

Denne artikel er publiceret i det elektroniske tidsskrift

**Artikler fra Trafikdage på Aalborg Universitet**

(Proceedings from the Annual Transport Conference  
at Aalborg University)

ISSN 1603-9696

[www.trafikdage.dk/artikelarkiv](http://www.trafikdage.dk/artikelarkiv)

# Pilottest af 3D-lydsystem i lastbiler til forebyggelse af højresvingsulykker

*Anders Kalsgaard Møller<sup>1</sup>, Flemming Christensen<sup>1</sup> og Dorte Hammershøj<sup>1</sup>*

*Institut for Elektroniske Systemer, Aalborg Universitet<sup>1</sup>*

---

## Abstrakt

Hvert år sker der adskillige fatale uheld, hvor højre svingende lastbiler rammer cyklister, der kører ligeud. Trods mange forskellige tiltag, især med fokus på at forbedre lastbilchaufførens evne til visuelt at spotte cyklisterne, er det ikke lykkedes at ændre nævneværdigt på antallet af dødsulykker. Det forsøges i denne artikel at hjælpe lastbilchaufføren ved at repræsentere cyklisten ved hjælp af 3D-lyd, og dermed give lastbilchaufføren en indikation af cyklistens placering. I et feltstudie, hvor fire chauffører kørte på deres daglige rute, blev en eksperimentel platform brugt til at give lastbilchaufføren auditiv information om cyklistens placering, hver gang en cyklist nærmede sig lastbilen. Lastbilchaufførerne gav udtryk for, at systemet var en hjælp, og at de forholdsvis let kunne bruge lyden til at følge cyklisten undervejs.

---

## Baggrund og formål

Siden omkring årtusindeskiftet har der været meget fokus på ulykker mellem højre svingende lastbiler og ligeud kørende cyklister. Det høje fokus skyldes formentlig, at det ofte har meget alvorlige og fatale konsekvenser for de indblandede cyklister. Det øgede fokus medførte i 2004 skærpede krav bl.a. til lastbilernes spejle. Det blev dog vurderet i en rapport fra havarikommissionen for vejtrafikulykker (HVU) (Havarikommissionen, 2006), at de nye krav ikke havde nogen effekt på antallet af dræbte og tilskadede cyklister. I alle 25 ulykker, der indgår i HVU's rapport, blev det vurderet, at lastbilchaufførerne havde mulighed for at se cyklisterne, hvis lastbilchaufførerne havde orienteret sig ordentligt.

Det kan være svært at overskue både at skulle holde øje med kørebanen og samtidigt kontrollere fire spejle i det relativt korte tidsrum, et højresving tager. I en rapport af blandt andre trafikstyrelsen (Trafikstyrelsen, 2014) anbefales det at forske videre i chaufførens mulighed for at overskue den trafikale situation via

bilruder, spejle og kameraer. Dette med henblik på at afklare i hvilket omfang lastbilchauffører bruger de tilgængelige spejle, og hvorvidt lastbilchaufføren reagerer hensigtsmæssigt i situationerne.

I et studie (Sieker, et al., 2015) af netop lastbilchaufførens ageren og beslutningstagen i og omkring højresving blev det konkluderet, at lastbilchaufførerne primært havde fokus rettet mod orientering i forhold til omgivelserne. Lastbilchaufførerne orienterer sig i høj grad efter andre trafikanter på vej hen mod et kryds, mens de primært har fokus på lastbilens placering i selve svinget. For at orientere sig kigger chaufførerne mange gange og meget hurtigt i spejlene, og de bruger kun i begrænset omfang nærzone-spejlet og front-spejlet. Den hurtige flakken mellem spejlene øger risikoen for at overse vigtige objekter og begivenheder såsom cyklister, der bevæger sig op langs lastbilens højre side (Sieker, et al., 2015).

Chaufførernes brug af spejlene tyder på, at de er overbebyrdet med ting, de skal se. Det er derfor usandsynligt, at chaufførerne kan drage fordel af yderligere visuelle værktøjer. Chaufførerne har måske større fordel af andre hjælpemidler, der hjælper dem til at lokalisere eventuelle bløde trafikanter mere effektivt.

Synssansen giver et højt niveau af informationer, men kun indenfor vores forholdsvis snævre synsfelt har vi en god evne til at vurdere afstand (Perrott, et al., 1990). Vi er derimod i stand til at høre lydkilder i alle retninger omkring os i tre dimensioner for derefter at dreje hovedet og bringe dem ind i vores synsfelt (Bolia, 2004).

Vores lydoplevelse dannes ud fra kun to fysiske inputs, hhv. lydtrykkene ved højre og venstre øre. Kan lydtrykkene fra den virkelige verden genskabes, kan den auditive oplevelse ligeledes genskabes (Møller, 1992; Blauert, 1983). Ved hjælp af dette 3D-lyd princip, kan lyden af cyklisten simuleres, så chaufføren ved, hvor cyklisten befinder sig.

Tidligere forsøg har vist, at vi reagerer hurtigere på et visuelt stimulus, hvis der afspilles en lyd fra kildens position (Perrott, et al., 1990), og at vi ligeledes hurtigere kan finde et visuelt stimulus (Posner, et al., 1976). Dette er blandt andet blevet brugt i jagerfly, hvor man har brugt 3D lyd til at supporte et visuelt display til at hjælpe med at opdage og undvige nærgående objekter, såsom missiler og andre fly (Veltman, et al., 2004; Begault, 1993). Der er også eksempler på auditive informationssystemer i lastbiler og andre køretøjer (Graham, 1999; Fagerlön, 2010), men disse har oftest haft karakter af alarmsystemer, hvor systemerne og typen af advarselslyde typisk bliver vurderet ud fra, hvor alarmerende og irriterende, de lyder (Edworthy, et al., 1991).

I dette projekt er formålet ikke at lave et alarmsystem, men derimod at udvikle en ekstra støtte til chaufføren. Denne støtte bibringes ved at give chaufføren en hørbar og naturtro oplevelse af, hvor cyklisten befinder sig i forhold til lastbilen, så chaufføren har en intuitiv fornemmelse af cyklists tilstedeværelse. Dermed forsøges det at højne chaufførens "situational awareness" (Endslev, 1996), så chaufføren bedre kan træffe den rigtige beslutning. Med en højere bevidsthed omkring hvor og hvornår der befinder sig cyklister nær lastbilen, vil chaufføren formentlig kunne bruge spejlene mere effektivt og potentielt undgå kollision i forbindelse med højresvinget.

## Feltstudie

For at undersøge hvorvidt 3D-lyd kan anvendes til at forbedre lastbilchaufførens fornemmelse af cyklisters placering i og omkring en højresvingssituation, er der udført et feltstudie.

## Valg af lydstimuli

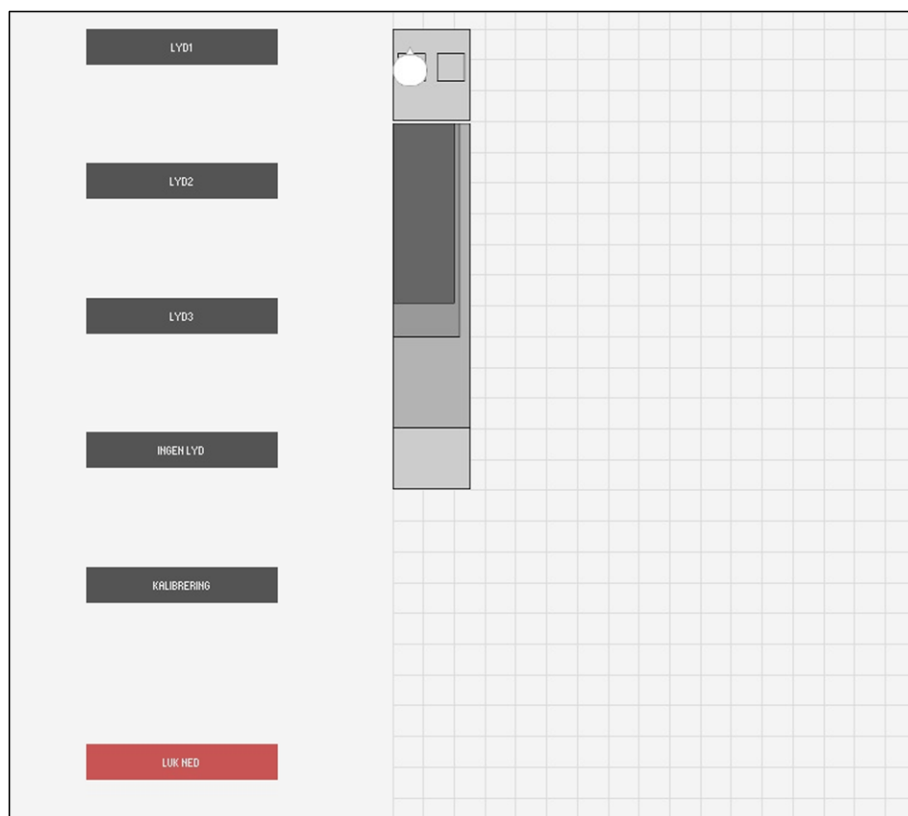
Inden feltstudiet var der lavet et forstudie i laboratoriet for at finde den foretrukne lyd af cyklen. I forsøget blev 20 forsøgspersoner enkeltvis bedt om at vurdere, hvilken af to lyde, de foretrak, hvis de forestillede sig, at de kørte lastbil, og lyden kom fra cyklen. Lydene bestod af to forskellige ringklokker, en cyklist der fløjtede, lydene fra en cykel, hvor der trædes rundt i pedalerne og en kunstig alarmlyd. Alle lyde blev sammenlignet parvis i to situationer: 1) Hvor forsøgspersonen forestillede sig, at han/hun kørte ligeud, og 2) hvor forsøgspersonen forestillede sig, at han/hun drejede til højre. Forstudiet pegede på, at lyden af en cykels ringklokke var at foretrække i begge situationer.

## Lydsystem

I feltstudiet blev en eksperimentel platform brugt, som gjorde lyden hørbar for chaufførerne. Den eksperimentelle platform kunne ikke selv detektere cyklisterne, men gav lyd ved forsøgslederens manuelle kontrol. Til at styre lyden brugte forsøgslederen en tablet med et interface, hvor forsøgslederen kunne flytte lydkilden ved at flytte fingeren rundt på interfacet. Derudover kunne forsøgslederen skifte mellem tre forskellige ringklokker for at variere lyden af cyklisten.

Lyden blev afspillet over hovedtelefoner (Sennheiser PC 363D), som chaufføren havde på under kørslen. På hovedtelefonerne var der monteret et sensorsystem (geomagnetisk, gyroskop og accelerometer) til at tracke lastbilchaufførens hoveddrejninger. En anden sensor (geomagnetisk) var placeret i lastbilen til at tracke lastbilens drejning.

Alle delene var koblet til en bærbar computer, som indsamlede tracking data, udregnede cyklistens placering ift. lastbilchaufførens hovedorientering og placering, loggede data, lavede den nødvendige processering, og afspillede lyden over hovedtelefonerne. Den bærbare computer var styret af den tablet, som forsøgslederen anvendte til styring af 3D lydkildens placering (ovennævnte interface). Tabletinterfacet er vist på Figur 1. For en mere detaljeret beskrivelse af den eksperimentelle platform se (Christensen, et al., 2016).



**Figur 1 – Interfacet der blev brugt til afspilning af lyden. Interfacet på tabletten kunne bruges til indikere cyklens placering og starte afspilningen af lyden fra tre forskellige ringeklokker. Interfacet tilbød desuden mulighed for at kalibrere positionsdetektorerne.**

## Lastbilchauffører og ruter

I undersøgelsen kørte forsøgslederen med fire forskellige chauffører på deres daglige fragtruter. Fragtruterne lå i Nordjylland og foregik primært i bymiljøet i Aalborg. Chaufførerne havde alle mellem 9 og 30 års erfaring med at køre lastbil og kørte i lastbiler, der var ca. 12 meter lange og ca. 2,55 meter brede.

## Forløb

Inden chaufførerne startede på turen, blev de introduceret til systemet og forklaret, at det kun var en eksperimental platform, hvor forsøgslederen holder øje med cyklerne og manuelt starter afspilningerne. Chaufførerne blev bedt om at orientere sig normalt og blev gjort opmærksomme på den risiko, der var for, at forsøgslederen overså enkelte cyklister.

Inden kørslen fik chaufføren lov til at høre lyden et par gange for at vænne sig til systemet. Under kørslen startede forsøgslederen lyden hver gang, der befandt sig en cyklist i den umiddelbare nærhed af lastbilens højre side, dvs. fra ca. 30 meter bag lastbilen til ca. 10 meter foran lastbilen.

Efter udvalgte episoder specielt omkring kryds, spurgte forsøgslederen chaufføren om oplevelsen af lyden og gjorde løbende notater. Derudover noterede forsøgslederen chaufførens reaktioner i krydsene.

Til slut blev chaufføren interviewet omkring deres generelle oplevelse af at køre med systemet, samt for at spørge mere uddybende ind til specifikke situationer. Spørgsmålene var målrettede imod at få afdækket om:

- Systemet hjalp chaufføren med at få bedre overblik over cyklisterne
- Lastbilchaufføren reagerede hensigtsmæssigt på lyden af cyklisten
- Lastbilchaufføren blev irriteret over at høre lyden
- Lastbilchaufføren reelt havde oplevelsen af at køre med systemet

## Observationer og kommentarer

### Ruterne

Lastbilchaufførernes ruter varierede en del, både i forhold til om de kørte i bymiljøet eller på landet, men også med hensyn til, hvor mange stop de havde undervejs, og hvor mange cykler de mødte. Det tog typisk omkring fire timer at gennemføre en rute undtagen turen med lastbilchauffør 4, som tog ca. seks timer. Lastbilchauffør 1 kørte i området lige i periferien af bycentrum og kørte typisk fem minutter mellem hvert stop. Lastbilchauffør 2 kørte helt inde i bycentrum og i gågader. Lastbilchaufføren havde en del meget korte stop, hvor der kun blev kørt få hundrede meter mellem hver. Lastbilchauffør 3 kørte i og omkring bycentrum og kørte ca. 5 minutter mellem hvert stop. Lastbilchauffør 4 kørte nogle lange ture mellem to byer ad landeveje, så der var stor forskel på, hvor lang tid det tog mellem hvert stop. Med de to første chauffører kom forsøgslederen med på to ture, og hos de to sidste var forsøgslederen kun med på en tur. Tabel 1 viser en oversigt over antallet af køreture med hver chauffør, hvor lang tid turene ca. tog, hvor de foregik og antallet af cykler.

**Tabel 1 – Oversigt over ruterne**

	Chauffør 1	Chauffør 2	Chauffør 3	Chauffør 4
<b>Køreture</b>	2	2	1	1
<b>Tid</b>	Ca. 4 timer	Ca. 4 timer	Ca. 4 timer	Ca. 6 timer
<b>Sted</b>	By	Bycentrum	By/bycentrum	By/land
<b>Antal cykler:</b>	Tur 1: 29, Tur 2: 42	Tur 1: 20, Tur 2: 24	18	3

### Reaktioner på systemet

Alle fire lastbilchauffører vurderede, at det var en god hjælp at have systemet. De mente ikke, at systemet ændrede så meget på deres måde at køre på, men at det gav en ekstra sikkerhed for, at de ikke overså en cyklist, og at de blev ekstra opmærksomme på, når der befandt sig en cyklist i nærheden af lastbilen. Dette kommer blandt andet til udtryk i disse udtalelser:

*”Når den ringer, så ved man, der er noget, og så skal man lige holde øje”*

*”Jeg ved, at når den har ringet, så ved jeg også, at der er noget mere, i stedet for, at jeg kun har kamera og spejle, det gør alligevel noget, at jeg ved, at den har ringet.”*

*”Bare det der med, at man bliver advaret om, at der er cyklister. Den jeg ikke så, der begynder man med det samme at lokalisere, hvor det er.”*

Dog blev det nævnt, at det godt kunne virke lidt overraskende første gang de hørte lyden, men at de hurtigt vænnede sig til den.

*”Altså lige de første par gange, hvor den kom, der tænkte man hvad fanden sker der lige her, man skal lige vende sig til den lyd, men sådan er det med alt nyt, og det er godt nok”*

Et par gange lykkedes det også for forsøgslederen at afspille lyden af cyklisten, inden chaufføren havde opdaget cyklisten. I disse situationer reagerede chaufføren roligt og hensigtsmæssigt og fandt cyklisten i spejlene. Forsøgslederens observationer blev efterfølgende bekræftet af chaufførerne.

*”Man reagerer på, at der kommer sådan en lyd. Det kan godt ske, at jeg ikke har lagt mærke til dem (cyklerne), når de kommer bagfra her i gågaden, men så snart man hører dem, så kigger man jo.”*

*”Lige da den ringede, så vidste jeg, han var derovre (pegede i retning af ham)”*

Chaufførerne mente, at de havde en god fornemmelse for, hvor cyklisterne befandt sig omkring lastbilen, og at de kunne følge dem ved hjælp af lyden. De talte desuden om, hvordan lyden skiftede retning med cyklens bevægelse og blev højere, når cyklisten kom tættere på. Der var dog en chauffør, som var lidt usikker på, om han kunne høre, hvor cyklisterne præcist befandt sig. Chaufføren var ikke desto mindre i stand til at udpege den rigtige cyklist hver gang og kunne også godt høre, når lyden flyttede sig f.eks. fra højre til venstre. Disse refleksioner afspejler formentlig en læringsproces eller i hvert fald, at chaufføren ikke har været bevidst om at kunne høre, hvor cyklisten befandt sig, men bare reagerede intuitivt på lyden.

Oftest omtalte chaufførerne, at de kunne høre cyklen og ikke lyden af cyklen, hvilket kunne tyde på, at faktisk forestillede sig, at det var cyklen, der afgav lyden og ikke systemet.

Enkelte chauffører havde radioen tændt under kørslen, men volumen var ikke særlig høj. Den chauffør, som hørte radioen på højeste niveau, var ham, der kørte en stor del af tiden på landevej.

I enkelte tilfælde ville chaufførerne gerne have lyden højere eller lavere, hvilket blev tilpasset. Der var dog ingen negative kommentarer eller observationer, der gav mistanke om, at chaufførerne ikke brød sig om lyden eller systemet. Heller ikke da chaufførerne blev spurgt eksplicit til dette, gav de indikation af, at de var generet af ringeklokken. Modsat blev det nævnt, at det var udmærket, at det var en ringklokke og ikke en eller anden tilfældig biplyd.

Der var enkelte forslag til mulige tilføjelser, bl.a. at andre trafikanter som f.eks. knallerter også kunne inddrages samt muligheden for i også at kunne høre, når cyklisterne befandt sig på venstre side af lastbilen.

## Diskussion

Ved at følge chaufførerne på deres daglige ruter vil hyppigheden og tidspunkt for cyklister være i overensstemmelse med virkeligheden og dermed mere naturligt end sammenlignet med f.eks. en simulator oplevelse. Det kan dog ikke udelukkes, at chaufførerne var ekstra opmærksomme på cyklisterne grundet bevidstheden omkring systemets formål.

Inden hver tur fik chaufførerne besked om ikke fuldt ud at stole på systemet, men altid orientere sig normalt, da der var en risiko for, at forsøgslederen overså en cykel. Der kunne desuden være en vis usikkerhed i forsøgslederens evne til præcist at vurdere cyklistens placering i forhold til lastbilen.

Selvom lastbilchaufførerne muligvis har haft i baghovedet, at det ikke var et reelt system, de kørte med, så virkede det til, at de i situationerne levede sig helt ind i at bruge systemet, f.eks. når de pludselig hørte en cyklist komme bagfra.

Der har været meget fokus på højresvingsulykker, og det er noget, der fylder meget blandt lastbilchauffører. Dette har gjort, at lastbilchaufførerne, allerede inden undersøgelsen gik i gang, var meget positive i forhold til alt, hvad der kan forhindre højresvingsulykker. Dette kunne afføde en positiv bias i forhold til systemet. Derfor krævede det lidt arbejde fra forsøgslederen at få lastbilchaufførerne til at forholde sig til det konkrete system og ikke bare, om de gerne ville undgå højresvingsulykker. Selvom det vurderes, at dette i høj grad lykkedes, så kan det ikke udelukkes, at der stadig har været en positiv bias til fordel for systemet.

Selvom det var nogle forholdsvis lange test sessioner, så kan det ikke udelukkes, at der efter længere tids brug vil ske en ændring i chaufførernes holdning og reaktioner på systemet. Det kan heller ikke udelukkes, at chaufførens vaner med hensyn til f.eks. radio ændrer sig, så lyden ikke længere er hørbar, eller at chaufførerne efter længere tids brug beslutter sig for, at lydene af cyklerne bliver for irriterende. Dog virkede det til, at chaufførerne i høj grad tilpassede volumen af radioen til den aktuelle trafiksituation. Som nævnt tidligere, så fylder højresvingsulykker meget i bevidstheden hos chaufføren, hvilket muligvis har givet en positiv bias til fordel for systemet. Denne positive bias vil formentlig også eksistere i et vist omfang for et reelt system. Man kan derfor formode, at chaufførerne vil være tilbøjelige til at acceptere, at lydene fra cyklerne spilles jævnlige.

## Konklusion

I observationerne og kommentarerne, som er indsamlet i løbet af de seks køreture med de fire chauffører, bliver der givet udtryk for, at systemet hjælper chaufførerne. Efter lidt tilvænning virkede det til, at chaufførerne havde forholdsvis let ved at bruge lyden fra systemet til at lokalisere cyklister.

Chaufførernes reaktioner peger på, at systemet giver en ekstra sikkerhed især i de tilfælde, hvor en cyklist kommer bagfra, og chaufføren hører cyklisten, før han/hun ser ham. I disse situationer reagerede chaufføren hensigtsmæssigt og orienterede sig roligt i spejlene, fandt cyklisten, og agerede herefter.

Der var undervejs ingen indikation af, at chaufførerne blev trætte af systemet, eller at lyden af cyklisterne skulle være irriterende.

## Anerkendelse

Projektet er støttet af Trygfonden gennem projektet "3D lyd i lastbiler". En speciel tak til Lektor Harry Lahrman for sparring gennem projektet og til Clemen Boje Larsen og AM3D for udlån af 3D lydys softwaren.

## Referencer

Begault, D. R., 1993. Head-up auditory displays for traffic collision avoidance system advisories: A preliminary investigation. *Human factors*, 35(4), pp. 707-717.

Blauert, J., 1983. Spatial hearing: The psychophysics of human sound localization. Cambridge. Mass: MIT Press

- Bolia, R. S., 2004. Special Issue: Spatial Audio Displays for Military. *The International Journal of Aviation Psychology*, 14(3), pp. 233-238.
- Christensen, F., Møller, A. K. & Hammershøi, D., 2016. *A dynamic binaural synthesis system for investigation into situational awareness for truck drivers*. Buenos Aires, Proceedings of the 22nd International Congress on Acoustics.
- Edworthy, J., Loxley, S. & Dennis, I., 1991. Improving auditory warning design: relationship between warning sound parameters and perceived urgency. *Human factors*, 33(2), pp. 205-231.
- Endslev, M. R., 1996. Towards a theory of situation awareness in dynamic systems. *Human Factors*, Volume 37, pp. 32-64.
- Fagerlönn, J., 2010. *Distracting effects of auditory warnings on experienced drivers*. The 16th International Conference on Auditory Display (ICAD-2010), June 9-15, 2010, Washington D.C., pp. 127-132.
- Graham, R., 1999. Use of auditory icons as emergency warnings: evaluation within a vehicle collision avoidance application. *Ergonomics*, 42(9), pp. 1233-1248.
- Havarikommissionen, 2006. *Ulykker mellem højresvingende lastbiler og ligeudkørende cyklister, s.l.: Havarikommissionen for Vejtrafikulykker*.
- Møller, H., 1992. Fundamentals of Binaural Technology. *Applied Acoustics*, 36(3/4), pp. 177-218.
- Perrott, D. R., Saberi, K., Brown, K. & Strybel, T. Z., 1990. Auditory psychomotor coordination. *Perception & Psychophysics* 48, pp. 214-226.
- Posner, M. I., Nissen, M. J. & Klein, R. M., 1976. Visual Dominance: An Information-Processing Account. *Psychological Review*, 83(2), pp. 157-171.
- Sieker, T. G. et al., 2015. A Cognitive Analysis of Truck Drivers' Right-hand Turns. *Transport Conference at Aalborg University*, p. 13.
- Trafikstyrelsen, 2014. *Strategi for forebyggelse af højresvingsulykker mellem lastbil og cyklist, s.l.: Rigspolitiet, trafikstyrelsen og vejdirektoratet*.
- Veltman, J. A., B., O. A. & Bronkhorst, A. W., 2004. 3-D Audio in the Fighter Cockpit Improves Task. *The International Journal of Aviation Psychology*, 14(3), pp. 239-256.