

DAG WESTERSTÅHL

Mening och logik

Har språklig mening något med logik att göra? Har logiker, som ägnar sig åt formella, konstgjorda språk, något att säga dem som intresserar sig för naturliga, mänskliga språk? Två sorters tvivel på detta är vanliga. Ett finns hos vissa experter på området: lingvister och språkfilosofer som grundar en negativ hållning till användandet av logiska verktyg på någon teori om språkets natur eller på metodologiska överväganden. Ett annat hos dem som inte har språket som studieobjekt men ofta måste reflektera över dess mekanismer: författare, poeter, journalister, forskare, kort sagt folk som skriver och har anledning att tänka på hur man skriver. Både bland språkets analytiker och dess mer avancerade utövare finns åsikten att logiken är ett inadekvat hjälpmedel att komma åt de mänskliga språkens oändliga uttrycksrikedom.

Vi talar alltså om mänskliga språk, inte sådana som datorer 'förstår'. För datorer har logiken varit instrumentell. Teorin bakom modern datorteknik kommer i stor utsträckning från logiken. Men det finns ett – eventuellt oöverbryggbart men i alla händelser hittills inte överbryggt – gap mellan datorspråk och mänskliga språk, och logikens ovedersägliga betydelse för de förra kan inte utan vidare överföras till de senare.

Själv tror jag att logiken har något viktigt att bidra med också vid studiet av mänskliga språk, men att det råder utbredda missförstånd om vad detta är och inte är. Det har funnits, särskilt i den 'logiska semantikens' barndom, en övertro på vad logisk analys kan åstadkomma. Men det finns också en underskattning av komplexiteten, och betydelsen, av de språkliga fenomen som logiken faktiskt kan belysa. I stället för att bemöta kritik eller föra principiella resonemang i frågan – en tröstlös uppgift – vill jag försöka *visa*, via några exempel, hur ett studium av språklig mening kan dra nytta av logiken (och ibland också

omvänt). Detta kan göras utan att man behöver ta ställning till en rad kända tvistefrågor i modern filosofi och lingvistik. Inte så att logiken skulle vara helt neutral i sammanhanget, men de få antaganden om språkets natur som behövs är tydliga, och relativt oproblematiska.

Det största problemet är, tror jag, pedagogiskt. Den som önskar smärtfri insikt, kunskap utan ansträngning, har tyvärr lite att hämta. Det tycks inte finnas någon genväg till förståelse, inga *a priori* resonemang som snabbt leder till klarläggande. I stället behövs tankemöda, arbete med detaljer, bemästrande av en symbolism. Logiken är numera en välutvecklad teoretisk disciplin som har ett eget språk, en egen terminologi med speciella, ofta matematiska, symboler. Att förstå logik *är* att ha lärt sig hantera detta språk. Det tar tid. Jag vill ge några illustrativa exempel på användning av logik för meningsanalys. De kan komma att te sig överförenklade för specialisten och näst intill obegripliga för den oinvigde – säkert är de otillräckliga och rentav missvisande i något avseende. Ändå tror jag att större förståelse åstadkoms på denna väg, genom att visa hur en logisk analys kan se ut, än genom att bara tala om den.

1. Språk och struktur

För att inse att språk och logik kan hänga ihop räcker det egentligen att konstatera

(I) Språkliga uttryck (fraser, satser, yttranden, texter) har struktur eller form.

Strukturer är abstrakta ting. De studeras lämpligen med matematiska metoder. Logiken har utvecklat sådana metoder, just för att hantera vissa av de former som visar sig i språket.

Strukturen är inte allt hos ett språk, men en avgörande komponent. Ingen språkbeskrivning kan göra anspråk på att ha fångat det väsentliga om strukturen utelämnas. Och det är här logiken kommer in.

Antagandet (I) borde vara okontroversiellt. Minsta reflektion över språkets natur leder dit. Inte alla sekvenser av ord på ett språk utgör *välformade satser* utan bara vissa, och talare har ganska god förmåga att avgöra vilka. Men det sker intuitivt, och grammatiker har i alla tider försökt förstå principerna för välformat tal och skrift. Dessa principer har något med form att göra. Att en viss ordsekvens är välformad beror inte i första hand på vilka ord som står på de olika platserna, utan

snarare på vilka *kategorier* (ordklasser) de tillhör. Välformadhet är i stor utsträckning *invariant* med avseende på utbyte av ord inom samma kategori (under bevarande av grammatiska drag såsom tempus, kasus, numerus, etc), vilket bara är ett annat sätt att säga att det inte är den konkreta ordsträngen som är viktig, utan en *form* hos den.

På samma sätt har logiker alltsedan Aristoteles kunnat konstatera att *giltigheten* hos en slutledning inte i första hand förklaras av vilka konkreta satser som utgör dess premisser och slutsats, inte heller av huruvida dessa satser faktiskt är sanna eller falska. Förklaringen brukar i stället hänvisa till vilken form satserna har. Här är det andra invarianser som råder, och följaktligen en annan struktur, logisk snarare än grammatisk, som urskiljs. Olika strukturer hos språkliga uttryck kan urskiljas för olika syften, eller på olika nivåer.

2. *Transparens*

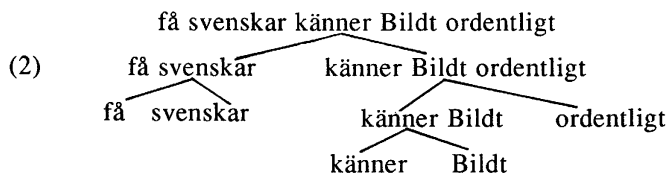
Nästa antagande borde också vara okontroversiellt:

(II) Språklig struktur är inte transparent.

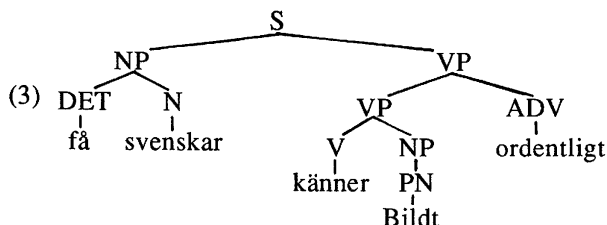
Talaren är normalt inte medveten om de relevanta strukturerna – för att urskilja dem krävs analys och abstraktion. Det som uppmärksammas direkt är den mer eller mindre naturgivna *lineära ordningen*: tidsordning för talat språk, rumsordning för skriftspråk (vare sig den går från vänster till höger som i svenska, uppifrån och ned som i japanska, eller från höger till vänster som i arabiska). Men denna ordning berättar inte mycket om språklig form. En grammatisk analys kan börja med att urskilja *konstituent*er, utöver de enskilda orden också längre fraser. I satsen

(1) Få svenskar känner Bildt ordentligt

är det rimligt att se t ex *få svenskar*, och *känner Bildt*, som konstituenten, men inte *svenskar känner* eller *Bildt ordentligt*. (Varför?) Om detta ger den lineära ordföljden ingen upplysning. Konstituenterna är också ordnade, men inte lineärt utan *partiellt*:



Som strukturbeskrivning är (2) mer informativ än (1). Ytterligare information byggs in om vi i stället för att skriva ut alla konstituer explicit som i (2) anger vilka kategorier de tillhör:



(S för *sats*, NP för *nominalfras* ('noun phrase'), VP för *verbfras*, DET för *determinator*, N för *nomen* eller *substantiv*, PN för *egennamn* ('proper name'), etc.)

Konstituentanalysen i (3) befinner sig fortfarande nära ytan. Speciellt säger den ännu inget om hur meningen hos satsen byggs upp. Inte så att meningen är oklar – den förstod vi redan av (1). Men *mekanismen* med vars hjälp meningen hos satsen är sammansatt av meningen hos dess beståndsdelar, den 'syns' inte utan vidare i (3). En struktur som gör mening transparent på detta sätt kallas ofta *logisk form*.

3. Logisk form

Analys av argumentation och resonemang kräver ofta insikt om logisk struktur. När Gottlob Frege i slutet av 1800-talet ville ge ett definitivt bevis för att aritmetikens satser är analytiska, dvs härledbara från logikens lagar, och inte syntetiska som Kant hade hävdad, fann han att inte ens matematikers språk var tillräckligt klart och tydligt för detta ändamål. Argumentet kräver en exakt specifikation av vilka logikens lagar är, och vilka steg som är tillåtna i en logisk härledning. Men då måste det språk i vilket härledningen utförs vara givet. Våra gamla naturliga språk uppvisar en sådan rikedom på syntaktiska konstruktioner att den underliggande logiska strukturen ofta är svår att upptäcka, och ibland inte ens är entydigt bestämd. Denna rikedom, menade Frege, kan leda till misstag beträffande meningen hos satser, särskilt satser som handlar om abstrakta eller matematiska ting. Hans metod var därför att använda ett konstruerat, artificiellt språk, en *begreppsskrift*, i stället för ett naturligt språk. Begreppsskriften hade klara och enkla syntaktiska regler, dess satser var entydiga, och deras

mening kunde direkt 'avläsas' från deras utseende. Kort sagt, begreppsskriften var transparent.

Det är ett faktum att naturliga språk vimlar av flertydiga satser. Här är en:

(4) Kvinnor får lättare förkylningar än barn

Tänk efter vilka (minst tre) olika saker detta skulle kunna betyda. Försök också koppla de olika läsningarna till alternativa strukturer hos (4). Den som framgångsrikt genomfört denna tankeövning är redan halvvägs till insikt om nyttan med logisk analys.

Men det är inte fråga om att kritisera naturliga språk för att de tillåter flertydighet – fenomenet kan tvärtom försvaras med att det ekonomiserar språkets uttrycksmedel, och att det sammanhang i vilket en sats förekommer för det mesta, om än inte alltid, förhindrar missförstånd. Poängen här är en annan: (a) vissa flertydigheter är *strukturella*, de förklaras av olikheter i underliggande logisk struktur; (b) en *metod* att undvika missförstånd är att göra denna struktur explicit.

4. Struktur via översättning

Freges begreppsskrift innebar en revolution i logiken. I modern notation, den så kallade *predikatlogiken*, är den en grundsten inom nutida logik. (Detsamma gäller de logiska axiom och härledningsregler Frege formulerade för begreppsskriften, däremot inte hans härledning av aritmetikens satser, som bygger på ett axiom som sedermera visade sig leda till motsägelser.) Dessutom gav Frege den dittills mest detaljerade tillämpningen av en metod med gamla anor: att ange språklig struktur genom *översättning* till ett formellt språk. (Aristoteles syllogistik kan också ses som ett sådant formellt språk; problemet är bara att det är alltför grovt för att kunna återge någon särskilt intressant struktur.)

Idén är enkel. Vi vill komma åt en viss sorts struktur hos ett naturligt språk. Strukturen är inte transparent. Vi försöker därför *konstruera* ett språk som är transparent i det relevanta avseendet. Detta språk abstraherar från en mängd drag i det naturliga språket, drag som vi bedömer irrelevanta för vårt syfte. Det är därför enklare och mer välbestämt än det naturliga språket. Samtidigt är det förstas fattigare. Att ett uttryck i det naturliga språket *uppvisar* strukturen ifråga är ekvivalent med att det kan *översättas* till det formella språket. Det vill

säga, det är ekvivalent i den mån strukturanalysen fungerar, i den mån översättningen *bevarar* de drag hos det naturliga språket vi bedömer som viktiga i sammanhanget.

Metoden kan användas för rent grammatisk eller fonetisk strukturanalys, men här är vi intresserade av logisk form. Kan en översättning till, säg, predikatlogik verkligen fånga den logiska strukturen hos ett naturligt språk?

Först måste vi förstås veta att det formella språket ifråga verkligen är transparent. Men låt oss, för att inte spilla onödig tid, helt enkelt utgå från att så är fallet:

(III) Formella språk är transparenta.

Det är lätt att se att (III) stämmer vad gäller grammatisk form, som för formella språk kan identifieras med logisk form. Men vi har också sagt att meningen hos en sats direkt skall kunna 'avläsas' av satsens utseende. Specifikationen av det formella språket måste innefatta ett recept för hur detta går till. Faktum är att det finns åtminstone två helt olika sätt att se på saken. Det ena, för vilket *sanning* är ett grundbegrepp, definierar mening som *sanningsvillkor*. Att veta vad en sats betyder är detsamma som att veta under vilka omständigheter den skulle vara sann. Det andra startar i stället från begreppet *bevis*. Man vet meningen hos en sats om man vet hur ett bevis för den skulle se ut: mening som de villkor under vilka man har *rätt att hävda* det satsen uttrycker.

Antagandet (III) befriar oss från ett val mellan dessa metodologier. Vi litar på att *det finns* en tillräckligt transparent redogörelse för meningen hos det formella språkets satser. Problemet är då enbart hur översättningen från det naturliga språket skall göras, och vilka krav vi skall ställa på den.

5. Mening och mening

Om en sats logiska form gör dess mening transparent, och översättningen till ett formellt språk syftar till att blottlägga just denna form, så förefaller det klart att mening måste bevaras vid översättningen.

Frege var medveten om att många drag hos ett naturligt språk går förlorade vid en formalisering. Subjektiva föreställningar, associationer, bilder som vi knyter till ett språkligt uttryck, kanske just därför att vi lagt orden på ett visst sätt, använt ett visst talesätt eller en

speciell grammatisk eller stilistisk konstruktion, kommer inte att bevaras. Men det behövs inte enligt Frege: det viktiga är att översättningen uttrycker samma *tanke* som originalet. En tanke är objektiv: att nånting har en viss egenskap, eller står i en viss relation till något annat. En tanke är (normalt) sann eller falsk. *Hur* den uttrycks är, ibland, mindre väsentligt än *vad* som uttrycks. Språkets grundläggande funktion, menade Frege, är att uttrycka tankar. Inte så att förmågan att väcka associationer eller den poetiska eller retoriska kraften är oviktig. Men i botten ligger de uttryckta tankarna, och Frege identifierade meningen hos en sats med den tanke den uttrycker. Det är denna sorts mening som bevaras vid översättning till predikatlogik.

Ordet *mening* är flertydigt – låt oss inte tvista om vad det 'egentligen' betyder. Det gäller bara att förstå vad man kan vänta sig, och inte vänta sig, av en (predikat)logisk meningsanalys. Ibland står mening för avsikt eller intention (*Jag menade inte att såra dig*), men vi skall snarare se mening som något rent språkligt. En sats med en given mening kan *användas* av en talare på olika sätt. Om jag under en ökenvandring, efter att alla förråd tagit slut, säger till min medvandrare *Jag skulle vilja ha ett glas vichyvatten*, avser jag antagligen att tala om att denna (fåfänga) önskan finns hos mig. Om jag däremot säger samma sak på restaurangen medan kyparen står bredvid har jag gjort något annat, nämligen en beställning. I det första fallet använde jag satsen för att uttrycka motsvarande tanke (i Freges mening), i det andra inte. Uppenbarligen kan den första användningen ses som primär: den andra bygger på den första, fast omständigheter och konventioner leder till att satsen där fungerar på ett annat sätt.

Av samma skäl kan vi se påståendesatser som mer grundläggande än t ex frågor (*Vill du ha ett glas vichyvatten?*) eller befallningar (*Ge mig ett glas vichyvatten!*). De senare *uttrycker* inte tankar, men gör något besläktat med dem.

Olika sätt att uttrycka samma tanke kan komma att identifieras vid en logisk formalisering. Nyanser vid ordval, till exempel, kan försvinna. Valet mellan att kalla Hasse, 12 år, för en *grabb* eller en *pojke* kan vara väsentligt i vissa sammanhang, men inte i predikatlogiken: allt som med rätta kan benämnas med det ena ordet *kan* också benämnas med det andra. Med teknisk terminologi: de bägge egenskapsorden har samma *extension*, och i predikatlogiska sammanhang är det extensionen som räknas.

Också mångfalden av syntaktiska konstruktioner reduceras. Men nu är det hög tid att sluta *tala om* predikatlogiken och i stället visa vad den går för.

6. Predikatlogik I: atomära satser

Predikatlogiken har symboler a, b, c, \dots för individer, P, Q, \dots för egenskaper, och R, S, \dots för relationer. Individkonstanterna översätter namn som *Ingvar Carlsson* eller *Stockholm* eller *37*, egenskapssymbolerna substantiv som *hund*, *riksdagsman* (dvs P kan stå för egenskapen att vara en hund) men också intransitiva verb som *springer*, och adjektiv som *röd*. En relationssymbol kan stå för ett transitivt verb som *kritiserar*, *älskar*, men också för relationsuttryck som *är större än*, *är syster till*. Dessa är tvåställiga relationer; vid behov har vi symboler för relationer av högre ställighet (jfr *_ger_ till _*). Precis vilka symboler som används är oväsentligt; ibland är det praktiskt att helt enkelt använda ord i det naturliga språket.

Med dessa symboler kan vi bilda *atomära satser*:

Qa , Rcb , ...

Alltså: en egenskaps- eller relationssymbol följd av motsvarande antal individkonstanter. Om a är *Bert Karlsson* och Q är *snusar* så står alltså Qa för satsen *Bert Karlsson snusar*. Men den kunde också ha använts som formalisering av, säg, *37 är ett primtal*. På samma sätt kan Rcb stå för satsen *Fido älskar Lisa*, eller *Ingvar Carlsson är äldre än Bildt*.

Vi ser hur en enda, enkel, och ur meningssynpunkt transparent, grammatisk konstruktion i det formella språket ersätter ett flertal olika uttryckssätt på svenska.

Nästa typ av symboler är *individvariabler* x, y, z, \dots . Dessa kan inta samma platser som individkonstanterna, och vi får då *atomära formler*:

Qy , Rax , ...

Variablerna markerar argumentplatser, men till skillnad från individkonstanterna denoterar de inte några individer. Atomära formler är inte sanna eller falska i sig, utan bara relativt en *tilldelning* av individer till variablerna.

En användning av variabler är som översättning av *pronomen*. Satsen *Lidbom känner henne* (Rax) är inte sann eller falsk med mindre

än att *henne* (x) tilldelas en viss individ. Det kan ske t ex på basis av en tidigare sats i texten (*Louise bodde på Ringvägen*), eller en icke-språklig kontext såsom att den som yttrar satsen pekar eller tittar på en viss person.

7. Predikatlogik II: satsoperatorer

De hittills uppräknade symbolerna (utom variablerna) kallas *icke-logiska*: de tjänar som översättning av olika ord (av avsedd kategori) på t ex svenska. De *logiska* symbolerna har en fix betydelse. Först kommer ett antal s k *satsoperatorer*:

- & (och)
- \neg (icke)
- \vee (eller)
- \rightarrow (om-så)

Satsoperatorernas betydelse (som exakt kan specificeras) svarar någorlunda väl mot de svenska orden inom parentes, men de appliceras bara på satser (formler) i predikatlogiken:

$$Px \rightarrow Qx, \neg Rax, Syb \vee \neg Qc$$

(läs "Om Px så Qx ", "Icke Rax ", "Syb eller icke Qc "). På svenska förekommer dessa ord i många andra positioner: *Ian och Bert skrattar, Bildt övertygar inte Westerberg*. Översättningen blir här snarast en omformulering: *Ian skrattar och Bert skrattar, Det är inte så att Bildt övertygar Westerberg*: klumpigare, men med enklare grammatik och samma mening.

Konnektiverna kan appliceras upprepade gånger:

$$(Px \rightarrow Qx) \vee \neg Rax, Hc \& (Bc \vee Fc)$$

Observera användningen av *parenteser*: en av de formella språkens metoder att lösa upp flertydigheter på naturliga språk. Satsen *Feldt handlar mat och går till riksdagen eller ser en film* kan översättas med den andra satsen ovan, men har också en annan läsning:

$$(Hc \& Bc) \vee Fc$$

Med denna läsning följer det inte att någon mat blev inhandlad.

8. Predikatlogik III: kvantifikatorer

I tre avgörande avseenden går predikatlogiken utöver de före Frege använda logiska uttrycksmedlen (som väsentligen var desamma som i Aristoteles syllogistik). Det första gäller att det finns symboler för relationer och inte bara för egenskaper, en liten men viktig punkt. Det andra gäller den precisa användningen av variabler som platsbyllare utan egen denotation (inte som termer som denoterar 'obestämda' eller 'variabla' objekt). Det tredje gäller behandlingen av orden *alla* och *någon* som *variabelbindande operatorer*, s k kvantifikatorer.

Kvantifikatorerna skrivs $\forall x$ (läs "för alla x "; uppochnervänt A för 'all') och $\exists x$ (läs "för något x " eller "det finns ett x sådant att"; bak- och framvänt E för 'exists'), för någon variabel x . Deras användning framgår av följande exempel, där vi först skriver svenska satser, sedan deras översättning till satser i syllogistiken såsom de ofta skrevs under medeltiden, och slutligen översättningen till predikatlogik. Låt P stå för egenskapen att vara student, och Q för egenskapen att sova (just nu).

alla studenter sover	APQ	$\forall x(Px \rightarrow Qx)$
någon student sover	IPQ	$\exists x(Px \& Qx)$
ingen student sover	OPQ	$\neg \exists x(Px \& Qx)$, $\forall x(Px \rightarrow \neg Qx)$

Syntaxen för kvantifikatorer är synnerligen enkel: om F är en formel så är resultatet av att skriva $\forall x$ eller $\exists x$ framför F också en formel. Semantiken är också lätt att specificera; här räcker det att konstatera att den första översättningen ovan betyder "för alla x , om x är student så sover x " och den andra "det finns ett x som både är student och sover". Den tredje satsen kan antingen översättas med "det är inte så att någon student sover" eller "för alla x , om x är student så sover x inte".

Uppenbarligen bevarar dessa översättningar mening. Men det gör också de syllogistiska varianterna, som dessutom är kortare, så vad är poängen? Svaret är att syllogistiken klarar just denna enkla typ av satser men i stort sett inga andra. Speciellt klarar den inte nedanstående satser med flera kvantifikatorer:

någon student känner alla lärare	$\exists x(Px \& \forall y(Ly \rightarrow Kxy))$
det finns inget största primtal	$\forall x(PRx \rightarrow \exists y(PRy \& x < y))$
Gentlemen prefer blondes	$\forall x(Gx \rightarrow \forall y \forall z((Wy \& Wz \& By \& \neg Bz) \rightarrow PREFxyz))$

Notera att medan den första översättningen ("något x är student och sådant att för alla y , om y är lärare så känner x y ") åtminstone delvis reflekterar originalets grammatiska form, så gäller det knappast de två övriga. Den andra satsen tolkas så att för varje primtal finns det ett primtal som är större (vi har använt vanlig notation $x < y$ i stället för, säg, Sxy). Den tredje satsen (en bekant filmtitel) är kort och koncis på engelska, men den tanke som uttrycks är rätt komplicerad: *prefers* måste ses som en treställig relation x *prefers* y *to* z (i övrigt står G för *gentleman*, W för *woman*, och B för *blonde*). Mening, inte grammatisk form, bevaras.

Variabler har alltså två användningar: *fria*, som i $\neg Rax$, eller *bundna* av någon kvantifikator, som i $\forall x(Px \rightarrow Qx)$. En *sats* är en formel utan fria variabler.

9. Subjekt och predikat

Predikatlogiken gör som vi ser avsevärt våld på de naturliga språkens grammatik. Inte minst gäller det fundamentala grammatiska relationer som subjekt och predikat. Atomära satser som Qc och Rab kan till nöds analyseras i dessa termer, men inte kvantifierade satser som $\exists x(Px \ \& \ Qx)$. (Varför?) För Frege var detta en upptäckt: begrepps-skriften behöver inte subjekt och predikat, och han såg det som en nyckel till den nya logikens framgång att den befriat sig från dessa traditionella, men ur logisk synpunkt onödiga eller till och med vilseledande, begrepp.

Freges primära motiv var att formalisera matematiska satser. Kanske kan man hålla med honom om att matematiken egentligen inte behöver subjekt och predikat. I alla händelser har predikatlogiken haft en exempellös framgång på detta område. Inte nog med att alla matematiska påståenden, inom matematikens skilda områden, tycks kunna översättas till en teori formulerad i predikatlogikens språk (Zermelo-Fraenkels mängdteori). Det tycks dessutom gälla att alla påståenden som matematiker betraktar som *teorem* är sådana att deras översättningar kan härledas ur denna teoris axiom med hjälp av predikatlogikens vanliga härledningsregler. Det är svårt att tänka sig ett bättre betyg åt en ny logik.

Om man däremot är intresserad av språklig mening i allmänhet snarare än av matematikens grundvalar, så är det tveksamt om predikatlogiken, även om den innebar ett stort framsteg jämfört med

traditionell logik, är ett lyckat medium för logisk form. Det finns satser på naturliga språk vars mening inte tycks kunna uttryckas på ett naturligt sätt i predikatlogik. Men också beträffande de satser vars mening kan fångas, såsom exemplen ovan, har man anledning att fråga sig om det verkligen är en fördel snarare än en nackdel att grundläggande grammatisk form inte bevaras vid översättningen.

Det har visat sig att med hjälp av nyare logiska verktyg och starkare formalismer än predikatlogik så blir det faktiskt möjligt att bevara även grundläggande grammatisk form hos naturliga språk. Modern *formell semantik* sysslar just med att åstadkomma formaliseringar av detta slag. För att motivera detta projekt ska vi göra ytterligare ett antagande om språkets natur, denna gång lite mer substantiellt än de tidigare.

10. *Generativ grammatik*

I mitten på 1950-talet formulerade Noam Chomsky ett forskningsprogram inom lingvistik, det *generativa* paradigmet. Även om åtskilliga detaljer inom detta program är omstridda så har dess grundidé blivit vitt accepterad:

- (IV) Till ett naturligt språk hör ett formellt regelsystem som karakteriserar syntaktiska, semantiska och fonetiska drag hos de språkliga uttrycken.

Ett komplext uttryck är syntaktiskt, semantiskt eller fonetiskt välformat endast om det är bildat i enlighet med dessa regler. I denna mening *genererar* reglerna de språkliga uttrycken (från atomära enheter).

Motiveringen för (IV) kommer från studier av barns språkinläring, från observationer av strukturella likheter mellan olika språk, men framför allt från ett välkänt och slående drag hos mänsklig språkförmåga, nämligen dess *produktivitet*: att vi synbarligen utan ansträngning förstår satser vi aldrig sett eller hört förut, bara satserna är välformade och vi förstår orden som ingår i dem. (De flesta av satserna i en ny bok vi läser, t ex, har vi aldrig tidigare stött på.) Det är svårt att undgå slutsatsen att vi på ett eller annat sätt känner till *regler* för hur satser får bildas och hur meningen hos dem därigenom bestäms från meningen hos de ingående orden. Detta tycks ske omedvetet, eftersom vi inte lägger märke till processen och inte heller kan redogöra för reglerna. Reglerna tar formen av ett formellt system, som

kan tillämpas mekaniskt utan medvetet tänkande eller uppfinningsrikedom.

Inbyggt i (IV) ligger en distinktion mellan *praktik* ('performance') – hur vi faktiskt talar – och *kompetens* ('competence'). Regelsystemet beskriver kompetens, inte alltid praktik. Distinktionen har varit föremål för mycken debatt, men i grunden säger den bara att till de empiriska data som lingvistikerna måste baseras på hör inte bara observationer av faktiskt tal och skrift, utan också talarens intuitioner om hur man bör tala, hur hon rättar språkliga fel, hur hon svarar på lingvistens frågor om vad som är grammatiskt välbildat, etc. Var och en som någon gång transkriberat en bandupptagning av faktiskt tal har fått en åskådlig illustration av skillnaden mellan praktik och kompetens.

Ett annat antagande som är inbyggt i (IV) är att *mening är kompositionell*, dvs att meningen hos ett komplext språkligt uttryck är bestämd av meningen hos dess delar och av uttryckets form.

Även om (IV) gör substantiella antaganden om språket så är vår formulering här neutral med avseende på diverse starkare antaganden. Till att börja med behöver vi inte anta, som Chomsky, att de formella representationer som reglerna genererar har en omedelbar psykologisk realitet. Existensen av ett regelsystem för språket kan motiveras med allmänna metodologiska överväganden. På *något* sätt är detta system knutet till faktiska psykologiska mekanismer, men vi måste inte anta att det finns en direkt översättningsrelation mellan 'mentalesiska' och regelsystemets formella representationer. Sambandet kan vara mycket mer komplicerat. På samma sätt behöver vi inte anta att – eftersom alla människor antas ha ungefär samma psykologiska mekanismer – det finns en universell grammatik som är gemensam för alla språk.

Observera att jag inte påstår att Chomskys idé om en universell grammatik är felaktig eller ofruktbar. Jag påstår bara att användandet av moderna logiska hjälpmedel vid studiet av språklig mening kan rättfärdigas utan hänvisning till ett sådant antagande.

Också vad beträffar de mekanismer med vars hjälp språket handlar om världen kan vi här förhålla oss ganska neutrala. Uppenbarligen är det ett väsentligt drag hos språket att vi kan tala om, *referera* till, saker och ting i vår omvärld. Språk- och medvetandefilosofier har länge diskuterat hur sådan referens uppstår: genom intentionala akter, genom konventioner, genom kausalförbindelser, etc. Detta är ett viktigt problem, men vi behöver inte ge upp försöken att säga något intressant

om mening innan det är löst. Vi kan utgå från som ett uppenbart faktum att språkliga uttryck refererar. Det finns ändå mycket att utforska om referens, till exempel hur referensen hos komplexa uttryck beror av referensen hos deras delar.

11. Kritik

Det finns en 'fackfilosofisk' kritik av det generativa antagandet som går ut på att det inte finns, alternativt inte behövs, något regelsystem för att förklara språkligt beteende. En del av denna kritik har, tror jag, underskattat styrkan hos produktivetsargumentet. Alla är överens om att vi från början måste lära oss, ett efter ett, ett antal ord och deras betydelser. Men antalet satser som kan bildas med dessa ord är oerhört mycket större än antalet ord. Man har hävdad att det är oändligt stort, men även under diverse starka restriktioner, till exempel på hur långa satser vi accepterar, så är antalet så stort att det blir alldeles orimligt av rent kombinatoriska skäl att anta att också dessa satser måste läras in en efter en. Med tanke på den strukturegelbundenhet som satserna uppvisar så är det helt enkelt mycket enklare att tänka sig vi faktiskt använder regler för att förstå satser.

Ändå kan det ligga nära till hands att vara skeptisk mot antagandet (IV). Gör det inte språket 'mer logiskt' och regelstyrt än det faktiskt är? Här brukar framhållas (A) ett väsentligt *kreativt* drag i vår språkförmåga, t ex vid bildandet av metaforer; (B) att mening sällan bestäms enbart av faktorer som är interna för en sats eller ens en text: situationen eller *kontexten* spelar också en viktig roll; (C) att vår språkförståelseförmåga går långt utöver uttryck som är välbildade enligt någon grammatik: vi förstår felsägningar, halvkvädna visor, för stunden påhittade språkliga konstruktioner, m m.

Dessa invändningar pekar på viktiga drag hos mänskliga språk, men behöver inte rubba (IV). Att använda språket kreativt, vilket vi onekligen ofta gör, och inte bara i litterära sammanhang, är ju att *bryta mot*, att gå utöver fastställda regler. Kreativitet existerar bara mot en *fond* av regelstyrt språk.

Vad gäller kontexten, så är det riktigt både att den spelar en viktig roll för mening, och att klassisk logisk semantik, dvs översättning till predikatlogik, i praktiken bortsåg från den. I nyare formell semantik är kontexten dock ofta en explicit faktor. Men kontextberoende behöver inte strida mot (IV). Ett *systematiskt* kontextberoende kan

mycket väl uttryckas i regler; tänk t ex på *indexikala uttryck* som *jag, du, igår, därborta*, som på ett regelmässigt sätt involverar talsituationen: talare, åhörare, yttrandetid och plats. Dessa och liknande uttryck kan relativt lätt hanteras i en systematisk meningsteori.

Beträffande (C), slutligen, kan man göra liknande kommentarer som för (A). Vi förstår felsägningar men vi vet också hur man egentligen skulle säga. Vi förstår halvkvädna visor därför att vi är förtrogna med, kan leva oss in i, talarens föreställningar och attityder. I bakgrunden finns hela tiden det regelstyrda språket. Tänk också på de stora mängder 'korrekt' språk som vi dagligen möter i form av *texter*, i tidningar, böcker, bruksanvisningar, osv. Här är kontexten oftast tunn, och vi vet föga om författaren eller dennes attityder eller avsikter. Med inlevelseförmåga kommer vi inte långt. Ändå förstår vi utan ansträngning.

Sammanfattningsvis: även om dessa invändningar pekar på språk-användning bortom ett formellt regelsystem så finns en *kärna* av språket för vilket (IV) gäller.

Det kan tyckas föga upphetsande att syssla med denna kärna. Det *spännande* i språket tycks ligga utanför, i kreativiteten, innovationerna! Men en sådan attityd passar utövaren: talaren, författaren, litteraturforskaren. Att tala enligt regelboken syns lika lätt, och lika ointressant, som att gå eller att cykla. Lingvisten eller menings-teoretikern däremot har anledning att inta motsatt attityd: man måste börja med kärnan. Och faktum är att vi ännu är långt ifrån en fullständig teoretisk förståelse av dessa grundläggande regler. Här finns fortfarande mycket att upptäcka, mycket som, för den som är road av sådana ting, är i högsta grad spännande.

12. Kompositionalitet

Jag nämnde förut att en kompositionalitetsprincip är inbyggd i (IV). Ofta ges denna en mer precis formulering än bara den att meningen hos ett komplex är bestämd av meningen hos dess delar, och komplexets konstruktion. Vilka 'delarna' av en sats är, och hur konstruktionen ser ut, beror ju på en syntaktisk analys. Det måste alltså finnas en sådan analys som adekvat fångar alla de drag hos satsen som är relevanta för hur den slutliga meningen har bestämts ifrån de minsta meningsbeståndsdelarna. Låt oss säga att denna analys ger satsens *syntaktiska representation*. Uppbyggnaden av satsen enligt

denna form svarar mot uppbyggnaden av dess mening. Vi har tidigare bestämt oss för att representera mening via översättning till en transparent logisk formalism. Kompositionalitetsprincipen blir då ett krav på denna översättning:

- (V) Översättningen från syntaktisk till logisk representation måste bevara strukturen hos den syntaktiska representationen.

Nu ser vi hur de naturliga språkens subjekt-predikatform kommer i strid med ambitionen att representera mening i predikatlogik. Vissa syntaktiska strukturer tycks vara grundläggande hos många språk, bland dem subjekt-predikatformen. Denna form bör återfinnas i det vi kallat satsens syntaktiska representation, och alltså i bestämmandet av mening. Och enligt (V) bör den finnas kvar i den logiska representationen.

Vanlig översättning till predikatlogik kräver, som alla filosofi-studenter vet, viss uppfinningsrikedom. Den som förstår den aktuella satsen och som kan predikatlogik kan, för det mesta, hitta en predikatlogisk sats som har samma mening. Kompositionalitetsprincipen ger i stället möjlighet till mekanisk, regelstyrd översättning. Eftersom den syntaktiska formen ska bevaras kan översättningsregler formuleras parallellt med reglerna för den syntaktiska analysen.

Jag har antytt att det finns kraftfullare logiska formalismer, som tillåter en översättning som respekterar (V). Nu ska jag försöka belägga detta påstående, genom att gå igenom ett exempel, som dels visar en teknik för att bevara subjekt-predikatform, dels löser ett klassiskt semantiskt problem. Problemet gäller tolkningen av nominalfraser.

13. Nominalfraser

Här är några exempel på svenska nominalfraser:

hon, honom

Mona, Bildt, Amsterdam

en polis, silltruten, denna noshörning

varje hund, någon fiskmå, inga riksdagsmän, inte alla folkpartister

de flesta babianer, få forskarassistenter, åtskilliga professorer

exakt sjutton motioner, mellan fem och tio utskott, fler än tre sammanträden

Lisas kanariefågel, sju av Johans många skrivelser, varje students cykel

*Carlsson och tre arbetare, de flesta moderater men mindre än hälften av liberalerna
alla utom högst tre lingvister, varje filosof utom Nils*

Som synes en rikt varierad samling uttryck. Det som utmärker dem är att de kan förekomma i sammanhang av följande typ:

α röker

α misstror β

α föredrar β framför γ

α träffade β på γ

(sätter vi in nominalfraserna ovan kan vi få naturliga satser som *Lisas kanariefågel föredrar sju av Johans många skrivelser framför Amsterdams*. Apropå diskussionen om kompositionalitet ovan kan den hågade läsaren räkna ut hur många satser som kan fås genom att sätta in nominalfraserna ovan i schemat α föredrar β framför γ). Alltså, nominalfraser förekommer som subjekt, ackusativobjekt, dativobjekt, efter prepositioner, etc.

Frågan är nu: vad betyder nominalfraser, kan alla dessa olika uttryck ingå i en enhetlig kompositionell analys, denoterar de någonting och i så fall vad?

14. En medeltida teori

Problemet med nominalfrasernas tolkning sysselsatte redan medeltidens logiker, som under 1200-talets senare hälft och 1300-talet utvecklade en komplicerad teori om s k *supposition*, bland annat avsedd att lösa detta problem. Tanken är, mycket förenklat, att medan ord som *människa*, *hund*, etc i isolering *signifierar* en egenskap eller ett begrepp, eller om man vill klassen av de individer som faller under begreppet (dvs begreppets extension), så har de dessutom i varje sats där de förekommer en bestämd *supposition*. Det finns olika sorters *supposition*. I satsen

Människa har tre stavelser

gäller att ordet *människa* har *materiell* *supposition* – det supponerar för ordet självt. I

Människa är en species

har det i stället *enkel* supposition; här är det begreppet eller arten vi talar om. Men i de mera vardagliga satserna

Någon man springer
Mannen springer
Varje man springer

har ordet *man* en *personlig* supposition. Denna är i sin tur av två slag. I de två första satserna råder *bestämd* supposition, eftersom det är en viss mans springande som gör satsen sann. Men ordet *man* har i den sista satsen *obestämd* eller *oklar* supposition ('suppositio confusa'), vilket kan uppfattas så att det här supponerar för det som det signifierar, (klassen av) alla män.

Ord som *någon* och *alla* gavs ingen självständig tolkning; de betraktades som satspartiklar som bestämmer vilken sorts supposition egenskapsord i satsen får.

15. Problemet

Den medeltida läran om supposition är uppfinningsrik och detaljerad, men den löser knappast problemet med nominalfrasernas tolkning. Själva idén verkar missriktad: det blir för många distinktioner, i stort sett en sorts supposition för varje ny konstruktion, vilket avskräcker med tanke på vår långa lista av nominalfraser ovan.

Problemet illustreras redan av några få vanliga nominalfraser. Hur kan vi ge en enhetlig semantisk tolkning av uttryck som *Mona*, *Bildt*, *varje hund*, *någon fiskmå*s, *ingen riksdagsman*?

Låt oss utgå från att egenskapsord denoterar sina extensioner: *hund* denoterar mängden av hundar, etc. Egennamn kan denotera individer, men vad skall de övriga nominalfraserna denotera? *någon fiskmå*s kunde ibland tänkas denotera en viss fiskmås, men knappast alltid: tänk på satser som *Johan såg inte någon fiskmå*s. Skall *ingen riksdagsman* denotera den tomma mängden? Då skulle också *ingen fiskmå*s göra det, men dessa två nominalfraser borde inte ha samma denotation! Kanske kunde *varje hund* denotera mängden av alla hundar, men hur skall man göra med *de flesta hundar*: vilken mängd av hundar skulle denna fras denotera?

Förslaget att låta *varje P*, *något P*, *de flesta P*, *inget P*, ... denotera en viss *P*, eller en viss mängd av *P*, fungerar helt enkelt inte.

16. En lösning

Det finns en elegant lösning på vårt problem. Vi klättrar upp en abstraktionsnivå och låter nominalfraser denotera inte individer, inte heller mängder av individer, utan i stället *mängder av mängder av individer*.

Frasen *varje hund* denoterar då mängden av alla mängder som inkluderar mängden av hundar, dvs. alla mängder X sådana att varje hund tillhör X . *Någon fiskmå*s denoterar mängden av alla mängder som innehåller minst en fiskmå. *Ingen riksdagsman* denoterar mängden av de mängder som inte innehåller några riksdagsmän. *De flesta babianer* denoterar mängden av alla mängder X sådana att mer än hälften (säg) av alla babianer är element i X .

Generellt: om α är en nominalfras så denoterar α mängden av alla mängder X sådana att a är i X ; i symboler,

$$(5) \llbracket \alpha \rrbracket = \{X: \alpha \text{ är i } X\}$$

$\llbracket u \rrbracket$ står för denotationen av ett uttryck u , variabeln X varierar över mängder av individer).

Det som gör detta förslag till en lösning av vårt problem är, för det första, att det behandlar alla olika nominalfraser på samma sätt, och för det andra, att det möjliggör en *systematisk* redogörelse för hur meningen hos en nominalfras bidrar till meningen hos ett uttryck den ingår i.

I enkla fall kan vi direkt se hur detta går till. Satsen *De flesta soldater springer* betyder att mängden av dem som springer, dvs $\llbracket \text{springer} \rrbracket$, är sådan att de flesta soldater är i den, med andra ord att $\llbracket \text{springer} \rrbracket$ är element i $\llbracket \text{de flesta soldater} \rrbracket$. Satsen *Inga riksdagsmän springer* betyder på samma sätt att $\llbracket \text{springer} \rrbracket$ är element i $\llbracket \text{inga riksdagsmän} \rrbracket$. Generellt:

$$(6) \alpha \text{ springer betyder att } \llbracket \text{springer} \rrbracket \in \llbracket \alpha \rrbracket$$

Den uppmärksamme läsaren undrar antagligen vad som hände med nominalfraser som egennamn och pronomen: sa vi inte nyss att dessa denoterar individer? Här kan vi göra på två sätt. Antingen skiljer vi på två sorters nominalfraser, de som denoterar individer och de som inte gör det, och behandlar bara de senare enligt (5). Eller också noterar vi att (5) faktiskt kan användas också på egennamn:

$$\llbracket \text{Bildt} \rrbracket = \{X: \text{Bildt är i } X\}$$

Det vill säga: vi kan stipulera att ett egennamn denoterar mängden av alla mängder som innehåller den individ som bär namnet ifråga. Denna mängd är entydigt bestämd av individen, och omvänt är individen entydigt bestämd av mängden (varför?), så vi riskerar inte att tappa någon information vid identifikationen. (6) stämmer fortfarande:

Bildt springer betyder att $[[springer]] \in [[Bildt]]$

Den som sätter värde på elegans och enhetlighet väljer förmodligen att tolka alla nominalfraser, även egennamn, enligt förslaget ovan.

17. Är det rätt lösning?

Det finns tydligen olika sätt att genomföra en semantisk tolkning, och valet mellan dem tycks bero på faktorer som teoretisk elegans, hanterbarhet, osv. Men är det inte i grunden empiriska frågor vi sysslar med, dvs hur mänskliga språk fungerar? I så fall borde det väl finnas entydiga besked: är vårt tolkningsförslag korrekt eller inte? Speciellt, denoterar egennamn individer eller mängder av mängder av individer?

Detta är en förenkling. Korrekthetsfrågor i lingvistik och formell semantik är *både* empiriska och metodologiska. Utgångspunkten är de naturliga språken, och den empiriska basen består av hur dessa används av infödda talare. Men vad vi försöker göra är att klarlägga inneboende strukturer i dessa språk. Strukturerna måste konkretiseras på något sätt – vi har valt att gå via översättning till formella språk. Formella språk konstrueras av teoretikern, och det är klart att det kan finnas många olika sätt att göra det på. Vi har specifika krav på översättningen, krav som sätter ramar för vilka formella språk som är acceptabla. Om ett språk eller en översättning inte uppfyller sådana krav, och därmed uppenbart misslyckas med att återge strukturella drag hos naturliga språk som vi föresatt oss att fånga, så kan vi döma ut förslaget som inkorrekt, på empiriska grunder. Men det kan finnas olika sätt att återge en och samma struktur, olika sätt som alla uppfyller våra krav. Valet mellan dem är en metodologisk fråga.

Så det är ingen idé att fråga sig om egennamn *egentligen* denoterar individer eller mängder av mängder av individer. Trots att starka intuitioner talar för det första alternativet, så kan det vara så att det andra alternativet dels lyckas redogöra för samma empiriska fenomen, dels ger oss en enklare teori.

18. Kompositionell översättning av satser med nominalfraser

Vi antydde förut hur vår idé om tolkning av nominalfraser i enkla fall kan bakas in i en kompositionell översättning till ett formellt språk. Att utsträcka detta till mer komplicerade fall, t ex satser med två kvantifierade nominalfraser, som

(7) Ingen student känner varje professor

är inte trivialt. Det finns olika sätt att gå tillväga. Vi skall presentera ett av dem, samtidigt som vi skisserar den formalism som används, (en version av) så kallad *typteori* eller λ -*kalkyl*.

Liksom mängdteorin är typteorin en kraftfull formalism, som i termer av ett enda grundläggande begrepp kan rekonstruera kända matematiska teorier. Men typteorin har till skillnad från mängdteorin en explicit typhierarki: varje objekt är av en viss typ. Detta gör den speciellt lämpad för att översätta naturliga språk. Vi har sett att ord på svenska naturligt hamnar i olika syntaktiska kategorier, men dessa kategorier har också semantiska motsvarigheter, deras tolkningar är av olika semantisk typ, och dessa typer återfinns i typteorin.

Den andra viktiga skillnaden mellan typteori och mängdteori är att grundbegreppet är ett annat: *funktioner* i stället för mängder.

19. Funktioner

Eftersom funktionsbegreppet är grundläggande så kan det inte definieras (i typteorin). Men intuitivt är en funktion en *tillordning av värden till argument*. Alltså, varje argument – objekt i en viss domän – tillordnas ett unikt värde av funktionen. Om funktionen själv är F , och a är ett argument, så är

$$F(a)$$

värdet av funktionen F applicerad på detta argument.

I typteorin består de möjliga argumenten för en funktion av alla objekt av en viss typ. Likaledes är alla värden av samma typ (inte nödvändigtvis samma typ som argumenten). Idén är att inte alla objekt passar som argument för en viss funktion. Betrakta t ex *statsöverhuvudet i x* som ett funktionsuttryck $G(x)$ som, med ett land a som argument, ger $G(a) =$ statsöverhuvudet i detta land som värde. Här passar länder som argument, inte t ex människor eller tal. Värdena å

andra sidan är människor. Vi säger att G är en funktion från typen av länder till typen av människor.

Låt σ, τ, \dots beteckna typer. Utgå från vissa grundläggande typer, såsom typen av människor. Valet av grundläggande typer beror på vad vi skall använda teorin till. Men karaktäristiskt för typteorin är att funktioner från σ till τ också själva är typteoretiska objekt, nämligen av typen 'funktioner från σ till τ '. Denna typ betecknas (σ, τ) . (σ, τ) är alltså en ny, 'högre', typ, och nu kan vi bilda funktioner från denna typ till andra typer, etc. Vi får en hierarki av typer, ovanpå de grundläggande typerna, med hjälp av operationen (\cdot, \cdot) .

Mängder och relationer behövs i typteorin också, men de kan, som Frege insåg, definieras som en speciell sorts funktioner. Välj ut två objekt, säg 1 och 0. Vi kan tänka på dem som sanningsvärden, med 1 som Det Sanna och 0 som Det Falska. Låt t vara typen av sanningsvärden. En mängd A av objekt av typ σ kan nu identifieras med en funktion c_A från σ till t :

$$\begin{aligned} a \in A & \text{ om och endast om } c_A(a) = 1 \\ a \notin A & \text{ om och endast om } c_A(a) = 0 \end{aligned}$$

Låt e vara typen av individer. Typen för mängder av individer blir då (e, t) . Och typen för mängder av mängder av individer, dvs tolkningen av nominalfraser, blir $((e, t), t)$.

Ett egenskapsord som *människa* tolkas i predikatlogiken som mängden av människor. I typteorin tolkas det i stället som den funktion från typen av individer till typen av sanningsvärden som ger värdet 1 om och endast om argumentet är en människa. Hur gör vi med relationsord som *känner*? I den aktuella versionen av typteori har funktioner endast ett argument. Vi tolkar därför *känner* som en funktion, säg *KÄNNER*, av typ $(e, (e, t))$, en funktion från individer till mängder av individer: givet en individ b så är funktionens värde, *KÄNNER*(b), mängden av de individer som känner b . Mer exakt: *KÄNNER*(b) är den funktion från individer till sanningsvärden som ger värdet 1 för ett individargument a om och endast om a känner b . Alltså, *KÄNNER*(b)(a) är sann (= 1) om och endast om a känner b , så *KÄNNER*(b)(a) uttrycker precis det som vi i predikatlogiken skulle skriva *KÄNNER* ab .

Egenskaps- och relationsuttryck kan tolkas i typteori såväl som i predikatlogik. Men många ord har typer som inte kan återges i predikatlogiken. Ett exempel är adjektiv, som *grön* och *klok*. Dessa appli-

cerar på nomen (*fågel, riksdagsman*), dvs uttryck av typ (e,t) som står för en mängd av individer, och ger som resultat ett nytt uttryck av samma typ (*grön fågel, klok riksdagsman*). Med andra ord, adjektiv är av typ $((e,t),(e,t))$. Andra ord som också måste tolkas som funktioner, inte som mängder eller relationer, är till exempel adverb och prepositioner.

20. Typteori

Det formella typteoretiska språket innehåller en uppsättning *variabler* för varje typ. Dessutom kan det finnas *konstanter* av olika typer. Variabler och konstanter är atomära *termer*. Det finns två operationer för att bilda komplexa termer: *applikation* och *λ -abstraktion*. Vad applikation är har vi redan sett:

applikation Om α är en term av typ (σ,τ) och β en term av typ σ , så är

$$\alpha(\beta)$$

en term av typ τ .

abstraktion Om α är en term av typ τ och x en variabel av typ σ , så är

$$\lambda x \alpha$$

en term av typ (σ,τ) . $\lambda x \alpha$ står för den funktion vars värde, för ett argument a av typ σ , anges av α givet att (alla fria förekomster av) x i α tilldelas a .

Med applikation och λ -operatorm kan nya funktioner uttryckas. Tag konstanten *KÄNNER* av typ $(e,(e,t))$. $KÄNNER(y)(x)$ är av typ t och uttrycker att x känner y . Så $\lambda y(KÄNNER(y)(x))$ är av typ (e,t) : mängden av de individer som x känner. $\lambda x(KÄNNER(y)(x))$ är också av typ (e,t) men står för mängden av individer som känner y . $\lambda x \lambda y(KÄNNER(y)(x))$ är av typ $(e,(e,t))$, en relation mellan individer, nämligen precis relationen *KÄNNER*. Men $\lambda y \lambda x(KÄNNER(y)(x))$ är den omvända relationen, är *känd av*. Och $\lambda x(KÄNNER(x)(x))$ är egenskapen att *känna sig själv*.

λ -operatorm binder variabler precis som \forall och \exists i predikatlogiken. En term av typ σ utan fria variabler står för ett objekt av typ σ . De enda *formler* som behövs i typteorin är

$$\alpha = \beta$$

där α och β är termer av samma typ. Relativt en tolkning är formler sanna eller falska. Vi kan därför betrakta formeln $\alpha = \beta$ som en speciell sorts term, nämligen en term av typ t – en som denoterar sanningsvärden.

Det visar sig att predikatlogikens satsoperatorer kan definieras i typteorin, som vissa funktioner från sanningsvärden till sanningsvärden. Också kvantifikatorerna kan definieras; i själva verket kan man kvantifiera över en godtycklig typ. Om vi begränsar oss till typerna $t, e, (e, t), (e, (e, t)), \dots$, och bara abstraherar och kvantifierar över objekt av typ e , så får vi väsentligen den tidigare predikatlogiken.

Låt $[x/\beta]\alpha$ vara resultatet av att i α ersätta alla fria förekomster av variabeln x med termen β (vi förutsätter att x och β är av samma typ). Av förklaringen ovan av innebörden hos λ -abstraktion följer att följande viktiga princip är giltig:

$$(\lambda x)\alpha(\beta) = [x/\beta]\alpha \quad (\lambda\text{-konversion})$$

Alltså: värdet av funktionen $\lambda x\alpha$ applicerad på argumentet β fås genom att i α tolka alla fria förekomster av x som β (givet vissa villkor på variablerna, som jag utelämnar här).

21. Översättning till typteori

För att översätta vår sats

(7) Ingen student känner varje professor

behöver vi variabler av tre typer:

individer, e	x, y, z, \dots
mängder av individer, (e, t)	X, Y, Z, \dots
mängder av mängder av individer, $((e, t), t)$	X, Y, Z, \dots

Den syntaktiska struktur hos (7) som behövs är en enkel konstituentstruktur:

(8) [ingen student] [känner [varje professor]]

(Detta är ett annat sätt att representera den sorts struktur vi representerade i trädform i avsnitt 2.)

Om U^* är översättningen av en fras U , så kan översättningen av hela (8) skrivas

(9) (ingen student)*(känner*((varje professor)*))

Alltså: funktionen (*ingen student*)*, dvs översättningen av *ingen student*, är applicerad på argumentet *känner*((varje professor)*)*, som är översättningen av *känner [varje professor]*. Och argumentet är i sin tur funktionen *känner**, dvs översättningen av *känner*, applicerad på argumentet (*varje professor*)*.

Denna översättning är kompositionell i en mycket sträng mening: den följer exakt den syntaktiska analysen av (7), och två närliggande konstituenten *UV* översätts via funktionsapplikation:

$$(UV)^* = U^*(V^*)$$

Det återstår att beskriva *. Liksom i predikatlogiken låter vi *student** och *professor** vara konstanter av typ (e,t) . Nominalfrasen *ingen student* skall, enligt idén i avsnitt 16, tolkas som mängden av alla mängder som inte innehåller några studenter:

$$(ingen\ student)^* = \lambda X \neg \exists x (student^*(x) \ \& \ X(x))$$

Men analysen av *ingen student* kan drivas ett steg längre. Översätt *ingen* som

$$ingen^* = \lambda Y \lambda X \neg \exists x (Y(x) \ \& \ X(x))$$

Då får vi, med hjälp av λ -konversion,

$$\begin{aligned} ingen^*(student^*) &= (\lambda Y \lambda X \neg \exists x (Y(x) \ \& \ X(x)))(student^*) \\ &= \lambda X \neg \exists x (student^*(x) \ \& \ X(x)) \\ &= (ingen\ student)^* \end{aligned}$$

Observera λ -konversionen mellan första och andra raden: vi har ett uttryck av formen $(\lambda Y \alpha)(student^*)$, som alltså är lika med det vi får om vi i α ersätter Y med *student**.

På samma sätt får vi översättningen av *varje professor*:

$$(varje\ professor)^* = \lambda X \forall y (professor^*(y) \rightarrow X(y))$$

För att översätta *känner*, slutligen, utgår vi från konstanten *KÄNNER* av typ $(e,(e,t))$. Men denna är inte av rätt typ: vi behöver en funktion som applicerar på tolkningar av nominalfraser, och ger som värde en mängd av individer. Med andra ord, en funktion av typ

$$((e,(e,t)), (e,t))$$

Det visar sig nu att man kan ta till ett knep av samma slag som när vi tolkade egennamn som mängder av mängder av individer. Vi översätter *känner*, inte som *KÄNNER*, utan som den funktion av ovanstående typ som definieras av

$$\text{känner}^*(X) = \lambda z(X(\lambda u(KÄNNER(u)(z))))$$

På samma sätt kan andra relationer mellan individer 'lyftas' till funktioner av denna typ. Motivet för denna manöver framkommer när vi nu översätter hela verbfrasen *känner* [*varje professor*]:

$$\begin{aligned} \text{känner}^*(\text{varje professor})^* &= \text{känner}^*(\lambda X \forall y(\text{professor}^*(y) \rightarrow X(y))) \\ &= \lambda z(\lambda X \forall y(\text{professor}^*(y) \rightarrow X(y)))(\lambda u(KÄNNER(u)(z))) \\ &= \lambda z \forall y(\text{professor}^*(y) \rightarrow (\lambda u(KÄNNER(u)(z)))(y)) \\ &= \lambda z \forall y(\text{professor}^*(y) \rightarrow KÄNNER(y)(z)) \end{aligned}$$

Här har vi använt λ -konversion två gånger. Resultatet är mängden av de individer som känner varje professor, vilket är precis vad vi vill ha för att översätta hela satsen:

$$\begin{aligned} &(\text{ingen student})^*(\text{känner}^*(\text{varje professor})^*) \\ &= (\lambda X \neg \exists x(\text{student}^*(x) \ \& \ X(x)))(\lambda z \forall y(\text{professor}^*(y) \rightarrow KÄNNER(y)(z))) \\ &= \neg \exists x(\text{student}^*(x) \ \& \ (\lambda z \forall y(\text{professor}^*(y) \rightarrow KÄNNER(y)(z)))(x)) \\ &= \neg \exists x(\text{student}^*(x) \ \& \ \forall y(\text{professor}^*(y) \rightarrow KÄNNER(y)(x))) \end{aligned}$$

Simsalabim! Slutresultatet, efter ytterligare två λ -konversioner, är väsentligen den predikatlogiska sats som vi redan vet ger den avsedda meningen hos vår sats. Men medan översättningen till predikatlogik fick göras på känn och med hjälp av vår förståelse av både svenska och predikatlogik, så är översättningen här rent mekanisk: den följer den svenska satsens syntaktiska struktur enligt bestämda regler, som man lätt skulle kunna lära en dator att följa. Fastän (i stort sett) samma predikatlogiska sats resulterade i bägge fallen, så var utflykten bland högre typer nödvändig för att kunna realisera en strikt kompositionell översättning.

22. Formell semantik

Vi har sett ett exempel på formell semantik: användning av typteori för kompositionell översättning. Exemplet antyder grundläggande idéer, men är förstås förenklat. För att klara av andra konstruktioner

på svenska behövs en mer noggrann syntaktisk analys än den enkla konstituentstruktur som dög i exemplet, och översättningsfunktionen blir mer komplex. Det gäller till exempel hanteringen av *pronomen* och deras anaforiska referens till tidigare uttryck i texten.

Vissa språkliga konstruktioner tycks dessutom kräva utvidgningar av typteorin. Ett exempel är de tidigare nämnda *indexikala* uttrycken. Ett annat gäller så kallade *intensionala* konstruktioner, såsom i *Johan letar efter en enhörning*, eller *Bert tror att en partikamrat röstade mot förslaget*. Den första satsen kan vara sann trots att det inte finns eller har funnits några enhörningar. Den andra kan betyda såväl att Bert tror om en viss bestämd partikamrat att denne röstade mot förslaget, som att han tror att någon partikamrat röstade emot, utan att han har någon uppfattning om vem det är.

För att hantera intensionala kontexter har man prövat att utvidga typteoriens semantik till en så kallad *möjlig världsemantik*. Det finns inga enhörningar i vår värld, men det är inte så svårt att tänka sig en värld där sådana djur existerar. Om vi bara beaktar den faktiska extensionen hos ordet *enhörning*, dvs den tomma mängden, så kommer vi inte långt med satsen *Johan letar efter en enhörning*, men vi lyckas bättre om vi blandar in dess extension i andra världar också. Också trossatser kan ges en mer adekvat analys med hjälp av möjliga världar.

En annan typ av satser som tycks kräva något i stil med möjliga världar är vissa *villkorssatser*. Sanningsvärdet hos satsen *Om jag stryker tändstickan mot plånet så tänds den* är inte beroende av huruvida jag faktiskt stryker tändstickan mot plånet eller inte. Därmed är dess mening svår att återge i t ex predikatlogik. Satsen uttrycker snarare något slags nödvändigt samband, som kunde formuleras så att i alla världar (av ett visst slag) där tändstickan stryks mot plånet tänds den.

Vidare måste på ett eller annat sätt en *tidsstruktur* kopplas till det formella språkets semantik, om översättningen skall fungera. Särskilt verben i naturliga språk involverar en sådan tidsstruktur: de har *tempus*. Semantiken måste kunna återge skillnaden mellan former som *springer*, *sprang*, *har sprungit*, *hade sprungit*, *kommer att springa*, etc.

Att hitta ett rätt avvägt formellt språk, baserat på typteori, som är tillräckligt rikt för att en översättning från naturliga språk skall fungera, och samtidigt hanterbart ur formell synpunkt, är en av huvuduppgifterna inom modern formell semantik.

Men användningen av logik vid studiet av mänskliga språk be-

gränsar sig inte till en *beskrivning* av logisk form. Ibland händer det att logiken också kan *förklara* språkliga fenomen, genom att vissa egenskaper eller samband blir synliga först på den abstraktionsnivå som logiken arbetar. Här följer ett exempel.

23. *Semantisk förklaring av syntaktiska fenomen: negativ polaritet*
Betrakta följande satser – en asterisk framför en sats markerar att den förefaller icke välformad (ogrammatisk):

- (10a) Kalle har aldrig någonsin varit i Moskva
- (10b) *Kalle har någonsin varit i Moskva
- (11a) Ingen miljöpartist har någonsin varit i Riga
- (11b) *Några miljöpartister har någonsin varit i Riga
- (12a) Varken Ian eller Bert minns ett dugg av filmen
- (12b) *Ian eller Bert minns ett dugg av filmen
- (13a) Ingen skådespelares agent borde någonsin agera utan att fråga honom
- (13b) *Varje skådespelares agent borde någonsin agera utan att fråga honom
- (14a) Högst fem elever har någonsin varit i Vilnius
- (14b) Få elever har någonsin varit i Vilnius
- (14c) *Minst tre elever har någonsin varit i Vilnius
- (14d) *De flesta elever har någonsin varit i Vilnius

Vissa uttryck, här exemplifierade av *någonsin* och *ett dugg*, passar i en del satser men inte i andra. Varför? En blick på (10) – (13) ovan antyder en syntaktisk förklaring: uttrycken förutsätter en 'negativ' omgivning: en negation som *inte* eller *aldrig*, eller en 'negativ' nominalfras som *ingen miljöpartist* eller *varken Ian eller Bert*. Man har därför kallat dessa uttryck *negativt polära*.

Problemet är emellertid att denna rent syntaktiska förklaring inte täcker alla fall, vilket exemplen (14) visar. Det finns inget speciellt negativt hos *högst fem* eller *få*. Man kan förstås säga att *högst fem* är detsamma som *inte minst sex*, och att *få* är detsamma som *inte många*, men på samma sätt är *minst sex* detsamma som *inte högst fem*, och *många* detsamma som *inte få*. Så hur skall man förklara distributionen av *någonsin* och *ett dugg* i såväl (10) – (13) som (14)?

24. Monotonicitet

Det ligger något i intuitionen att det är någon slags negativ kontext som tillåter negativt polära uttryck; det är bara det att denna egenskap är inte syntaktisk utan *semantisk*, och den visar sig först vid en logisk analys. Förklaringen har att göra med *monotonicitet*.

Tag nominalfraser, till exempel. De denoterar, har vi sagt, mängder av mängder. Kalla en nominalfras a *monoton uppåt*, om

$$X \in [[\alpha]] \text{ och } X \text{ inkluderad i } Y \text{ medför att } Y \in [[\alpha]].$$

α är *monoton nedåt* om

$$X \in [[\alpha]] \text{ och } Y \text{ inkluderad i } X \text{ medför att } Y \in [[\alpha]].$$

Frasen *några miljöpartister* är monoton uppåt, ty frasen tolkas som mängden av alla mängder som innehåller några miljöpartister, och om X är en sådan mängd, och X är inkluderad i Y , så innehåller Y också några miljöpartister. Ett sätt att testa monotonicitet uppåt hos a är att se om följande typ av slutledning är giltig:

$$(15) \quad \alpha \text{ springer} \\ \text{alltså: } \alpha \text{ springer eller hoppar}$$

Mängden av dem som springer är inkluderad i (är en delmängd av) mängden av dem som springer eller hoppar, så om en slutledning av typ (15) generellt gäller för α så måste α vara monoton uppåt. Med denna test kan vi se att nominalfraserna *Kalle*, *varje skådespelare*, *minst tre elever*, *de flesta elever*, är monotona uppåt.

Monotonicitet nedåt kan på samma sätt testas via slutledningen

$$(16) \quad \alpha \text{ springer} \\ \text{alltså: } \alpha \text{ springer och hoppar}$$

eftersom mängden av dem som både springer och hoppar är en delmängd av mängden av dem som springer. Till exempel, om högst tre elever springer så följer det att högst tre elever springer och hoppar, så *högst tre elever* är monoton nedåt. Också *få elever*, *ingen miljöpartist*, och *varken Ian eller Bert* (tolkad som mängden av de mängder X sådana att varken Ian eller Bert är element i X) är monotona nedåt.

Vi kan också se med (15) och (16) att vissa nominalfraser är inte är monotona, vare sig nedåt eller uppåt. Ett exempel är *exakt fem elever*.

Också andra uttryck än nominalfraser kan vara monotona. Betrakta *determinatorer*, dvs uttryck som *varje*, *ingen*, *de flesta*, *minst fem*, *alla utom tre*, *ingen skådespelares*, som tillsammans med nomen bildar nominalfraser. Dessa denoterar vad logiker brukar kalla *generaliserade kvantifikatorer*, som vi här kan uppfatta som relationer mellan två mängder:

<i>varje</i> X är Y	om X är inkluderad i Y
<i>ingen</i> X är Y	om X och Y saknar gemensamma element
<i>minst fem</i> X är Y	om X och Y har minst fem gemensamma element
<i>de flesta</i> X är Y	om X som är Y är fler än de X som inte är Y
<i>alla utom tre</i> X är Y	om mängden de X som inte är Y har exakt tre element

Om första argumentet X hos en sådan kvantifikator Q fixeras får vi en nominalfras. Om denna är monoton uppåt (nedåt) för varje X så är Q monoton uppåt (nedåt) i sitt högra argument. Men Q kan också vara monoton i sitt vänstra argument X . Det kan vi testa via slutledningar av följande form:

(17) Q studenter springer
alltså: Q rödhåriga studenter springer

Om detta alltid gäller så är Q monoton nedåt i sitt vänstra argument. Det gäller för *varje*: om varje student springer så följer det att varje rödhårig student springer. Så *varje* är monoton nedåt i vänstra argumentet och monoton uppåt i högra, medan *ingen* är monoton nedåt i båda argumenten. Men (17) stämmer inte på *någon* eller *minst fem*. För dessa gäller däremot

(18) Q studenter springer
alltså: Q studenter eller lärare springer

så de är bägge monotona uppåt (i båda argumenten). Läsaren kan använda dessa test för att verifiera att *de flesta* varken är monoton uppåt eller nedåt i sitt vänstra argument (fast den är monoton uppåt i det högra), och att *alla utom tre* inte är monoton i något argument.

Även vanlig satsnegation kan ses som en monoton operator. Sats tilldelas sanningsvärden, 0 eller 1, och dessa har redan en naturlig ordning. Vi säger att en satsoperator O är monoton nedåt om det gäller för alla sats p och q att om $[[Op]] = 1$ och $[[q]] \leq [[p]]$, så $[[Oq]] = 1$.

Annorlunda uttryckt, om Op är sann och q implicerar p så är Oq sann. (Monotonicitet uppåt definieras på analogt sätt.) Men om $\neg p$ är sann, dvs p är falsk, och q implicerar p så är $\neg q$ sann. Alltså är \neg monoton nedåt.

25. Negativ polaritet förklarad

Som läsaren förmodligen redan gissat så är det den semantiska egenskapen *nedåtmonotonicitet* som förklarar distributionen av negativt polära uttryck. Den har något med 'negativa kontexter' att göra: vi såg att negation är en nedåtmonoton operator, och det förklarar exemplen (10). Satserna i (11) – (14) förklaras samtliga av monotonicitet hos nominalfraser: det negativt polära uttrycket passar när det står inom räckvidden för en nedåtmonoton nominalfras, men inte annars, och detta oberoende av om någon negation är syntaktiskt synlig i satsen.

Ytterligare evidens för denna analys ges av följande satser:

- (19a) Varje människa som någonsin hört talas om Pavarotti skulle vilja träffa honom
- (19b) Ingen människa som någonsin hört talas om Pavarotti skulle vilja träffa honom
- (19c) *Någon människa som någonsin hört talas om Pavarotti skulle vilja träffa honom

Här betar sig *varje* och *ingen* på samma sätt, till skillnad från i satserna (13). Men det är inget motexempel mot analysen, tvärtom! För nu står det negativt polära uttrycket innanför det vänstra argumentet till en determinator, och där är både *varje* och *ingen* monotona nedåt, medan *någon* är monoton uppåt. Om vi däremot sätter ett negativt polärt uttryck också i det högra argumentet får vi till exempel:

- (20a) Högst tio människor som någonsin hört talas om Pavarotti vet ett dugg om honom
- (20b) *Varje människa som någonsin hört talas om Pavarotti vet ett dugg om honom

(20a) fungerar eftersom *högst tio* är monotont nedåt i bägge argumenten. (20b) är misslyckad eftersom *varje* inte är monoton nedåt i högra argumentet.

26. *Mening som process*

Relationerna mellan mening och logik går åt båda hållen. Det är inte bara så att existerande logiska verktyg kan användas vid studiet av mening för mänskliga språk. Lingvistiska frågor har också inspirerat modern logik, vilket jag antydde på tal om försöken att hitta lämpliga versioner av typteori. Också den logiska teorin för generaliserade kvantifikatorer har hämtat inspiration från kopplingen mellan dem och nominalfraser och determinatorer. Jag skall avsluta med ytterligare en antydan om ny logik som, åtminstone delvis, utgår från frågor om mening och förståelse.

Hittills har vårt logiska perspektiv varit klassiskt. Satsen uttrycker påståenden. Påståenden är sanna eller falska, eller, lite mer nyanserat, sanna eller falska relativt en möjlig värld. Att förstå en sats är att besitta en viss *kunskap*, att veta vilket påstående den uttrycker.

Detta om man så vill statiska perspektiv på mening kan kontrasteras med ett mer *dynamiskt*: förståelse som *process*. Resultatet av denna process kan beskrivas som kunskap, men processen själv är också värd ett (logiskt) studium. *Kognition* snarare än kunskap, med andra ord.

Inspirationen till ett sådant dynamiskt perspektiv i logiken kommer bland annat från datalogin. Att köra ett dataprogram är en process. Antag att vi har en databas i ett visst tillstånd: saker och ting som ligger i olika fack. Under körningen av programmet flyttas saker ut ur och in i facken, och efteråt befinner sig databasen i ett nytt tillstånd. Programmet kan beskrivas i termer av vad det gör: vilket sluttillstånd som resulterar från varje möjligt initialtillstånd. Med andra ord, ett sätt att ge en *semantik* för programmet är att ange vilken input-output-relation mellan tillstånd det motsvarar.

Denna idé kan också tillämpas på språkförståelse. Tänk på en sats (eller en text) som ett program, och på tillstånd som en läsares kognitiva tillstånd. Efter läsningen har tillståndet ändrats, och hur det ändrats beror på satsens mening. Men tillstånd behöver inte uppfattas psykologiskt; de kan också ses som en mängd av möjliga världar, nämligen alla i vilka vissa påståenden är sanna. Meningen bestämmer hur denna mängd ändras när en sats 'läggs till'. Vi kan också tänka på tillstånd som rent fysiska beskrivningar. Den avgörande idén är att mening hos satsen nu ses som en *relation mellan tillstånd*.

Ett sådant dynamiskt perspektiv kräver en delvis ny logik. Vad det innebär att en sats *följer av* andra satser kan nu beskrivas i termer av processer (meningsrelationer) snarare än sanning: om man 'processar' premisserna först, vad händer när man därefter 'processar' slutsatsen? Också de logiska konstanterna får en ny innebörd. Tydligast märks detta på satskonnektivet & (*och*). I klassisk logik är $p \text{ \& } q$ ekvivalent med $q \text{ \& } p$, ordningen spelar ingen roll. Men i vanligt språk är ordningen mellan konjunkterna ofta viktig. För *Ingvar tappade pärmen på tån och skrek till* och *Ingvar skrek till och tappade pärmen på tån* är tidsordningen avgörande, men också andra företeelser kan göra bruk av ordningen mellan satser. Betrakta

- (21) En student kommer in i föreläsningssalen. Han visslar.
- (22) Han visslar. En student kommer in i föreläsningssalen.

Det är svårt att göra reda för (21) och (22) i klassisk logik. Men om vi tänker på pronomenreferens som ett dynamiskt fenomen är saken ganska enkel. Första satsen i (21) introducerar en viss individ (eller åtminstone något som representerar en individ), och pronominet *han* i andra satsen refererar till denna. Pronomen behöver i allmänhet sådana tidigare introducerade objekt att referera till, och det är därför (22) inte fungerar (såvida inte någon kontext kan klargöra vad *han* refererar till, men i alla händelser betyder (21) och (22) olika saker).

Denna mekanism kan fångas med en semantik som tolkar de inblandade satserna som relationer mellan tillstånd. Starta i något initialtillstånd och 'processa' första satsen i (21). Efteråt har en viss individ introducerats, med informationen att han är student och kommer in i föreläsningssalen. Detta tillstånd blir input för den andra satsen. Eftersom det nu finns en lämpligt introducerad individ kan processen fortsätta, och informationen att han visslar läggs till. Vi kan uppfatta punkten efter den första satsen som ett *och*, men detta *och* fungerar inte som klassisk satskonjunktion: i stället *sätter det samman* meningsrelationerna för de två satserna, så att output från den första blir input till den andra.

Logikens klassiska frågeställningar tar ny form i detta dynamiska perspektiv, och utformandet och undersökningen av procedurrell eller dynamisk logik är just nu ett livaktigt forskningsområde, åtminstone inom den (stora) grupp logiker som hämtar inspiration från problem inom datalogi eller lingvistik. Denna användning av logik för de

naturliga språkens semantik nöjer sig inte med strukturbeskrivning av satser; den har också något att säga om faktiska förståelseprocesser.

27. Till sist

Jag har drivit en enkel tes: att logik kan användas för att kartlägga vissa strukturer som återfinns i mänskliga språk. Metoden har varit att med några exempel visa upp vad en logisk analys kan göra. Om jag lyckats så borde både värdet av logiken som hjälpmedel, och dess begränsningar, ha framkommit. Beskrivningen av logisk struktur uttömmar inte det som finns att säga om hur mänskliga språk fungerar, långt därifrån. (Den uttömmar inte heller allt logiken har att komma med i sammanhanget; jfr. föregående avsnitt.) Men strukturen är fundamental, också för att förstå hur vi lär oss språk och kommunicerar med hjälp av dem. Och den är inte trivial, inte något man ser efter en stunds reflektion. Det är just rikedom och komplexiteten hos de mänskliga språken, och det delvis oväntade faktum att moderna logiska verktyg kan användas för att komma åt en del av denna komplexitet, som gör ett språkstudium med logiska metoder så fascinerande.