



LUND UNIVERSITY

En tidskonstant i språk – de mystiska 2,7 sekunderna

Roll, Mikael

Published in:

Årsberättelse / Kungl. Humanistiska vetenskapssamfundet i Lund = Bulletin de la Société royale des lettres de Lund

2024

Document Version:

Manuskriptversion med förlagets layout och korrekturanmärkningar, oftast ej publikt tillgängligt

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Roll, M. (2024). En tidskonstant i språk – de mystiska 2,7 sekunderna. *Årsberättelse / Kungl. Humanistiska vetenskapssamfundet i Lund = Bulletin de la Société royale des lettres de Lund*, 2024, 65-74.

Total number of authors:

1

Creative Commons License:

Annan

General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117
221 00 Lund
+46 46-222 00 00

En tidskonstant i språk – de mystiska 2,7 sekunderna

Mikael Roll

INLEDNING

För 10–15 år sedan gjorde vi som jobbade med neurolingvistik i Lund en fascinerande upptäckt som inte skapade så stor uppmärksamhet då. På senare tid har dock våra resultat väckt en hel del intresse när man har tolkat dem ur ett lite annat perspektiv än vad vi gjorde. Vad min forskningsgrupp visade var att det finns en tidskonstant när vi lyssnar på tal: 2,7 sekunder. Människor försöker hålla talade fraser till en längd på ungefär 2,7 sekunder. Vi observerade till och med att man gjorde det under tyst läsning! Hur vi gjorde kommer snart att visa sig. Vår förklaring var att språkets form snabbt tynar bort i korttidsminnet. På ungefär tre sekunder har man glömt hur något man har hört låter mer exakt. Därför tänkte vi oss att det gäller att hålla fraser till en längd under 3 sekunder för att lyssnaren ska kunna pumpa ut all nödvändig information som behövs för att förstå frasen innan den försvinner ur korttidsminnet. Vi minns vad som sägs men inte hur det sägs. Hur kom vi fram till den här upptäckten? För att förstå det måste vi gå tillbaka till min tid som doktorand.

När jag disputerade var jag, som många andra, utless på mitt avhandlingsämne. Jag hade använt elektroencefalografi (EEG) – elektroder på försökspersoners huvuden – för att undersöka hur språkmelodin påverkar hur hjärnan uppfattar ord och meningars struktur. Det är i sig väldigt spännande, men nu kände jag att det var dags att göra något annat. Min handledare hade undersökt talat språk och sett att det verkade finnas intressanta regelbundenheter (Horne, Frid, & Roll, 2006). Det verkade som om talade fraser generellt hade en längd på någonstans mellan 2 och 3 sekunder. Vi diskuterade vad det där kunde komma sig av. Kunde det bero på andningen? Det verkade inte troligt, eftersom andning utan tal är långsammare än så. Kunde det kanske bero på tidsbegränsningar på korttidsminnet för ljud, som enligt Baddeley låg någonstans i det tidsspannet (Baddeley, 1966; Baddeley, Thomson, & Buchanan, 1975)?

Vi började resonera om att det kunde vara så att både talare och lyssnare föredrar fraser som rymmer i korttidsminnet, för att man ska kunna sätta

ihop och tolka ljuden som ord i meningar medan de finns i minnet. Vi kontaktade Baddeley, som svarade att han nog trodde mer på andningen i så fall. Men det gjorde inte vi och vi hade fog för att tänka annorlunda.

På 1960-talet hade Sachs (1967) undersökt vad man mindes av en mening man hade hört efter olika långa tidsintervall av inskjutet störande prat. Direkt efter att man hört en mening mindes man den ordagrant, men redan efter några sekunder började man glömma *hur* saker sagts trots att man fortfarande mindes *vad* som sagts. Exempelvis kunde man ha hört frasen *Hundarna blev utfordrade av torparen* och kanske mindes något i stil med *Torparen matade hundarna*, som har ungefär samma innehåll men en annan *form*. Sachs hade antagit att minnet av meningars form är kortlivat, i linje med Baddeleys 2–3 sekunder, men att lyssnare tolkar och kodar om det som sägs till en *semantisk* representation, alltså en betydelse, innan formen har fallit ur korttidsminnet. Vi tänkte oss alltså att en mening som den om hundarna ovan måste rymmas i en fras som får plats i korttidsminnet för att kunna tolkas och kodas om till betydelse. Hur skulle vi då kunna testa om korttidsminnet var inblandat i att begränsa talade fraser till 2–3 sekunder? Till ritbordet! Jag skickade in en projektansökan till Vetenskapsrådet som blev beviljad. Men dessförinnan började jag testa idéerna under min postdokvistelse i Sevilla – med ganska misslyckat resultat.

TIDSKONSTANTEN I TALPRODUKTION

Vid Universitetet i Sevilla var jag på institutionen för experimentell psykologi med inriktning mot psykobiologi. I labbet var man extremt metodiska, gick myrsteg framåt och försäkrade sig om att man verkligen hade rätt vid varje steg. Det har med tiden lett till stora – och framförallt säkra – insikter inom uppmärksamhetsforskningen. Uppmärksamhet och korttidsminne hänger tätt ihop och man tyckte att idéerna jag kom med var väl värda att testa. I deras strikta modell skulle man alltid först utföra ett beteendexperiment innan man började krångla med EEG-elektroder. Det är en bra grundsyn, åtminstone när det är fråga om uppmärksamhetsexperiment, där det ofta finns tydliga beteendeffekter. Men det kom att innebära ett krux för mig. Som det skulle visa sig långt senare, var de effekter vi var ute efter klart synbara i hjärnaktiviteten men inte lika tydliga i beteenderespons i experiment.

Projektet hade flera antaganden. Det första byggde på det min före detta handledare hade påvisat, att talade fraser verkar hålla en längd på mellan 2 och 3 sekunder. Antagandet var att talare skulle anpassa sin talhastighet till en mer eller mindre konstant fraslängd. Med andra ord, om fler

ord skulle klämmas in i en fras så måste den uttalas snabbare för att man skulle hålla fraserna inom 2–3 sekunder. Detta kunde enkelt testas. Jag lät experimentdeltagare läsa en massa meningar av typen i exempel (1) och bad dem göra de frasindelningar som markeras med symbolen ”||”. Det blir alltså tre fraser med fyra ord i varje i (1 a), en fras med åtta ord och en med fyra i exempel (1b) och en enda fras med tolv ord i exempel (1c).

(1)

- a. Martin klipper gärna gräset || så det är kort || när han har tid ||
- b. Martin klipper gärna gräset så det är kort || när han har tid ||
- c. Martin klipper gärna gräset så det är kort när han har tid ||

Testa gärna att läsa meningarna för dig själv med de tre olika fraseringsarna. Märker du någon skillnad? Går det fortare ju fler ord fraserna har? I så fall stämmer det väl överens med hur testresultaten såg ut. Vi kunde också observera att både de halvlånga och långa fraserna hölls med en längd på ungefär 2,7 sekunder. Det stämde väl överens med Baddeleys tidsfrist för spår av ljud i korttidsminnet. Vi valde därför att sätta 2,7 sekunder som en tidskonstant för vad människor verkar föredra att uttala som ett sjok av ord (Roll, Lindgren, Alter, & Horne, 2012). Den konstanten har sedan dess fått stöd av andra forskare som gått vidare med området (Henke & Meyer, 2021). Det bör också nämnas att den ligger väldigt nära de 2,6 sekunder som (Vollrath, Kazenwadel, & Kruger, 1992) hittade som medianlängd på talfragment när de använde en särskild halshängd mätutrustning.

TANKELÄSNING, KORTTIDSMINNE OCH TYST LÄSNING

Det är nog så bra med talproduktion. Vi hade dock än så länge inte kunnat visa något som motsade att tidskonstanten trots allt kunde bero på andningen på något sätt. Här kom kanske den vildaste idén min grupp och jag har haft hittills upp. Vi skulle testa hur läsare spontant fraserar text – under tyst läsning utan några skiljetecken. Hur skulle det gå till? Genom tankeläsning? Ja, faktiskt. Med EEG-utrustningen kan man läsa tankar på ett sätt. Åtminstone om man vet vad försöksdeltagarna blir utsatta för. Viktigt i det här fallet är att man relativt nyligen hade upptäckt en hjärnvåg i EEG-signalen som visade när människor hör frasgränser i tal (Steinhauer, Alter, & Friederici, 1999), en så kallad *Closure Positive Shift (CPS)*. Man hade också observerat en liknande effekt vid komman under tyst läsning (Steinhauer & Friederici, 2001). Det verkade som om fraserings faktiskt kunde observeras även när folk läser för sig själva. Vi kunde

alltså testa vår hypotes i alla fall! Om fraserings följer tidskonstanten även under läsning, borde vi med EEG se en CPS när det har gått 2,7 sekunder från det att försökspersoner börjar läsa.

Den manipulation vi genomförde för första gången för att testa det var lika enkel som djärv och skulle ligga till grund för en serie experiment både i Lund och på andra platser (Henke, Beier, Roll, & Meyer, In press). Vi presenterade bara meningar som dem i exempel (1) ovan, ord för ord på en skärm i olika hastigheter. När meningarna presenterades långsamt tog det 2,7 sekunder att läsa varje fras. Vid halvsnabb presentation tog två fraser 2,7 sekunder och vid snabb presentation rusades alla tre fraser igenom under 2,7 sekunder. Det är nog första och sista gången i livet jag ser resultat som blir exakt på pricken som man väntar sig. Vi såg en CPS varje gång ett 2,7-sekunderssjok av ord tog slut, vare sig det bestod av fyra, åtta eller tolv ord. Det var ett så oväntat resultat att studien blev svår att publicera. Alla trodde att det var en efterhandskonstruktion, men vi hade testat en hypotes och den slog in, helt enkelt (Roll et al., 2012).

Men inte nog med det. För att se om det fanns något förhållande till korttidsminne lät vi deltagarna testa sitt arbetsminne med ett så kallat *operation span test*. Där ska deltagarna komma ihåg bokstäver samtidigt som de ska räkna mattetal. Alla klarade det utmärkt och vi fick ett mått på hur minnet av bokstäverna förtvinar hos olika individer. Till saken hör att vi också lät samma personer läsa meningar i samma takt som förut men med ett ord extra som i exempel (2) nedan. Med samma läshastighet som i de andra meningarna blir de minimala fraserna inte 2,7 sekunder vid långsam läsning, utan 3,4 sekunder. Det är alltså långt utanför korttidsminnets gränser. Vad vi såg var en elektriskt negativ signal över vänstra främre delen av försöksdeltagarnas huvuden. Den effekten har tidigare relaterats till ökad belastning på arbetsminnet, alltså den aktiva delen av korttidsminnet (Ruchkin et al., 1992). Ju sämre deltagarna hade varit på att komma ihåg bokstäverna i operation span-testet desto större effekt såg vi i EEG-signalen. Det verkade alltså som om en större individuell korttidsminneskapacitet gjorde det lättare att bearbeta de ”för långa” fraserna. De 2,7 sekunderna för talbearbetning verkar på så vis kanske ha en viss tänjbärhet.

(2)

Martin klipper *faktiskt* gärna gräset så det är *väldigt* kort när han har *mycket* tid ||

Med andra ord verkade det mycket riktigt som om de 2,7 sekunder långa fraserna hade mer med korttidsminnet än med utandningen att göra. Fle-

ra frågor kvarstod dock. Vi hade sett något som tydde på att läsare eftersträvar att dela in texten de läser i fraser på 2,7 sekunder. Hur påverkade det hur meningsbyggnaden uppfattas i mer komplexa meningar? Vad gjorde det med förmågan att relatera och integrera olika sorters information inom och mellan de olika tidssjoken? Det här skulle jag utforska i Lund med hjälp av den forskningsgrupp jag skulle börja bygga upp med projektmedel från Vetenskapsrådet och senare Knut och Alice Wallenberg och Marcus och Amalia Wallenbergs stiftelser samt Crafoordska stiftelsen. Jag ska bryta händelsernas kronologi för att berätta lite om det innan jag redogör för mitt misslyckande i Sevilla.

TIDSKONSTANT OCH MENINGSBYGGNAD

Frågan om hur tidsbegränsningarna på fraser påverkar hur vi uppfattar meningsbyggnaden testade vi genom att variera ordföljden i meningar som presenterades olika snabbt. Ordföljderna fungerade bra med en viss frasering men inte med en annan. Jämför meningarna i exemplen (3a) och (3b). I (3a) har frasen som inleds med *så* bisatsordföljd, med *inte* före verbet *fryser*. Där är det naturligt att kombinera de två första satserna i en enda fras: *Petter stänger alltid fönstret så han inte fryser...* I exempel (3b), däremot, har *så*-frasen huvudsatsordföljd. Där blir endast naturligt med en paus mellan *fönstret* och *så*. Testa får du se!

(3)

- a. | Petter stänger alltid fönstret | så han inte fryser | när det är kallt |
- b. | Petter stänger alltid fönstret | så han fryser inte | när det är kallt |

Återigen presenterades meningarna ord för ord i olika hastigheter. Vi nöjde oss med två olika presentationshastigheter den här gången, en snabb, som gjorde att man skulle göra en enda fras av de två första satserna. Det skulle främja ordföljden i (3a). Den långsamma hastigheten däremot skulle göra att man läste varje sats som en fras. Det skulle göra att man var mer benägen att förvänta sig ordföljden i (3b). Vis av erfarenhet som jag strax ska berätta om, gick vi direkt på EEG-experiment utan att försöka med några beteendeeexperiment först. Resultaten var enkla och enligt hypotesen. Vi replikerade CPS:en vid förväntade frasgränser och vi lyckades lura in läsarna på fel spår med hjälp av den implicita frasering som de olika hastigheterna gav. När de läste meningar som den i (3a) i långsamt tempo, såg vi en snabb, elektriskt negativ effekt över synhjärnbarken längst bak på huvudet vid det oväntade ordet *inte* (Schremm, Horne, & Roll, 2015).

En liknande effekt hade vi observerat förut vid oväntade lästa ord (Roll, Horne, & Lindgren, 2007) och vi antar att den visar ett förutsägelsefel på ganska låg kognitiv nivå. Läsarna hade helt enkelt på grund av sin frasering väntat sig att få se en annan ordform vid den tidpunkten. Efter följde en välkänd effekt, nämligen en ”P600”, en positiv buktning i EEG-signalen som är som störst 0,6 sekunder efter en oväntad meningsbyggnad. Den visar på omstrukturering av meningsbyggnaden. Det är alltså effekten av att man känner ”vänta nu, jag hade inte väntat mig *inte fryser* utan tvärtom: *fryser inte*”. Et voilà, den tidsbegränsade fraseringen hade alltså följder för hur vi uppfattar meningsbyggnad.

DET SPANSKA MISSLYCKANDET

Åter till min postdokvistelse i Sevilla. Jag hade en alldeles utmärkt idé. Jämför meningarna i exempel (3a) och (3b). Meningen i (3a) är korrekt. Verbet *comen* ’äter’ är böjt i plural efter subjektet *Los niños* ’barnen’. I (3b) är verbet *come* ’äter’ felaktigt böjt i singular, så att det inte kongruerar med *Los niños* ’barnen’. *Por lo menos* ’åtminstone’ och *siempre* ’alltid’ är bara tillagda som utfyllnad för att man ska kunna variera avståndet mellan de kongruerande orden. Genom att använda olika presentationshastighet kunde jag se till så att det gick mer eller mindre än 2,7 sekunder mellan dem. Tanken var att formen av *Los niños* inte får ha tynat bort helt i korttidsminnet om man ska kunna matcha formerna och detektera det formella – grammatiska – felet i *come* i (3b).

(3)

a. *Los niños por lo menos siempre comen*

Barnen åtminstone alltid äter

’Barnen äter åtminstone alltid’

b. **Los niños por lo menos siempre come*

Barnen åtminstone alltid äter

’Barnen äter åtminstone alltid’

Asterisken står för att meningen är grammatiskt felaktig. Det var här misslyckandet började. Jag hade en tydlig hypotes om vad som skulle hända i hjärnan. När hjärnan upptäcker ett kongruensfel ser man en elektriskt negativ buktning i EEG-signalen ovanför vänster pannlob som kallas vänsterfrontal negativitet, *left anterior negativity* (LAN), på engelska (Coulson, King, & Kutas, 1998). Jag hade märkt i litteraturen att de som inte hade

kunnat påvisa en sådan negativitet hade använt presentationshastigheter och antal ord som gjorde att det blev ett intervall på över 2,7 sekunder mellan de kongruerande orden. Fylld av iver gick jag och sade till professorn att jag gärna ville se om denna variation gick att påvisa i meningar som dem i exempel 3, med tid som den enda variabeln. Alltså, när meningarna presenterades fort och det var ett avstånd på under 2,7 sekunder mellan *Los niños* och *corren/corre* skulle felet ge upphov till en LAN, men när de presenterades långsamt, så att avståndet för den grammatiska kongruensen översteg 2,7 sekunder, skulle ingen vanlig form-baserad kongruensbearbetning ske och då skulle ingen LAN synas.

Professorn sade att vi kunde testa det men att jag först måste kunna visa det i ett beteendexperiment. Det hade jag inte gjort om jag hade fått välja. Men jag testade. Jag rekryterade ett tjugotal glada andalusiska psykologistudenter. Tanken var att om man inte hade minnet av ordets form kvar i korttidsminnet skulle den grammatiska matchningen bli lite långsammare. Det skulle alltså ta längre tid att svara på om meningen var rätt eller fel om de två felmatchade orden hade för långt tidsintervall mellan varandra. Det gjorde det inte. Eller, jo, litegrann överlag, men inte tillräckligt stabilt för att ge en statistiskt signifikant effekt. Med andra ord, inget pålitligt resultat.

HJÄRNAN VET

Misslyckandet i Spanien gjorde inget. Det är tur att kongruens finns även på svenska, fast i adjektiv i stället för i verb. Jag fick som sagt projektmedel från Vetenskapsrådet och började bygga upp en forskningsgrupp. Tillsammans genomförde vi ett liknande experimentet i Lund, men nu mätte vi också hjärnvågorna på försöksdeltagarna. Då var meningarna som dem i exempel (4) nedan.

(4)

- a. Vi är för det mesta snälla
- b. *Vi är för det mesta snäll

Vilken kontrast! Den här gången blev resultaten precis som jag hade trott. Vi fick en vanlig negativitet över vänster hjärnhalva, en LAN-effekt som visar på fel i grammatisk form-matchning när det var under 2,7 sekunder mellan orden. När intervallet översteg 2,7 sekunder, fick vi också en negativitet, men den hade en helt annan utbredning över huvudet, snarare höger- än vänsterlateraliserad (Roll, Gosselke, Lindgren, & Horne, 2013).

Det verkade helt enkelt som om deltagarnas hjärnor detekterade felmatchningen mellan orden, men på ett annat sätt än när de lästes närmare varann i tid. Det stämmer rätt bra överens med idén att den betydelse som associeras med talsignalen sparas lite längre i minnet. Det är något vi skulle testa i ett annat experiment, som jag ska berätta om härnäst. Men först en sista sak om LAN-studien. Vad tror du hände när det var 2,7 sekunder mellan orden, så att det första ordet precis borde hålla på att förtvina i minnet när man hör det ord som inte matchar det? Ingenting. Det blev ingen effekt alls. Fast, än en gång, när vi dök ner mer i datan hittade vi en tydlig korrelation med måttet på deltagarnas arbetsminne. Ju större arbetsminneskapacitet de hade, desto starkare LAN-effekt fanns det, men den försvann när man tittade på genomsnittet av deltagarna, eftersom de med lägre arbetsminneskapacitet inte hade någon LAN-effekt vid det tidsintervallet. Återigen hade vi visat att tidsbegränsningen på 2,7 sekunder påverkade bearbetningen av språkets formsida, det vill säga språkmelodi och grammatik. Men hur var det med betydelse? Finns den verkligen kvar längre. Det var nästa och sista steget i den här forskningen.

KONSTANTEN GÄLLER FORM, INTE BETYDELSE

Egentligen hade det här varit det första experimentet jag hade tänkt på och som hade varit utgångspunkten för mitt första projekt. Men nu blev det i stället det sista som genomfördes. Det jämförde grammatisk och semantisk kongruens. Meningar som de i exempel 5 presenterades, som vanligt, i olika hastigheter: långsamt, medelsnabbt och snabbt. Uppgiften var att, så snabbt som möjligt, avgöra om det sista ordet var grammatiskt riktigt i meningar som dem i (5a) och (5b) och om ordet passade in i meningar som (5c) och (5d). Tanken var att om det var över 2,7 sekunder mellan orden skulle den första formen ha tvinat bort i minnet och matchningen skulle behöva gå via betydelsen av ental och flertal hos *fönstret* i (5b). När jag ser tillbaka på det inser jag att det är samma sak som jag misslyckades med att visa i Sevilla: att försöka få beteenderesultat (responstider) för det som vi så elegant hade visat med EEG senare. Jag tror dock att vi hade förfinat designen lite nu och hade en bättre dataanalys. För att göra en lång historia kort, hittade vi precis vad man skulle förvänta sig. Det tog längre tid att hitta fel i grammatisk kongruens när intervallet mellan orden översteg 2,7 sekunder. Däremot fann vi inte någon liknande skarp gräns för den semantiska kongruensen. Det gick generellt väldigt fort för deltagarna att avgöra att ord som *bröd* och *läser* inte passar ihop i meningar av typen (5d) och det gick gradvis något lite långsammare ju längre det var mellan or-

den, utan någon tydlig gräns vid 2,7 sekunder (Schremm, Horne, & Roll, 2016). Betydelsen verkar alltså generellt vara mer närvarande och finnas kvar längre än ordformen. Det är också helt i linje med Baddeleys indelning mellan fonologiskt korttidsminne, där vår 2,7-sekundersgräns verkar gälla, och semantiskt minne, som är betydligt längre (Baddeley, 1966).

(5)

- a. Det är David som gärna har **fönstret öppet/*öppna**
- b. Det är **fönstret** som David gärna har **öppet/*öppna**
- c. Det är Britta som ganska ofta **bakar/läser bröd**
- d. Det är **bröd** som Britta ganska ofta **bakar/läser**

SLUTORD

Jag är fortfarande ganska övertygad om att den 2,7-sekunderskonstanten för språkbearbetning har med det fonologiska korttidsminnet att göra. På senare tid har man dock kommit att tolka den som en följd av generella oscillationer i hjärnan. Framtiden får utvisa vilken den bakomliggande faktorn är, men det är värt att nämna att oscillationsförklaringen i sig inte förklarar varför tidskonstanten påverkar språklig *form* men inte språkligt *innehåll*.

REFERENSER

- Baddeley, A. D. (1966). Short-term memory for word sequences as a function of acoustic, semantic and formal similarity. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 18(4), 362–365. doi:10.1080/14640746608400055
- Baddeley, A. D., Thomson, N., & Buchanan, M. (1975). Word length and the structure of short-term memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 14(6), 575–589. doi:https://doi.org/10.1016/S0022-5371(75)80045-4
- Coulson, S., King, J. W., & Kutas, M. (1998). Expect the unexpected: Event-related brain response to morphosyntactic violations. *Language and Cognitive Processes*, 13(1), 21–58. doi:10.1080/016909698386582
- Henke, L., Beier, E., Roll, M., & Meyer, M. (In press). Cognitive and neural constraints on timing and rhythm in language. In L. Meyer & A. Strauss (Eds.), *Rhythms of speech and language*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Henke, L., & Meyer, L. (2021). Endogenous Oscillations Time-Constrain Linguistic Segmentation: Cycling the Garden Path. *Cerebral Cortex*, 31(9), 4289–4299. doi:10.1093/cercor/bhabo86

- Horne, M., Frid, J., & Roll, M. (2006). Timing restrictions on prosodic phrasing. In *Nordic Prosody IX* (pp. 195–204). Frankfurt am Main: Peter Lang.
- Roll, M., Gosselke, S., Lindgren, M., & Horne, M. (2013). Time-driven effects on processing grammatical agreement. *Frontiers in Psychology*, 4, 1–8. doi:<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.01004>
- Roll, M., Horne, M., & Lindgren, M. (2007). Object shift and event-related brain potentials. *Journal of Neurolinguistics*, 20(6), 462–481.
- Roll, M., Lindgren, M., Alter, K., & Horne, M. (2012). Time-driven effects on parsing during reading. *Brain and Language*, 121(3), 267–272.
- Sachs, J. (1967). Recognition memory for syntactic and semantic aspects of connected discourse. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 2(9), 437–442. doi:10.3758/bf03208784
- Schremm, A., Horne, M., & Roll, M. (2015). Brain responses to syntax constrained by time-driven implicit prosodic phrases. *Journal of Neurolinguistics*, 35, 68–84. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jneuroling.2015.03.002>
- Schremm, A., Horne, M., & Roll, M. (2016). Time-driven effects on processing relative clauses. *Journal of Psycholinguistic Research*, 45(5), 1033–1044.
- Steinhauer, K., Alter, K., & Friederici, A. D. (1999). Brain potentials indicate immediate use of prosodic cues in natural speech processing. *Nature Neuroscience*, 2(2), 191–197. doi:<https://doi.org/10.1038/5757>
- Steinhauer, K., & Friederici, A. D. (2001). Prosodic boundaries, comma rules, and brain responses: The closure positive shift in erps as a universal marker for prosodic phrasing in listeners and readers. *Journal of Psycholinguistic Research*, 30(3), 267–295. doi:<https://doi.org/10.1023/A:1010443001646>
- Vollrath, M., Kazenwadel, J., & Kruger, H. P. (1992). A universal constant in temporal segmentation of human speech. A reply to Schleidt and Feldhutter (1989). *Die Naturwissenschaften*, 79(10), 479–480. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1436113>