

10115

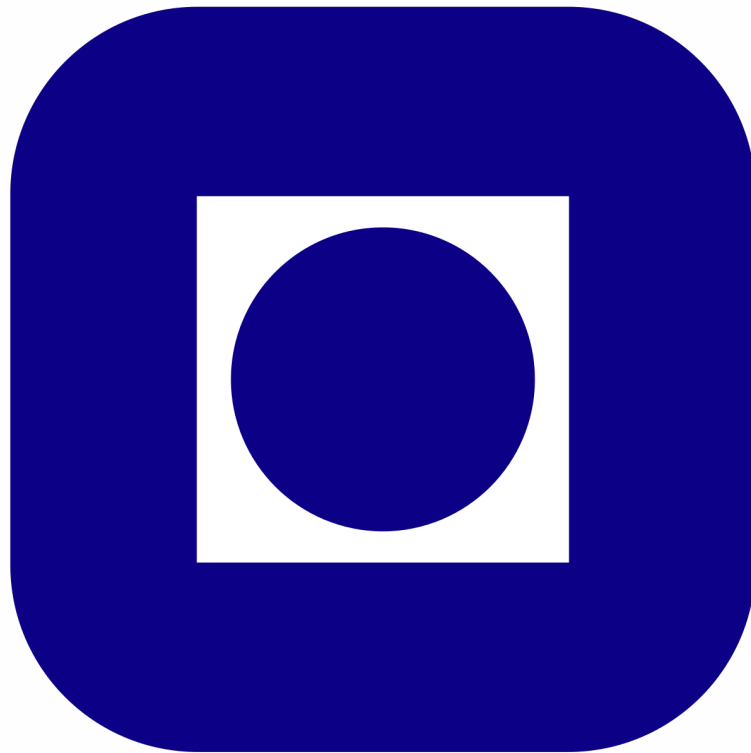
Bacheloroppgave

Rask temporal rekalkibrering i audiovisuell talepersepsjon

Mai 2022

NTNU

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet.
Fakultet for samfunns - og utdanningsvitenskap
Institutt for psykologi



Bacheloroppgave

2022



10115

Rask temporal rekalkibrering i audiovisuell talepersepsjon

Bacheloroppgave
Mai 2022

NTNU

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet.
Fakultet for samfunns - og utdanningsvitenskap
Institutt for psykologi



Kunnskap for en bedre verden

Rask temporal rekalkibrering i audiovisuell talepersepsjon

Kandidatnummer: 10115

PSY2900 Bacheloroppgave i psykologi

16. mai 2022 Trondheim

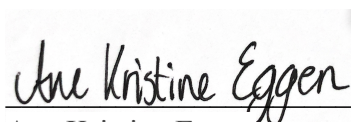
Dawn Behne

Foreword

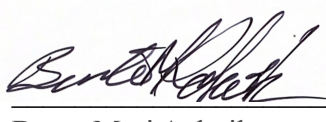
As a starting point for this project, the advisor introduced students to the project's research question and some related issues, together with initial supporting literature. Further literature was identified by the students and shared with the group, and occasionally supplemented by the project advisor. Hypotheses were formulated by the students with supervision, based on the research question and issues presented. Students had the possibility to focus on one or all of the hypotheses in their reports. The experiment was created by the advisor. The students carried out all phases of data collection for the experiment. Data handling was arranged by the advisor and students participated in the process. Statistical analyses and their interpretation were discussed as a group. Students have had the datafile and could run additional/alternative analyses if they chose.

The group had regular seminars, discussions, and close supervision throughout the semester, as well as optional feedback on writing. Students worked as a group to carry out all phases of the project. Literature and materials related to the experiment were stored on a wiki, shared by everyone on the project.

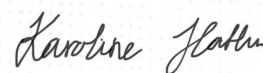
With this basis, each student submits a report (written individually) which has the form and style of a journal article. Students are allowed and encouraged to work together, but the final product must be their own. The report can be in Norwegian or English.



Ane Kristine Eggen
Date: 10.05.2022



Bente Mari Aakvik
Date: 10.05.2022



Karoline Hatlen
Date: 11.05.2022



Angus Wilson
Date: 10.05.2022



Ingvill Holmen Tangen
Date: 10.05.2022



Vegard Dahn
Date: 10.05.2022



Astrid Brøvig Silde
Date: 10.05.2022



Evelyn Holsen
Date: 10.05.2022



Advisor: Dawn M. Behne
Date: 10.05.2022



Benjamin Bornø
Date: 10.05.2022



Linda Marie Leirvik
Date: 11.05.2022



Thea Nordstrøm
Date: 10.05.2022

Jeg vil takke prosjektleder og veileder Dawn M. Behne for god oppfølging og veiledning gjennom hele bachelorprosjektet. Videre vil jeg takke Darren Rhodes og Peter Svensson for hjelp til datahåndtering. Jeg vil også takke resten av bachelorgruppen for et godt samarbeid gjennom bachelorprosjektet.

Sammendrag

Forskning har vist at vedvarende eksponering til asynkronitet kan påvirke oppfattet samtidighet, gjennom en mekanisme kalt temporal rekalkibrering. Nyere studier har imidlertid vist at slik tilpasning til manglende samsvar kan skje umiddelbart ved såkalt rask temporal rekalkibrering. Denne studien undersøkte om en enkelt eksponering til asynkronitet fører til endring i oppfattet synkronitet på neste trial. Unge voksne deltakere mellom 20-30 år, med norsk som morsmål og høyrehendthet, ble eksponert for ulike audiovideo-justeringer av talelyden /ba/, i en synkronitetsvurderingsoppgave (SJ). For audiovisuelle hendelser er overførings- og prosesseringshastigheten for auditive og visuelle signaler forskjellig. Videre er det funnet evidens for at integrasjon av auditivt-ledende og visuelt-ledende audiovisuelle stimuli er uavhengige prosesser. Tidligere forskning tyder på at bruken av to S-kurver kan være en mer nøyaktig fremstilling av SJ-datamateriale, fremfor en Gausskurve. Fire enveis repeated measures ANOVA viste at forrige stimulus hadde en påvirkning på oppfattet samtidighet på neste vurdering, på tvers av ulike parametere (ALT, VLT og PSS). Rask temporal rekalkibrering til audiovisuelle stimuli blir en mekanisme for å kompensere for manglende samsvar mellom signalene. Resultatene viste ulike verdier avhengig av rekkefølgen på foregående audiovideo-justering, og fant en brattere helning for ALT-verdiene enn VLT-verdiene. Analysen viste videre at to S-kurver var mer sensitive til forskjeller i datamaterialet fra SJ-oppgaven, enn en Gausskurve. Resultatene gir implikasjoner på at rask temporal rekalkibrering for audiovisuelle signaler kan demonstreres på tvers av kurvetilpasninger og parametere. Resultatene gir også implikasjoner på at rekkefølgen på foregående stimuli påvirker grad av rask temporal rekalkibrering. Videre kan resultatene fra studiet tyde på at datamaterialet fra synkronitetsvurderingsoppgaver kan fremstilles mer nøyaktig ved bruk av to S-kurver, fremfor en Gausskurve.

Rask temporal rekalkibrering i audiovisuell talepersepsjon

Omgivelsene består av store mengder informasjon som prosesseres av hjernen via ulike sansemodaliteter. Multisensorisk informasjon inneholder mer informasjon og kan bidra til økt perseptuell reliabilitet, presisjon og hastighet (Van der Burg et al., 2013; Vroomen & Keetels, 2010). Samtidig er det en liten del av informasjonen fra omgivelsene som er relevant, og signaler fra ulike sanser treffer hjernen på forskjellige tidspunkt. For å danne en koherent representasjon av verden utviser hjernen fleksibilitet i integrasjonen av multisensorisk informasjon. Denne tilpasningsmekanismen, kalt temporal rekalkibrering, gjør at signalene kan oppfattes som synkrone (Keetels & Vroomen, 2012; Van der Burg et al., 2018). I omgivelser preget av støy kan en tilpasningsdyktig justering av fysisk asynkrone signaler forbedre oppfatning av relevant innhold, slik som oppfatning av tale (Roseboom, 2019). For audiovisuell talepersepsjon har studier funnet et synkronitetsvindu på flere hundre millisekunder (Alm & Behne, 2013; Conrey & Pisoni, 2006). Størrelsen på synkronitetsvinduet varierer fra person til person, og kan påvirkes av erfaring og eksponering til asynkronitet (Keetels & Vroomen). Nylige studier har vist at oppfattet samtidighet av audiovisuelle signaler kan endres som følge av en enkelt eksponering til temporal asynkronitet (Van der Burg, 2013; Roseboom, 2019). Et større synkronitetsvindu er assosiert med dysleksi (Virsu et al., 2003) og schizofreni (de Gelder et al., 2013). På bakgrunn av dette er det viktig å undersøke aspekter ved integrasjon av audiovisuelle signaler, og om ett enkelt signal kan forårsake endring i oppfattet synkronitet i audiovisuell talepersepsjon.

Persepsjon av multisensorisk informasjon

Hvordan informasjonen fra ulike sansemodaliteter integreres gir kunnskap om hvordan hjernen danner en koherent representasjon av verden (Van der Burg et al., 2018; Keetels & Vroomen, 2012). Jo større andel egenskaper multimodal informasjon deler, desto mer sannsynlig er det at signalene håndteres som at de kommer fra samme kilde eller objekt (Keetels & Vroomen, 2012). Denne antagelsen om enhet (*assumption of unity*) er delt blant mange forskere, og reflekterer tilbøyeligheten til å integrere informasjon fra ulike modaliteter i en enhetlig hendelse dersom de naturlig hører sammen, eller forventes å tilhøre samme kilde (Welch & Harren, 1980). Nærhet i tid blir trukket frem som en sentral egenskap for multisensorisk integrasjon (Vroomen et al., 2004). Dersom tidsmessig sammentreff er nødvendig for å danne en koherent representasjon, tilsier dette at intersensorisk integrasjon kun vil finne sted dersom signalene når hjernen samtidig (Keetels & Vroomen, 2012).

Integrasjon av audiovisuelle (AV) signaler utfordres av forskjeller i fysisk og nevrologisk overføringshastighet for visuelle og auditive signaler (Van der Burg et al., 2013). Visuelle signaler beveger seg raskere i luft enn auditive signaler (300 000 000 m/s versus 330 m/s). Samtidig prosesseres auditive signaler raskere i hjernen enn det visuelle signaler gjør (50 ms versus 10 ms) (Keetels & Vroomen, 2012). Audiovisuelle hendelser på omtrent 10-15 meter avstand vil resultere i at den auditive og visuelle informasjonen ankommer primære sensoriske kortikale områder samtidig, ved en såkalt horisont for samtidighet (*horizon of simultaneity*) (Keetels & Vroomen, 2012). Ved AV hendelser innenfor 15 meter vil lyd oppfattes før lys. For AV hendelser utover femten meter vil den visuelle informasjonen ankomme hjernen før den auditive informasjonen. Likevel trenger ikke multisensoriske hendelser være fysisk synkront (0 ms) for at signalene skal oppfattes som synkrone. Vi oppfatter intersensorisk synkronitet for de fleste multisensoriske hendelser til tross for forskjeller i overførings- og prosesseringshastighet, inkludert audiovisuelle hendelser utover 15 meter (Vroomen & Keetels, 2010). Det temporale bindingsvinduet (TBW) utgjør toleransen til asynkronitet for når to fysisk asynkrone stimuli blir vurdert som synkrone (Cecere et al., 2016; Keetels & Vroomen, 2012). For audiovisuell talepersepsjon har vi et synkronitetsvindu på flere hundre millisekunder (Alm & Behne, 2013; Conrey & Pisoni, 2006).

Asymmetrisk temporalt vindu for audiovisuell persepsjon

Det temporale vinduet for audiovisuell synkronitet er asymmetrisk (Cecere et al., 2016; Conrey & Pisoni, 2006; Keetels & Vroomen, 2012; Van der Burg et al., 2013). I motsetning til visuelt-ledende (VL) asynkronitet som avgjøres av avstanden mellom den AV hendelsen og mottaker, begrenses audio-ledende (AL) asynkronitet av nevralt prosesseringshastighet (Keetels & Vroomen, 2012). Vi har dermed lite erfaring med AV stimuli der lyd ankommer sanseorganene før lys. Begrenset erfaring kan forklare hvorfor audio-ledende asynkronitet detekteres lettere enn visuelt-ledende asynkronitet (Alm & Behne, 2013). Det kan tenkes at økt erfaring med visuelt-ledende AV stimuli danner en preferanse for visuelt-ledende signaler (Cecere et al., 2016). Dette reflekteres i tendensen for et visuelt-ledende PSS (*point of subjective simultaneity*) for audiovisuelle stimuli. PSS er punktet for maksimal oppfatning av samtidighet, og representerer intervallet der informasjon fra ulike modaliteter oppfattes som maksimalt synkront (Keetels & Vroomen, 2012). Flere studier viser at PSS ikke ligger på fysisk synkront stimuli der det er 0 ms forsinkelse mellom signalene. For AV stimuli gjelder dette stimuli der det visuelle signalet presenteres rett før det auditive

(Alm & Behne, 2013; Cecere et al., 2016; Conrey & Pisoni, 2006; Hay-McCutcheon et al., 2009; Keetels & Vroomen, 2012; Vroomen & Keetels, 2010).

I tillegg til oppfatningen av audiovisuelle signaler som mest synkrone når video/lys kommer rett før audio/lyd, er det forskjeller i auditivt-ledende og visuelt-ledende terskler for oppfatning av synkronitet (Alm & Behne, 2013). Disse tersklene reflekterer når det er 50% sannsynlighet for at en gitt stimulus onsets asynchrony (SOA) oppfattes som synkron eller asynkron (Alm & Behne, 2013). For AV stimuli innebærer SOA-ene ulike justeringer av auditivt-ledende og visuelt-ledende asynkronitet, og brukes for å undersøke om økt eller mindre grad av forsinkelse mellom stimuliene påvirker oppfattet synkronitet for et signal (Keetels & Vroomen, 2012; Recio et al., 2019). Terskelen for oppfatning av auditivt-ledende stimuli som synkron (ALT) er strengere enn terskelen for oppfattet synkronitet for visuelt-ledende stimuli (VLT) (Alm & Behne, 2013). I tillegg til naturlige forskjeller i overføringshastighet mellom auditive og visuelle signaler og mindre erfaring med ALT talestimuli, brukes den visuelle informasjonen i tale for å predikere den auditive informasjonen (Alm & Behne, 2013). Bevegelse av artikulatorene starter fra ti til noen hundre millisekunder før starten av det auditive signalet (Alm & Behne, 2013; Smeele et al., 1994). Visuelle cues kan dermed utnyttes for å predikere den auditive inputen, og bidra i forklaringen av hvorfor ALT er mer konservativ enn VLT (Alm & Behne, 2013).

Videre har forskning vist at ulike former for erfaring med timing fører til økt sensitivitet for audio-ledende asynkrone AV stimuli (Alm & Behne, 2013; Behne et al., 2013; Behne & Wang, 2018). Studiene fant at både musikerfaring (musikere) og erfaring med vokalvarighet i språk (eks. norsktalende) hadde en systematisk effekt på ALT, sammenlignet med grupper uten slik erfaring (ikke-musikere og eks. engelsktalende). Erfaringen viste derimot ingen effekt på VLT (Alm & Behne, 2013; Behne et al., 2013; Behne & Wang, 2018). ALT befant seg nærmere punktet for fysisk synkronitet for deltakere med økt erfaring med vokalvarighet og musikk, sammenlignet med gruppene uten slik erfaring. Videre har slik erfaring vist seg å overføre til oppfattet synkronitet for AV talestimuli, og kan bidra i å forårsake individuelle forskjeller i TBW for audiovisuell stimuli (Behne & Wang, 2018).

Temporal rekallibrering

Hjernen utviser fleksibilitet i hva som oppfattes som synkront, og har evnen til å tilpasse seg forsinkelser mellom to sensoriske stimuli som antas å tilhøre samme hendelse. Denne tilpasningen til manglende samsvar er et fenomen kalt temporal rekallibrering (Keetels & Vroomen, 2012). Flere studier har vist at gjentagende eksponering for asynkronitet kan

medføre endring i hva som oppfattes som synkront (Fujisaki et al., 2004; Van der Burg et al., 2013; 2015; Vroomen et al., 2004). En vanlig måte å teste temporal rekalkibrering på er ved å undersøke om det har skjedd et skifte i PSS før og etter eksponering. Et skifte i PSS vil reflektere en endring i oppfattet (maksimal) synkronitet.

Fujisaki et al. (2004) eksponerte 9 deltakere for asynkrone audiovisuelle stimuli ved bruk av en tone-flash-metode i en synkronitetsvurderingsoppgave (SJ-oppgave). Deltakerne skulle vurdere om tone og lys ble presentert samtidig eller ikke. Adapsonsperioden gikk over tre minutter der deltakerne ble eksponert for forsinkelser på ± 235 millisekunder. Negativ forsinkelse (-235 ms) reflekterer auditivt-ledende asynkronitet, mens forsinkelse i positiv retning (+235 ms) reflekterer visuelt-ledende asynkronitet (Fujisaki et al., 2004). De fant at deltakerne adapterte seg til forsinkelsen mellom signalene, slik at PSS skiftet i retning eksponeringsforsinkelsen (Fujisaki et al., 2004). Økt grad av asynkronitet (forsinkelse mellom lyd og lys) førte til et større skifte i PSS, derunder større grad av adaptasjon. Fujisaki et al. (2004) forklarer funnene ved at hjernen konstant rekalkibrerer hva som oppfattes som synkront i samsvar med (AV) input for å oppnå mest mulig stabil persepsjon.

Tilpasning til hva som oppfattes som synkront som resultat av vedvarende eksponering til manglende samsvar tilsvarer et Bayesisk (*Bayesian*) perspektiv på temporal rekalkibrering (Hanson et al., 2008). Den gjentakende eksponeringen til asynkronitet antas å ha en kumulativ effekt som bygges opp over tid, der tilpasning til forsinkelsene fremmer en mer stabil persepsjon (Keetels & Vroomen, 2012). Temporal rekalkibrering blir dermed et resultat av erfaring over en lengre tidsperiode.

Rask temporal rekalkibrering

Tradisjonelt har temporal rekalkibrering blitt demonstrert som følge av gjentakende eksponering for asynkront stimuli over en lengre tidsperiode (Conrey & Pisoni, 2006; Fujisaki et al., 2004; Vroomen et al., 2004). Ifølge Van der Burg et al. (2013) kan slik tilpasning skje umiddelbart der det forrige signalet påvirker oppfatningen av det neste. Dette kalles rask (*rapid*) temporal rekalkibrering. Rask temporal rekalkibrering reflekterer et N-1 perspektiv på temporal rekalkibrering, som tilsvarer effekten det foregående stimulus onset asynchrony (SOA-1) har på neste trial/SOA (Van der Burg, 2013; Roseboom; 2019).

Van der Burg med kolleger (2013) undersøkte rask temporal rekalkibrering for audiovisuelle stimuli hos femten deltakere ved bruk av beep-flash i en SJ-oppgave. De fant at rekalkibrering til asynkront audiovisuell stimuli kan oppstå som følge av eksponering til ett enkelt, kort signal og krever ikke vedvarende perioder med tilpasning (Van der Burg et al.,

2013). Som en del av studiet eksponerte de deltakere for audiotaktile og videotaktile stimuli, i tillegg til AV stimuli. De fant at rask temporal rekalkibrering var unikt for audiovisuelle hendelser (Van der Burg et al., 2013). For audiotaktile og videotaktile stimuli er temporal rekalkibrering kun til stede ved eksponering over en lengre tidsperiode (Van der Burg et al., 2013; 2015). Videre var denne effekten sterk asymmetrisk for audiovisuelle hendelser. PSS var sterkt betinget av modalitetsrekkefølgen på forrige trial. Van der Burg et al. (2013) fant at visuelt-ledende SOA-1 førte til et større skifte i PSS-verdien enn det auditivt-ledende SOA-1 gjorde. Alle varianter av VL SOA-1 viste et signifikant skifte i PSS-verdien, der økt grad av visuelt-ledende stimuli på forrige signal førte til en større økning i PSS i positiv retning (mer visuelt-ledende) (Van der Burg et al., 2013). Denne økningen var ikke til stede for auditivt-ledende SOA-1. Kun de korteste audio-ledende SOA-1 førte til et signifikant skifte i PSS (Van der Burg et al., 2013).

Roseboom (2019) undersøkte seriell avhengighet (*serial dependence*), som er påvirkningen en trial har på den neste, hos 20 deltakere. Seriell avhengighet ble testet ved å undersøke om foregående stimulus onset asynchrony (SOA-1) produserte positive eller negative ettereffekter. Positive ettereffekter kan komme av en enkelt eksponering, der et gitt stimuli vurderes mer lik tidligere erfart, lignende stimuli. Den motsatte effekten, der sensorisk stimuli vurderes som mindre lik tidligere stimuli, kalles negative ettereffekter (Roseboom, 2019). Sistnevnte tilsvarende (rask) temporal rekalkibrering. Negative ettereffekter/temporal rekalkibrering har i hovedsak blitt vist ved gjentatt eksponering til asynkronitet, men som funnet i Van der Burg et al. (2013) kan det oppstå som resultat av en enkelt eksponering for audiovisuelle signaler (Roseboom, 2019). Roseboom (2019) undersøkte seriell avhengighet for både synkronitetsvurderingsoppgaver, «temporal order judgment»-oppgaver (TOJ) og «magnitude judgment»-oppgaver (MJ). Ved TOJ-oppgavene skulle deltakerne vurdere rekkefølgen på stimuli, og ved MJ-oppgavene skulle deltakerne vurdere det tidsmessige forholdet mellom stimuliene.

Roseboom (2019) sine funn var konsistent med Van der Burg et al. (2013), og støtter antagelsen om rask temporal rekalkibrering for audiovisuelle stimuli ved synkronitetsvurderingsoppgaver. De serielle effektene som ble funnet for SJ-oppgavene var negative (Roseboom, 2019). Økt grad av visuelt-ledende SOA-1 førte til en signifikant mer visuelt-ledende PSS-verdi, sammenlignet med fysisk synkron (0 ms) SOA-1 (Roseboom, 2019). Denne effekten var ikke fremtredende for auditivt-ledende SOA-1. Det var tilnærmet ingen forskjell i PSS-verdien for AL SOA-1 og fysisk synkron SOA-1. Roseboom (2019) hevder derfor å finne evidens imot en forskjell mellom AL og fysisk synkron SOA-1,

tilsvarende resultatene fra Van der Burg et al. (2013). Videre var de negative ettereffektene spesifikt for SJ-oppgaver. For TOJ- og MJ-oppgaver ble motsatt effekt funnet, altså positive ettereffekter.

Mekanismene bak temporal rekalkibrering

Asymmetrien i temporal rekalkibrering reflekterer de grunnleggende forskjellene i overføringshastighet for auditive og visuelle signaler (Roseboom, 2019; Van der Burg et al., 2013). Temporal rekalkibrering og ettereffektene blir en mekanisme for å kompensere for naturlig ulikhet i overførings- og prosesseringshastighet slik at en oppnår samsvar mellom signalene og opprettholder en stabil persepsjon av audiovisuelle signaler (Roseboom, 2019; Van der Burg et al., 2013). Van der Burg et al. (2013) foreslår at rask temporal rekalkibrering tilsvarer en sensorisk tilpasning (*sensory adaption*), og oppstår i en kort periode på sensorisk nivå. Ved å tilpasse seg det forrige signalet, muliggjør rask temporal rekalkibrering effektiv og tilpasningsdyktig integrasjon av audiovisuelle stimuli (Van der Burg et al., 2013). Roseboom (2019) på sin side trekker frem sensorisk tilpasning, i tillegg til en kognitiv prosess på høyere nivå, for å forklare de serielle effektene.

De sensoriske prosesseringsmekanismene forventes å være de samme på tvers av ulike timing-oppgaver (Roseboom, 2019). Dersom negative ettereffekter tilsvarer en sensorisk tilpasning, slik som Van der Burg et al. (2013) foreslår, hevder Roseboom (2019) at ettereffektene for de tre timing-oppgavene ville vært like. Derimot ble positive ettereffekter funnet for TOJ- og MJ-oppgaver, noe som kan motstride tanken om sensorisk tilpasning som årsaken til rask temporal rekalkibrering (Keane et al., 2020; Roseboom, 2019). De positive ettereffektene blir forklart gjennom en kognitiv prosess på høyere nivå (Roseboom, 2019). Positive ettereffekter opererer på tvers av høyere beslutningsnivå der erfaring over tid fører til at fysisk ulike stimuli oppfattes som likere hverandre, lignende et Bayesisk perspektiv på temporal rekalkibrering (Roseboom, 2019). På en side kan disse prosessene bidra til forklaring av mekanismen/e bak (rask) temporal rekalkibrering. På en annen side kan de motstridende ettereffektene peke på at forklaringen er mer kompleks.

Kurvetilpasning til SJ-data

Datamateriale fra SJ-oppgaver har tradisjonelt blitt fremstilt ved hjelp av en tilpasset Gausskurve, tilsvarende en normalfordelingskurve (Yarrow et al., 2011). Ved en Gausskurve blir PSS vanligvis ekstrahert som toppunktet på grafen og tilsvarer midtpunktet mellom ALT og VLT (Yarrow et al., 2011). Yarrow et al. (2011; 2016) problematiserer denne bruken av

PSS og hvordan det vektlegger ett bestemt punkt for maksimal oppfatning av synkronitet, når TBW viser at synkronitet går over en større bredde av ulike timing-forhold. Videre hevder Yarrow et al. (2011) at bruk av Gausskurver ved fremstilling av SJ-responser ikke er begrunnet, men tilbyr en lettvinnt måte å presentere datamaterialet på. En Gausskurve og PSS ekstrahert som midtpunktet mellom ALT og VLT legger til grunn en lik helning (*slope*) for de gjennomsnittlige responsene på audio-ledende og visuelt-ledende asynkronitet (Yarrow et al., 2011). En slik fremstilling kan ignorere potensielle forskjeller mellom ALT og VLT.

Cecere et al. (2016) undersøkte asymmetrien i TBW for AV stimuli, og hvorvidt integrasjonen av AL og VL asynkronitet var uavhengige mekanismer. I studien øvde tre deltakergrupper på deteksjon av AV synkronitet ved å bli selektivt eksponert for enten auditivt-ledende asynkronitet, visuelt-ledende asynkronitet, eller begge, og mottok tilbakemeldinger. Resultatene deres viste at trening på den ene AV integrasjonen (eks. auditivt-ledende) ikke påvirket den andre typen (eks. visuelt-ledende). Dette var også tilfellet for deltakergruppen som mottok trening og feedback på både AL og VL stimuluspar. Disse resultatene tyder på at persepsjon og integrasjon av AL og VL stimuli er distinkte mekanismer (Cecere et al., 2016).

Bruken av en Gausskurve kan medføre at man mister forskjeller i sensitivitet til AL og VL asynkronitet, gjennom å tvinge dataene inn i kurve som er lik på begge sider. I tillegg ligger PSS på den visuelt-ledende siden av Gausskurven, slik at det temporale vinduet forflyttes i retning visuelt-ledende stimuli og samtidig snevres inn på siden for auditivt-ledende stimuli (Alm & Behne, 2013; Cecere et al., 2016; Conrey & Pisoni, 2006; Hay-McCutcheon et al., 2009; Keetels & Vroomen, 2012; Vroomen & Keetels, 2010). I stedet for å tilpasse seg kriteriene i en Gausskurve foreslår Yarrow et al. (2011) bruken av to uavhengige S-kurver ved fremstilling av SJ-data. For AV stimuli vil dette ta hensyn til AL og VL integrasjon som distinkte mekanismer. PSS vil tilsvare både midtpunktet mellom ALT og VLT, i tillegg til å kunne bli ekstrahert som S-kurvenes krysningspunkt.

I lys av funnene fra Roseboom (2019) og Van der Burg et al. (2013) gjenspeiler det asymmetriske vinduet for AV stimuli seg i studier på (rask) temporal recalibrering for audiovisuelle stimuli. Dersom endret oppfatning av synkronitet påvirker ALT og VLT uavhengig av hverandre kan det være grunn til å bruke to uavhengige S-kurver også ved fremstilling av SJ-data for temporal recalibrering. En endring i den ene S-kurven vil ikke medføre en endring i den andre, noe som kan gjøre at parameterne som ekstraheres er mer nøyaktige (Yarrow et al., 2011).

Studiets formål

Som vist ved tidligere forskning tilpasser hjernen seg manglende samsvar, og kan endre oppfatningen av synkronitet gjennom temporal rekalkibrering (Keetels & Vroomen, 2012). For AV stimuli viser studier at slik tilpasning kan skje umiddelbart som følge av en enkelt eksponering til asynkronitet (Roseboom, 2019; Van der Burg et al., 2013). Basert på funnene for rask temporal rekalkibrering, undersøkte denne studien om foregående audiovisuell talestimulus (SOA-1) påvirker oppfattet synkronitet ved neste stimulus (SOA). Samsvarende med funnene til Van der Burg et al. (2013) og Roseboom (2019) forventes det når SOA-1 er video-ledende blir PSS mer video-ledende, sammenlignet med synkron og audio-ledende SOA-1. Denne effekten vil undersøkes for ved både PSS som midtpunkt mellom ALT og VLT, tilsvarende PSS fra tidligere forskning (Roseboom, 2019; Van der Burg et al., 2013), og som krysningpunkt mellom de to S-kurvene.

Videre viser forskning at terskelen for oppfattet synkronitet for audio-ledende stimuli er strengere enn terskelen for oppfatning av synkronitet for visuelt-ledende stimuli (Alm & Behne, 2013). Det kan tyde på at SOA-1 påvirker ALT og VLT ulikt dersom kriteriene og mekanismene for AL og VL persepsjon er uavhengige av hverandre (Alm & Behne, 2013; Cecere et al., 2016; Yarrow et al., 2011). For å ta hensyn til uavhengigheten mellom AL og VL asynkronitet tok studien i bruk to uavhengige S-kurver under fremstilling av datamaterialet, og ekstraherte ALT og VLT som primære parametere, i tillegg til PSS. En mer video-ledende PSS ved VL SOA-1 antas å reflektere en mer video-ledende VLT ved VL SOA-1. Studiens andre hypotese er derfor når SOA-1 er video-ledende blir VLT mer video-ledende sammenlignet med synkron SOA-1. Videre fant Van der Burg (2013) og Roseboom (2019) evidens som talte imot en forskjell mellom fysisk synkron SOA-1 og AL SOA-1. Det forventes derfor ingen forskjell mellom ALT ved synkron SOA-1 og asynkron SOA-1.

Metode

Design

Temporal rekalkibrering for audiovisuelle stimuli ble undersøkt med en SJ-oppgave. I SJ-oppgaven ble oppfattet synkronitet målt basert på 21 ulike audiovisuelle justeringer av stavelsen /ba/. AV-justeringene besto av 10 audio-ledende, 1 fysisk synkron og 10 video-ledende stimuli. Alle kombinasjoner av SOA og SOA-1 ble presentert for å undersøke om foregående AV stimulus påvirket oppfattet samtidighet i neste trial. Stimulienes rekkefølge var randomisert, og alle kombinasjoner skjedde en gang.

Deltakere

En a priori power analyse ble kjørt ved bruk av SPSS for å estimere utvalgsstørrelse. Med et signifikanskriterie på $\alpha = .05$ og power = .95, viste power analysen at en minimumsstørrelse på utvalget, for å oppnå medium effektstørrelse, var $N = 6$ for en repeated measures within-subjects ANOVA, som sammenligner 3 grupper. Den oppnådde utvalgsstørrelsen for det gjeldende studiet er dermed tilstrekkelig for å teste studiens hypoteser. Totalt ble 33 personer rekruttert på Dragvoll ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU). Inklusjonskriterier inkluderte norsk som morsmål, høyrehendthet og alder mellom 20-30 år. Alle de rekrutterte fylte ut et spørreskjema og utførte flere pretester i forkant av eksperimentet.

Hendthet ble vurdert ved hjelp av en variant av Edinburgh Handedness Inventory (Oldfield, 1971). Alle rekrutterte personer var høyrehendte. Videre ble hørsel vurdert ved en audiometrisk test (British Society of Audiology, 2004). Personer med en hørsel med terskelnivå under 15 dB og nedover, på frekvenser mellom 250-4000 Hz ble inkludert i eksperimentet. Synsskarphet ble testet ved hjelp av en Snellen-test utført på en 21,5 tommer iMac med en oppløsning på 1920x1080 piksler, ATI Radeon HD 5670 512 MG graphics (Watt, 2010). Størrelsen på Snellen-testen var 13,9 x 9,8 cm. Personer med binokulær synsskarphet 20/25 eller mer ble inkludert i eksperimentet. Videre ble øyedominans også testet (Miles, 1929), men dette var ikke et inklusjonskriterie.

Tre personer ble ekskludert fra eksperimentet. En person nådde ikke kravet for Snellen-testen og ble ekskludert. En person ble ekskludert basert på annet morsmål enn norsk, og en person ble ekskludert grunnet alder. Totalt var det 30 deltakere ($N = 30$) som fullførte eksperimentet, bestående av 21 (70%) kvinner, 8 (27%) menn. En deltaker (3%) oppga ikke kjønn. Utvalget hadde en aldersrange på 8 år, der den laveste alderen var 20 år, og den høyeste alderen var 28 år ($M = 23$ år, $SD = 1.6$ år). I tillegg ble en deltaker ekskludert i etterkant av eksperimentet, under datahåndteringen. Dette vil utdypes under resultatdelen. Studien behøvde ikke å bli registrert hos Norsk senter for forskningsdata (NSD). I forkant av pretestene skrev alle de rekrutterte personene under på et samtykkeskjema.

Materiale

Eksperimentet brukte 21 ulike varianter av stavelsen /ba/, som gikk fra 400 ms auditivt-ledende til 400 ms visuelt-ledende. Ti av de audiovisuelle justeringene var audio-ledende og ti var visuelt-ledende, i tillegg til en fysisk synkron justering. De audiovisuelle justeringene økte med 40 ms for hvert steg. Det gjeldende studiet brukte stimuli som var

utviklet for Alm og Behne (2013). Alm og Behne (2013) tok opptak av flere audiovisuelle stavelser. Ulike steder for artikulasjon, derunder stavelser, tilbyr ulik grad av fremtredende visuelle og auditive utbrudd og stopp. Ved vurdering av audiovisuell synkronitet tilbyr stavelseren /ba/ et bedre temporalt referansepunkt på bakgrunn av det visuelt fremtredende utbruddet av leppenes bevegelse og åpning av munnen, enn eksempelvis stavelseren /ga/ (Alm & Behne, 2013). Den nåværende studien har derfor brukt stavelseren /ba/ i eksperimentutførelsen.

Det audiovisuelle opptaket ble utført på Talelaben ved Institutt for Psykologi, NTNU. Opptaket ble utført i et lydisolert rom med et PDWF800 Sony Professional XDCAM HD422 Camcorder kamera plassert omtrent 2 meter foran taleren. Taleren var en ung kvinne med urban østlandsdialekt. Brillen og smykker var fjernet i forkant av opptaket for å unngå mulige distraksjoner. I opptaket blunker ikke taleren. Videre var taleren bedt om å holde en relativ flat intonasjon og unngå både økning og nedgang i slutten av stavelseren. I tillegg ble hun bedt om å holde ansiktsbevegelser og mimikk til et minimum. Taleren satt foran en nøytral, grå vegg. To Røde NT1-A mikrofoner var plassert foran henne i knehøyde. En av mikrofonene var koplet til kameraet og det andre gikk via en RME FIREFACE 400 til en Apple Macintosh G5 datamaskin, der to audiokanaler ble tatt opp ved bruk av Praat versjon 5.1 med en 48 kHz innsamlingshastighet (Boersma & Weenink, 2009).

De filmede MPEG-4 videofilene hadde en visuell kvalitet på 30 rammer/sek og en oppløsning på 1920 x 1200 piksler. Det AV talestimuliet ble konstruert ved å overføre opptakene til en AVID Media Composer 3.5, der det auditive stimuli fra kameramikrofonene ble erstattet med det auditive stimuli fra den eksterne mikrofonen. Videre ble videofilene kuttet til 1400 ms. Ved bruk av Logic Pro 8.0.2. ble det auditive stimuli fra den eksterne mikrofonen og kamera-mikrofonen synkronisert. Deretter ble det auditive stimuli flyttet med 40 ms segmenter for å skape asynkronitet, i både auditivt-ledende og visuelt-ledende retning, i tillegg til en fysisk synkron justering uten forsinkelse i noen av retningene. For det nåværende studie ble 21 ulike varianter av stavelseren /ba/, fra 400 ms auditivt-ledende til 400 ms visuelt-ledende asynkronitet med 40 ms steg, inkludert en fysisk synkron (0 ms) AV-justering, brukt.

Prosedyre

Eksperimentet ble utført i et stille rom i Talelaben ved Institutt for Psykologi, NTNU. Deltakerne ble testet alene, eller to og to samtidig, adskilt fra hverandre. Deltakeren satt i en stol med fire ben, der stolbeinas plassering var markert på gulvet, for å begrense eventuell bevegelse som kunne forårsake endret avstand til dataskjermen. Deltakerne ble bedt om å sitte

komfortabelt, men med ryggen inntil stolryggen. Avstanden mellom deltaker og dataskjerm var $70 \text{ cm} \pm 10 \text{ cm}$. Eksperimentet ble kjørt på 27 tommer iMac, med en oppløsning på 5120×2880 piksler, AMD Radeon R9 M295X 4GB graphics. Deltakeren hadde på seg AKG K271 stereolukkede dynamiske øreomsluttende studio-hodetelefoner på lydnivå 68 dBA. Høretelefonene var plassert på kronen av hodet. SuperLab 6.2 ble brukt for å presentere stimuliene og samle inn responser. Videre kan det oppstå asynkronitet forårsaket av programvare og maskinvare. En auditiv/visuell enhet, utviklet av Electrical Geodesics, Inc. (Eugene, OR), ble derfor brukt til å evaluere audiovisuell synkronitet.

Deltakerne skulle responderte, så rask som mulig, om den presenterte stimulien var synkron eller asynkron. Responsboksen som ble brukt var Cedrus RB-740 eller RB-730, med syv knapper. Midt på responsboksen var det to knapper med «sync» og «async». Deltakerne trykket på «sync» dersom de oppfattet den audiovisuelle stimulien som synkron, og «async» dersom de oppfattet stimulien som asynkron. Deltakeren brukte begge pekefingerne, en på hver knapp. Fordeling av responsbokser med synk på venstre knapp og asynk på høyre (synk/asynk) eller omvendt (asynk/synk) var randomisert på tvers av deltakerne. Dette ble gjort for å kontrollere for variasjon i nøyaktighet mellom fingrene og manglende samsvar mellom høyre og venstre hånd. Før selve eksperimentet ble deltakeren gitt generelle instruksjoner og ble eksponert for fire prøve-trials.

Grunnet datamaskinenes minnekapasitet, ble eksperimentet delt i tre blokker. Første blokk brukte 141 trials, mens andre og tredje blokk brukte 150 trials hver. Totalt ble deltakerne eksponert for 441 trials. Mellom hver blokk gikk eksperimentator bort til deltaker og åpnet neste blokk. Dette inngikk som en pause. I tillegg hadde deltakerne en pause etter 50 trials, totalt to pauser i hver blokk. Etter hver pause ble trialen før pausen repetert, for å kunne undersøke SOA-1 for hver AV-justering.

Alle kombinasjoner av ulike SOA og SOA-1 ble presentert for å undersøke om foregående AV talestimulus påvirket oppfattelse av synkronitet ved neste trial. Justeringene gikk fra 400 ms visuelt-ledende til 400 ms auditivt-ledende asynkronitet, i tillegg til en fysisk synkron (0 ms) AV stimulus. For å forsikre at rekkefølge på stimuliene ikke hadde betydning, ble MatLab R2021b brukt for å randomisere deltakernes rekkefølge av ulike SOA og SOA-1 på tvers av de tre blokkene. Totalt ble hver stimulus presentert 21 ganger, og hver kombinasjon av SOA og SOA-1 skjedde en gang. Selve eksperimentet tok ca. 25 minutter inkludert pauser. Medberegnet pretester var gjennomføringstiden omtrent en time.

Resultater

Datahåndtering

Etter datainnsamling ble de tre datafilene for hver blokk slått sammen. Videre ble MatLab R2021b brukt for å omformatere de innsamlede responsene, dette ble gjort av Darren Rhodes. For hver deltaker ble SOA-ene derandomisert basert på SOA-1. Prosentandelen synkrone responser (y) for alle SOA (x) fra 400 ms auditivt-ledende til 400 ms visuelt-ledende, ble kalkulert og tilpasset en Gaussisk kurve for hver deltaker. Basert på Gausskurven ble ALT og VLT ekstrahert. De ekstraherte ALT- og VLT-verdiene ble brukt som grunnlag for å inkludere deltakere. Én deltaker oppnådde ikke tersklene for ALT og VLT, og ble derfor ekskludert fra analysen. Antall deltakere for analysen ble dermed $N = 29$.

De foregående trials, SOA-1, ble delt i tre inndelinger. Tidligere studier viser at det temporale synkronitetsvinduet for audiovisuell talepersepsjon har en størrelse på omtrent 200 ms (Conrey & Pisoni, 2006; Van Wassenhove et al., 2007; Alm & Behne, 2013). Inndelingene reflekterer når deltakerne forventes å oppfatte synkronitet, og audio-ledende og visuelt-ledende asynkronitet. SOA-1 inndeling A besto av SOA-1 fra -160 til -400 ms (audio-ledende asynkronitet), SOA-1 inndeling S besto av SOA-1 fra -120 til +120 ms, og SOA-1 inndeling V besto av SOA-1 fra +160 ms til +400 ms (visuelt-ledende asynkronitet).

Basert på de tre SOA-1 inndelingene ble prosentandelen synkrone responser kalkulert for SOA for hver SOA-1 inndeling. For hver av inndelingene ble to S-kurver tilpasset prosentandelen synkrone responser (y) for SOA (x). Forskning tyder på at oppfattet synkronitet påvirker ALT og VLT uavhengig av hverandre (Cecere et al., 2016; Yarrow et al., 2011). To S-kurver, en for AL og en for VL, muliggjør dermed økt frihet ved å holde ALT og VLT uavhengig av hverandre.

Videre ble MatLab R2021b brukt for å ekstrahere fire parametere for analysene, for hver av de tre SOA-1 inndelingene: to ulike varianter «crossover/cross» og «average/avg» av PSS (point of subjective simultaneity), VLT (video-lead threshold) og ALT (audio-lead threshold). PSS representerer det punktet der det er mest sannsynlig at stimulien oppfattes som synkron. ALT reflekterer når det er 50% sannsynlig for at et auditivt-ledende stimuli oppfattes som synkront eller asynkront. VLT på sin side gjelder punktet når det er like stor sannsynlighet for at et visuelt-ledende stimuli oppfattes som synkront eller asynkront. ALT- og VLT-verdien ble ekstrahert ved å finne verdien for 50% på y-aksen, som utgjør punktet hvor det er like sannsynlig at synkron og asynkron respons oppstår, og hvor denne y-verdien krysser S-kurvene. X-verdien dette gjelder representerer ALT for AL S-kurve og VLT for VL

S-kurve. PSSavg ble ekstrahert ved å finne midtpunktet mellom ALT og VLT. Ved bruk av de to uavhengige S-kurvene for AL og VL signaler, ble PSScross-verdien ekstrahert ut fra de to S-kurvenes krysningspunkt. PSScross kan tilby en mer nøyaktig representasjon av PSS ettersom den ikke forventer lik helning for AL og VL asynkronitet, slik som PSSavg gjør. Datafilene for hver deltaker ble basert på parameterne for hver av de tre SOA-1 inndelingene.

Statistiske resultater

Datamaterialet fra synkronitetsvurderingsoppgaven (SJ) ble analysert ved bruk av IBM SPSS Statistics versjon 27. Hovedmålet med studien var å undersøke om rask temporal rekalkibrering finner sted for audiovisuelle talestimuli ved å undersøke om de tre SOA-1 inndelingene påvirket verdiene til ALT, VLT, PSScrossover og PSSaverage. Fire ulike enveis repeated measures ANOVA ble utført med de tre SOA-1 inndelingene (Inndeling A, S og V) som uavhengig variabel («within-subject») og PSScrossover, PSSaverage, ALT og VLT som avhengige variabler. Mauchly's sfærisitetstest var ikke-signifikant for PSScrossover ($p = .504$) og homogeniteten er opprettholdt. Derimot var Mauchly's sfærisitetstest signifikant for ALT ($p = .009$), VLT ($p < .001$), og PSSaverage ($p = .004$), slik at F-verdiene som rapporteres nedenfor er basert på Greenhouse-Geisser. Figur 1 viser gjennomsnittsverdiene for alle SOA-1 for hver parameter.

Forskjell mellom SOA-1 inndelingenes ALT-verdier

Analysen viste en signifikant forskjell i ALT-verdiene mellom de tre SOA-1 inndelingene, $F(1.55, 43.3) = 15.26, p < .001, \eta^2_{\text{partial}} = .353$. Tabell 1 oppsummerer funnene fra Bonferroni post-hoc testene, og viser til forskjellene mellom SOA-1 inndelingene (Inndeling A, S og V) for hver parameter. Resultatene fra Tabell 1 viser at det var størst signifikant forskjell mellom ALT-verdien for Inndeling A ($M = -267, SD = 109$) og for Inndeling V ($M = -224, SD = 74$). Videre var det en signifikant forskjell mellom Inndeling A og Inndeling S ($M = -243, SD = 86$), og en signifikant forskjell mellom Inndeling S og Inndeling V. Forskjellen var større mellom Inndeling S og Inndeling A, enn mellom Inndeling S og Inndeling V. Videre viste analysen at gjennomsnittsverdiene i ALT var større enn gjennomsnittsverdiene for PSSavg og VLT, på tvers av de tre SOA-1 inndelingene (se Figur 1). Figur 2 viser gjennomsnittlige ALT-verdier for hver SOA-1 for alle deltakerne, og viser 129 ms forskjell mellom minste og største gjennomsnittlige ALT-verdi. På bakgrunn av funnene ble ikke tredje hypotese støttet ettersom det ble funnet en signifikant forskjell, $p < .001$, mellom ALT-verdiene for de tre SOA-1 inndelingene.

Forskjell mellom SOA-1 inndelingenes VLT-verdier

Analysen viste at det var en signifikant forskjell i VLT-verdiene mellom de tre SOA-1 inndelingene, $F(1.44, 40.41) = 16.77, p < .001, \eta^2_{\text{partial}} = .375$. Posthoc-analysen viste størst signifikant forskjell mellom VLT-verdiene for Inndeling A ($M = 247, SD = 82$) og Inndeling V ($M = 277, SD = 69$) (se Tabell 1). Videre var det en signifikant forskjell mellom VLT-verdiene for Inndeling A og Inndeling S ($M = 260, SD = 74$), i tillegg til en signifikant forskjell mellom Inndeling S og Inndeling V sine VLT-verdier (se Tabell 1). For VLT-verdiene var det større forskjell mellom Inndeling V og Inndeling S, enn mellom Inndeling A og Inndeling S, til forskjell fra ALT og PSSavg som fant størst forskjell mellom Inndeling A og Inndeling S, sammenlignet med Inndeling V og Inndeling S. Figur 3 viser gjennomsnittlige VLT-verdier for hver SOA-1 for alle deltakerne, og viser 94 ms forskjell mellom minste og største VLT-verdi. Konsistent med andre hypotese ble VLT signifikant, $p < .001$, mer videoledende for SOA-1 inndeling V, sammenlignet med SOA-1 inndeling S.

Forskjell mellom SOA-1 inndelingenes PSSaverage- og PSScrossover-verdier

Analysen viste at det var en signifikant forskjell i PSSavg-verdiene mellom de tre SOA-1 inndelingene, $F(1.49, 41.85) = 22.11, p < .001, \eta^2_{\text{partial}} = .441$. Tabell 1 viser at det var størst signifikant forskjell mellom PSSaverage-verdiene for Inndeling A ($M = -10, SD = 64$) og Inndeling V ($M = 26, SD = 44$). Videre viste resultatene fra Bonferroni post-hoc testen en signifikant forskjell mellom PSSaverage-verdiene for Inndeling A og Inndeling S ($M = 9, SD = 54$), i tillegg til en signifikant forskjell mellom Inndeling S og Inndeling V sine PSSaverage-verdier (se Tabell 1). Forskjellen var større mellom Inndeling S og Inndeling A, enn Inndeling S og Inndeling V. Figur 4 viser gjennomsnittlige PSSavg-verdier for hver SOA-1 for alle deltakere. Resultatene for PSSaverage støtter første hypotese. Analysen viste at for Inndeling V ble PSSavg signifikant, $p < .001$, mer visuelt-ledende, sammenlignet med Inndeling S og Inndeling A. Det var derimot ingen signifikant forskjell mellom PSScrossover-verdiene til de tre SOA-1 inndelingene, $F(2, 56) = .924, p = .403, \eta^2_{\text{partial}} = .032$. Den første hypotesen er dermed ikke gjeldende for PSScrossover.

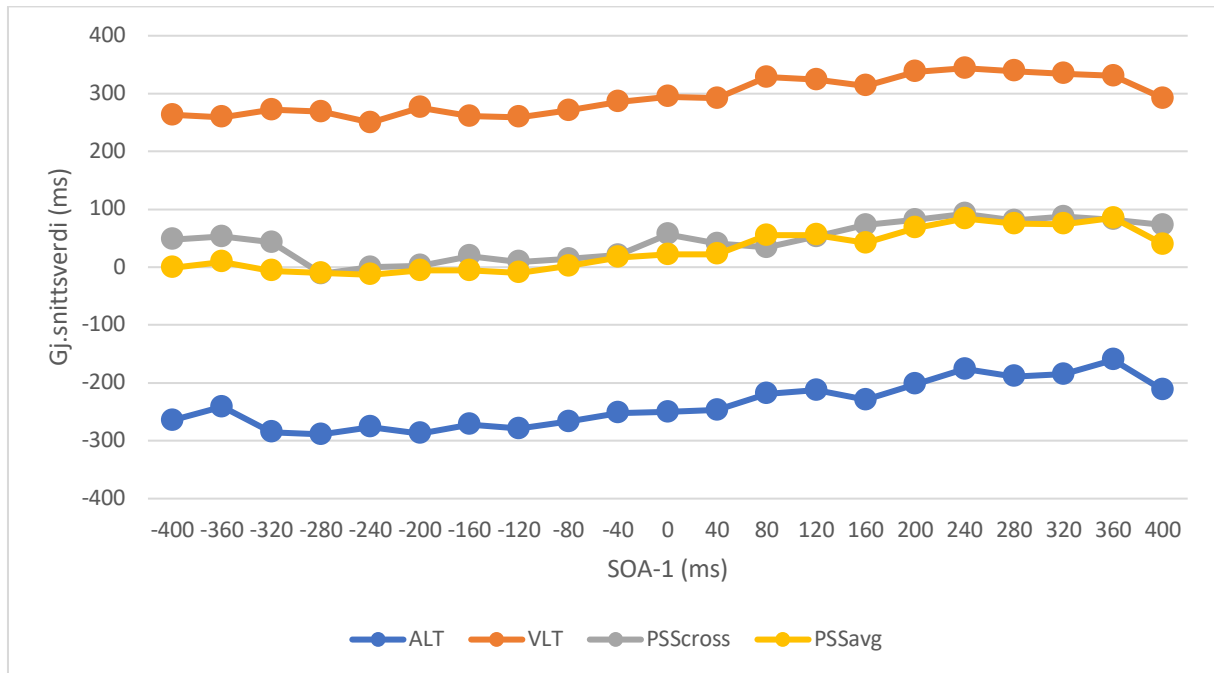
Tabell 1*Gjennomsnittlig forskjell mellom SOA-1 inndelingene basert på Bonferroni post-hoc**(N = 29)*

		SOA-1 inndeling		Sig.	
		Inndeling S	Inndeling V	InndelingS	Inndeling V
ALT					
	Inndeling A	23.51	42.55	.013*	<.001***
	Inndeling S	-	19.04	-	.008**
VLT					
	Inndeling A	13.48	30.08	.015*	<.001***
	Inndeling S	-	16.61	-	.001**
PSSaverage					
	Inndeling A	18.06	35.89	.003**	<.001***
	Inndeling S	-	17.82	-	<.001***
PSScrossover					
	Inndeling A	12.07	15.57	.881	.753
	Inndeling S	-	3.51	-	1.000

*Notat. * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$. Gjennomsnittlige forskjeller mellom de tre SOA-1 inndelingene (Inndeling A, S og V) for hver parameter.*

Figur 1

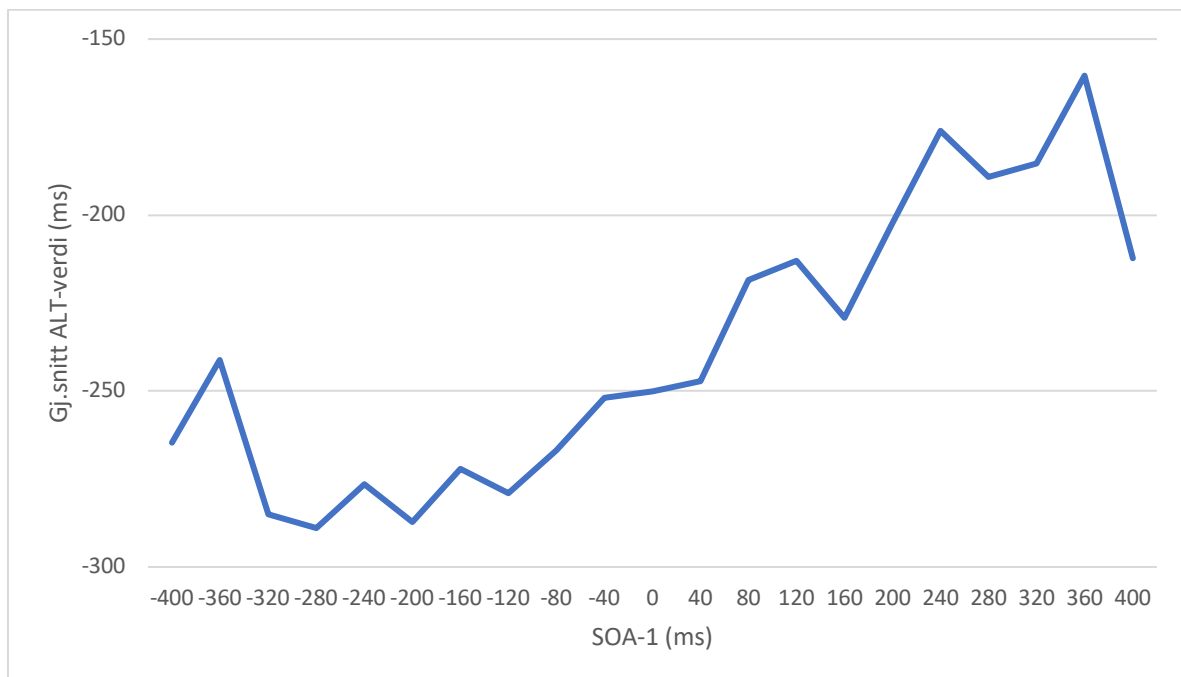
Gjennomsnittlige responsverdier for hver parameter, for alle SOA-1.



Notat. Gjennomsnittsverdier for ALT, VLT, PSScross og PSSavg (y-aksen) for hver SOA-1 (x-aksen), for samtlige deltakere ($N = 29$).

Figur 2

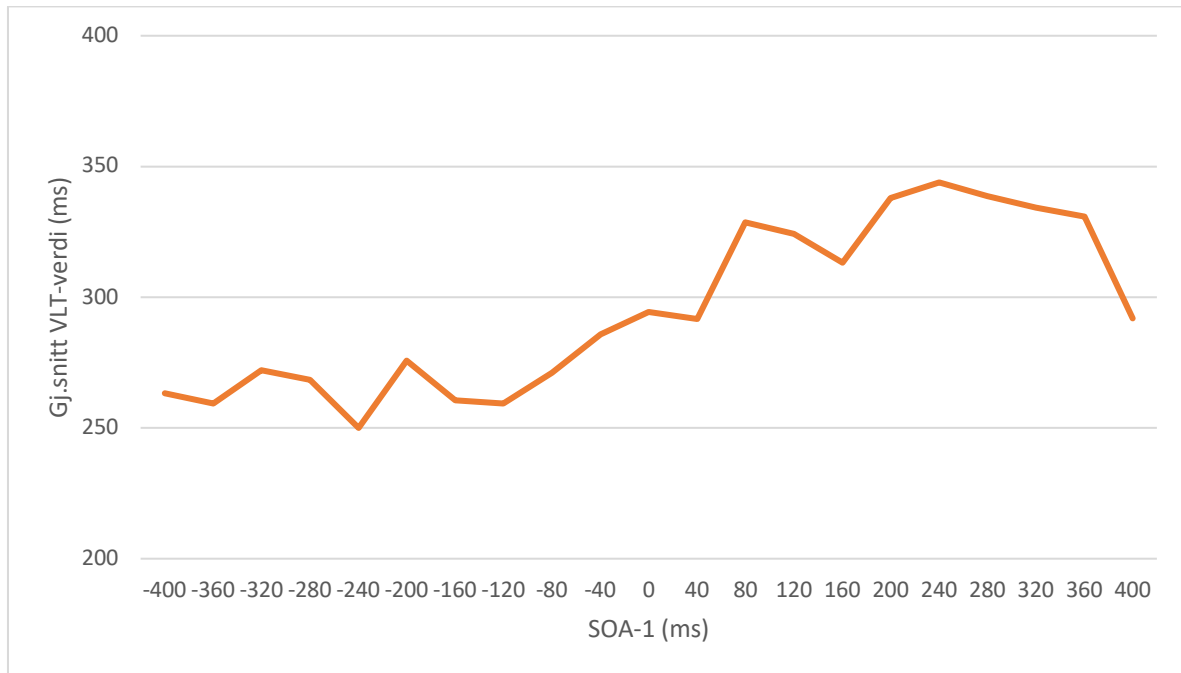
Gjennomsnittlig ALT-verdi for hver SOA-1



Notat. Gjennomsnittlige ALT-verdier (y-aksen) for hver SOA-1 (x-aksen), for samtlige deltakere ($N = 29$).

Figur 3

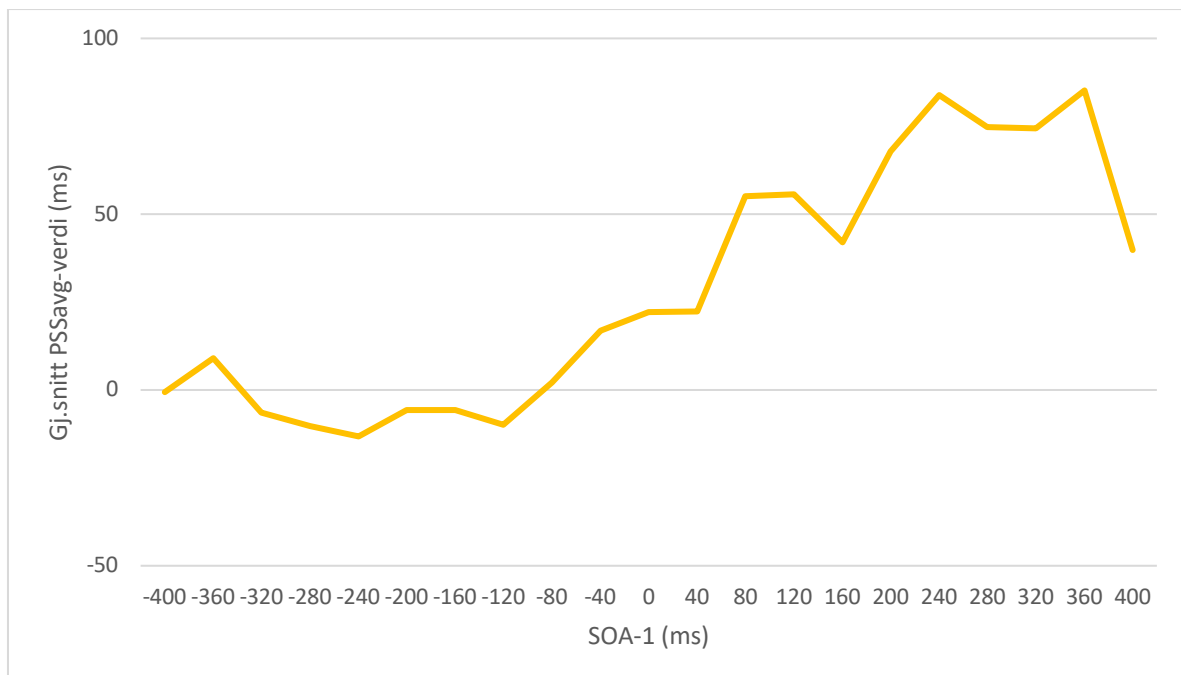
Gjennomsnittlig VLT-verdi for hver SOA-1



Notat. Gjennomsnittlige VLT-verdier (y-aksen) for hver SOA-1 (x-aksen), for samtlige deltakere ($N = 29$).

Figur 4

Gjennomsnittlig PSSavg-verdi for hver SOA-1



Notat. Gjennomsnittlige PSSavg-verdier (y-aksen) for hver SOA-1 (x-aksen), for samtlige deltakere ($N = 29$).

Analysen viste at de ulike inndelingene for SOA-1 fører til en signifikant endring i både ALT, VLT og PSSavg, og støtter derfor oppunder rask temporal rekalkibrering for audiovisuelle talestimuli. Et gjentagende funn at det er størst signifikant forskjell mellom SOA-1 inndeling A og SOA-1 inndeling V, for ALT-, VLT-, og PSSavg-verdiene. For PSScross-verdiene var det ingen signifikant forskjell mellom de tre SOA-1 inndelingene. Videre viste analysen at verdiene for Inndeling V er størst, i retning visuelt-ledende, for både ALT, VLT og PSSavg. Funnene støtter oppunder studiens første og andre hypotese for PSSaverage og VLT, men ikke for PSScrossover. Analysen finner forskjell i ALT-verdiene på tvers av de tre SOA-1 inndelingene. Dette støtter oppunder rask temporal rekalkibrering også for ALT, noe som gikk imot studiens tredje hypotese.

Diskusjon

Rask temporal rekalkibrering reflekterer et asymmetrisk TBW for audiovisuell stimuli

Tidligere forskning foreslår at rask temporal rekalkibrering for audiovisuell talepersepsjon muliggjør en effektiv justering av auditive og visuelle signaler (Keetels & Vroomen, 2012; Roseboom, 2019; Van der Burg et al., 2013). I motsetning til tidligere studier som i stor grad har brukt en beep-flash-metode (Van der Burg et al., 2013; Roseboom, 2019), har den nåværende studien brukt AV talestimuli. Ved å se på mer komplekse AV stimuli, slik som tale, gir resultatene våre økt kunnskap om hvordan hjernen integrerer multisensorisk informasjon. Synkronitetsvinduet for tale er vist å være større enn for pip og blink (beep-flash) (Keetels & Vroomen, 2012). Det kan tenkes at hjernen tillater en større forsinkelse mellom AV talestimuli enn annen multisensorisk stimuli, ettersom tale ofte inneholder viktig informasjon. En rask tilpasning til audiovisuell asynkronitet kan fremme en mer presis og effektiv talepersepsjon, og gjøre persepsjonen mer koherent (Van der Burg et al., 2013). Resultatene fra den nåværende studien viser tilsvarende mønster som Van der Burg et al. (2013) og Roseboom (2019) på tvers av ulike kurvetilpasninger og parametere. Det ble funnet en signifikant endring i PSSavg-, VLT- og ALT-verdiene for de tre SOA-1 inndelingene, noe som støtter oppunder rask temporal rekalkibrering for audiovisuelle talestimuli. Videre fant nåværende studie negative ettereffekter ettersom en gitt SOA ble vurdert som mindre lik forrige trial (SOA-1). For å undersøke om ulik bredde på synkronitetsvinduet for beep-flash og talestimuli gir utslag på de negative ettereffektene, ville det vært interessant å sammenligne enklere og mer komplekse AV stimuli og grad av rask rekalkibrering. Dette

kunne også gitt kunnskap om det er forskjeller i prosessene bak den raske rekalkibreringen for ulike AV stimuli.

Et skifte i PSS-verdien, i retning visuelt-ledende, som følge av eksponering til asynkronitet har blitt forklart ved å reflektere den grunnleggende asymmetrien i audiovisuelle stimuli (Van der Burg et al., 2013). Asynkronitet i AV hendelser kan oppstå i begge retninger, men spekteret for visuelt-ledende asynkronitet er mye større enn for auditivt-ledende asynkronitet (Keetels & Vroomen, 2012). I likhet med Van der Burg et al. (2013) og Roseboom (2019), viser gjeldende studie at modalitetsrekkefølgen på forrige trial har betydning for rask temporal rekalkibrering. Resultatene fant at visuelt-ledende asynkronitet på forrige trial (Inndeling V) førte til et større signifikant skifte i parameterne PSSavg, ALT og VLT i retning VL, sammenlignet med AL (Inndeling A) og synkron (Inndeling S) SOA-1. Videre var det større forskjell mellom Inndeling S og Inndeling V, enn mellom Inndeling A og Inndeling S for de gjennomsnittlige VLT-verdiene, sammenlignet med gjennomsnittlige ALT- og PSSavg-verdier som fant det motsatte. VL SOA-1 fører til en mer visuelt-ledende VLT-verdi, sammenlignet med de andre parameterne. Funnene er konsistent med studiens første og andre hypotese. De negative ettereffektene tyder på en refleksjon av det visuelt-ledende asymmetriske TBW for AV stimuli, og tilbyr en mekanisme for å kompensere for den naturlige asymmetrien i AV stimuli. Vi har økt erfaring med audiovisuelle hendelser der video kommer før audio, det kan dermed tenkes at vi tillater større grad av tilpasning til VL asynkronitet enn AL asynkronitet (Alm & Behne, 2013; Keetels & Vroomen, 2012).

Økt sensitivitet til auditivt-ledende asynkronitet kan medføre forskjeller i ALT-verdiene

Ulike former for erfaring med timing, derunder vokalvarighet i språk (Alm & Behne, 2013; Behne & Wang, 2018) og musikkfaring (Behne et al., 2013), fører til en økt sensitivitet for auditivt-ledende audiovisuell stimuli. Studiene fant at erfaring hadde en systematisk effekt på ALT, men ikke VLT. ALT befant seg nærmere punktet for fysisk synkronitet for deltakere med økt musikkfaring og erfaring med vokalvarighet i språk, sammenlignet med gruppene uten slik erfaring (Alm & Behne, 2013; Behne et al., 2013; Behne & Wang, 2018). For VLT ble det ikke funnet noen forskjell på tvers av gruppene. Erfaring kan ha en effekt på VLT, men denne er ikke systematisk. Funnene forklares ved at AL asynkronitet kan være mer predikerbart ettersom det går over et mindre spekter, sammenlignet med VL asynkronitet (Alm & Behne, 2013).

Resultatene fra nåværende studie viste at det var større forskjell mellom de tre SOA-1 inndelingene sine ALT-verdier sammenlignet med SOA-1 inndelingene sine VLT-verdier (se

Tabell 1). Dette var overraskende, ettersom det ikke ble forventet noen forskjell i ALT-verdiene på tvers av ulike SOA-1 basert på funnene fra Roseboom (2019) og Van der Burg et al. (2013). Det kan se ut til at en systematisk endring i ALT som følge av erfaring og auditiv-ledende asynkronitet som mer predikerbart (Alm & Behne, 2013) også kan virke mer lokalt. Bevegelse av artikulatoren for produksjon av tale begynner før det auditive signalet (Alm & Behne, 2013; Smeele et al., 1994). For AV talepersepsjon foreligger det dermed en forventning om visuelt-ledende informasjon der visuelle hint brukes for å predikere den auditive inputen (Alm & Behne, 2013). For talelyden /ba/, som nåværende studie har brukt, er utbrudd og stopp av leppene særlig tydelig, noe som kan ha gjort det enklere for deltakerne å predikere det AV talesignalet (Alm & Behne, 2013). Økt grad av predikasjon medfører en økt evne til å lære og tilpasse seg inputen, og kan ha gitt utslag på ALT-verdien. VLT-verdien er derimot mer stabil, noe som kan forklare mindre forskjell i VLT-verdien på tvers av de ulike SOA-1 inndelingene. Nåværende studie har undersøkt rask temporal rekalkibrering for talelyden /ba/. Det kan tenkes at andre talelyder, med mindre tydelige utbrudd og stopp, kunne ha vist andre resultater.

Bayesisk perspektiv på temporal rekalkibrering ser på at kriteriet for synkronitet tilpasses som et resultat av erfaring over tid. Kumulativ erfaring kan forklare de negative ettereffektene, ved at temporal rekalkibrering tilsvarer en lært effekt som følge av vedvarende eksponering til asynkronitet (Hanson et al., 2008; Keetels & Vroomen, 2012). Alm og Behne (2013), Behne et al. (2013) og Behne og Wang (2018) fant at ulik timing-erfaring viste en økt sensitivitet til AL asynkronitet. Felles for både musikere (Behne et al., 2013) og norsktalende (Alm & Behne, 2013; Behne & Wang, 2018) var at erfaringen med timing hadde blitt bygget opp over lang tid. Samtidig viser funnene fra gjeldende studie at slik tilpasning til manglende samsvar kan oppstå som følge av en enkelt, kort eksponering til AV asynkronitet. Rask temporal rekalkibrering kan altså tenkes å tilsvare en umiddelbar læringseffekt som følge av eksponering til ett enkelt asynkront signal. Økt sensitivitet til AL stimuli og en mer stabil VLT-verdi kan bidra i forklaringen for hvorfor forskjellen mellom ALT-verdiene til de tre SOA-1 inndelingene var større enn forskjellen mellom SOA-1 inndelingene sine VLT-verdier.

Det er verdt å nevne at ALT har vist seg å stabiliseres over tid (Alm & Behne, 2013). Alm og Behne (2013) fant en mindre forskjell i ALT-verdiene for middelaldrende voksne deltakere sammenlignet med unge voksne deltakere, på tvers av engelsktalende og norsktalende. Utvalget for den nåværende studien besto av unge voksne deltakere med norsk som morsmål. Det ville vært interessant å undersøke om eldre deltakere, eller deltakere med

et annet morsmål med mindre erfaring med vokalvarighet (eksempelvis engelsk), ville vist andre resultater.

Negative ettereffekter: sensorisk tilpasning eller høyere beslutningsprosesser?

Roseboom (2019) trekker frem to ulike nivå for prosessering for å forklare seriell avhengighet, og hva som kan være årsaken til ettereffektene. De negative ettereffektene antas å reflektere en sensorisk tilpasning, der signalet vurderes som mindre lik tidligere stimuli og medfører økt perseptuell sensitivitet (Roseboom, 2019). Dette gjenspeiler forklaringen som har vært foreslått for negative ettereffekter induisert av vedvarende eksponering til asynkronitet (Fujisaki et al., 2004). Samme forklaring ble brukt av Van der Burg et al. (2013) i forklaring av rask temporal rekalkibrering for AV stimuli. De positive ettereffektene forklares ut ifra seriell avhengighet som fører til endring i beslutningsprosesser på høyere nivå, der fysisk ulike stimuli vurderes likere hverandre på bekostning av perseptuell diskriminering (Roseboom, 2019).

De to forklaringene utfordres av Roseboom's (2019) egne motstridende funn. Dersom rask temporal rekalkibrering tilsvarer sensorisk tilpasning utgjør dette en prosess der en enkelt eksponering til asynkronitet inducerer endringer i sensorisk prosessering og timing persepsjon (Keane et al., 2020; Roseboom, 2019). De tre timing-oppgavene (SJ, TOJ og MJ) antas å være avhengig av de samme sensoriske prosesseringsmekanismene og burde dermed ha vist de samme (negative) ettereffektene (Keane et al., 2020; Roseboom, 2019). Dersom dette er tilfellet, kan ikke den sensoriske tilpasningen vist ved vedvarende eksponering til asynkronitet (temporal rekalkibrering/negative ettereffekter) overføres i forklaringen av rask temporal rekalkibrering ettersom det ble funnet ulike ettereffekter på tvers av timing-oppgavene (Roseboom, 2019).

En mulig forklaring kan dermed være at rask temporal rekalkibrering gjenspeiler endringer i beslutningsprosesser, og disse endringene utfoldes forskjellig for SJ-, MJ- og TOJ-oppgaver (Keane et al., 2020; Roseboom, 2019). Vurderinger om rekkefølge og synkronitet er basert på to ulike informasjonskilder (Keetels & Vroomen, 2012). Korrelasjonsstudier har manglet å vise til en sammenheng mellom PSS ekstrahert fra SJ- og TOJ-oppgaver (Keetels & Vroomen, 2012; van Eijk et al., 2008). Dette kan indikere at oppgavenes persepsjon av relativ timing er forskjellig fra hverandre slik at rask temporal rekalkibrering oppstår for vurderinger av samtidighet (SJ), men ikke for vurdering av rekkefølge (TOJ). Det samme vil gjelde for vurdering av tidsmessige forhold (MJ).

Keane et al. (2020) analyserte datasettet fra Roseboom (2019) (rådataen fra Roseboom (2019) ligger tilgjengelig på nett) og fant systematiske tilbøyeligheter (bias) til å gjenta vurderingen som ble gjort på forrige trial. En sterk tilbøyelighet til å gjenta forrige vurdering i påfølgende trial er blitt funnet av flere andre studier (Keane et al., 2020; Marinovic et al., 2017; Pape et al., 2017). Denne responsbiasen påvirket amplituden, men medførte ingen endring i PSS for SJ-oppgavene (Keane et al., 2020). For TOJ-oppgavene førte derimot den gjentakende responsbiasen til å gjenta samme rekkefølge av stimuli for påfølgende trial, til en systematisk endring i PSS-verdien. Responsbiasen kan dermed være årsaken til de motstridende ettereffektene, slik at rask temporal rekalkibrering likevel oppstår på tvers av oppgavene (Keane et al., 2020). Keane et al. (2020) foreslår at en felles beslutningsstrategi, på tvers av timing-vurderinger, medfører en rask temporal rekalkibreringseffekt. Dersom rask temporal rekalkibrering likevel finner sted på tvers av ulike timing-oppgaver kan dette støtte oppunder sensorisk tilpasning som forklaring av rask temporal rekalkibrering.

De negative ettereffektene induisert av både vedvarende og en enkelt eksponering til asynkronitet kan reflektere en samlet mekanisme, slik som foreslås av Keane et al. (2020). Den nåværende studien undersøkte rask temporal rekalkibrering ved å undersøke effekten foregående SOA (SOA-1) har på neste trial. Resultatene våre, som reflekterer en N-1 tilnærming, utelukker derimot ikke en Bayesisk tilnærming på temporal rekalkibrering. Rask temporal rekalkibrering kan tilsvare en fokusert del av en mer oppbyggende påvirkningsprosess. Ettersom vi ikke undersøkte SOA-2, SOA-3 osv., vet vi ikke om de ulike trials-ene kan ha påvirket hverandre kumulativt. Samtidig ble rekkefølgen på de ulike SOA-ene randomisert for hver deltaker, og rask temporal rekalkibrering ble funnet på tvers av deltakerne og SOA-1.

De motstridende funnene og forklaringene av rask temporal rekalkibrering understreker kompleksiteten bak tilpasning til asynkronitet som følge av en enkelt eksponering. De underliggende nevrane mekanismene, og hvorvidt rask temporal rekalkibrering skyldes endring i sensorisk tilpasning, høyere beslutningsprosesser eller en samlet mekanisme, forblir uvisst. Overordnet tilbyr rask temporal rekalkibrering en effektiv tilpasning til asynkronitet for å opprettholde en stabil persepsjon. Likevel er det behov for videre forskning for å kunne undersøke nærmere hvilke prosesser eller mekanismer som ligger bak de negative ettereffektene som nåværende studie, i likhet med Van der Burg et al. (2013) og Roseboom (2019) har funnet for audiovisuelle stimuli.

Sammenligning av S-kurver og Gausskurver i fremstilling av SJ-data for AV stimuli

Nåværende studie brukte to S-kurver i fremstillingen av datamaterialet, i tillegg til to varianter av PSS. De to PSS-verdiene som studien undersøkte har ulike premisser som ligger til grunn. PSSavg reflekterer en tradisjonell måte å ekstrahere PSS på, og tilsvarer midtpunktet mellom ALT og VLT. Dette gjenspeiler toppunktet på en Gausskurve, som tidligere studier i hovedsak har brukt ved fremstilling av SJ-data (Yarrow et al., 2011). Samtidig viser forskning at oppfattet synkronitet går utover en rekke temporale justeringer, slik at ett punkt for maksimal oppfattet samtidighet kan ha redusert praktisk implikasjon (Alm & Behne, 2013; Conrey & Pisoni, 2006; Yarrow et al., 2011). Nåværende studie fant en signifikant forskjell i PSSavg-verdien for de tre SOA-1 inndelingene. Dette støtter funnene fra tidligere studier (Roseboom, 2019; Van der Burg et al., 2013) og tilbyr evidens for rask temporal recalibrering. Likevel kan forskjeller i den temporale bindingen for AV stimuli gå tapt ettersom PSSavg legger til grunn en lik helning på begge sider av punktet. Forskning viser at ALT er mer konservativ enn VLT, og erfaring med timing har en systematisk effekt på ALT, men ikke på VLT (Alm & Behne, 2013; Behne et al., 2013; Behne & Wang, 2018). I tillegg viser studier at PSS befinner seg på den visuelt-ledende siden av grafen (Conrey & Pisoni, 2006; Hay-McCutcheon et al., 2009; Keetels & Vroomen, 2012). Med prinsippene som ligger til grunn for PSSavg vil dette medføre at det temporale vinduet flyttes i retning visuelt-ledende stimuli og snevres inn på den auditivt-ledende siden (Alm & Behne, 2013; Cecere et al., 2016; Conrey & Pisoni, 2006; Hay-McCutcheon et al., 2009; Keetels & Vroomen, 2012; Vroomen & Keetels, 2010).

For fremstilling av SJ-data for AV talepersepsjon kan det tyde på at bruk av to S-kurver vil kunne være en mer nøyaktig fremstilling av synkronitetsvurderingsresponsene, slik som Yarrow et al. (2011) foreslår. Forskning tyder på at integrasjon av AL og VL audiovisuelle stimuli er distinkte prosesser, og skjer uavhengig av hverandre. Cecere et al. (2016) fant at trening på AL integrasjon ikke hadde noen innvirkning på VL integrasjon, og omvendt. Ved at SJ-responsene ikke blir tvunget inn i en kurve som er lik på begge sider, vil S-kurvene befinne seg nærmere dataene ved å håndtere AL og VL temporal binding som distinkte mekanismer (Yarrow et al., 2011). Videre har forskning vist at ulike former for timing-erfaring fører til økt sensitivitet for auditivt-ledende AV stimuli (Alm & Behne, 2013; Behne et al., 2013; Behne & Wang, 2018). PSS som krysningspunkt mellom de to S-kurvene (PSScrossover) tilbyr dermed større grad av frihet ved å ta hensyn til forskjeller i integrasjon og sensitivitet til AV asynkronitet. Resultatene fra studien viste imidlertid forskjellige resultater for de ulike PSS-variantene. Til tross for at PSSCross-verdiene ikke var signifikante,

kan premissene som ligger til grunn for PSSavg antyde en revurdering av den tradisjonelle måten å ekstrahere PSS på. Bruken av Gausskurver versus S-kurver i fremstilling av SJ-data medfører en utfordring om PSS tilsvarer et midtpunkt eller et krysningspunkt. Disse utfordringene omhandlende hva PSS tilsvarer, kan tolkes som at studier bør undersøke andre parametere, i tillegg til PSS.

Funnene fra gjeldende studie viste en brattere helning for ALT-verdiene sammenlignet med VLT-verdiene, på tvers av de ulike SOA-1. Figur 2 viser at de gjennomsnittlige ALT-verdiene spenner over omtrentlig 130 ms, hvorav Figur 3 viser at de gjennomsnittlige VLT-verdiene spenner over ca. 100 ms. Resultatene fanger opp en forskjell i sensitivitet til AV stimuli for AL og VL stimuli, som tidligere studier kan ha gått glipp av. Dette kan støtte oppunder integrasjon av AL og VL stimuli som distinkte mekanismer (Cecere et al., 2016). Forskjell i sensitivitet til AV asynkronitet kan gå tapt dersom dataene “tvinges” inn i en kurve som er lik på begge sider. Videre kan dette være en mulig forklaring for hvorfor Roseboom (2019) og Van der Burg et al. (2013) ikke fant noen forskjell i ALT-verdi på tvers av ulike SOA-1, i motsetning til nåværende studie. En endring i ALT-verdi kan tenkes å ha mindre utslag på en PSS-verdi ekstrahert som midtpunktet mellom ALT og VLT fordi den antar lik helning på begge sider av punktet. Dette kan antyde en redusert sensitivitet ved bruk av en Gausskurve i fremstilling av SJ-data, og PSS som midtpunkt kan være en potensiell forklaring for hvorfor en slik endring ikke ble vist ved de tidligere studiene (Roseboom, 2019; Van der Burg et al., 2013).

Resultatene fra studien kan indikere at to uavhengige S-kurver muliggjør en mer detaljert fremstilling av SJ-data, der Gausskurven blir mindre nøyaktig på bakgrunn av redusert sensitivitet til AV asynkronitet. Fremfor å se på PSS som krysnings- eller midtpunkt, kan helningen til AL og VL S-kurve, i tillegg til ALT- og VLT-verdiene, tilby verdifull informasjon i forståelsen bak rask temporal rekalkibrering for AV talestimuli og oppfattet synkronitet. Det er imidlertid gjort lite forskning på både bruk av S-kurver versus Gausskurver i fremstilling av SJ-data, og sammenligning av ulike parametere for oppfattet samtidighet og rask temporal rekalkibrering i AV stimuli. For å undersøke om studiens implikasjoner stemmer er det dermed behov for videre forskning.

Konklusjon

Studien demonstrerer at foregående audiovisuell stimulus påvirker oppfattet synkronitet ved neste vurdering. Dette stemmer overens med tidligere funn som har vist at tilpasning til forsinkelser mellom signaler kan oppstå som følge av en enkelt eksponering til

asynkronitet, for audiovisuelle stimuli. Resultatene støtter oppunder en slik umiddelbar tilpasning til forsinkelser, og finner evidens for rask temporal recalibrering i audiovisuell talepersepsjon gjennom funn av negative ettereffekter. I samsvar med tidligere forskning reflekterer de negative ettereffektene det asymmetriske vinduet for audiovisuelle signaler, og muliggjør en umiddelbar tilpasning til forsinkelser mellom auditive og visuelle signaler. Videre finner studien rask temporal recalibrering gjennom flere parametere enn PSS (*point of subjective simultaneity*), som tradisjonelt er blitt brukt. Resultatene viste en brattere helning for ALT-verdiene, sammenlignet med VLT-verdiene på tvers av ulike SOA-1. En slik forskjell i sensitivitet til audiovisuell integrasjon er ikke blitt vist ved studier som har brukt Gausskurver. Resultatene gir praktiske implikasjoner på at bruken av to S-kurver i fremstilling av datamateriale fra SJ-oppgaver kan være mer sensitiv til forskjeller i AL og VL integrasjon, sammenlignet med en Gausskurve. Videre kan det indikere at studier bør undersøke andre parametere i tillegg til PSS, for studier av oppfattet synkronitet og (rask) temporal recalibrering. Samtidig er rask temporal recalibrering fortsatt et usikkert område, noe som demonstreres gjennom ulike forklaringer av prosessene bak rask temporal recalibrering. Det er behov for videre forskning for å få innsikt i hva som er de nevrane mekanismene for rask temporal recalibrering.

Referanseliste

- Alm, M., & Behne, D. (2013). Audio-visual speech experience with age influences perceived audio-visual asynchrony in speech. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *134*(4), 3001-3010. <https://doi.org/10.1121/1.4820798>
- Behne, D. M., Alm, M., Berg, A., Engell, T., Foyn, C., Johnsen, C., Srigaran, T., & Torsdottir, A. E. (2013). Effects of musical experience on perception of audiovisual synchrony for speech and music. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *133*(5), 3570. <https://doi.org/10.1121/1.4806538>
- Boersma, P., & Weenink, D. (2009). *Praat: Doing phonetics by computer* (Version 5.1.) [Dataprogram]. Hentet 1. mai 2009 fra <http://www.praat.org/>
- British Society of Audiology. (2004). *Recommended procedure: Pure tone air and bone conduction threshold audiometry with and without masking and determination of uncomfortable loudness levels*. <http://www.thebsa.org.uk/docs/RecPro/PTA.pdf>
- Cecere, R., Gross, J., & Thut, G. (2016). Behavioural evidence for separate mechanisms of audiovisual temporal binding as a function of leading sensory modality. *European Journal of Neuroscience*, *43*(12), 1561-1568. <https://doi.org/10.1111/ejn.13242>
- Conrey, B., & Pisoni, D. B. (2006). Auditory-visual speech perception and synchrony detection for speech and nonspeech signals. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *119*(6), 4065-4073. <https://doi.org/10.1121/1.2195091>
- de Gelder, B., Vroomen, J., Annen, L., Masthof, E., & Hodiamont, P. (2003). Audio-visual integration in schizophrenia. *Schizophrenia Research*, *59*(2-3), 211-218. [https://doi.org/10.1016/S0920-9964\(01\)00344-9](https://doi.org/10.1016/S0920-9964(01)00344-9)
- Fujisaki, W., Shimojo, S., Kashino, M., & Nishida, S. Y. (2004). Recalibration of audiovisual simultaneity. *Nature neuroscience*, *7*(7), 773-778. <https://doi.org/10.1038/nn1268>
- Hanson, J. V., Heron, J., & Whitaker, D. (2008). Recalibration of perceived time across sensory modalities. *Experimental Brain Research*, *185*(2), 347-352. <https://doi.org/10.1007/s00221-008-1282-3>
- Hay-McCutcheon, M. J., Pisoni, D. B., & Hunt, K. K. (2009). Audiovisual asynchrony detection and speech perception in hearing-impaired listeners with cochlear implants: a preliminary analysis. *International Journal of Audiology*, *48*(6), 321-333. <https://doi.org/10.1080/14992020802644871>

- Keane, B., Bland, N. S., Matthews, N., Carroll, T. J., & Wallis, G. (2020). Rapid recalibration of temporal order judgements: Response bias accounts for contradictory results. *European Journal of Neuroscience*, *51*(7), 1697-1710.
<https://doi.org/10.1101/576249>
- Keetels, M., & Vroomen, J (2012). Perception of synchrony between the senses. I M. M. Murray & M. T. Wallace (Red.), *The neural bases of multisensory processes* (s. 147-177). Taylor & Francis Group.
- Marinovic, W., Poh, E., de Rugy, A., & Carroll, T. J. (2017). Action history influences subsequent movement via two distinct processes. *Elife*, *6*, e26713.
<https://doi.org/10.7554/eLife.26713.001>
- Miles, W. R. (1929). Ocular dominance demonstrated by unconscious sighting. *Journal of Experimental Psychology*, *12*(2), 113-126. <https://doi.org/10.1037/h0075694>
- Oldfield, R. C. (1971). The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory. *Neuropsychologia*, *9*(1), 97-113.
- Pape, A. A., Noury, N., & Siegel, M. (2017). Motor actions influence subsequent sensorimotor decisions. *Scientific reports*, *7*(1), 1-5.
<https://doi.org/10.1038/s41598-017-16299-0>
- Recio, R. S., Cravo, A. M., de Camargo, R. Y., & van Wassenhove, V. (2019). Dissociating the sequential dependency of subjective temporal order from subjective simultaneity. *Plos one*, *14*(10), e0223184.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0223184>
- Redaksjonen for norsk APA-stil. (2021). Norsk APA-manual: En nasjonal standard for norskspråklig APA-stil basert på APA 7th (Versjon 1.7). Unit.
<https://www.unit.no/tjenester/norsk-apa-referansestil>
- Smeele, P. M. T., Sittig, A. C., & van Heuven, V. J. (1994). *Temporal organization of bimodal speech information* [Artikkelpresentasjon]. Third International Conference on Spoken Language Processing, Yokohama, Japan.
https://www.iscaspeech.org/archive/archive_papers/icslp_1994/i94_1431.pdf
- Van der Burg, E., Alais, D., & Cass, J. (2013). Rapid recalibration to audiovisual asynchrony. *Journal of neuroscience*, *33*(37), 14633-14637.
<https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1182-13.2013>
- Van der Burg, E., Orchard-Mills, E., & Alais, D. (2015). Rapid temporal recalibration is unique to audiovisual stimuli. *Experimental brain research*, *233*(1), 53-59.
<https://doi.org/10.1007/s00221-014-4085-8>

- Van der Burg, E., Alais, D., & Cass, J. (2018). Rapid recalibration to audiovisual asynchrony follows the physical—not the perceived—temporal order. *Attention, Perception, & Psychophysics*, *80*(8), 2060-2068. <https://doi.org/10.3758/s13414-018-1540-9>
- Van Eijk, R. L., Kohlrausch, A., Juola, J. F., & van de Par, S. (2008). Audiovisual synchrony and temporal order judgments: effects of experimental method and stimulus type. *Perception & psychophysics*, *70*(6), 955-968.
<https://doi.org/10.3758/PP.70.6.955>
- Van Wassenhove, V., Grant, K. W., & Poeppel, D. (2007). Temporal window of integration in auditory-visual speech perception. *Neuropsychologia*, *45*(3), 598-607.
<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2006.01.001>
- Virsu, V., Lahti-Nuuttila, P., & Laasonen, M. (2003). Crossmodal temporal processing acuity impairment aggravates with age in developmental dyslexia. *Neuroscience letters*, *336*(3), 151-154. [https://doi.org/10.1016/S0304-3940\(02\)01253-3](https://doi.org/10.1016/S0304-3940(02)01253-3)
- Vroomen, J., & Keetels, M. (2010). Perception of intersensory synchrony: a tutorial review. *Attention, Perception, & Psychophysics*, *72*(4), 871-884.
DOI: <https://doi.org/10.3758/APP.72.4.871>
- Vroomen, J., Keetels, M., De Gelder, B., & Bertelson, P. (2004). Recalibration of temporal order perception by exposure to audio-visual asynchrony. *Cognitive brain research*, *22*(1), 32-35. <https://doi.org/10.1016/j.cogbrainres.2004.07.003>
- Watt, S. W. (2010). *How visual acuity is measured*. www.mdsupport.org/library/acuity.html
- Welch, R. B., & Warren, D. H. (1980). Immediate perceptual response to intersensory discrepancy. *Psychological bulletin*, *88*(3), 638.
<https://doi.org/10.1037/0033-2909.88.3.638>
- Yarrow, K., Jahn, N., Durant, S., & Arnold, D. H. (2011). Shifts of criteria or neural timing? The assumptions underlying timing perception studies. *Consciousness and cognition*, *20*(4), 1518-1531.
- Yarrow, K., Martin, S. E., Di Costa, S., Solomon, J. A., & Arnold, D. H. (2016). A roving dual-presentation simultaneity-judgment task to estimate the point of subjective simultaneity. *Frontiers in psychology*, *7*, 416.