

[Zum Hauptinhalt springen](#)



Suche 🔍

- [Veröffentlicht werden](#)
- [Journale erkunden](#)
- [Bücher](#)
- [Über](#)
- [Anmeldung](#)

Menu

- [Get published](#)
- [Explore Journals](#)
- [Books](#)
- [About](#)
- [Login](#)

Search all SpringerOpen articles

Search 🔍

[Kognitive Forschung: Prinzipien und Implikationen](#)


- [Über](#)
- [Artikel](#)
- [Einreichungsrichtlinien](#)



[Download PDF](#) ↓

- Originaler Artikel
- Offener Zugang
- [Veröffentlicht: 11. Juni 2018](#)

## Der Einfluss der Videogeschwindigkeit auf den Entscheidungsprozess von Sportbeamten

- [Jochim Spitz](#) , [ORCID: orcid.org/0000-0002-2334-8734](https://orcid.org/0000-0002-2334-8734)<sup>1</sup> [na1](#)
- [Pieter Moors](#),<sup>2</sup> [na1](#)
- [\[...\]](#)
- [Johan Wagemans](#) &<sup>2</sup>
- [Werner F. Helsen](#)<sup>1</sup>
- [-Show fewer authors](#)

- 17k Zugriffe
- 8 Zitate
- 448 AltmETRisch
- [Metriken Einzelheiten](#)

## Abstrakt

Im Vereinsfußball gibt es einen zunehmenden Trend, Schiedsrichter bei der Entscheidungsfindung mit Videotechnik zu unterstützen. Bei Entscheidungen, z. B. ob ein Tor erzielt wurde oder welcher Spieler tatsächlich ein Foul begangen hat, kann die Videotechnik objektivere Informationen liefern und wertvoll sein, um die Entscheidungsgenauigkeit zu erhöhen. Es ist jedoch unklar, inwieweit Videowiederholungen Schiedsrichterentscheidungen bei Foulspielsituationen unterstützen können, in denen die Entscheidung in der Regel mehrdeutiger ist. In dieser Studie haben wir speziell die Auswirkungen von Zeitlupenwiederholungen auf die Entscheidungsfindung von Schiedsrichtern bewertet. Zu diesem Zweck bewerteten Elite-Schiedsrichter aus fünf verschiedenen Ländern (n = 88) 60 verschiedene Foulspielsituationen aus internationalen Spielen, die entweder in Echtzeit oder in Zeitlupe wiederholt wurden. Unsere Ergebnisse zeigten, dass Schiedsrichter Situationen in Zeitlupe im Vergleich zu Echtzeit stärker bestrafen (z. B. rote Karte mit einer Referenzentscheidung für die gelbe Karte). Unsere Ergebnisse liefern erste Beweise dafür, dass die Geschwindigkeit der Videowiedergabe einen wichtigen Einfluss auf die Disziplinarentscheidung des Schiedsrichters im Falle eines Foulspiels haben kann. Die Studie bietet auch einen realen Testfall für Theorien und Erkenntnisse zur Kausalitätswahrnehmung.

## Bedeutung

Bei Sportveranstaltungen werden häufig Hochgeschwindigkeitskameras verwendet, um Zeitlupenwiederholungen wichtiger Spielsituationen in jedem Detail bereitzustellen. Fans und Sportkommentatoren haben sofortigen Zugriff auf dieses Filmmaterial und verlassen sich zunehmend darauf, um Schiedsrichterentscheidungen zu überprüfen. Darüber hinaus stimmte das International Football Association Board der Einführung von Experimenten mit Video-Schiedsrichterassistenten zu, die sich auf Videoclips in Zeitlupe und / oder in Echtzeit verlassen können, um Schiedsrichterentscheidungen vor Ort zu bewerten und zu überprüfen. Obwohl Schiedsrichter auf dem Spielfeld in Echtzeit entscheiden müssen, werden diese Zeitlupenwiederholungen häufig als objektiver Darstellungs- und Vergleichsstandard verwendet. Die aktuelle Studie zeigt, dass bei der Beurteilung von Foulspielsituationen ein Verzerrungspotential von Zeitlupenwiederholungen besteht. Zeitlupe kann zum Beispiel Erhöhen Sie die Wahrscheinlichkeit, einen Täter mit einer roten Karte anstelle einer gelben Karte zu bestrafen. Diese Erkenntnisse sind für alle Akteure im Sport und in der Schiedsrichterführung von besonderer Relevanz. Zeitlupe ist ein separater Betrachtungsmodus und kann das Ergebnis entscheidender Entscheidungen verändern, wodurch das Endergebnis oder die wahrgenommene Gerechtigkeit während und nach einem Spiel beeinflusst werden. Infolgedessen diskutieren wir klare und konsistente Richtlinien, wann und wie Zeitlupenwiederholungen verwendet werden können, und die Verknüpfung mit grundlegenden Wahrnehmungs- und kognitiven Funktionen. Dies wirkt sich auf das Endergebnis oder die wahrgenommene Gerechtigkeit während und nach einem Spiel aus. Infolgedessen diskutieren wir klare und konsistente Richtlinien, wann und wie Zeitlupenwiederholungen verwendet werden können, und die Verknüpfung mit grundlegenden Wahrnehmungs- und kognitiven Funktionen. Dies wirkt sich auf das Endergebnis oder die wahrgenommene Gerechtigkeit während und nach einem Spiel aus. Infolgedessen diskutieren wir klare und konsistente Richtlinien, wann und wie Zeitlupenwiederholungen verwendet werden können, und die Verknüpfung mit grundlegenden Wahrnehmungs- und kognitiven Funktionen.

## Hintergrund

Schiedsrichter in Mannschaftssportarten sind dafür verantwortlich, die spezifischen Regeln des Sports aus neutraler Sicht zu interpretieren und durchzusetzen. Sie müssen verschiedene Informationsquellen berücksichtigen und sich entscheiden, um ein faires Spiel aufrechtzuerhalten und die Sicherheit der Spieler zu schützen (Bar-Eli, Plessner & Raab, [2011](#) ; MacMahon et al., [2014](#) ). Im Vereinsfußball kann eine Schiedsrichterentscheidung Auswirkungen auf das Spielergebnis haben, beispielsweise wenn ein Spieler vom Platz gestellt oder ein Tor abgelehnt wird. Die Leistung von Schiedsrichtern kann daher weitreichende Konsequenzen für Spieler, Vereine, Fans und andere Interessengruppen haben. Angesichts dieser Verantwortlichkeiten ist eine korrekte, angemessene, konsequente und einheitliche Umsetzung der Spielregeln der Fédération Internationale de Football Association (FIFA, [2016](#) ) ist entscheidend.

Angesichts der anhaltenden Verbreitung von hochauflösenden Kameras an besseren Positionen zusammen mit Fans und Sportkommentatoren, die sofortigen Zugriff auf dieses Filmmaterial haben, wird es immer wahrscheinlicher, dass eine

Schiedsrichterentscheidung in Analysen nach dem Spiel und sogar während des Spiels aufgezeichnet und eingehend geprüft wird. In eindeutigen Situationen kann die Videotechnik objektivere und genauere Informationen liefern. Beispielsweise ermöglicht die Torlinientechnologie die Möglichkeit, genau zu bestimmen, ob ein Ball die Torlinie überquert hat oder nicht. In anderen, typischerweise mehrdeutigen Situationen (z. B. Foulspielsituationen) erfordern Urteile von Schiedsrichtern subjektive Bewertungen, um die Absicht der Straftat und die Disziplinarstrafe für den beleidigenden Spieler zu bestimmen. Nach den Spielregeln (FIFA, [2016](#)) müssen verschiedene Faktoren berücksichtigt werden, wie das Element der Absicht, die Geschwindigkeit der Aktion des Spielers und die Sicherheit des Gegners. Helsen und Bultynck ([2004](#)) stellten fest, dass ungefähr ein Drittel der gesamten Entscheidungen, die von Fußballschiedsrichtern des Verbandes getroffen wurden, mit Fouls zusammenhängen.

Fans, Spieler, Sportkommentatoren und Journalisten verlassen sich zunehmend auf Videowiederholungen, die oft in Zeitlupe abgespielt werden, um die Entscheidung des Schiedsrichters zu bewerten und zu diskutieren. Während des Entscheidungstrainings und der Feedback-Sitzungen sind die Schiedsrichter auch Video-Wiederholungen in Zeitlupe ausgesetzt. Der Einsatz von Videotechnik hat bereits Eingang in verschiedene Sportarten wie Feld- und Eishockey, Cricket, Tennis und Basketball gefunden, um den Schiedsrichter zu unterstützen und die Entscheidungsgenauigkeit zu verbessern. Hier wird die Videotechnik verwendet, um zu bewerten, ob ein Tor gültig erzielt wurde, um festzustellen, ob ein Ball rein oder raus war, oder um Foulspielsituationen zu überdenken. Interessanterweise betreffen die meisten Entscheidungen, für die derzeit Videotechnologie verwendet wird, Situationen, für die ziemlich bis eindeutig objektive Kriterien existieren. So wie, Die Videotechnik kann die Genauigkeit von Schiedsrichterentscheidungen während des Spiels effektiv erhöhen, indem bestimmte Situationen aus verschiedenen Perspektiven und / oder Wiederholungsgeschwindigkeiten überprüft werden können. In der Tat haben Video-Schiedsrichter beim Feldhockey und Cricket Zugriff auf Wiederholungen mit unterschiedlichen Wiederholungsgeschwindigkeiten und können (eine Kombination von) unterschiedlichen Geschwindigkeiten verwenden, um zu einer Entscheidung zu gelangen.

Obwohl Zeitlupe häufig bei Video-Schiedsrichtern verwendet wird, ist derzeit unklar, inwieweit die Verwendung variabler Videogeswindigkeiten die Entscheidungsfindung von Schiedsrichtern beeinflusst. Die Relevanz dieser Frage wurde in einer kürzlich durchgeführten Studie von Caruso, Burns und Converse ([2016](#) [hervorgehoben](#)). Hier untersuchten die Autoren die Auswirkungen von Zeitlupen-Videobeweisen auf die Beurteilung der Verantwortung für schädliche Handlungen im Gerichtssaal. Die Teilnehmer sahen sich Überwachungsvideos eines versuchten Raubüberfalls an, bei dem der Verkäufer von einem Angreifer erschossen wurde. Videomaterial war in Echtzeit und in Zeitlupe verfügbar, und es wurde der Schluss gezogen, dass Zeitlupe die Wahrnehmung von Vorsatz systematisch steigerte. Das heißt, eine Handlung wurde als vorsätzlicher empfunden, und die Wahrscheinlichkeit eines einstimmigen Mordurteils ersten Grades war unter den Jurys, die nur die Zeitlupenversion sahen, viermal höher. Neben den Entscheidungen über Leben oder Tod im Gerichtssaal untersuchte die Studie auch die Auswirkungen von Zeitlupe auf die wahrgenommene Intentionalität eines Vorfalls von Helm zu Helm im American Football. Die Teilnehmer waren der Meinung, dass die Aktion wesentlich absichtlicher war, wenn sie sie in Zeitlupe im Vergleich zu Echtzeit sah. Im Gegensatz zu unserem Fokus hier stützte sich diese Studie auf Laien und nicht auf Sportexperten oder Schiedsrichter, um die Vorfälle zu bewerten. Darüber hinaus wurde eine Skala im Bereich von 0 bis 100 ohne eindeutigen Zusammenhang mit den Entscheidungskriterien der Schiedsrichter verwendet, um die wahrgenommene Intentionalität zu messen. Daher ist es schwierig zu beurteilen, ob diese Ergebnisse auf fachmännische Entscheidungen in Sport und Schiedsrichter verallgemeinern. In der Tat bleibt die Literatur zum Einfluss der Videogeswindigkeit auf den Entscheidungsprozess von Schiedsrichtern spärlich. Dies ist bemerkenswert angesichts der Bedeutung von Schiedsrichterentscheidungen und der zunehmenden Abhängigkeit von Zeitlupenvideos zur Bewertung dieser Entscheidungen. Diese Studie stützte sich auf Laien und nicht auf Sportexperten oder Schiedsrichter, um die Vorfälle zu bewerten. Darüber hinaus wurde eine Skala im Bereich von 0 bis 100 ohne eindeutigen Zusammenhang mit den Entscheidungskriterien der Schiedsrichter verwendet, um die wahrgenommene Intentionalität zu messen. Daher ist es schwierig zu beurteilen, ob diese Ergebnisse auf fachmännische Entscheidungen in Sport und Schiedsrichter verallgemeinern. In der Tat bleibt die Literatur zum Einfluss der Videogeswindigkeit auf den Entscheidungsprozess von Schiedsrichtern spärlich. Dies ist bemerkenswert angesichts der Bedeutung von Schiedsrichterentscheidungen und der zunehmenden Abhängigkeit von Zeitlupenvideos zur Bewertung dieser Entscheidungen. Diese Studie stützte sich auf Laien und nicht auf Sportexperten oder Schiedsrichter, um die Vorfälle zu bewerten. Darüber hinaus wurde eine Skala im Bereich von 0 bis 100 ohne eindeutigen Zusammenhang mit den Entscheidungskriterien der Schiedsrichter verwendet, um die wahrgenommene Intentionalität zu messen. Daher ist es schwierig zu beurteilen, ob diese Ergebnisse auf fachmännische Entscheidungen in Sport und Schiedsrichter verallgemeinern. In der Tat bleibt die Literatur zum Einfluss der Videogeswindigkeit auf den Entscheidungsprozess von Schiedsrichtern spärlich. Dies ist bemerkenswert angesichts der Bedeutung von Schiedsrichterentscheidungen und der zunehmenden Abhängigkeit von Zeitlupenvideos zur Bewertung dieser Entscheidungen. Es ist schwer zu beurteilen, ob diese Ergebnisse auf fachmännische Entscheidungen in Sport und Schiedsrichter übertragen werden. In der Tat bleibt die Literatur zum Einfluss der Videogeswindigkeit auf den Entscheidungsprozess von Schiedsrichtern spärlich. Dies ist bemerkenswert angesichts der Bedeutung von Schiedsrichterentscheidungen und der zunehmenden Abhängigkeit von Zeitlupenvideos zur Bewertung dieser Entscheidungen. Es ist schwer zu beurteilen, ob diese Ergebnisse auf fachmännische Entscheidungen in Sport und Schiedsrichter übertragen werden. In der Tat bleibt die Literatur zum Einfluss der Videogeswindigkeit auf den Entscheidungsprozess von Schiedsrichtern spärlich. Dies ist bemerkenswert angesichts

der Bedeutung von Schiedsrichterentscheidungen und der zunehmenden Abhängigkeit von Zeitlupenvideos zur Bewertung dieser Entscheidungen.

Lorains, Ball und MacMahon ( [2013a](#) ) zeigten, dass Elite-Athleten im australischen Fußball Sub-Elite- und Anfängergruppen bei Entscheidungen außerhalb des Feldes übertreffen, wenn die Stimuli mit zunehmender Videogeschwindigkeit gezeigt wurden. Über der Echtzeit-Videogeschwindigkeit würde eine schnellere Verarbeitung ermöglicht, sodass Experten eine höhere Automatisierungsleistung erzielen können. In einer Folgestudie untersuchten Lorains, Ball und MacMahon ( [2013b](#) ) nutzte eine Trainingsmaßnahme, um zu bewerten, ob australische Fußballathleten von einer Videogeschwindigkeit über Echtzeit profitieren würden, um eine Entscheidungsaufgabe außerhalb des Feldes zu verbessern. Die Autoren zeigten, dass dies tatsächlich der Fall war, wobei die oben genannte Echtzeitgruppe eine Gruppe übertraf, die mit normaler Videogeschwindigkeit trainiert wurde, und eine Gruppe, die kein Training erhielt. Im Gegensatz zu diesen Studien beobachteten Gilis, Helsen, Catteeuw, Van Roie und Wagemans ( [2009](#) ), dass die Beurteilung von Abseits-Situationen für Schiedsrichterassistenten im Vereinsfußball signifikant schlechter war, wenn sie schneller als langsamer gespielt wurden. Put et al. ( [2016](#) ) erweiterte diese Ergebnisse durch Anwendung einer Trainingsintervention mit verschiedenen Manipulationen der Videogeschwindigkeit. Sie beobachteten, dass nur die Gruppe der Schiedsrichterassistenten, die in der Verringerung der Videogeschwindigkeit geschult war, eine Verbesserung der Entscheidungsgenauigkeit für Abseits-Situationen zeigte.

Die vorherigen Studien konzentrierten sich hauptsächlich auf die Entscheidungsfindung von Athleten oder Schiedsrichterassistenten in Situationen, für die eine mehr oder weniger objektive Grundwahrheit (Pass oder Schießen; Ein- oder Abseits) bestimmt werden kann. Bisher wurde nur in einer einzigen Studie untersucht, ob sich Zeitlupenwiederholungen auf den Entscheidungsprozess von Fußballschiedsrichtern in mehrdeutigen Situationen wie Foulsituationen auswirken (Spitz, Put, Wagemans, Williams & Helsen, [2017](#)). Diese Autoren verwendeten maßgeschneiderte Videoclips, die aus Foul- / No-Foul-Situationen (Eckball und offenes Spiel) bestehen. Sie beobachteten, dass Zeitlupe genauere technische Entscheidungen liefert (Foul versus kein Foul) - insbesondere in Eckball-Situationen, in denen es normalerweise viele mögliche Zwischenfälle zwischen Verteidiger- und Angreiferpaaren gibt, bei Disziplinentscheidungen jedoch kein Unterschied festgestellt wurde (dh keine Karte), gelbe Karte oder rote Karte). Wie erwartet schnitten erfahrene Schiedsrichter im Vergleich zu ihren weniger erfahrenen Kollegen besser ab.

Aufbauend auf dieser Arbeit zielt die aktuelle Forschung darauf ab, gezielt Fragen zu beantworten, die frühere Studien unbeantwortet gelassen haben. Erstens hat die vorherige Studie von Spitz et al. ( [2017](#) ) verwendete maßgeschneiderte Aufzeichnungen von Foulsituationen. Obwohl ein solcher Ansatz eine bessere Stimuluskontrolle in Bezug auf Faktoren wie die Perspektive im Spiel, das Gleichgewicht verschiedener Arten von Foulsituationen oder das Team-Outfit bietet, ist das Stimulusmaterial notwendigerweise auf Situationen beschränkt, die leicht nachzuspielen sind und möglicherweise nicht Verallgemeinern Sie unbedingt die Art und Intensität der Foulsituationen, die bei echten Fußballspielen beobachtet werden. Zweitens sind wir in dieser Studie speziell an der Entscheidungsfindung in Bezug auf die zweideutigste Art von Foulsituationen interessiert, die während eines Fußballspiels auftreten: Vorfälle angehen. Obwohl der Stimulus-Satz von Spitz et al. Dies war nur ein kleiner Teil der potenziellen Verstöße, einschließlich des Drückens oder Haltens eines Gegners. Dritte, In der aktuellen Studie interessiert uns nicht nur die Entscheidungsgenauigkeit von Schiedsrichtern. Das heißt, obwohl Spitz et al. Wenn kein Einfluss der Videogeschwindigkeit auf die Entscheidungsgenauigkeit von Disziplinentscheidungen beobachtet wurde, kann die Videogeschwindigkeit einen deutlichen Einfluss auf die Richtwirkung dieser Entscheidungen haben (dh trotz ähnlicher Genauigkeit können Schiedsrichter Situationen in Zeitlupe stärker bestrafen). Viertens haben Spitz et al. waren am Einfluss von Fachwissen auf die Entscheidungsleistung interessiert. In dieser Studie konzentrieren wir uns ausschließlich auf die Leistung internationaler Elite-Schiedsrichter (dh vergleichbar mit dem höchsten Grad an Fachwissen, das bei Spitz et al. Verwendet wird). Die Videogeschwindigkeit kann einen deutlichen Einfluss auf die Richtwirkung dieser Entscheidungen haben (dh trotz ähnlicher Genauigkeit können Schiedsrichter Situationen in Zeitlupe stärker bestrafen). Viertens haben Spitz et al. waren am Einfluss von Fachwissen auf die Entscheidungsleistung interessiert. In dieser Studie konzentrieren wir uns ausschließlich auf die Leistung internationaler Elite-Schiedsrichter (dh vergleichbar mit dem höchsten Grad an Fachwissen, das bei Spitz et al. Verwendet wird). Die Videogeschwindigkeit kann einen deutlichen Einfluss auf die Richtwirkung dieser Entscheidungen haben (dh trotz ähnlicher Genauigkeit können Schiedsrichter Situationen in Zeitlupe stärker bestrafen). Viertens haben Spitz et al. waren am Einfluss von Fachwissen auf die Entscheidungsleistung interessiert. In dieser Studie konzentrieren wir uns ausschließlich auf die Leistung internationaler Elite-Schiedsrichter (dh vergleichbar mit dem höchsten Grad an Fachwissen, das bei Spitz et al. Verwendet wird).

Ziel dieser Studie war es daher, den Einfluss der Videogeschwindigkeit auf die Qualität der Entscheidungsfindung durch Fußballschiedsrichter des internationalen Eliteverbandes für Foulsituationen (Bekämpfung von Vorfällen) zu bewerten, die aus echten internationalen Fußballspielen abgeleitet wurden. Wie bei Spitz et al. ( [2017](#) ) stützten wir uns auf eine Schiedsrichter-spezifische Entscheidungsaufgabe, um das Verzerrungspotential von Zeitlupen-Videomaterial zu untersuchen. Insbesondere Schiedsrichter aus europäischen Top-Wettbewerben bestimmten die Disziplinentcheidung (keine Karte, gelbe Karte oder rote Karte) für 60 Foulsituationen, die entweder in Echtzeit oder in Zeitlupe wiederholt wurden. Die Qualität der Entscheidungen der Schiedsrichter wurde in zweierlei Hinsicht bewertet: Genauigkeit und Richtwirkung der Entscheidungen.

Neben der angewandten Bedeutung der aktuellen Studie greift diese experimentelle Aufgabe auch auf den Prozess der Wahrnehmung von Kausalität zurück (dh wie ist die Ursache-Wirkungs-Beziehung zwischen dem Angriff von Spieler A und Spieler B, der auf den Boden fällt?). Diese Arbeit geht auf die gestaltpsychologische Tradition zurück (Heider & Simmel, 1944 ; Michotte, 1954 , 1963 ), und ein Großteil von Michottes wegweisender Arbeit steht noch heute (für eine Übersicht siehe Wagemans, van Lier & Scholl, 2006)). Eine von Michottes überzeugenden Demonstrationen der Wahrnehmung von Kausalität ist der Starteffekt. Hier werden den Beobachtern zwei Objekte präsentiert, von denen sich eines auf das andere zubewegt. Sobald das erste Objekt neben dem zweiten Objekt liegt, beginnt sich das zweite zu bewegen. Bei der Präsentation dieser Sequenz berichteten Beobachter spontan, dass das erste Objekt das zweite Objekt „startete“ (dh für die Bewegung des zweiten Objekts verantwortlich war). Besonders relevant für die aktuelle Studie dokumentierte Michotte auch, dass die Wahrnehmung der Kausalität stark von der Geschwindigkeit beeinflusst wurde, mit der sich einzelne Objekte bewegten (Michotte, 1954)S. 103–104). Als diese Geschwindigkeit im Vergleich zur klassischen Demonstration wesentlich niedriger war, meldeten Beobachter keine Startwahrnehmung mehr und behaupteten, dass sich beide Objekte unabhängig voneinander bewegten. Daher können wir erwarten, dass die Wahrnehmung der Kausalität in diesen Zeitlupenwiederholungen stark abnimmt oder sogar fehlt. Darüber hinaus ist bekannt, dass die Wahrnehmung von Kausalität Bindungseffekte über Raum und Zeit induziert (dh Objekte werden als näher beieinander wahrgenommen und das Ereignis wird als kürzer eingeschätzt) (Buehner & Humphreys, 2009 , 2010 ). Allgemeiner wird angenommen, dass Bedingungen, bei denen die raumzeitliche Vorhersagbarkeit verletzt wird, im Vergleich zu vorhersagbaren Ereignissen länger anhalten (Eagleman, 2008 ). In Übereinstimmung mit Caruso et al. ((2016 ) nehmen wir an, dass dies dazu führen wird, dass Schiedsrichter den Aktionen, die sie überprüfen, mehr Vorsatz und Intentionalität zuschreiben, weil sie den Spieler als mehr Zeit zum Handeln wahrnehmen. Das heißt, obwohl die Clips mit einer objektiv niedrigeren Geschwindigkeit wiedergegeben werden, wird die subjektive Interpretation der Dauer der Aktion aufgrund der mit der Wiedergabe des Clips verbundenen Verstöße gegen die räumlich-zeitliche Vorhersagbarkeit erhöht. Daher erwarten wir nach Zeitlupenwiederholungen eine stärkere Beurteilung schädlicher Absichten und damit höhere Sanktionsniveaus (rote statt gelbe Karte).

## Methoden

### Teilnehmer

Insgesamt 139 aktive internationale Elite-Schiedsrichter aus fünf europäischen Ländern wurden per E-Mail zur Teilnahme an dem Experiment eingeladen. Achtundachtzig männliche Schiedsrichter (Durchschnittsalter = 37,8 Jahre, SE = 0,88) nahmen an dem Experiment teil, was eine Rücklaufquote von 63% ergab. Alle waren hochkarätige Schiedsrichter, die im europäischen Profifußball aktiv waren. Sie gaben eine Einverständniserklärung ab und die Studie wurde von der örtlichen Ethikkommission der Universität genehmigt (G-2015 04 218).

### Reize

Insgesamt wurden 60 realistische und repräsentative Videoclips von Vorfällen ausgewählt. Diese Foulspielsituationen stammen aus Spielen der UEFA (Union des Associations Européennes de Football). Wir haben bei der Auswahl bestimmter Videoclips nach folgenden Kriterien besondere Sorgfalt angewendet:

1. (ich)

Die Foulspielsituationen sind im Videoclip gut dargestellt, da sie aus der Perspektive des Spiels aufgezeichnet wurden (siehe Abb. 1 für einen Screenshot eines Beispiels).

2. (ii)

Die Position der Spieler ist meistens sogar in der Mitte des Feldes klar, um den Einfluss der Position oder Situation im Spiel auszuschließen.

3. (iii)

Die Spieler sind immer klar unterscheidbar.

**Abb. 1**



Beispiel einer Foulspielsituation, für die die Schiedsrichter eine Disziplinarscheidung treffen mussten (keine Karte, gelbe Karte oder rote Karte)

[Bild in voller Größe](#) >

Jeder Videoclip wurde mit zwei Softwareprogrammen (Adobe Premiere und Final Cut Pro) bearbeitet. Wir haben die Originalvideoclips wie folgt bearbeitet: Entweder haben wir die Geschwindigkeit eines Echtzeitvideoclips viermal verringert oder die Geschwindigkeit eines Zeitlupenvideoclips viermal erhöht. Die Videoclips wurden auf das wesentliche Fragment zugeschnitten, um eine korrekte Entscheidung treffen zu können. Dies führte zu zwei identischen Videoclips für jede Situation, 60 Videoclips in Echtzeit (mittlere Dauer 3,08 s) und dieselben 60 Videoclips in Zeitlupe (mittlere Dauer 12,32 s). In beiden Videogeswindigkeitsbedingungen waren die gleichen Informationen vorhanden, nur die zeitliche Dynamik wurde moduliert. Die Videoclips sind MP4-Dateien (720 × 406 Pixel) mit guter Qualität und entferntem Hintergrundton. Zwei unabhängige und erfahrene ehemalige internationale Schiedsrichter, [2016](#)). Beide Modi (Echtzeit und Zeitlupe) standen zur Verfügung, um die Referenzentscheidungen zu bestimmen. Diese beiden Schiedsrichter konnten die Clips mehrmals anzeigen und kannten die Entscheidungen, die die ursprünglichen Schiedsrichter während des Spiels getroffen hatten. Als Expertengremium nahmen beide Schiedsrichter zunächst unabhängige Bewertungen vor und diskutierten dann die Videoclips mit dem Schiedsrichterchef der UEFA, um etwaige Meinungsverschiedenheiten zu lösen. Sie erreichten folgende Konsensentscheidungen (Referenzentscheidungen): 4 = kein Foul; 2 = Foul ohne Karte; 36 = Foul mit gelber Karte; und 18 = Foul mit roter Karte.

## Vorgehensweise und Design

Die experimentellen Videoclips wurden den Teilnehmern über eine webbasierte Anwendung (Perception4perfection) präsentiert, die von der Forschungseinheit „Perception and Performance“ der KU Leuven entwickelt wurde und für das Training und die Forschung zu wahrnehmungskognitiven Fähigkeiten verwendet werden kann. Alle Teilnehmer erhielten ein Konto mit einem individuellen Login und Passwort, damit sie die verschiedenen Situationen an ihrem eigenen Ort beurteilen können. Jeder Schiedsrichter bewertete 60 einzigartige Situationen. Die Hälfte der zufällig ausgewählten Teilnehmer bewertete 30 Situationen in Echtzeit und 30 Situationen in Zeitlupe. Die andere Hälfte der Gruppe bewertete die gleichen Situationen, jedoch unter verschiedenen Videogeswindigkeitsbedingungen (Echtzeit anstelle von Zeitlupe und umgekehrt). Drei verschiedene Videoclips wurden verwendet, um sich mit dem Test vertraut zu machen. Während des Tests, Auf jeden Zeitlupen-Videoclip folgte ein Echtzeit-Videoclip (und umgekehrt), und nach jeweils 20 Videoclips gab es eine Pause. Die Teilnehmer sahen sich jeden Videoclip nur einmal an, entweder in Echtzeit oder in Zeitlupe. Nach jedem Videoclip mussten die Schiedsrichter beurteilen, ob ein Foul aufgetreten war (technische Entscheidung), und sie mussten die Disziplinarscheidung (keine Karte, gelbe Karte oder rote Karte) innerhalb eines Zeitfensters von 10 s durch Klicken mit der Maus angeben. Nach dem Klicken war keine Korrektur möglich und es gab keine Rückmeldung. Die Schiedsrichter wurden gebeten, die 60 Situationen zu bewerten, die ungefähr 20 Minuten dauerten, alle am selben Tag. Die Schiedsrichter mussten beurteilen, ob ein Foul aufgetreten war (technische Entscheidung), und sie mussten die Disziplinarscheidung (keine Karte, gelbe Karte oder rote Karte) innerhalb eines Zeitfensters von 10 s durch Klicken mit der Maus angeben. Nach dem Klicken war keine Korrektur möglich und es gab keine Rückmeldung. Die Schiedsrichter wurden gebeten, die 60 Situationen zu bewerten, die ungefähr 20 Minuten dauerten, alle am selben Tag. Die Schiedsrichter mussten beurteilen, ob ein Foul aufgetreten war (technische Entscheidung), und sie mussten die Disziplinarscheidung (keine Karte, gelbe Karte oder rote Karte) innerhalb eines Zeitfensters von 10 s durch Klicken mit der Maus angeben. Nach dem Klicken war keine Korrektur möglich und es gab keine Rückmeldung. Die Schiedsrichter wurden gebeten, die 60 Situationen zu bewerten, die ungefähr 20 Minuten dauerten, alle am selben Tag.

## Datenanalyse

Für alle Analysen verwendeten wir die statistische Programmiersprache R (Version 3.3.2) und RStudio (eine IDE für R, Version 1.0.136). Für die Datenverarbeitung haben wir uns auf das *Tidyverse*-Paket verlassen (Wickham, 2017) und für die Datenvisualisierung *ggplot2* (Wickham, 2009). Alle kumulativen Link-Mixed-Modelle wurden unter Verwendung der Paket- *Ordnungszahl angepasst* (Christensen, 2015).

Aufgrund der geringen Anzahl nicht fehlerhafter technischer Entscheidungen haben wir beschlossen, nur die Disziplinentscheidungen zu analysieren. Wir haben die Situationen ohne Foul und ohne Foul / ohne Karte in eine Kategorie ohne Karte zusammengefasst. Somit bezogen sich alle Analysen auf Disziplinentscheidungen, die den Wert keine Karte, gelbe Karte oder rote Karte annehmen konnten. Wir haben die Leistung der Schiedsrichter auf zwei verschiedene Arten bewertet (vgl. Zwei zuvor formulierte Ziele). Zuerst haben wir ein einfaches Genauigkeitsmaß berechnet (dh ob die Entscheidung mit der Referenzentscheidung identisch war oder nicht), um zu testen, ob die Videogeschwindigkeit die Genauigkeit der Entscheidungen beeinflusst. Es ist anzumerken, dass dieses Maß an Genauigkeit lediglich ein Spiegelbild dessen ist, wie stark sich die Schiedsrichter- und Referenzentscheidungen überschneiden. anstatt zu quantifizieren, wie gut die Schiedsrichter in der Lage sind, ein bestimmtes objektives Merkmal der Videoclips zu bestimmen. Für jede Videogeschwindigkeit und jeden Schiedsrichter wurde eine Genauigkeitsbewertung berechnet. Ein gepaarter t-Test wurde verwendet, um Unterschiede zwischen beiden Videogeschwindigkeitsbedingungen ( $\alpha = 0,05$ ) zu untersuchen.

Wir haben die Genauigkeitsanalysen durch eine Analyse ergänzt, die darauf abzielt, die Daten direkt zu modellieren und andere Aspekte der Daten zu berücksichtigen, beispielsweise die Richtung, in die sich die Entscheidung der Schiedsrichter verschoben hat. Diese statistische Methode ist als kumulative Link-Mischmodellierung oder gemischte ordinale Regression bekannt. Ein gemischtes Modell ermöglicht die gleichzeitige Modellierung verschiedener Quellen zufälliger Variabilität im Datensatz. Wichtig für unser Experiment ist, dass diese zufälligen Effekte Schiedsrichter und Stimuli umfassen. Wir haben immer zufällige Abschnitte sowohl für Schiedsrichter als auch für Stimuli sowie zufällige Steigungen der Videogeschwindigkeitsbedingung für Schiedsrichter und Stimuli und zufällige Steigungen für die Referenzentscheidung für Schiedsrichter eingeschlossen. Dies war die maximale Zufallseffektstruktur, die eine stabile Konvergenz während der Modellanpassung garantierte (Barr, Levy, Scheepers & Tily, 2013). Als Prädiktoren haben wir die Referenzentscheidung und die Videogeschwindigkeit sowie die Interaktion zwischen diesen Variablen berücksichtigt. Es ist zu beachten, dass die Referenzentscheidungen als eine Art „Manipulationsprüfvariable“ fungieren. Das heißt, wir erwarten, dass mit zunehmender Schwere der Referenzentscheidung auch die Wahrscheinlichkeit einer strengeren Disziplinentcheidung steigt. Wenn wir in unserem endgültigen Modell keinen Haupteffekt der Referenzentscheidung beobachten, würde dies bedeuten, dass die Schiedsrichterentscheidungen durch Referenzentscheidungen überhaupt nicht vorhergesagt werden könnten. Um zu einem endgültigen Modell zu gelangen, verwendeten wir einen Modellauswahlansatz, bei dem wir vom komplexesten Modell ausgingen, einschließlich Referenzentscheidung, Videogeschwindigkeit und deren Interaktion als Prädiktoren, und Drop-in-Deviance-Tests verwendeten, um zu bewerten, ob einfachere Modelle besser zu den Daten passen im Vergleich zum komplexesten Modell. Beispielsweise,

$$\text{logit}(P(Y_i \leq j)) = \vartheta_j - \beta_1(\text{Reference decision}_i) - \beta_2(\text{Video speed}_i) - u(\text{Referee}_i) - v(\text{Stimulus}_i)$$

$$i = 1, \dots, n, \quad j = 1, \dots, J - 1$$

We model the cumulative probability of the  $i$ th referee decision falling into the  $j$ th category (i.e. no card, yellow card, or red card).  $\vartheta_j$  are known as cut-points or threshold parameters. The inverse logits of these threshold parameters indicate the baseline cumulative probabilities for a response ending up in a certain category (or lower) when all predictors are set to zero. In our case, this implies baseline cumulative probabilities for the clips belonging to the no card reference condition shown in real time (see the “Results” section for an example using the estimated threshold coefficients). The sign of the regression coefficients for reference decisions and video speed indicates how the cumulative probabilities are influenced. For example, positive coefficients indicate that the value of these predictors is associated with a higher category rating (i.e. a more severe decision).

## Results

### Accuracy

As can be derived from the scatterplot in Fig. 2, the task proved quite difficult in both conditions (slow motion:  $M = 63\%$ ,  $SD = 12$ ; real time:  $M = 61\%$ ,  $SD = 10$ ). There was no significant difference between the accuracy scores in the slow-motion condition compared to the real-time condition ( $t(87) = -1.60$ ,  $p = 0.11$ ).

**Fig. 2**

*Scatterplot* of the individual accuracy data in percentage. The accuracy for the slow-motion condition is plotted against the accuracy for the real-time condition. *Dots* indicate individual referees and the solid line

indicates the identity line. The *orange dot* indicates the mean accuracy across referees. The *orange lines* indicate bootstrapped 95% confidence intervals for the mean accuracy in both conditions

[Full size image](#) >

## Cumulative link mixed modeling

As highlighted in the “Data analysis” section, we used a top-down model selection approach starting with the most complex model, and reducing it in complexity until the drop-in-deviance test indicated that there was no longer a benefit to simplifying a model. Table 1 summarizes the output of this model selection process. As can be derived from Table 1 (top row), a full model (main effects and interaction) was not preferred over a main effects only model. The main effects model, however, was preferred over the model including only video speed (bottom row) or only reference decision (middle row).

### Table 1 Results of the model selection process

[Full size table](#) >

Thus, Table 1 shows that the best model was one including both a main effect of the reference decision and video speed, yet no interaction between both factors. This implies that both the reference decision and video speed have an effect on the severity of the disciplinary decisions of the referees. The parameter estimates of the main effects model are summarized in Table 2, in terms of the model coefficients and threshold coefficients. The values of the threshold coefficients indicate the predicted cumulative probabilities (in logit units) for choosing a certain response category (or lower) for the “no card” reference decision shown in real time (i.e. the baseline condition). Taking the inverse logit of both estimates shows that the cumulative probability for choosing the “no card” category is 0.49 (i.e.  $\exp(-0.03) / (1 + \exp(-0.03))$ ) and 0.99 for the “yellow card” (or lower) category. Positive estimates of the model coefficients can be interpreted as increased odds for choosing a higher category in the dependent variable (i.e. here, the referee decision). The estimates of the yellow and red card reference decisions thus imply that there are increased odds for choosing a higher category compared to the no card reference decisions. That is, reference decisions and referee decisions are tightly linked. Critically, the estimate is also positive for the slow-motion versus real-time condition. Thus, slow-motion clips are associated with increased odds for choosing a higher category on the decision scale. Figure 3 depicts these results graphically. Here, conditional proportions of responses are depicted in function of reference decision and video speed. For example, in the case of a real-time depiction of a yellow card reference decision, the proportion of yellow card responses is highest, followed by no card responses and red card responses. In contrast, in the slow-motion condition, this situation changes such that yellow card responses are slightly less numerous, no card responses also decrease, and red card responses increase. Similar patterns are observed for the no card and red card reference decisions.

### Table 2 Parameter estimates for the main effects model

[Full size table](#) >

### Fig. 3

Conditional proportion of responses for each combination of reference decision and video speed condition. Each set of three *dots* indicating the combination of reference decision and video speed thus sums to 1. The error bars represent bootstrapped 95% confidence intervals. NC no card, YC yellow card, RC red card

[Full size image](#) >

## Discussion

An increasing number of competitive matches in professional sports are recorded on video and referee decisions are retrospectively analyzed by coaches, fans, players, and sport commentators using slow-motion replays. In March 2018, the International Football Association Board (IFAB), the game’s law-making body, approved, with immediate effect, the use of video assistant referees in association football. A video assistant referee has to check every situation to examine whether a potential clear and obvious error has been made in a match-changing situation. The video assistant relies on video clips in slow motion and/or real time for that. The video assistant referee eventually informs the main referee who then has the opportunity to review footage on the field before making a final decision. It is often acknowledged that slow motion distorts reality and can change the way body movements and intentions are perceived (Caruso et al., 2016). In the current study, we examined the impact of slow-motion video clips on the assessment of foul-play situations.

We used 60 representative video clips of tackle incidents to assess decision-making performance. The decision-making task required an assessment of the intentionality and seriousness of the foul to determine the disciplinary sanction for the offending player. As highlighted in the “Results” section, the performance of the elite referees in this study was



comparable with previously reported decisional accuracy scores for referees on the field of play (Gilis, Weston, Helsen, Junge, & Dvorak, 2006; Mascarenhas, Button, O'Hare, & Dicks, 2009) and based on video replays (Gilis et al., 2006; Spitz et al., 2017). The rather low accuracy scores in this study and previous publications are probably due to the difficulty of the situations and also to the fact that the Laws of the Game (FIFA, 2016) leave room for interpretation by the referee. In fact, the difference between the concept of a careless or reckless offence or an offence with excessive force that should be considered to whistle a foul and give a yellow or red card, respectively, still remains quite vague.

Our results demonstrate that decisional accuracy of referees was not significantly different in slow motion compared to real time. An explanation for the fact that slowing down the video speed did not add to decisional accuracy might be that it reduces the fidelity and representativeness of the everyday performance context (Hettinger & Haas, 2003; Stoffregen, Pagulayan, Smart, & Bardy, 2003). Lorains et al. (2013a) put forward the same argument to explain why elite athletes made more accurate decisions under faster speed conditions: faster speeds more closely replicate the cognitive processing demands required by sport athletes who need to make crucial decisions in dynamic and time-constrained environments. The same can be said for referees and expert performers in other domains (e.g. military, police, aviation). On the other hand, for referees, it can be argued that the impact of slow motion on decisional accuracy depends on the type of decision and the type of situations that need to be assessed. For more objective assessments, such as offside decisions in case of assistant referees, slow motion might be of added value and increase decisional accuracy. Indeed, contrary to the findings with elite athletes, Gilis et al. (2009) observed that offside decisions were significantly more accurate when played at a slower compared to a faster speed. These offside decisions require a more objective assessment of spatial (i.e. how are the players positioned relative to one another) and temporal (i.e. the exact moment of the pass) landmarks. Furthermore, Spitz et al. (2017) showed that elite referees were more accurate in slow motion for technical decisions and in case of foul-play situations with multiple players involved and several potential foul plays at the same time. In these situations, slow motion might make it easier to select the relevant information, to see whether there is actual contact, and to identify the offender and exact location of the foul. However, the results of Spitz et al. also showed that slow motion does not add to decisional accuracy for typically more ambiguous tackle incidents and the determination of the disciplinary sanction for the offending player. These results were replicated in the current study and it seems that the impact of slow motion on decisional accuracy depends on the type of decision and situation.

Although highly valued, an analysis of accuracy scores (% correct decisions) may be deceptive because it is not always a good indicator of what people are doing and does not provide a complete and comprehensive account of performance differences. The decisions that yield a given accuracy level may encompass extremes of liberal and conservative biases. To gain more insight into the underlying mechanisms of slow motion on the perception of foul play and to determine how the decisions deviated from the reference decision, we performed a mixed ordinal regression analysis. As such, we were able to determine whether the speed of the video replay biased the decisions in a certain direction.

The results indicate that slow-motion video clips are associated with increased odds for choosing a higher category on the decision scale (i.e. no card, yellow card, or red card). In case of high-impact tackle incidents, there is a clear impact of slow motion, altering the judgment of the referees towards more severe disciplinary sanctions for the offending players. These results are in line with previous research investigating the way replay speed affects human judgment in the courtroom. Viewing a situation in slow motion, compared with regular speed, increased the perceived intent of a violent action (Caruso et al., 2016). A main characteristic of slow motion is that it affects the impressions of the duration over which real-time events unfold. As suggested by Caruso et al., the temporal modulation of the dynamics creates the perception that the offender has much more time to contemplate his action than he actually does. Therefore, physical contacts and violent actions might be perceived more intentionally and seriously. Indeed, we hypothesized that slow-motion replays could disrupt normal perception of causality (Michotte, 1954, 1963), which in turn could influence the perceived duration of the event (on top of the fact that it already was replayed in slow motion). In line with the reasoning outlined in Caruso et al. (2016), this would create a situation in which observers attribute more premeditation to the player's action. More generally, this view is consistent with a framework in which humans continuously generate predictions based on the incoming sensory information, where predictions are tuned to physics and biomechanics of our world and its associated time constants (Richmond & Zacks, 2017). In the case of slow motion, these predictions are violated, which in turn might influence the subjective duration of the event. Indeed, spatiotemporal predictability has been shown to influence subjective duration such that unpredictable events are perceived to last longer. Thus, in this case, as slow motion alters the fit of the stimulus to those time constants, this could lead viewers to associate the player's action with a higher degree of intentionality.

It should be noted that our speed manipulation might also change more central aspects such as density of information or visual saliency. The temporal manipulation of video speed might shift attention to different relevant aspects of the visual display parts because the manipulation raises perceptual saliency of different aspects (Fischer, Lowe, & Schwan, 2008). The effect we reported could thus be the result of differential focus on relevant aspects of the visual display between both speed conditions. Indeed, eye movement studies have shown that looking behavior in dynamic scene viewing shows two distinct phases. That is, an ambient style for initial explorative looking and a focal style for subsequent, more detailed scrutiny (Eisenberg & Zacks, 2016). Thus, follow-up studies are needed to further investigate the underlying mechanisms of the slow-motion effect. Not only eye-movement registration, but also verbal reports, spatial occlusion paradigms, and manipulations to equate presentation duration for both speed conditions are viable methodologies to disentangle and

explain the effect of video speed on referees' decisions. Moreover, future studies could manipulate presentation speed of the different segments within a clip (before and after the foul) independently to know whether slow motion affects the cause (pre-contact) and effect (post-contact) of the foul in a similar way.

Our findings on the biasing potential of slow-motion replays are relevant in light of current evolutions and innovations within team sports in general and association football in particular. Fans, sport commentators, the media, and (video assistant) referees more and more make use of technology and they only see videos and replays in slow motion. Despite the fact that referees on the field of play have to decide in real time, these slow-motion replays are adopted as objective representations of the foul-play situations. However, our results demonstrate that it is important to take the biasing potential that results from the artificial distortion of temporal dynamics into account when assessing foul play situations. Slow motion can make the offence look more pre-meditated than it actually was and can, for example, change the disciplinary sanction from a yellow card into a red card.

Slow motion can therefore not be seen as a valid basis of comparison and we recommend to only use real-time footage for judging the amount of risk for the opponent's safety involved and the perceived impact/intent of a tackle. Reminding people that they are watching a slow-motion situation might not be sufficient since previous research has shown that even when people are aware that there is an incidental influencing factor (e.g. slow motion), they often do not correct sufficiently (Epley, Keysar, Van Boven, & Gilovich, 2004; Gilbert, 1989).

In this study, an expert panel of ex-referees determined the reference decisions for the situations. Both modes (real time and slow motion) were available to determine the reference decisions and we were not able to verify whether the expert panel based their reference decisions more on the slow motion rather than on the real-time presentation mode. A potential alternative interpretation of our results could thus be that the influence of slow motion on referee decisions reflects that they converge towards the expert panel decisions. We see two arguments that counter this alternative interpretation. First, it has been shown that showing an action at both regular and slow-motion speed is effective in reducing the possible biasing influence of slow motion (Caruso et al., 2016). Second, such an account would predict that the referee decisions would converge towards the reference decisions in the slow-motion condition which was arguably not the case (as depicted in Fig. 2). Future research could focus on the extent to which video speed influences the determination of the reference decisions by the expert panel. Furthermore, it would be interesting to examine the impact of several other potentially modulating variables, such as the number, the order, the duration, and the viewing angle of replays on the assessment of foul-play situations. In line with the findings of Caruso et al. (2016), we predict that the difference between slow and regular speed remains over multiple viewings of the same foul incident. On the other hand, the difference between slow motion and real time could decrease over multiple viewings of the same foul play (as referees might pick up on information after multiple viewings at regular speed that they had originally missed), but the bias could instead also get more pronounced the more often referees viewed the foul. A better insight in these aspects is definitely of interest for many people involved in modern football.

In the context of football refereeing, the distinction between perception and judgment has important implications for the nature of the errors they are making and for how to learn to correct them. For instance, with respect to offside judgment, the perceptual nature of the flag errors (unnecessarily signaling offside because the most advanced offender is perceived as being ahead of his actual position) has given rise to training programs where assistant referees are taught to cognitively compensate for their perceptual mistakes (e.g. Catteeuw, Gilis, Wagemans, & Helsen, 2010; Put, Wagemans, Spitz, Williams, & Helsen, 2015). A similar training program appears to be needed for those who watch fouls in slow motion, when it comes to making a judgment of the severity of the tackle and the required sanction (yellow versus red card).

## Conclusions

In this study, we explored whether it is justifiable to analyze and compare the in-game decision of the referee with decisions based on a complete different viewing mode, i.e. at slow-motion video speed. For certain types of situations and decisions, slow-motion video can be a helpful tool and be of value to increase decisional accuracy. By slowing down an image, it might become clear who initiated a foul, whether there actually was contact and whether a foul occurred either inside or outside the penalty area. However, judging human behavior and human emotion, such as intentionality, is quite another story. Based on our results we conclude that slow motion has an impact and can make the difference between perceiving an action as careless (no card), reckless (yellow card), or with excessive force (red card). Therefore, caution is warranted before adopting video technology and clear guidelines should be defined (Collins, 2010; Royce, 2012). Our findings have significant implications for the current debate over the introduction of technology and for setting guidelines regarding the use of slow motion in the decision-making process.

## References

1. Bar-Eli, M., Plessner, H., & Raab, M. (2011). *Judgement, decision making and success in sport*. Oxford: Wiley-Blackwell.

[Google Scholar](#)

- Barr, D. J., Levy, R., Scheepers, C., & Tily, H. J. (2013). Random effects structure for confirmatory hypothesis testing: Keep it maximal. *Journal of Memory and Language*, 68(3), 255–278  
<https://doi.org/10.1016/j.jml.2012.11.001>.

[Article](#) [Google Scholar](#)

- Buehner, M. J., & Humphreys, G. R. (2009). Causal binding of actions to their effects. *Psychological Science*, 20(10), 1221–1228 <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2009.02435.x>.

[Article](#) [PubMed](#) [Google Scholar](#)

- Buehner, M. J., & Humphreys, G. R. (2010). Causal contraction: Spatial binding in the perception of collision events. *Psychological Science*, 21(1), 44–48 <https://doi.org/10.1177/0956797609354735>.

[Article](#) [PubMed](#) [Google Scholar](#)

- Caruso, E. M., Burns, Z. C., & Converse, B. A. (2016). Slow motion increases perceived intent. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 113(33), 9250–9255  
<https://doi.org/10.1073/pnas.1603865113>.

[Article](#) [PubMed](#) [PubMed Central](#) [Google Scholar](#)

- Catteeuw, P., Gilis, B., Wagemans, J., & Helsen, W. F. (2010). Perceptual-cognitive skills in offside decision making: Expertise and training effects. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 32, 845–861  
<https://doi.org/10.1123/jsep.32.6.828>.

[Article](#) [PubMed](#) [Google Scholar](#)

- Christensen, R. H. B. (2015). Ordinal - Regression Models for Ordinal Data (Version R package version 2015.6–28). Retrieved from <https://cran.r-project.org/web/packages/ordinal/index.html>.
- Collins, H. M. (2010). The philosophy of umpiring and the introduction of decision-aid technology. *Journal of the Philosophy of Sport*, 37(2), 135–146 <https://doi.org/10.1080/00948705.2010.9714772>.

[Article](#) [Google Scholar](#)

- Eagleman, D. M. (2008). Human time perception and its illusions. *Current Opinion in Neurobiology*, 18(2), 131–136 <https://doi.org/10.1016/j.conb.2008.06.002>.

[Article](#) [PubMed](#) [PubMed Central](#) [Google Scholar](#)

- Eisenberg, M. L., & Zacks, J. M. (2016). Ambient and focal visual processing of naturalistic activity. *Journal of Vision*, 16(2), 5. <https://doi.org/10.1167/16.2.5>.

[Article](#) [PubMed](#) [Google Scholar](#)

- Epley, N., Keysar, B., Van Boven, L., & Gilovich, T. (2004). Perspective taking as egocentric anchoring and adjustment. *Journal of Personality and Social Psychology*, 87(3), 327–339 <https://doi.org/10.1037/0022-3514.87.3.327>.

[Article](#) [PubMed](#) [Google Scholar](#)

- Fédération Internationale de Football Association (2016). *Laws of the Game*. Zürich: FIFA.

[Google Scholar](#)

- Fischer, S., Lowe, R. K., & Schwan, S. (2008). Effects of presentation speed of a dynamic visualization on the understanding of a mechanical system. *Applied Cognitive Psychology*, 22(8), 1126–1141.  
<https://doi.org/10.1002/acp.1426>.

[Article](#) [Google Scholar](#)

- Gilbert, D. T. (1989). Thinking lightly about others: Automatic components of the social inference process. In J. S. Uleman, & J. A. Bargh (Eds.), *Unintended thought*. New York: Guilford Press.

[Google Scholar](#)

15. Gilis, B., Helsen, W. F., Catteeuw, P., Van Roie, E., & Wagemans, J. (2009). Interpretation and application of the offside law by expert assistant referees: Perception of spatial positions in complex dynamic events on and off the field. *Journal of Sports Sciences*, 27(6), 551–563 <https://doi.org/10.1080/02640410802702178>.

[Article](#) [PubMed](#) [Google Scholar](#)

16. Gilis, B., Weston, M., Helsen, W. F., Junge, A., & Dvorak, J. (2006). Interpretation and application of the Laws of the Game in football incidents leading to player injuries. *International Journal of Sport Psychology*, 37(2–3), 121–138.

[Google Scholar](#)

17. Heider, F., & Simmel, M. (1944). An experimental study of apparent behavior. *American Journal of Psychology*, 57, 243–259. <https://doi.org/10.2307/1416950>.

[Article](#) [Google Scholar](#)

18. Helsen, W. F., & Bultynck, J.-B. (2004). Physical and perceptual-cognitive demands of top-class refereeing in association football. *Journal of Sports Sciences*, 22(2), 179–189 <https://doi.org/10.1080/02640410310001641502>.

[Article](#) [PubMed](#) [Google Scholar](#)

19. Hettinger, L. J., & Haas, M. W. (Eds.) (2003). *Virtual and adaptive environments: Applications, implications, and human performance issues*. Mahwah: CRC Press.

[Google Scholar](#)

20. Lorains, M., Ball, K., & MacMahon, C. (2013a). Expertise differences in a video decision-making task: Speed influences on performance. *Psychology of Sport and Exercise*, 14(2), 293–297 <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2012.11.004>.

[Article](#) [Google Scholar](#)

21. Lorains, M., Ball, K., & MacMahon, C. (2013b). An above real time training intervention for sport decision making. *Psychology of Sport and Exercise*, 14(5), 670–674 <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2013.05.005>.

[Article](#) [Google Scholar](#)

22. MacMahon, C., Mascarenhas, D. R. D., Plessner, H., Pizzera, A., Oudejans, R., & Raab, M. (2014). *Sports officials and officiating: Science and practice*. New York: Routledge.

[Google Scholar](#)

23. Mascarenhas, D. R. D., Button, C., O'Hare, D., & Dicks, M. (2009). Physical performance and decision making in association football referees: A naturalistic study. *The Open Sports Sciences Journal*, 2(1), 1–9 <https://doi.org/10.2174/1875399X00902010001>.

[Article](#) [Google Scholar](#)

24. Michotte, A. (1954). *La perception de la causalité* (2<sup>nd</sup> éd.). [The perception of causality (2<sup>nd</sup> ed.)]. Louvain: Études de Psychologie.

25. Michotte, A. (1963). *The perception of causality*. (T.R. Miles & E. Miles, Trans.). London: Methuen. (English translation of Michotte, 1954).

[Google Scholar](#)

26. Put, K., Wagemans, J., Pizzera, A., Williams, A. M., Spitz, J., Savelsbergh, G. J. P., & Helsen, W. F. (2016). Faster, slower or real time? Perceptual-cognitive skills training with variable video speeds. *Psychology of Sport and Exercise*, 25, 27–35 <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2016.03.007>.

[Article](#) [Google Scholar](#)

27. Put, K., Wagemans, J., Spitz, J., Williams, A. M., & Helsen, W. F. (2015). Using web-based training to enhance perceptual-cognitive skills in complex dynamic offside events. *Journal of Sports Sciences*, 34, 181–189. <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1045926>.  
[Article](#) [PubMed](#) [Google Scholar](#)
28. Richmond, L. L., & Zacks, J. M. (2017). Constructing experience: Event models from perception to action. *Trends in Cognitive Science*, 21(12), 962–980 <https://doi.org/10.1016/j.tics.2017.08.005>.  
[Article](#) [Google Scholar](#)
29. Royce, R. (2012). Refereeing and technology: Reflections on Collins’ proposals. *Journal of the Philosophy of Sport*, 39(1), 53–64 <https://doi.org/10.1080/00948705.2012.675066>.  
[Article](#) [Google Scholar](#)
30. Spitz, J., Put, K., Wagemans, J., Williams, M. A., & Helsen, W. F. (2017). Does slow motion impact on the perception of foul play in football? *European Journal of Sport Science*, 17(6), 748–756. <https://doi.org/10.1080/17461391.2017.1304580>.  
[Article](#) [PubMed](#) [Google Scholar](#)
31. Stoffregen, T. A., Pagulayan, R., Smart, L. J., & Bardy, B. G. (2003). On the nature and evaluation of fidelity in virtual environments. In L. J. Hettinger, & M. W. Haas (Eds.), *Virtual and adaptive environments: Applications, implications, and human performance issues*, (pp. 111–128). Mahwah: CRC Press.  
[Google Scholar](#)
32. Wagemans, J., van Lier, R., & Scholl, B. J. (2006). Introduction to Michotte’s heritage in perception and cognition research. *Acta Psychologica*, 123, 1–19 <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2006.06.003>.  
[Article](#) [PubMed](#) [Google Scholar](#)
33. Wickham, H. (2009). *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. New York: Springer-Verlag.  
[Google Scholar](#)
34. Wickham, H. (2017). tidyverse: Easily Install and Load “Tidyverse” Packages (Version R package version 1.1.1). Retrieved from <https://CRAN.R-project.org/package=tidyverse>  
[Google Scholar](#)

[Download references](#) ↓

## Acknowledgements

The authors are very grateful to the UEFA and its Refereeing Services Unit for their cooperation and financial support in this research project.

## Funding

This work was supported by Union des Associations Européennes de Football.

## Availability of data and materials

The dataset supporting the conclusions of this article is available in the “Slow-motion study” repository at the following link: <https://osf.io/huprz>.

## Author information

### Author notes

1. Jochim Spitz and Pieter Moors contributed equally to this work.

## Affiliations

1. Department of Movement Sciences, Laboratory of Perception and Performance, Movement Control and Neuroplasticity Research Group, University of Leuven (KU Leuven), Tervuursevest 101, (box 1501), B – 3001, Leuven, Belgium

Jochim Spitz & Werner F. Helsen

2. Department of Brain & Cognition, Laboratory of Experimental Psychology, University of Leuven (KU Leuven), Tiensestraat 102, (box 3711), B – 3000, Leuven, Belgium

Pieter Moors & Johan Wagemans

## Authors

1. Jochim Spitz

[View author publications](#)

You can also search for this author in [PubMed](#) [Google Scholar](#)

2. Pieter Moors

[View author publications](#)

You can also search for this author in [PubMed](#) [Google Scholar](#)

3. Johan Wagemans

[View author publications](#)

You can also search for this author in [PubMed](#) [Google Scholar](#)

4. Werner F. Helsen

[View author publications](#)

You can also search for this author in [PubMed](#) [Google Scholar](#)

## Contributions

JS and PM were involved in all aspects of the research. JW and WFH helped designing the study, analyzed and interpreted data, and provided critical feedback on the manuscript. All authors read and approved the final manuscript.

## Corresponding author

Correspondence to [Jochim Spitz](#).

## Ethics declarations

### Ethics approval and consent to participate

Participants provided informed consent and the study was approved by the social and societal ethics committee (SMEC) of KU Leuven (G-2015 04 218).

### Competing interests

UEFA funded the research. The funder had no role in study design, data collection and analysis, decision to publish, or preparation of the manuscript. The authors declare no other competing interests.

### Publisher's Note

Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

## Rights and permissions

**Open Access** This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license, and indicate if changes were made.

[Reprints and Permissions](#)

## About this article



Check for updates

### Cite this article

Spitz, J., Moors, P., Wagemans, J. *et al.* Der Einfluss der Videogeschwindigkeit auf den Entscheidungsprozess von Sportbeamten. *Cogn. Research* 3, 16 (2018). <https://doi.org/10.1186/s41235-018-0105-8>

[Zitat herunterladen](#) ↓

- Empfangen: 31. März 2017
- Akzeptiert: 30. April 2018
- Veröffentlicht: 11. Juni 2018
- DOI: <https://doi.org/10.1186/s41235-018-0105-8>

### Teile diesen Artikel

Jeder, mit dem Sie den folgenden Link teilen, kann diesen Inhalt lesen:

Holen Sie sich einen gemeinsam nutzbaren Link

Sorry, a shareable link is not currently available for this article.

Copy to clipboard

Bereitgestellt von der Springer Nature SharedIt-Initiative zum Teilen von Inhalten

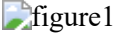
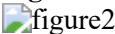
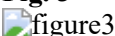
### Schlüsselwörter

- Entscheidung fällen
- Visuelle Wahrnehmung
- Bewegungswahrnehmung
- Zeitlupe
- Fußballverband

[PDF Herunterladen](#) ↓

- [Abschnitte](#)
- [Zahlen](#)
- [Verweise](#)
- [Abstrakt](#)
- [Bedeutung](#)
- [Hintergrund](#)
- [Methoden](#)
- [Ergebnisse](#)
- [Diskussion](#)

- [Schlussfolgerungen](#)
- [Verweise](#)
- [Danksagung](#)
- [Informationen zum Autor](#)
- [Ethik-Erklärungen](#)
- [Rechte und Berechtigungen](#)
- [Über diesen Artikel](#)

- **Fig. 1**  

  
[View in articleFull size image](#) >
- **Fig. 2**  

  
[View in articleFull size image](#) >
- **Fig. 3**  

  
[View in articleFull size image](#) >

1. Bar-Eli, M., Plessner, H., & Raab, M. (2011). *Judgement, decision making and success in sport*. Oxford: Wiley-Blackwell.

[Google Scholar](#)

2. Barr, D. J., Levy, R., Scheepers, C., & Tily, H. J. (2013). Random effects structure for confirmatory hypothesis testing: Keep it maximal. *Journal of Memory and Language*, 68(3), 255–278  
<https://doi.org/10.1016/j.jml.2012.11.001>.

[Article](#) [Google Scholar](#)

3. Buehner, M. J., & Humphreys, G. R. (2009). Causal binding of actions to their effects. *Psychological Science*, 20(10), 1221–1228 <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2009.02435.x>.

[Article](#) [PubMed](#) [Google Scholar](#)

4. Buehner, M. J., & Humphreys, G. R. (2010). Causal contraction: Spatial binding in the perception of collision events. *Psychological Science*, 21(1), 44–48 <https://doi.org/10.1177/0956797609354735>.

[Article](#) [PubMed](#) [Google Scholar](#)

5. Caruso, E. M., Burns, Z. C., & Converse, B. A. (2016). Slow motion increases perceived intent. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 113(33), 9250–9255  
<https://doi.org/10.1073/pnas.1603865113>.

[Article](#) [PubMed](#) [PubMed Central](#) [Google Scholar](#)

6. Catteuw, P., Gilis, B., Wagemans, J., & Helsen, W. F. (2010). Perceptual-cognitive skills in offside decision making: Expertise and training effects. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 32, 845–861  
<https://doi.org/10.1123/jsep.32.6.828>.

[Article](#) [PubMed](#) [Google Scholar](#)

7. Christensen, R. H. B. (2015). Ordinal - Regression Models for Ordinal Data (Version R package version 2015.6–28). Retrieved from <https://cran.r-project.org/web/packages/ordinal/index.html>.

8. Collins, H. M. (2010). The philosophy of umpiring and the introduction of decision-aid technology. *Journal of the Philosophy of Sport*, 37(2), 135–146 <https://doi.org/10.1080/00948705.2010.9714772>.

[Article](#) [Google Scholar](#)



9. Eagleman, D. M. (2008). Human time perception and its illusions. *Current Opinion in Neurobiology*, 18(2), 131–136 <https://doi.org/10.1016/j.conb.2008.06.002>.  
[Article PubMed](#) [PubMed Central](#) [Google Scholar](#)
10. Eisenberg, M. L., & Zacks, J. M. (2016). Ambient and focal visual processing of naturalistic activity. *Journal of Vision*, 16(2), 5. <https://doi.org/10.1167/16.2.5>.  
[Article PubMed](#) [Google Scholar](#)
11. Epley, N., Keysar, B., Van Boven, L., & Gilovich, T. (2004). Perspective taking as egocentric anchoring and adjustment. *Journal of Personality and Social Psychology*, 87(3), 327–339 <https://doi.org/10.1037/0022-3514.87.3.327>.  
[Article PubMed](#) [Google Scholar](#)
12. Fédération Internationale de Football Association (2016). *Laws of the Game*. Zürich: FIFA.  
[Google Scholar](#)
13. Fischer, S., Lowe, R. K., & Schwan, S. (2008). Effects of presentation speed of a dynamic visualization on the understanding of a mechanical system. *Applied Cognitive Psychology*, 22(8), 1126–1141. <https://doi.org/10.1002/acp.1426>.  
[Article](#) [Google Scholar](#)
14. Gilbert, D. T. (1989). Thinking lightly about others: Automatic components of the social inference process. In J. S. Uleman, & J. A. Bargh (Eds.), *Unintended thought*. New York: Guilford Press.  
[Google Scholar](#)
15. Gilis, B., Helsen, W. F., Catteeuw, P., Van Roie, E., & Wagemans, J. (2009). Interpretation and application of the offside law by expert assistant referees: Perception of spatial positions in complex dynamic events on and off the field. *Journal of Sports Sciences*, 27(6), 551–563 <https://doi.org/10.1080/02640410802702178>.  
[Article PubMed](#) [Google Scholar](#)
16. Gilis, B., Weston, M., Helsen, W. F., Junge, A., & Dvorak, J. (2006). Interpretation and application of the Laws of the Game in football incidents leading to player injuries. *International Journal of Sport Psychology*, 37(2–3), 121–138.  
[Google Scholar](#)
17. Heider, F., & Simmel, M. (1944). An experimental study of apparent behavior. *American Journal of Psychology*, 57, 243–259. <https://doi.org/10.2307/1416950>.  
[Article](#) [Google Scholar](#)
18. Helsen, W. F., & Bultynck, J.-B. (2004). Physical and perceptual-cognitive demands of top-class refereeing in association football. *Journal of Sports Sciences*, 22(2), 179–189 <https://doi.org/10.1080/02640410310001641502>.  
[Article PubMed](#) [Google Scholar](#)
19. Hettinger, L. J., & Haas, M. W. (Eds.) (2003). *Virtual and adaptive environments: Applications, implications, and human performance issues*. Mahwah: CRC Press.  
[Google Scholar](#)
20. Lorains, M., Ball, K., & MacMahon, C. (2013a). Expertise differences in a video decision-making task: Speed influences on performance. *Psychology of Sport and Exercise*, 14(2), 293–297 <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2012.11.004>.  
[Article](#) [Google Scholar](#)
21. Lorains, M., Ball, K., & MacMahon, C. (2013b). An above real time training intervention for sport decision making. *Psychology of Sport and Exercise*, 14(5), 670–674 <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2013.05.005>.

[Article Google Scholar](#)

22. MacMahon, C., Mascarenhas, D. R. D., Plessner, H., Pizzera, A., Oudejans, R., & Raab, M. (2014). *Sports officials and officiating: Science and practice*. New York: Routledge.

[Google Scholar](#)

23. Mascarenhas, D. R. D., Button, C., O'Hare, D., & Dicks, M. (2009). Physical performance and decision making in association football referees: A naturalistic study. *The Open Sports Sciences Journal*, 2(1), 1–9  
<https://doi.org/10.2174/1875399X00902010001>.

[Article Google Scholar](#)

24. Michotte, A. (1954). *La perception de la causalité (2<sup>nd</sup> éd.)*. [The perception of causality (2<sup>nd</sup> ed.)]. Louvain: Études de Psychologie.
25. Michotte, A. (1963). *The perception of causality*. (T.R. Miles & E. Miles, Trans.). London: Methuen. (English translation of Michotte, 1954).

[Google Scholar](#)

26. Put, K., Wagemans, J., Pizzera, A., Williams, A. M., Spitz, J., Savelsbergh, G. J. P., & Helsen, W. F. (2016). Faster, slower or real time? Perceptual-cognitive skills training with variable video speeds. *Psychology of Sport and Exercise*, 25, 27–35 <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2016.03.007>.

[Article Google Scholar](#)

27. Put, K., Wagemans, J., Spitz, J., Williams, A. M., & Helsen, W. F. (2015). Using web-based training to enhance perceptual-cognitive skills in complex dynamic offside events. *Journal of Sports Sciences*, 34, 181–189.  
<https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1045926>.

[Article PubMed](#) [Google Scholar](#)

28. Richmond, L. L., & Zacks, J. M. (2017). Constructing experience: Event models from perception to action. *Trends in Cognitive Science*, 21(12), 962–980 <https://doi.org/10.1016/j.tics.2017.08.005>.

[Article Google Scholar](#)

29. Royce, R. (2012). Refereeing and technology: Reflections on Collins' proposals. *Journal of the Philosophy of Sport*, 39(1), 53–64 <https://doi.org/10.1080/00948705.2012.675066>.

[Article Google Scholar](#)

30. Spitz, J., Put, K., Wagemans, J., Williams, M. A., & Helsen, W. F. (2017). Does slow motion impact on the perception of foul play in football? *European Journal of Sport Science*, 17(6), 748–756.  
<https://doi.org/10.1080/17461391.2017.1304580>.

[Article PubMed](#) [Google Scholar](#)

31. Stoffregen, T. A., Pagulayan, R., Smart, L. J., & Bardy, B. G. (2003). On the nature and evaluation of fidelity in virtual environments. In L. J. Hettinger, & M. W. Haas (Eds.), *Virtual and adaptive environments: Applications, implications, and human performance issues*, (pp. 111–128). Mahwah: CRC Press.

[Google Scholar](#)

32. Wagemans, J., van Lier, R., & Scholl, B. J. (2006). Introduction to Michotte's heritage in perception and cognition research. *Acta Psychologica*, 123, 1–19 <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2006.06.003>.

[Article PubMed](#) [Google Scholar](#)

33. Wickham, H. (2009). *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. New York: Springer-Verlag.



[Google Scholar](#)

34. Wickham, H. (2017). tidyverse: Easily Install and Load "Tidyverse" Packages (Version R package version 1.1.1). Retrieved from <https://CRAN.R-project.org/package=tidyverse>

[Google Scholar](#)

- [Support und Kontakt](#)
- [Arbeitsplätze](#)
- [Sprachbearbeitung für Autoren](#)
- [Wissenschaftliche Bearbeitung für Autoren](#)
- [Hinterlasse Kommentar](#)
  
- [Geschäftsbedingungen](#)
- [Datenschutzerklärung](#)
- [Barrierefreiheit](#)
- [Kekse](#)

## Folgen Sie SpringerOpen

- [SpringerOpen Twitter Seite](#) 
- [SpringerOpen Facebook-Seite](#) 

Durch die Nutzung dieser Website stimmen Sie unseren [Allgemeinen Geschäftsbedingungen](#), der [Datenschutzerklärung von Kalifornien](#), der [Datenschutzerklärung](#) und den [Cookie-Richtlinien](#) zu. [Cookies verwalten / Verkaufe meine Daten nicht, die](#) wir im Präferenzcenter verwenden.

## SPRINGER NATURE

© 2020 BioMed Central Ltd, sofern nicht anders angegeben. Ein Teil der [Springer Natur](#).

## Jochim Spitz

[View ORCID ID profile](#)

- Jochim Spitz and Pieter Moors contributed equally to this work.
- Department of Movement Sciences, Laboratory of Perception and Performance, Movement Control and Neuroplasticity Research Group, University of Leuven (KU Leuven), Tervuursevest 101, (box 1501), B – 3001, Leuven, Belgium
- [Contact Jochim Spitz](#)

[View author publications](#)

You can also search for this author in [PubMed](#) [Google Scholar](#)

Close

## Pieter Moors

- Jochim Spitz and Pieter Moors contributed equally to this work.
- Department of Brain & Cognition, Laboratory of Experimental Psychology, University of Leuven (KU Leuven), Tiensestraat 102, (box 3711), B – 3000, Leuven, Belgium

[View author publications](#)

You can also search for this author in [PubMed](#) [Google Scholar](#)

Close

## **Johan Wagemans**

- Department of Brain & Cognition, Laboratory of Experimental Psychology, University of Leuven (KU Leuven), Tiensestraat 102, (box 3711), B – 3000, Leuven, Belgium

[View author publications](#)

You can also search for this author in [PubMed](#) [Google Scholar](#)

Close

## **Werner F. Helsen**

- Department of Movement Sciences, Laboratory of Perception and Performance, Movement Control and Neuroplasticity Research Group, University of Leuven (KU Leuven), Tervuursevest 101, (box 1501), B – 3001, Leuven, Belgium

[View author publications](#)

You can also search for this author in [PubMed](#) [Google Scholar](#)

Close