænkt eksempel.



Et neuralt netværk i sin mest simple form, fungerer ved at ensrettede lag af neuroner justerer hvor stærkt forbundne de er med hinanden og derved danner et netværk der er i stand til at approksimere den underliggende funktion der er repræsenteret ved de eksempler på input- og output-data, som benyttes til at træne netværket.

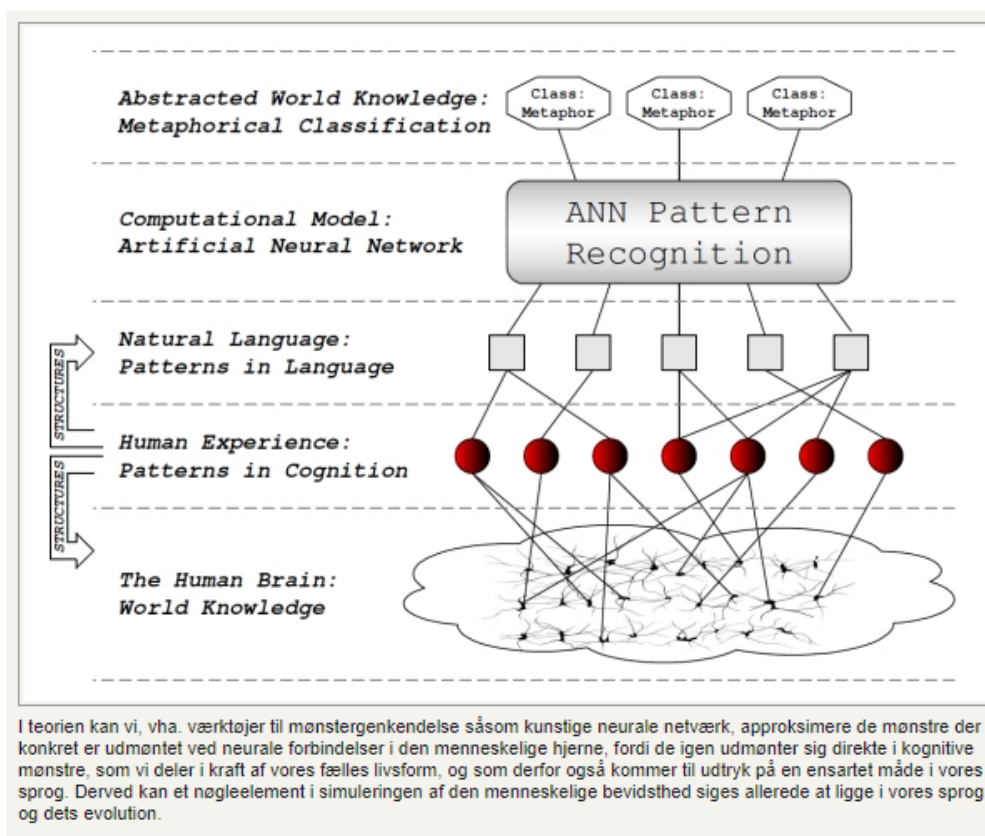
Lad os forestille os at vi har en stor database, som indeholder et sort/hvidt billede af hver eneste danskers ansigt. Vi ønsker at opdele databasen i mænd og kvinder ud fra deres udseende. At kategorisere samtlige billeder manuelt ville tage en evighed. I stedet føder vi et kunstigt neuralt netværk nogle eksempler på mande- og kvinde ansigter. Hvert billede den får laves om til en række binære værdier som er enten 0 eller 1 – det kunne for eksempel være hver pixel i billedet som enten er sort eller hvid – og vi angiver også den korrekte kategorisering for hvert eksempel. Det kunstige neurale netværk vil i teorien kunne lære den underliggende funktion der bestemmer en persons køn ud fra deres ansigt, og anvende den til at kategorisere de resterende billeder.

En vigtig pointe ved kunstige neurale netværk er dog, at uanset hvor god en repræsentationsform for data man finder, og uanset hvor mange gode eksempler der benyttes til at træne det, så vil det trænede netværk, selv i bedste tilfælde være en *approximering* af den underliggende funktion det skal repræsentere. Til gengæld kan et neuralt netværk repræsentere meget komplekse og ukendte funktioner, så længe der findes korrekte eksempler som kan bruges til at lære fra. Hvis der er et mønster i de eksempler der bruges til at træne det, så vil et kunstigt neuralt netværk altså kunne finde det, og anvende det på nye data.

## Mønstergenkendelse af sprogets kognitive semantik

Den opmærksomme læser vil måske allerede nu have gjort en kobling mellem de tidligere beskrevne metaforisk orienterede strukturerer i den menneskelige hjerne og kunstige neurale netværks potentiale for at kunne simulere hvordan den menneskelige hjerne fungerer. Jeg må dog på det kraftigste advare imod denne ellers meget nærliggende tankegang. Hvis vi fastholder hypotesen et øjeblik kunne vi forestille os hvorledes et neuralt netværk kunne tage et input der repræsenterede vertikalitet og et andet der repræsenterede mængde, og derved repræsentere metaforen [**Mere er op; Mindre er ned**]. Men hvad kan en sådan en simpel konstruktion fortælle os om måden hvorpå vores fælles livsform udmønter sig i en kognitivt semantisk systematik i sproget? Svaret er: Ikke særligt meget.

I stedet skal kunstige neurale netværk anvendes til det de gør bedst – mønstergenkendelse. Hvis vi kan finde en repræsentationsform af sprogets kognitive semantik der er forenelig med den type input som et neuralt netværk fordrer, så vil vi ud fra sproglige eksempler kunne opbygge en ny type ontologi, som ud fra trænede neurale netværk ville kunne tolke sproglige konstruktioner samt deres betydning, ud fra deres relation til vores fælles livsform. Man kunne for eksempel forestille sig at et kunstigt neuralt netværk kunne trænes til at identificere eksempler på metaforiske koncepter, og derved aflæse en menneskelig samtalepartners idiomatiske billedsprog. At ”føle sig lidt nede” har intet med ens fysiske placering at gøre, og det skal fremtidens sprogteknologiske systemer kunne identificere.



## Hvor skal vi hen?

Vi har i de to tidligere artikler etableret nødvendigheden af en ny tilgang til den sprogteknologiske side af forskning i kunstig intelligens, som i stedet for at have en statistisk tilgang til de nederste niveauer og sproganalyse, starter ud med det øverste niveau af sproganalyse for successivt at lade det definere de nedre niveauer. Vi skal altså tage udgangspunkt i world knowledge. Vi så også hvorledes denne vidensbase bør være orienteret omkring vores fælles livsform og måden hvorpå den udmønter sig i sproget og vores bevidsthed, i form af en kognitivt semantisk systematik.

Et godt eksempel på en sådan systematik er sprogets underliggende, metaforiske strukturer, men jeg vil understrege at det er muligt at denne ikke kan udgøre det hele billede. Hvilke former for kognitivt semantisk systematik der kan anvendes til at udvikle en ontologi der afspejler vores fælles livsform, er netop et fokus som bør tages op af fremtidig forskning i den sprogteknologiske side af kunstig intelligens. Ligeledes er kunstige neurale netværk ikke den eneste metode til at skabe en beregnet model der kan trænes til at håndtere en sådan systematik. Dette bør også være et fokus for denne type af forskning, og selv hvis en sådan ontologi kan findes, så er det meget muligt at den vil skulle komplimenteres af en traditionel hierarkisk opbygget ontologi i en kompleks arkitektur der kan udgøre den endelige vidensbase for fremtiden natursprogssystemer.

Under udviklingen af disse ideer fandtes der endnu ikke konkrete eksempler på denne type forskning, men gennem korrespondance med George Lakoff selv, blev forfatteren til denne serie af artikler gjort opmærksom på at afdelingen for forskning i kunstig intelligens på Berkeley Universitet i Californien, USA, som beskæftiger sig med den mest avancerede type af forskning i sprogteknologi, lige havde fået en 5-års bevilling af den amerikanske regering til netop at forske i udviklingen af en ontologi, der tog udgangspunkt i sprogets kognitivt semantiske systematik, sådan som det forslås her. Projektet er i skrivende stund endnu ikke offentliggjort, men dets udgangspunkt validerer i høj grad de beskrevne teser og teorier, og det bliver således ikke helt uinteressant at følge med i hvilke forskningsmæssige resultater vi vil se fra Berkeley Universitet i løbet af de kommende år.