

# MASTERARBEIT | MASTER'S THESIS

Titel | Title

Untersuchung der Flexibilität der proaktiven (top-down)  
Unterdrückung bei negativen visuellen Suchaufgaben

verfasst von | submitted by

Christina Simone Gabriele Beer BSc

angestrebter akademischer Grad | in partial fulfilment of the requirements for the degree of  
Master of Science (MSc)

Wien | Vienna, 2025

Studienkennzahl lt. Studienblatt | Degree  
programme code as it appears on the  
student record sheet:

UA 066 840

Studienrichtung lt. Studienblatt | Degree  
programme as it appears on the student  
record sheet:

Masterstudium Psychologie

Betreut von | Supervisor:

Univ.-Prof. Dr. Ulrich Ansorge



## **Danksagung**

Zuallererst möchte ich Univ.-Prof. Dr. Ulrich Ansorge für die Gelegenheit danken, sein Masterseminar zu besuchen und meine Masterarbeit mit ihm als Betreuer zu schreiben, was seit Beginn meines Studiums mein Ziel war. Sein produktives Feedback, seine wertvollen Tipps und seine Begeisterung für sein Forschungsgebiet haben mir geholfen, mich stetig weiterzuentwickeln, zu lernen und zu wachsen. Es war mir eine Ehre, meine Masterarbeit unter seiner Anleitung zu verfassen.

Ein riesiger Dank gilt auch Marlene Forstinger, die mich immer wieder unterstützt hat, wenn ich es gebraucht habe und mir in vielen Punkten die Augen geöffnet hat. Ihre Ratschläge und ihre Unterstützung waren für mich von großem Wert und haben mich durch schwierige Phasen getragen.

Ein herzliches Dankeschön geht auch an meine Familie, die mich jahrelang bedingungslos unterstützt hat. Ihre Liebe und ihr Glaube an mich haben mir die Kraft gegeben, meinen Weg zu gehen. Es geht ein besonderes Dankeschön von ganzem Herzen an meinen Opa, ohne den ich heute nicht wäre, wo ich bin. Er ist mein großes Vorbild und meine Motivation und ich werde ihn auf meinem Weg immer im Herzen tragen.

Außerdem möchte ich meinem Partner danken, der mir Selbstvertrauen schenkt und mich dazu ermutigt, nicht aufzugeben und über mich selbst hinauszuwachsen. Seine Liebe und Unterstützung bedeuten mir mehr, als ich in Worte fassen kann.

Und nicht zuletzt danke ich mir selbst dafür, dass ich niemals aufgegeben habe. Diese Reise war voller Herausforderungen, aber ich bin stolz darauf, dass ich standhaft geblieben bin.

Christina Beer, April 2024

**Untersuchung der Flexibilität der proaktiven (top-down)  
Unterdrückung bei negativen visuellen Suchaufgaben**

Christina Beer

Universität Wien

Matrikelnummer: 01645003

## Abstract

In der vorliegenden Arbeit wird untersucht, ob Merkmale, die als negatives Suchkriterium verwendet werden, auch dann zielgerichtet unterdrückt werden können, wenn dieselben Merkmale zufällig abwechselnd auch als positives Suchkriterium verwendet werden müssen. Die Fragestellung bezieht sich auf die Flexibilität von zielgerichteter Aufmerksamkeitslenkung durch Unterdrückung und Aufmerksamkeitserfassung. In einem Experiment wurde getestet, ob dasselbe aufgabenrelevante Merkmal durch Lenkung der Aufmerksamkeit flexibel beachtet oder unterdrückt werden kann, je nach seiner aktuellen Bedeutung während einer visuellen Suche. Dazu wurden positive und negative Suchaufgaben verwendet. In der positiven Such-Bedingung musste der Zielreiz unter irrelevanten Distraktoren anhand von Merkmalen gesucht werden, die nur im Zielreiz realisiert wurden (z. B. die Suche nach roten Zielreizen). In der negativen Such-Bedingung musste der Zielreiz unter irrelevanten Distraktoren anhand eines negativen Suchkriteriums gefunden werden (das am Zielreiz fehlte, z. B. die Suche nach nicht-roten Zielreizen). Die positive Such-Bedingung erfordert also die Beachtung desselben Merkmals (der Farbe Rot), das in der negativen Such-Bedingung unterdrückt werden musste, um den Zielreiz zu finden. In beiden Such-Bedingungen wurden vor dem Zielreiz-Bildschirm eine Hinweisreiz-Anzeige gezeigt. Diese waren auf dem Bildschirm entweder an derselben Stelle wie der Zielreiz oder an einer anderen Stelle platziert. Sie waren entweder rot (relevantes Hinweisreizmerkmal) oder blau (nicht-relevantes Hinweisreizmerkmal). Die passenden Hinweisreize waren mit demselben Merkmal (der Farbe Rot) ausgestattet, das in beiden Suchaufgaben verwendet wurde, um das Ziel zu finden. In der positiven Suchaufgabe waren die roten Hinweisreize passend zum positiven Suchkriterium, in der negativen Suchaufgabe waren sie passend zum negativen Suchkriterium. Es wurde in der positiven Suchaufgabe ein signifikanter Validitätseffekt für rote Hinweisreize gefunden. Die Versuchspersonen konnten in dieser Bedingung schneller antworten, wenn der Durchgang valide war, also sich der Hinweisreiz an derselben Position wie die rote horizontale Linie befand. In der negativen Suchaufgabe wurde für rote Hinweisreize ein inverser Validitätseffekt gefunden. Die Versuchspersonen antworteten langsamer, wenn der Durchgang valide war, also sich der Hinweisreiz und die nicht-rote horizontale Linie an derselben Position befanden. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Versuchspersonen in der Lage waren die Aufmerksamkeit auf die ausgeschlossene Farbe (Rot) zielgerichtet zu unterdrücken. Außerdem, dass je nach funktioneller Bedeutung eines aufgabenrelevanten Merkmals bei der visuellen Suche flexibel Unterdrückung oder Aufmerksamkeitserfassung ausgelöst wurde.

## Inhaltsverzeichnis

|                                               |           |
|-----------------------------------------------|-----------|
| <b>Einleitung .....</b>                       | <b>7</b>  |
| <b>Theoretischer Hintergrund .....</b>        | <b>8</b>  |
| <b>Methoden .....</b>                         | <b>14</b> |
| Versuchsablauf .....                          | 15        |
| Stichprobe und Versuchsbedingungen .....      | 16        |
| Messinstrumente und Datenanalyse.....         | 17        |
| <b>Ergebnisse .....</b>                       | <b>19</b> |
| Reaktionszeitbasierte Validitätseffekte ..... | 19        |
| Genauigkeitsbasierte Validitätseffekte .....  | 22        |
| <b>Diskussion .....</b>                       | <b>23</b> |
| Ergebnisinterpretation .....                  | 23        |
| Allgemeine Diskussion.....                    | 25        |
| <b>Schlussfolgerung.....</b>                  | <b>32</b> |
| <b>Appendix.....</b>                          | <b>33</b> |
| Literaturverzeichnis .....                    | 33        |
| Abbildungen .....                             | 41        |
| Zusammenfassung .....                         | 45        |
| Abstract .....                                | 46        |

## Einleitung

Gezielt bestimmte Merkmale eines Objektes zu beachten, kann uns in vielen alltäglichen Fällen bei der Suche nach einem Gegenstand oder anderem helfen, beispielsweise, wenn man sein Auto auf einem überfüllten Parkplatz sucht und sich auf Merkmale wie Farbe, oder Größe konzentriert. Manchmal ist es jedoch auch hilfreich, bei der Suche bestimmte Merkmale auszuschließen. Stellen wir uns einmal vor, wir wollen ein neues Auto kaufen. Unser letztes Auto war weiß, ständig mussten wir es waschen. Deshalb suchen wir gezielt nach einem Auto, das nicht weiß ist. Beim Händler stehen viele Autos auf einem Parkplatz, einige sind weiß. Beim Scannen der verfügbaren Optionen schließen wir also gezielt alle weißen Autos aus unserer Aufmerksamkeit aus. Die Unterdrückung des Merkmals „weiß“ hilft uns in diesem Fall, schneller nach dem richtigen Ziel zu suchen. Diese Art von Suche, bei der ein Zielreiz anhand eines negativen Suchkriteriums (in diesem Fall die Farbe „weiß“) gesucht wird, wird als negative Suche bezeichnet (Ansorge & Forstinger, 2022).

Bei der Suche nach einem nicht-weißen Auto haben wir gezielt die Farbe „Weiß“ unterdrückt und uns für ein rotes Auto entschieden. Wir finden aber, dass weiße Felgen dazu sehr schicke aussehen würden. In einer nächsten Suche suchen wir also gezielt nach weißen Felgen. Die Farbe „Weiß“ soll jetzt also beachtet und nicht mehr unterdrückt werden. Dafür muss sich unser Arbeitsgedächtnis flexibel an das aktuelle Ziel der Suche anpassen können. Außerdem soll dieselbe Farbe, die zuvor unterdrückt wurde, nun beachtet werden. Wir müssen also nicht nur in der Lage sein, flexibel zwischen zwei Suchaufgabentypen zu wechseln, sondern auch zwischen der gezielten Suche nach dem Merkmal „Weiß“ und der gezielten Suche nach „nicht-Weiß“, also dasselbe Merkmal flexibel beachten und unterdrücken können, auch in sehr kurzen Zeiträumen.

Kann man zwischen Beachtung und Unterdrückung eines Merkmals je nach Art der Aufgabe flexibel wechseln? Kann auch dasselbe aufgabenrelevante Merkmal erst Aufmerksamkeitsunterdrückung und dann wieder Aufmerksamkeitsfokussierung auslösen? Wie flexibel ist dieser Wechsel? Und welche Mechanismen liegen der Flexibilität zugrunde? In der vorliegenden Arbeit soll die Flexibilität der zielgerichteten Aufmerksamkeitslenkung durch Aufmerksamkeitserfassung und Unterdrückung untersucht werden.

## Theoretischer Hintergrund

Theorien über Aufmerksamkeit und visuelle Suche erklären, dass die Aufmerksamkeit auf Objekte mit bekannten Zielmerkmalen gelenkt wird (z. B. Desimone & Duncan, 1995). Hinweisreize führen zu Repräsentationen im Arbeitsgedächtnis, die uns bei der Suche nach einem Merkmal helfen (Wolfe, 2020). Aber die Aufmerksamkeit kann auch von Objekten mit einem bestimmten (negativen) Merkmal weggelenkt werden, was wir als negative visuelle Suche bezeichnen (Arita et al., 2012). Positive und negative Hinweisreize können gleichermaßen zu Repräsentationen im Arbeitsgedächtnis führen (Rajic et al., 2020). Das visuelle Arbeitsgedächtnis ist also ebenso in der Lage, eine Repräsentation des aufgabenrelevanten (negativen) Merkmals zu erstellen. Wir können unsere Aufmerksamkeit so lenken, dass Nicht-Ziel-Merkmale unterdrückt werden, indem wir Hinweisreizmerkmale (z. B. die Farbe) verwenden können, um die Aufmerksamkeit von Nicht-Zielen während der visuellen Suche abzulenken (Arita et al., 2012).

Viele Studien haben herausgefunden, dass die Anforderung, das negative Merkmal (das unterdrückt werden soll) im visuellen Arbeitsgedächtnis zu behalten, die Aufmerksamkeit eher auf Objekte mit dem zu unterdrückenden Merkmal lenkt als von ihnen weg (z. B. Beck et al., 2018). Die Aufmerksamkeit kann aber auch so funktionieren, dass die Objekte gezielt vermieden werden, die mit dem Merkmal des nicht zu beachtenden Objektes übereinstimmen. Dadurch entstehen Vorteile bei der visuellen Suche (Arita, Carlisle & Woodman, 2012). Die Unterdrückung negativer Merkmale bei der visuellen Suche kann sowohl durch proaktive als auch durch reaktive Prozesse erfolgen (Chang et al., 2023). Proaktive Unterdrückung bezieht sich demnach auf die Vorbereitung, ein Merkmal von vornherein und willentlich zu unterdrücken, während reaktive Unterdrückung bedeutet, dass ein Merkmal erst beachtet und dann in einem zweiten Schritt unterdrückt wird, wenn es als nicht-relevant erkannt wird. Die Studien, die zu dem Ergebnis kommen, dass die Unterdrückung reaktiv erfolgt, haben gemeinsam, dass die negativen Reizmerkmale irrelevant waren. Obwohl das negative Merkmal vielleicht auch in diesen Studien bei der Aufgabe hilfreich sein kann, ist es irrelevant, da es keine notwendige Information liefert, um die Aufgabe zu lösen. Es gibt jedoch auch Evidenz dafür, dass die Aufmerksamkeitsunterdrückung bereits vor der eigentlichen Suche proaktiv vorbereitet wird und mit dem Beginn der Suche einsetzt (Huang, Donk & Theeuwes, 2023). Zum Beispiel könnten in bestimmten Kontexten, in denen die Distraktoren besonders stark, ablenkend oder komplex sind, proaktive Unterdrückungsmechanismen aktiviert werden, um die Aufmerksamkeit auf das Ziel zu fokussieren und die Störungen durch die Distraktoren zu minimieren. Diese proaktive Unterdrückung tritt in Situationen auf, in denen die Distraktoren eine hohe Relevanz oder Bedrohung für die Zielaufgabe darstellen. Negative

Merkmale werden also dann proaktiv unterdrückt, wenn sie aufgabenrelevant sind (Kerzel & Renaud (2022).

Aufmerksamkeitsunterdrückung kann auch aufgrund von wiederholten Erfahrungen mit bestimmten räumlichen Mustern oder Regelmäßigkeiten zu gelenkt werden. Wenn bestimmte Distraktoren wiederholt an bestimmten Orten auftreten, lernt das visuelle System, diese Orte zu unterdrücken. Dies führt dazu, dass die Aufmerksamkeit eher auf andere Orte gerichtet wird, die als wahrscheinlicher für das Auftreten des Ziels angesehen werden. Dadurch wird die Effizienz und Genauigkeit visueller Suchaufgaben verbessert (Huang, Donk & Theeuwes, 2023). Wenn ein Distraktor wahrscheinlicher an einem bestimmten Ort oder auf eine bestimmte Art und Weise auftritt, können wir seine Unterdrückung erlernen und ihn in Folge ohne größere Anstrengung unterdrücken (Narhi-Martinez et al., 2023). Ebenso kann nicht-aufgabenrelevantes Wahrnehmungslernen für die Unterdrückung von aufgabenirrelevanten Merkmalen verantwortlich sein. Dabei werden Merkmale, die für die Aufgabe nicht-relevant sind, aufgrund ihrer konsistenten Anwesenheit während der Aufgabenerfüllung gelernt (Seitz & Watanabe, 2009). Bestehende Forschung zeigt uns, dass implizite Prozesse wie Gewöhnung, statistisches Lernen oder Erfahrung die reaktive Unterdrückung von aufgabenirrelevanten Reizen hervorrufen können (Hauck, Ruthruff, & Lien, 2024). Andererseits, was für die folgende Arbeit von Relevanz ist, kann die Unterdrückung zielgerichtet und spontan erfolgen, ohne sie zuvor gelernt zu haben (Forstinger, Grüner & Ansorge, 2022). Zielgerichtete und gelernte Aufmerksamkeitsmechanismen beruhen jedenfalls auf getrennten Mechanismen und treten abhängig von der Art der Aufgabe auf (Addleman, & Störmer, 2022). Schwächere oder für die Aufgabe weniger relevante Reize werden eher als Folge von Lernprozessen unterdrückt, während stärkere oder für die Aufgabe relevantere Reize eher aktiv unterdrückt werden (Tsushima, Seitz & Watanabe, 2008). Die bestehenden Befunde lassen vermuten, dass aufgabenrelevante negative Reizmerkmale zu einer proaktiven, zielgerichteten Unterdrückung bei einem aufgabenrelevanten Distraktor-Merkmal führen (Forstinger, Grüner & Ansorge, 2022). Aus diesem Grund werden in der vorliegenden Studie aufgabenrelevante negative Reizmerkmale verwendet.

Während einige Theorien behaupten, dass die Aufmerksamkeit unausweichlich von auffälligen Reizen eingefangen wird, argumentieren andere, dass sie durch top-down-Mechanismen kontrolliert und reguliert werden kann. Diese Debatte hat im Laufe der Zeit verschiedene Positionen hervorgebracht, nämlich ob Aufmerksamkeit und Aufmerksamkeitsunterdrückung einerseits willentliche oder andererseits automatische Prozesse darstellen. In den frühen Diskussionen über visuelle Suche spielte dabei Neisser (1967) eine wichtige Rolle, indem er die Idee sowohl paralleler als auch serieller Suche einführte. Dabei wird die Aufmerksamkeit je nach

Art der Aufgabe als willentlicher oder automatischer Prozess betrachtet. Bei der parallelen Informationsverarbeitung werden alle Objekte gleichzeitig betrachtet, das gesuchte Objekt sticht dabei durch ein bestimmtes gesuchtes Merkmal automatisch hervor. Ein gutes Beispiel für eine parallele Suche ist die Suche nach einem roten Ball auf einem grünen Rasen. Da der rote Ball visuell so unterschiedlich ist, fällt er sofort ins Auge, und wir können ihn leicht identifizieren, ohne jeden Bereich des Rasens einzeln durchsuchen zu müssen. Im Gegensatz dazu beinhaltet die serielle Suche eine willentliche schrittweise Prüfung jedes einzelnen Elements in der Szene. Dies geschieht, wenn die zu findenden Objekte sich nicht visuell von den anderen Objekten unterscheiden oder wenn mehrere Merkmale kombiniert werden müssen, um das Ziel zu identifizieren. Es wird also nicht ein Merkmal, sondern ein ganzes Objekt identifiziert, das mehrere Merkmale aufweist. Ein Beispiel für eine serielle Suche ist das Auffinden eines bestimmten Buches in einem überfüllten Regal, in dem die Bücher alle ähnlich aussehen. Man muss jedes Buch nacheinander überprüfen, um das gesuchte zu finden. Treisman und Gelade (1980) entwickelten die Idee weiter, indem sie die Feature-Integrationstheorie (FIT) vorstellten, die zwischen paralleler und serieller Suche basierend auf der Komplexität der Zielmerkmale unterscheidet. Die Theorie erklärt, warum manche visuellen Suchaufgaben effizienter sind als andere. Eine Suche nach einem Objekt mit einem einzigartigen Merkmal (wie eine rote Linie unter andersfarbigen Linien) kann schnell und parallel durchgeführt werden. Suchaufgaben, bei denen das Zielobjekt durch eine Kombination von Merkmalen definiert ist (Merkmalskombinationssuche), erfordern eine sorgfältigere und zeitaufwändigere serielle Suche, weil jedes Objekt einzeln betrachtet werden muss. Der Zielreiz unterscheidet sich in diesem Fall von den Distraktoren nicht nur in z. B. einer Farbe von den Distraktoren, sondern in einer Kombination von z. B. Farbe und Form. Außerdem müssen die einzelnen im Zielreiz kombinierten Merkmale in Kombinationen mit anderen Merkmalen in den Distraktoren realisiert sein. Eine rote horizontale Linie zu suchen, wobei unter den Distraktoren z. B. eine rote vertikale oder eine grüne horizontale Linie sind, entspricht einer willentlichen Merkmalskombinationssuche. Wolfe et al. (1989) überarbeiteten die FIT und fügten hinzu, dass Merkmalsinformationen die (serielle) Aufmerksamkeitslenkung steuern können. Das bedeutet, dass die Aufmerksamkeit nicht nur aufgrund der physischen Präsenz eines Merkmals gelenkt wird, sondern auch aufgrund der Bedeutung dieses Merkmals für die Aufgabe. Durch die Kombination von Bottom-Up- und Top-Down-Prozessen (also automatischen und willentlichen Prozessen), wird eine visuelle Suche effizienter und die Aufmerksamkeit gezielt auf relevante Objekte gelenkt. Reize mit großer Verschiedenheit relativ zu den anderen Reizen ziehen die Aufmerksamkeit Bottom-Up-gesteuert auf sich. Durch Top-down-Einflüsse bekommen Objekte, die dem Zielreiz ähneln eine zusätzliche Aktivierungserhöhung. Treisman und Sato (1990) präsentierten den Feature-Inhibition-Ansatz als Erklärung für die flexible top-down-gesteuerte Suche. Der Feature-

Inhibition-Ansatz ist eine Erklärung dafür, wie unsere Aufmerksamkeit durch bekannte Merkmale gesteuert wird, um Ablenkungen zu minimieren. Gemäß diesem Ansatz unterdrücken wir bestimmte Merkmale, die nicht relevant für unsere aktuelle Suchaufgabe sind, um unsere Suche effizienter zu gestalten. Experimente von Egeth et al. (1984) und Zohary & Hochstein (1989) untersuchten die selektive Suche auf der Grundlage bekannter Merkmale. In ihren Experimenten fanden Egeth und seine Kollegen heraus, dass Menschen in der Lage sind, ihre Aufmerksamkeit selektiv auf bestimmte Merkmale zu richten, selbst in einem Umfeld voller ablenkender Elemente. Sie zeigten, dass die Suche nach einem spezifischen Merkmal, wie einer Farbe oder Form, oft parallel erfolgt, was bedeutet, dass das gesuchte Objekt schnell und ohne bewusste Anstrengung identifiziert wird, wenn es deutlich von seiner Umgebung abweicht. Zohary und Hochstein bauten auf der Idee der merkmalsbasierten Aufmerksamkeitslenkung auf. Ihre Forschung zeigte, dass die Suche effizienter ist, wenn die Zielelemente in einer visuellen Szene durch bestimmte Merkmale hervorgehoben werden, wie durch ihre Farbe oder Form. Sie fanden heraus, dass, sobald ein Merkmal des Ziels bekannt ist, dieses Wissen genutzt werden kann, um die Aufmerksamkeit auf mögliche Zielobjekte zu lenken und irrelevante Objekte effektiv auszublenden, was die Suche erheblich beschleunigt. Sawaki und Luck (2010) kommen zu dem Ergebnis, dass auffällige Reize automatisch und unabhängig von Top-Down-Prozessen beachtet werden, aber aktiv unterdrückt werden können, um die Erfassung der Aufmerksamkeit zu vermeiden. Gaspelin & Luck (2018) stellten schließlich eine aktualisierte Version der Theorie vor, die die bewusste Unterdrückung spezifischer Merkmale betont und die Notwendigkeit der Kenntnis dieser Merkmale für die Unterdrückung hervorhebt. Diese Version zielt darauf ab, die Unterdrückung präziser und zielgerichteter zu gestalten, indem sie sich auf bestimmte Merkmale konzentriert, anstatt eine allgemeine Unterdrückung vorzunehmen. Eine weitere Ansicht wurde erstmals von Folk et al. (1992) vorgeschlagen. Sie beschrieben den "Contingent-Capture-Effekt", der sich auf die Idee bezieht, dass die Aufmerksamkeit automatisch durch Reize gelenkt wird, die mit den aktuellen Zielen oder Aufgabenanforderungen des Betrachters zusammenhängen. Mit anderen Worten, die Erfassung der Aufmerksamkeit durch einen bestimmten Reiz ist bedingt durch die Anforderungen der Aufgabe oder die Ziele des Betrachters. Einige Folgestudien haben herausgefunden, dass Hinweisreize in derselben Farbe des Zielreizes die Aufmerksamkeit erfassen und diese daher durch visuelle Reize ausgelöst wird, die nicht bewusst wahrgenommen werden (Ansorge, Kiss & Eimer, 2009). Diese Ansicht lässt sich weder dem Standpunkt zuordnen, dass Aufmerksamkeitsunterdrückung automatisch und ungewollt stattfindet, noch, dass sie bewusst und willentlich gesteuert ist. Nach dieser Sichtweise finden wir Effekte für Hinweisreize, die wir nicht bewusst wahrnehmen, aber dennoch abhängig von unserem Suchziel, also zielgerichtet sind. Deshalb bewegt sich die Theorie innerhalb der Debatte zwischen den beiden anderen Sichtweisen.

Während frühere Studien vor allem die Suche nach Zielen anhand von positiven Reizmerkmalen untersuchten, beschäftigten sich Forscher zu einem späteren Zeitpunkt auch mit der Suche von Zielen anhand von negativen Suchkriterien. Zusammenfassend zeigen diese verschiedenen Theorien und Modelle, dass die Art und Weise, wie wir visuelle Suche durchführen, von verschiedenen Faktoren beeinflusst wird, einschließlich der Merkmale des gesuchten Objekts, unseres Vorwissens und der Art und Weise, wie unsere Aufmerksamkeit gesteuert wird.

Die vorliegende Arbeit soll einige Lücken bestehender Forschung im Zusammenhang mit Aufmerksamkeitsunterdrückung und ihrer Flexibilität schließen und Implikationen für weitergehende Forschung bieten. Vorangegangene Studien haben oft Studiendesigns verwendet, die die Unterdrückung der Hinweisreizmerkmale nicht erforderlich gemacht haben, da die Aufgabe auch ohne diese zu lösen war. Die Verringerung der Notwendigkeit, das Hinweisreizmerkmal zu unterdrücken führt dazu, dass diese Studien keinen Vorteil für die Verwendung negativer Hinweisreizmerkmale finden konnten (z. B. Berggren et al., 2020; Williams et al., 2020). Es wird angenommen, dass die wiederholte Darbietung derselben Merkmale von Distraktoren, wie in vorangegangenen Studien, allein nicht zwingend eine Unterdrückung erfordert, solange die Aufgabe theoretisch auch mit einem positiven Suchkriterium allein gelöst werden kann (Carlisle, 2022). Die Untersuchung des flexiblen Wechsels zwischen Unterdrückung und Aufmerksamkeitserfassung desselben Merkmals in folgendem Experiment unterscheidet sich außerdem von der meisten bisherigen Forschung. Kaptein et al. (1995) zeigten erstmals, dass die top-down gesteuerte visuelle Suche flexibel implementiert werden kann. In den meisten Experimenten jedoch suchten Versuchspersonen über mehrere Durchläufe hinweg nach einem Ziel, ohne dabei zwischen der Art der Aufgabe (Beachtung und Unterdrückung) zu wechseln (Wolfe et al., 2004).

Die Versuchspersonen sollen im vorliegenden Experiment visuelle Information proaktiv unterdrücken. Es werden Hinweisreize verwendet, die mit dem aktuellen Inhalt des visuellen Arbeitsgedächtnisses übereinstimmen, indem sie dasselbe Merkmal (die Farbe Rot) wie das Ziel, beziehungsweise nach Nicht-Ziel haben. Damit soll erforscht werden, wie diese Hinweisreizmerkmale die Aufmerksamkeit der Versuchspersonen lenken. Dabei sind die Validitätseffekte bedeutend. Der Validitätseffekt zeigt an, wie stark sich die Reaktionszeit oder Fehlerrate je nach der Validität des Hinweisreizes ändert. In validen Bedingungen beider Suchaufgaben befindet sich der Hinweisreiz an derselben Position wie der Zielreiz. Der Hinweisreiz mit dem aufgabenrelevanten Merkmal in der positiven Suchbedingung sollte in validen Bedingungen eine nützliche Information für die aktuelle Aufgabe liefern, während er in nicht-validen Bedingungen keine hilfreiche Information darstellen sollte. In der negativen Suchaufgabe

hingegen sollte der Hinweisreiz mit dem aufgabenrelevanten Merkmal in validen Bedingungen hinderlich beim Finden des Zielreizes sein, während er in nicht-validen Bedingungen kein Hindernis darstellen sollte. Zu erwarten waren folgende Ergebnisse: Bei der positiven Suchaufgabe antworten in Durchgängen mit relevanten (roten) Hinweisreizmerkmalen die Versuchspersonen in validen Durchgängen, wenn der Hinweisreiz an derselben Position wie der nachfolgende Zielreiz gezeigt wird, schneller und machen weniger Fehler als in nicht-validen Durchgängen, wenn der Zielreiz an einer anderen Position auftritt als der zuvor gezeigte Hinweisreiz (Validitätseffekt). Bei der negativen Suchaufgabe sind in Durchgängen mit relevanten Merkmalen die Versuchspersonen in validen Durchgängen langsamer und machen mehr Fehler als in nicht-validen Durchgängen. In Durchgängen mit nicht-relevanten Hinweisreizmerkmalen unterscheiden sich die Reaktionszeiten und Fehlerraten in beiden Suchaufgaben nicht in Abhängigkeit von der Validität des Zielreizes.

Durch das Studiendesign und den zufälligen Wechsel der Unterdrückung und der Aufmerksamkeitserfassung desselben Merkmals abhängig von der jeweiligen Aufgabe, kann die Flexibilität der Unterdrückung untersucht werden und es können Schlüsse gezogen werden welche Mechanismen dieser Flexibilität zugrunde liegen.

## **Forschungsfragen und Hypothesen**

Es ergeben sich für das Experiment folgende Hypothesen.

1. Die Unterschiede in den Reaktionszeiten und der Genauigkeit werden durch die Bedeutung des Hinweisreizmerkmals (rot vs. blau) moduliert, also ob es passend zum positiven, zum negativen oder zu keinem Suchkriterium ist.
2. Valide aufgabenrelevante (rote) Hinweisreizmerkmale führen in der positiven Suchaufgabe zu kürzeren Reaktionszeiten und geringeren Fehlerraten als nicht-valide aufgabenrelevante (rote) Hinweisreizmerkmale.
3. Valide (rote) Hinweisreizmerkmale führen in der negativen Suchaufgabe zu höheren Reaktionszeiten und Fehlerraten als nicht-valide aufgabenrelevante (rote) Hinweisreizmerkmale.
4. Die nicht-aufgabenrelevanten (blauen) Hinweisreizmerkmale führen nicht zu signifikanten Unterschieden in den Reaktionszeiten und Fehlerraten zwischen validen und nicht-validen Bedingungen.

Die Arbeit soll außerdem folgende Forschungsfragen beantworten.

1. Werden Merkmale, welche als negatives Suchkriterium verwendet werden, proaktiv und zielgerichtet unterdrückt, um die Aufmerksamkeit auf ein Ziel zu fokussieren?
2. Können Unterdrückung und Beachtung eines Merkmals je nach dem aktuellen Such-Ziel flexibel wechseln, auch in sehr kurzen Zeiträumen?
3. Kann dasselbe aufgabenrelevante Merkmal durch Lenkung der Aufmerksamkeit flexibel beachtet und dann unterdrückt werden?
4. Welche Mechanismen liegen der Aufmerksamkeitserfassung und Unterdrückung zugrunde? Welche Gedächtnisprozesse sind beteiligt?

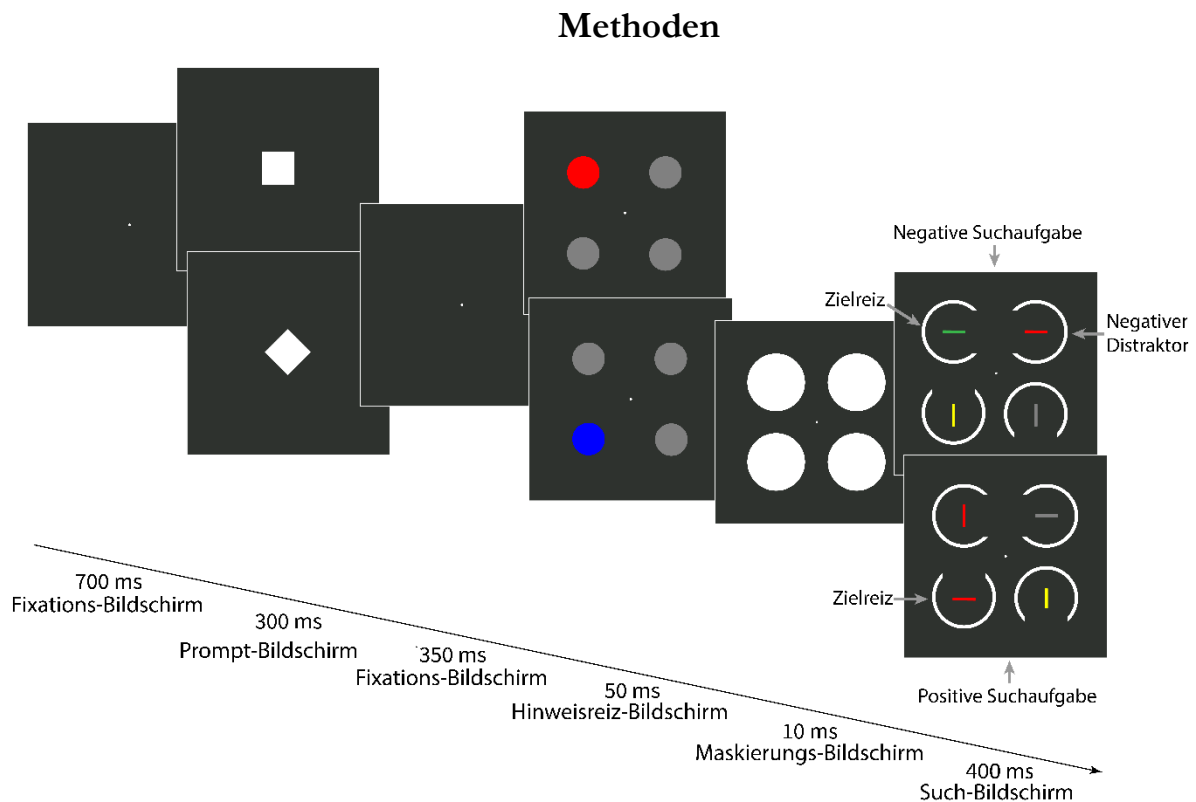


Abbildung 1. Versuchsablauf.

Zu Beginn jedes Durchgangs wurde eine Anweisung in der Bildschirmmitte angezeigt, die die Versuchspersonen über die Suchaufgabe im aktuellen Durchgang informierte. Jede Suchaufgabe wurde einer Form zugeordnet (Quadrat vs. Raute). Der Hinweisreiz (Rot vs. Blau) war entweder an derselben Position (valide Bedingung) oder an einer anderen Position (nicht-valide Bedingung) wie der Zielreiz positioniert. In der positiven Suchaufgabe war das Ziel eine rote horizontale Linie (unterer Bildschirm), in der negativen Suchaufgabe war das Ziel eine nicht-rote horizontale Linie

(oberer Bildschirm, in diesem Beispiel grün). In beiden Suchaufgaben mussten die Versuchspersonen die Position der Lücke im weißen Ring um den Zielreiz auf dem Such-Bildschirm mithilfe einer Computertastatur angeben (oben, unten, links oder rechts).

## **Versuchsablauf**

Im Experiment wurden sowohl negative als auch positive Suchaufgaben verwendet, die zufällig von Durchgang zu Durchgang variierten oder wiederholt wurden. Zu Beginn jedes Durchgangs wurde eine Anweisung in der Bildschirmmitte angezeigt, die die Versuchspersonen über die Suchaufgabe im aktuellen Durchgang informierte. Jede Suchaufgabe wurde zu Beginn eines Durchgangs durch ein Symbol angezeigt (positiv vs. negativ, balanciert über den Versuchspersonen). Für die Hälfte der Versuchspersonen wurde eine Raute verwendet, um eine negative, und ein Quadrat, um eine positive Suchaufgabe anzukündigen. Für die andere Hälfte der Versuchspersonen war die Bedeutung der Symbole umgekehrt. Der Aufgabenhinweis war von Durchgang zu Durchgang abwechselnd oder wurde zufällig wiederholt. Es wurde für die negative und die positive Suchaufgabe das gleiche aufgabenrelevante Merkmal verwendet: In der positiven Suchaufgabe war es das Ziel, eine rote ( $L^* = 70$ ,  $a^* = 99$ ,  $b^* = 90$ ) horizontale Linie zu finden. In der negativen Suchaufgabe sollten die Versuchspersonen nach einer horizontalen Linie suchen, die nicht rot war. Das Ziel konnte grau ( $L^* = 70$ ,  $a^* = 0$ ,  $b^* = 0$ ), gelb ( $L^* = 70$ ,  $a^* = 0$ ,  $b^* = 73$ ) oder grün ( $L^* = 70$ ,  $a^* = -70$ ,  $b^* = 67$ ) sein, wobei die aktive Suche nach diesen alternativen Farben in zwei von drei Fällen zu einem Distraktor geführt hätte. In beiden Suchaufgaben bestand jeder Such-Bildschirm aus zwei horizontalen und zwei vertikalen Linien. In der positiven Suchaufgabe enthielt jede Zielanzeige eine rote horizontale Linie (das Ziel) und eine rote vertikale Linie (Distraktor in der Farbe des Zielreizes). Die beiden anderen Linien waren gelb und grau und abwechselnd horizontal oder vertikal. Pro Suchaufgabe wurden die Positionen und Farben der Zielreize pseudorandomisiert, so dass jeder Reiz und jede Farbe an jeder Position gleich häufig gezeigt wurden. In der negativen Suchaufgabe war eine der horizontalen Linien immer rot (die negative Farbe). Die anderen drei Linien waren grau, gelb und grün. Jede Farbe war in jeder Zielanzeige vorhanden und definierte abwechselnd ein vertikales Nicht-Ziel oder das (horizontale) Ziel. Jeder Durchgang begann mit einem Fixationspunkt, der 700 ms sichtbar war. Dann wurde die Anweisung (Quadrat oder Raute) für 300 ms dargestellt. Beides war genau in der Mitte des Bildschirms platziert. Anschließend wurde ein weiterer Fixationsbildschirm für 350 ms gezeigt, gefolgt von der Hinweisreiz-Anzeige für 50 ms. Die Hinweisreiz-Anzeige bestand aus vier Kreisen (oben links, oben rechts, unten links, unten rechts), wobei einer der Kreise rot ( $L^* = 70$ ,  $a^* = 99$ ,  $b^* = 90$ ) oder blau ( $L^* = 70$ ,  $a^* = 25$ ,  $b^* = -110$ ) gefärbt war (Singleton-Hinweis) und die jeweilige

Hinweis-Bedingung kennzeichnete, während die anderen drei Kreise (Nicht-Einzelreize) grau ( $L^* = 70$ ,  $a^* = 0$ ,  $b^* = 0$ ) waren. Rote Hinweisreize entsprachen der positiven oder negativen Farbe, je nach der Suchaufgabe im aktuellen Versuch. Blaue Hinweisreizmerkmale waren in beiden Suchaufgaben nicht übereinstimmend (d. h. aufgabenirrelevant). Der Hinweisreiz (rot oder blau) wurde in gleicher Häufigkeit an jeder der vier möglichen Positionen präsentiert, unabhängig von der aktuellen Zielposition. Das führte zu 25% validen (der Hinweis befindet sich an derselben Position wie der Zielreiz) und 75% nicht-validen Durchgängen. Nach dem Hinweisreiz-Bildschirm wurden für 10 ms vier weiße Kreise (mit einem visuellen Winkel von einem Durchmesser mit  $3.5^\circ$ ) an den vier möglichen Orten der Reize gezeigt, um eine direkte Farbverschmelzung von Information aus Hinweisreiz- und Zielreizbildschirm zu verhindern. Als nächstes wurde der Such-Bildschirm 400 ms lang gezeigt. In beiden Suchaufgaben war jede Linie (mit einem visuellen Winkel von  $0.2^\circ$  in der Breite und  $1.6^\circ$  in der Länge) in der Zielanzeige von einem weißen Ring (mit einem visuellen Winkel von einem Durchmesser von  $3.5^\circ$ ) mit einer Lücke (mit einem visuellen Winkel von einer Breite von  $2.8^\circ$ ) an einer von vier möglichen Positionen (oben, unten, rechts oder links) umgeben. Jede Lückenposition wurde in jeder Zielanzeige realisiert, und die Lückenpositionen wurden pseudo-randomisiert über die Durchgänge verteilt. Darüber hinaus trat jede Lückenposition ungefähr gleich oft an der Zielposition auf. Nach dem Zielreizbildschirm wurde ein Fixations-Bildschirm angezeigt, bis die Versuchspersonen antworteten oder die Zeitgrenze von 2 s erreicht wurde. In beiden Suchaufgaben mussten die Versuchspersonen Lückenposition im Ring um das Zielobjekt herum unter Verwendung der Pfeiltasten auf einer Computertastatur angeben. Nachdem die Versuchspersonen geantwortet hatten oder die Zeitbegrenzung überschritten war, wurde eine Feedback-Anzeige 750 ms lang angezeigt, die die Versuchsperson darüber informierte, ob ihre Antwort richtig, falsch oder zu langsam war. Wenn sie nicht vor Ablauf der Zeit reagierten, wurden die Worte "Zu langsam, bitte schneller reagieren" eingeblendet. Die Versuchspersonen begannen mit Übungsversuchen. Nach einem Minimum von 25 Übungsversuchen begann die Datenerfassung, sobald die Versuchspersonen 80% richtig oder besser lagen. Insgesamt gab es drei selbstgesteuerte Pausen, über deren Länge die Versuchspersonen selbst entscheiden konnten.

## **Stichprobe und Versuchsbedingungen**

Am Experiment nahmen Studierende der Universität Wien teil, die im Rahmen einer Lehrveranstaltung Punkte sammelten und diese für ihre Teilnahme erhielten. Insgesamt beteiligten sich 30 Versuchspersonen, darunter 25 Frauen, mit einem durchschnittlichen Alter von 21 Jahren, wobei das Alter zwischen 18 und 28 Jahren variierte. Keine Versuchsperson wurde aufgrund der

Ergebnisse eines generalisierten verallgemeinerten „Extreme-Studentized-Deviate-Test“ (ESD-Test) ausgeschlossen, welcher durchgeführt wurde, um mögliche Ausreißer zu identifizieren (Zafeirelli & Kavroudakis, 2024). Personen wurden dementsprechend als Ausreißer identifiziert, wenn ihre individuelle Fehlerquote signifikant von der durchschnittlichen Fehlerquote abwich. Ein Vorteil des generalisierten verallgemeinerten ESD-Tests besteht darin, dass mehrere Tests auf einmal durchgeführt werden und die  $p$ -Werte für mehrere Tests korrigiert werden. Der Test soll die Alpha-Fehler Kumulierung verhindern.

Voraussetzung für die Teilnahme war eine normale oder korrigierte normale Sehschärfe und keine Rot-Grün-Schwäche. Bereits vor Beginn der Datenerhebung wurde die Stichprobengröße geplant und auf 30 Versuchspersonen für das Experiment festgelegt. Die Größe der Stichprobe orientierte sich an früheren Studien, die einen signifikanten Effekt mit einem ähnlichen Design hatten.

Das Experiment hatte eine Dauer von etwa 60 Minuten und wurde in einem ruhigen und schwach beleuchteten Raum durchgeführt, in dem die Versuchspersonen mithilfe einer Kinnstütze einen stabilen Betrachtungsabstand von 57 cm einhielten. Zudem wurde ein Hörschutz verwendet, um Hintergrundgeräusche zu reduzieren. Die verwendeten technischen Geräte umfassten einen LCD-Monitor mit einer Auflösung von 1920 x 1080 Pixeln und einer Bildwiederholfrequenz von 100 Hz.

## **Messinstrumente und Datenanalyse**

Aufgrund von Zeitüberschreitungen wurden 1,22% der Durchgänge ausgeschlossen und aufgrund von Fehlern wurden 10,91% der Durchgänge ausgeschlossen. Das führte dazu, dass in der negativen Suchaufgabe pro Hinweisreiz-Bedingung durchschnittlich 40 von 48 (SD = 4) validen Durchgängen übrigblieb und in der positiven Suchaufgabe blieben pro Hinweisbedingung durchschnittlich 43 von 48 (SD = 3) gültigen Versuchen übrig.

Um die Hypothesen zu überprüfen, wurden Validitätseffekte berechnet (reaktionszeitbasiert und genauigkeitsbasiert) und mittels linearer Modelle mit gemischten Effekten analysiert. Die Reaktionszeiten und Fehlerraten der Versuchspersonen wurden als abhängige Variablen gemessen.

Die Analyse von Validitätseffekten zielt darauf ab, zu verstehen, wie die jeweiligen Hinweis-Bedingungen (rot vs. blau) die Reaktionszeit und Genauigkeit der Reaktionen beeinflussen. Bei der reaktionszeitbasierten Analyse wird untersucht, ob unterschiedliche Hinweisreiz-Bedingungen zu kürzeren oder längeren Reaktionszeiten führen. Bei der genauigkeitsbasierten Analyse wird

untersucht, ob unterschiedliche Hinweisreiz-Bedingungen zu einer höheren oder niedrigeren Fehlerquote führen. Beschleunigt der Hinweisreiz die Reaktion in der validen Bedingung, beziehungsweise verbessert er die Genauigkeit (weniger Fehler), tritt ein positiver Validitätseffekt auf. Verlangsamt der Hinweisreiz die Reaktion in der validen Bedingung, beziehungsweise verringert er die Genauigkeit (mehr Fehler), tritt ein negativer (inverser) Validitätseffekt auf.

Die Reaktionszeit-basierten Validitätseffekte für jede Bedingung und jede Versuchsperson wurden berechnet, indem von der mittleren Reaktionszeit in nicht-validen Hinweisreiz-Bedingungen die mittlere Reaktionszeit in validen Hinweisreiz-Bedingungen subtrahiert wurde. Für Fehlerraten-basierte Validitätseffekte wurden Fehlerraten in nicht-validen Durchgängen von Fehlerraten in validen Durchgängen abgezogen. Also genau umgekehrt als bei Reaktionszeit-basierten Validitätseffekten.

Es wurde ein lineares gemischtes Modell verwendet, um die Auswirkungen der unabhängigen Variablen auf die abhängige Variable zu untersuchen. Die Intercepts in diesem Modell repräsentieren den erwarteten Wert der abhängigen Variablen, wenn alle unabhängigen Variablen den Wert null haben (Pinheiro und Bates, 2000). Die Hinweisreiz-Bedingung und die Suchaufgabe waren unabhängige Variablen, Reaktionszeiten und Fehlerraten der Versuchspersonen waren abhängige Variablen. Die Intercepts der Versuchspersonen beziehen sich auf individuelle Unterschiede zwischen ihnen, die nicht durch die unabhängigen Variablen erklärt werden. Diese Intercepts wurden als zufällig betrachtet, was bedeutet, dass sie variieren können und nicht direkt durch die experimentellen Bedingungen festgelegt sind. Lineare gemischte Modelle erlauben die Modellierung von individuellen Unterschieden zwischen den Versuchspersonen, die nicht durch die anderen Variablen im Modell erklärt werden als zufällige Effekte (Pinheiro & Bates, 2000).

Für die Post-hoc-Analysen der Validitätseffekte wurden zweiseitige t-Tests mit einer Stichprobe verwendet, um zu untersuchen, ob sich die Validitätseffekte und Validitätseffekt-Unterschiede zwischen den Hinweis-Bedingungen innerhalb und zwischen den Suchaufgaben signifikant von Null unterscheiden. Für alle Analysen wurden die p-Werte für den Vergleich mehrerer Validitätseffekte mit der Methode von Benjamini und Yekutieli so korrigiert, dass die Wahrscheinlichkeit für Typ-1-Fehler unter einem bestimmten Schwellenwert gehalten wird (Benjamini & Yekutieli, 2001). Das Signifikanzniveau wurde auf  $\alpha = .05$  festgelegt.

Als Effektgröße wurde Cohen's d verwendet, standardisiert mit der gepoolten Standardabweichung innerhalb der Probanden und korrigiert mit dem Hedges-Korrekturfaktor (Hedges, 1981), da die Schätzung der Standardabweichung in kleinen Stichproben weniger präzise ist als in großen Stichproben (Cumming, 2012).

Um einen Einblick in die Zuverlässigkeit der Messung zu gewinnen, wurden die Intraklassenkorrelationen (ICCs) für jede Hinweis-Bedingung und Suchaufgabe getrennt für valide und nicht-valide Versuche berechnet. Da insbesondere ein ICC2 von .80 als Indikator für eine präzise Messzuverlässigkeit gilt, wurde der niedrigste ICC2 pro Experiment angegeben, um Auskunft darüber zu geben, wie zuverlässig die Reaktionszeiten gemessen wurden (Koo & Li, 2016).

## Ergebnisse

### Reaktionszeitbasierte Validitätseffekte

In der positiven Suchaufgabe wurde ein signifikanter Validitätseffekt für rote Hinweisreize gefunden. Validitätseffekte für rote Hinweisreize in der positiven Suchaufgabe:  $M = 52$  ms, 95%-KI [33, 70],  $SD = 50$  ms,  $t(29) = 5,72$ ,  $p \leq .001$ ,  $d_{unb} = 1,02$  [0,59, 1,48]

In der negativen Suchaufgabe wurde für rote Hinweisreize ein inverser Validitätseffekt gefunden. Validitätseffekte für rote Hinweisreize in der negativen Suchaufgabe:  $M = -37$  ms, 95%-KI [-52, -21],  $SD = 42$  ms,  $t(29) = -4,76$ ,  $p < .001$ ,  $d_{unb} = -0,85$  [-1,29, -0,44]

Für blaue Hinweisreize waren die Validitätseffekte in beiden Suchaufgaben ebenfalls invers. Validitätseffekte für blaue Hinweisreize in der positiven Suchaufgabe:  $M = -38$  ms, 95%-KI [-50, -26],  $SD = 32$  ms,  $t(29) = -6,45$ ,  $p < .001$ ,  $d_{unb} = -1,15$  [-1,64, -0,7]

Validitätseffekte für blaue Hinweisreize in der negativen Suchaufgabe:  $M = -32$  ms, 95%-KI [-52, -11],  $SD = 56$  ms,  $t(29) = -3,08$ ,  $p = .009$ ,  $d_{unb} = -0,55$  [-0,94, -0,17]

Die roten Hinweisreize unterschieden sich signifikant im Validitätseffekt zwischen der positiven und der negativen Suchaufgabe:  $\Delta -88$  ms, 95%-KI [-111, -66],  $t(29) = -8,17$ ,  $p < .001$ ,  $d_{unb} = -1,45$  [-2,01, -0,96].

Innerhalb der positiven Suchaufgabe unterschieden sich die Validitätseffekte signifikant zwischen roten und blauen Hinweisreize:  $\Delta 90$  ms, 95%-KI [65, 115],  $t(29) = 7,34$ ,  $p < .001$ ,  $d_{unb} = 1,62$  [1,13, 2,11]

.001,  $d_{\text{unb}} = 1,31$  [0,84, 1,83]. Im Gegensatz dazu wurde innerhalb der negativen Suchaufgabe kein signifikanter Unterschied im Validitätseffekt zwischen roten und blauen Hinweisreize gefunden:  $\Delta -5$  ms, 95%-KI [-29, 19],  $t(29) = -0,43$ ,  $p = 1,000$ ,  $d_{\text{unb}} = -0,08$  [-0,44, 0,28].

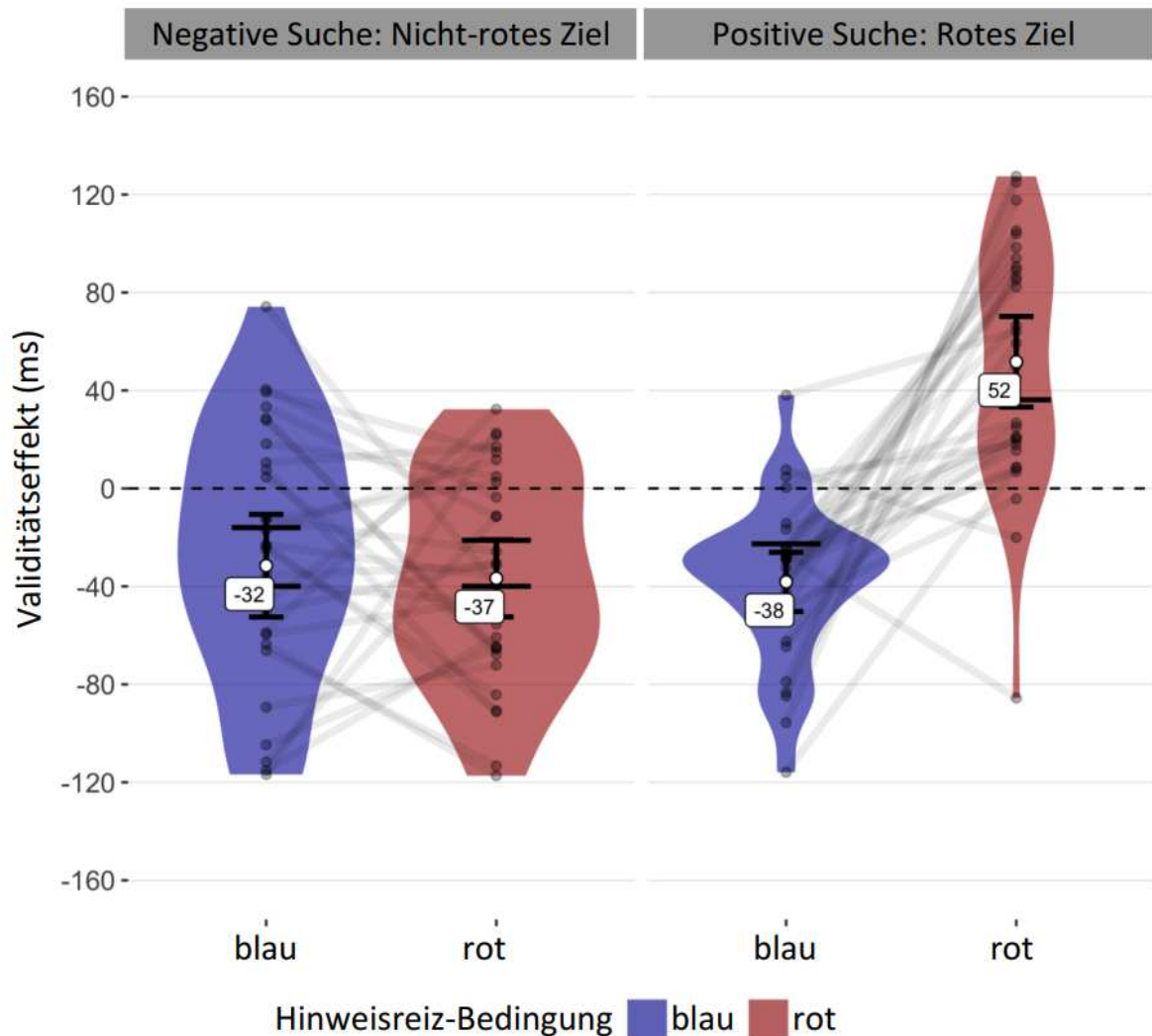


Abbildung 2. Validitätseffekte.

Die Grafik zeigt die Validitätseffekte in Form von Violinen-Plots. Diese bieten Einblicke in die Verteilung der Daten und werden durch semitransparente Punkte für die individuellen Validitätseffekte ergänzt. Die Violinen-Plots sind in den Farben der jeweiligen Hinweisreiz-Bedingung dargestellt. Die Breite der Plots gibt die Dichte der Verteilung der Validitätseffekte an, wobei breitere Abschnitte auf eine höhere Dichte von Datenpunkten hinweisen. Die kurzen schwarzen vertikalen Linien repräsentieren die 95%-Konfidenzintervalle für den einseitigen t-Test gegen null ms. Ein signifikanter Unterschied im Validitätseffekt zwischen den

Hinweisreizbedingungen liegt vor, wenn sich die langen Linien nicht überlappen. Die halbtransparenten Linien, die die Werte jeder Versuchsperson über verschiedene Hinweisreizbedingungen innerhalb der Suchaufgaben verbinden, bieten zusätzliche Einblicke in die individuellen Unterschiede. Durch den Vergleich der Konfidenzintervalle und der Überlappung der langen Fehlerbalken zwischen den Bedingungen können signifikante Unterschiede in den Validitätseffekten identifiziert werden.

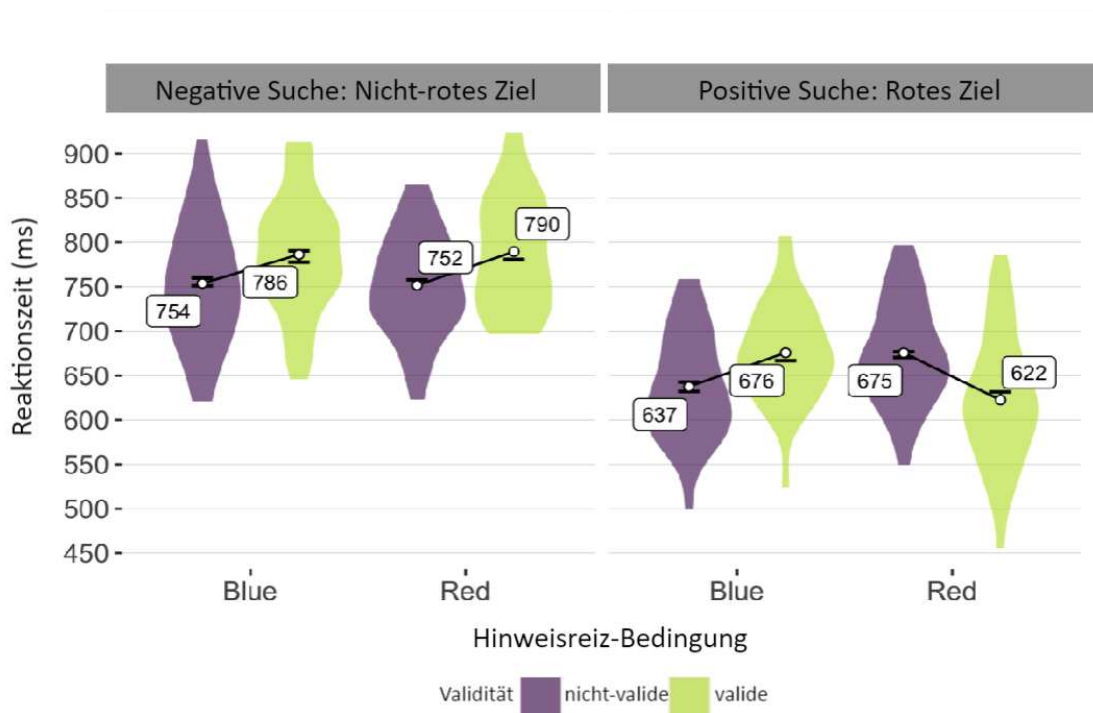


Abbildung 3. Reaktionszeiten.

Die Reaktionszeiten der Versuchspersonen in Abhängigkeit von der Hinweisbedingung (rot vs. blau), der Validität (valide vs. nicht-valide) und der Suchaufgabe (positiv vs. negativ). Die kurzen schwarzen horizontalen Linien stellen die 95%-Konfidenzintervalle für die durchschnittlichen Vergleiche zwischen allen dargestellten Bedingungen dar. Der Fehlerunterschied zwischen den Bedingungen ist signifikant, wenn sich die Linien nicht überschneiden. Bei der positiven Suchaufgabe sind in Durchgängen mit relevanten Hinweisreizmerkmalen die Reaktionszeiten in validen Durchgängen schneller als in nicht-validen Durchgängen. Bei der negativen Suchaufgabe sind in Durchgängen mit relevanten Merkmalen die Reaktionszeiten in validen Durchgängen langsamer als in nicht-validen Durchgängen. In beiden Suchaufgaben sind die Reaktionszeiten in Durchgängen mit nicht-relevanten Hinweisreizen bei nicht-validen Durchgängen die Reaktionszeiten langsamer als in validen Durchgängen.

## Genauigkeitsbasierte Validitätseffekte

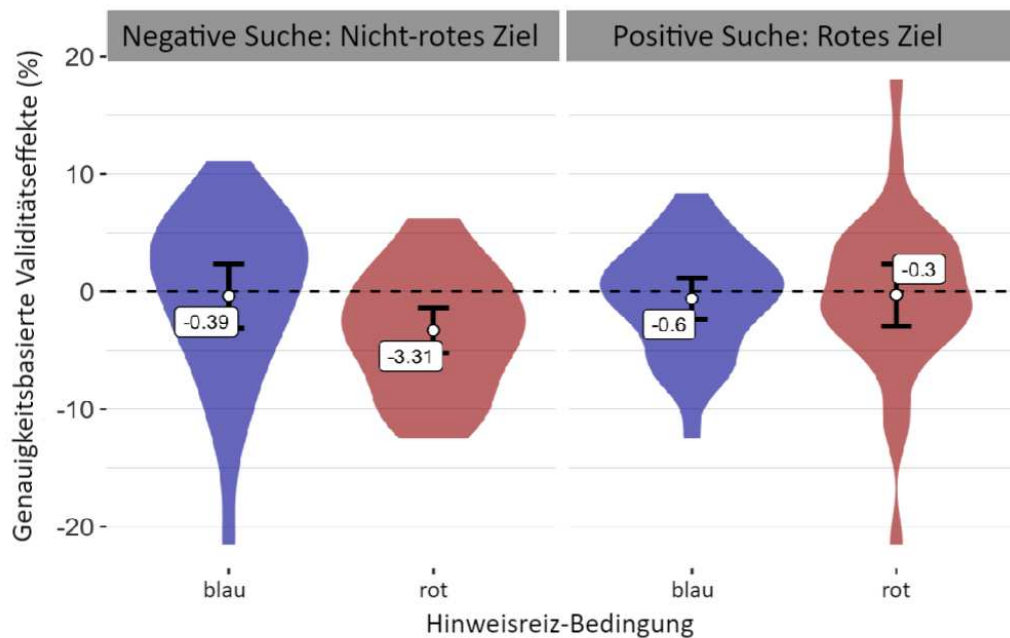


Abbildung 4. Genauigkeitsbasierte Validitätseffekte.

Die Violinen-Plots veranschaulichen die Verteilungen der individuellen genauigkeitsbasierten Validitätseffekte für die jeweilige Versuchsaufgabe (positiv vs. negativ) und Hinweisbedingung (rot vs. blau).

Alle p-Werte wiesen für die Haupteffekte und Interaktionen keinen Effekt von Suchaufgabe und Hinweisreiz auf die Fehlerraten auf. Hierarchische Modellvergleiche zeigen, dass es keinen signifikanten Effekt von Suchaufgabe und Hinweisreiz auf die Fehlerraten gibt (alle  $\geq .148$ ).

Der Likelihood-Ratio-Test wurde verwendet, um die Passform zweier hierarchischer Modelle zu vergleichen, einschließlich und ausschließlich der Effekte von Suchaufgabe und Hinweisreiz auf die Fehlerrate. Die Analyse zeigte, dass die Hinzufügung dieser Effekte keinen signifikanten Unterschied in der Modellpassform ergab. Daher wurde daraus geschlossen, dass die Versuchspersonen ähnlich genaue Antworten gaben oder ähnliche Fehlermuster aufwiesen, unabhängig von der Art der Suchaufgabe und des Hinweisreizes.

# Diskussion

## Ergebnisinterpretation

In der positiven Suchaufgabe wurde ein signifikanter Validitätseffekt für rote Hinweisreize gefunden. Das bedeutet, dass die Versuchspersonen bei der Suche nach einer roten horizontalen Linie schneller antworteten, wenn der Durchgang valide war, also sich der Hinweisreiz an derselben Position wie die rote horizontale Linie befand. Hypothese 2 kann damit zum Teil (für die Reaktionszeiten) bestätigt werden: Valide aufgabenrelevante (rote) Hinweisreizmerkmale führten in der positiven Suchaufgabe zu kürzeren Reaktionszeiten als nicht-valide aufgabenrelevante (rote) Hinweisreizmerkmale.

In der negativen Suchaufgabe wurde für rote Hinweisreize ein inverser Validitätseffekt gefunden. Die Versuchspersonen antworteten langsamer, wenn der Durchgang valide war, d. h. sich der Hinweisreiz und die nicht-rote horizontale Linie an derselben Position befanden, als wenn er es nicht war. Damit kann Hypothese 3 für die Reaktionszeiten bestätigt werden: Valide (rote) Hinweisreizmerkmale führten in der negativen Suchaufgabe zu höheren Reaktionszeiten als nicht-valide aufgabenrelevante (rote) Hinweisreizmerkmale.

Für blaue Hinweisreize waren die Validitätseffekte in beiden Suchaufgaben ebenfalls invers. Zu interpretieren ist, dass die Versuchspersonen in beiden Suchaufgaben langsamere Antworten gaben, wenn der blaue Hinweisreiz an derselben Stelle wie der Zielreiz positioniert war.

Hypothese 4 kann für die Reaktionszeiten nicht bestätigt werden: Die nicht-aufgabenrelevanten (blauen) Hinweisreizmerkmale führten zu signifikanten Unterschieden in den Reaktionszeiten zwischen validen und nicht-validen Bedingungen, d. h. in beiden Suchaufgaben antworteten die Versuchspersonen in validen Durchgängen mit irrelevanten (blauen) Hinweisreizmerkmalen langsamer als in nicht-validen Bedingungen. Es wurden für die Reaktionszeiten inverse Validitätseffekte gefunden, die als nicht vorhergesagte Unterschiede zwischen validen und nicht-validen Bedingungen interpretiert werden können.

Die roten Hinweisreize unterschieden sich signifikant im Validitätseffekt zwischen der positiven und der negativen Suchaufgabe. Die Versuchspersonen waren schneller bei der positiven Suchaufgabe, wenn der rote Hinweisreiz valide war (Hinweisreiz und Zielreiz befinden sich an derselben Position). Bei der negativen Aufgabe waren sie langsamer, wenn der rote Hinweisreiz valide war.

Innerhalb der positiven Suchaufgabe unterschieden sich die Validitätseffekte signifikant zwischen roten und blauen Hinweisreize, innerhalb der negativen Suchaufgabe wurde jedoch kein signifikanter Unterschied im Validitätseffekt zwischen roten und blauen Hinweisreize gefunden. Zusammengefasst heißt das, dass nur der rote Hinweisreiz in validen Durchgängen der positiven Suchaufgabe einen Effekt hatte, der die Reaktionszeit der Versuchspersonen bei der Suche beschleunigt.

Insgesamt kann die Hypothese 1 zum Teil bestätigt werden: Die Unterschiede in den Reaktionszeiten (aber nicht der Genauigkeiten, da sich diese nicht signifikant unterscheiden) werden durch die Bedeutung des Hinweisreizmerkmals (rot vs. blau) modelliert, also ob es passend zum positiven, zum negativen oder zu keinem Suchkriterium ist. Die Versuchspersonen gaben in den validen Durchgängen, wenn sich der rote Hinweisreiz auf derselben Position wie der Zielreiz befand, bei den positiven Suchaufgaben schnellere und bei den negativen Suchaufgaben langsamere Antworten. Das Hinweisreizmerkmal kann auf der passenden Position also die Reaktionszeit beeinflussen.

Zusätzlich wurde gezeigt, es keinen signifikanten Effekt von Suchaufgabe und Hinweisreiz auf die Fehlerraten gab. Daher ist zu interpretieren, dass die Versuchspersonen ähnlich genaue Antworten gaben, beziehungsweise ähnlich viele Fehler machten. Es können die Hypothesen 1, 2 und 4 also nur zum Teil bestätigt werden, da sich alle Hypothesen sowohl auf die Reaktionszeiten als auch auf die Fehlerraten beziehen und für letztere kein Effekt gefunden wurde.

Die Motivation dieser Arbeit war es, die Lücken der bisherigen Forschung zu einigen Fragen zur proaktiven Unterdrückung visueller Reize zu schließen. Die Fragen haben sich an die Flexibilität der proaktiven Unterdrückung gerichtet. Es galt die Frage zu beantworten, ob ablenkende Reize proaktiv und somit zielgerichtet je nach Art der Aufgabe erst unterdrückt und dann wieder von der Aufmerksamkeit erfasst werden können, und ob man zwischen Beachtung und Unterdrückung desselben Merkmals flexibel wechseln kann. Im Folgenden sollen die Ergebnisse diskutiert und näher beleuchtet werden und auf offene Fragen eingegangen werden.

## Allgemeine Diskussion

### **Werden Merkmale, welche als negatives Suchkriterium verwendet werden, proaktiv und zielgerichtet unterdrückt, um die Aufmerksamkeit auf ein Ziel zu fokussieren?**

Distraktoren können die Aufmerksamkeit bereits in der Phase lenken, wenn Zielmerkmale nicht zur Aufmerksamkeitslenkung auf Ziele verwendet werden (Kim et al., 2024). In den Experimenten konnte gezeigt werden, dass die top-down Aufmerksamkeitskontrolle bereits vor dem Auftreten des Ziels initiiert wird, da die Versuchspersonen aufgrund der Hinweisreize ihre Aufmerksamkeit aktiv auf bestimmte Merkmale, beziehungsweise von ihnen weglenkten. Diese Beobachtung wird durch die Validitätseffekte bestätigt. Sie zeigen, dass die Aufmerksamkeit durch die Hinweisreize beeinflusst wird, bevor das eigentliche Ziel erscheint, anstatt erst als Reaktion auf das Erscheinen des Ziels. Die Zeit zwischen Hinweisreiz-Bildschirm und Zielreiz-Bildschirm wäre auch zu kurz für eine reaktive Verarbeitung (Moher & Egeth, 2012). Es kann also bestätigt werden, dass die Versuchspersonen als negativ definierte Merkmale proaktiv unterdrücken können.

Bisherige Ergebnisse deuten darauf hin, dass wir nur dann unsere Aufmerksamkeit auf Objekte lenken, wenn es wirklich nötig ist. Das bedeutet, dass wir manchmal nicht auf auffällige Dinge reagieren, wenn sie uns nicht helfen, die aktuelle Aufgabe zu lösen (Liesefeld et al., 2024). Die gewonnenen Erkenntnisse haben gezeigt, dass Menschen auffällige, beziehungsweise aufgabenrelevante visuelle Reize proaktiv unterdrücken können, wenn die Farbe als negatives Suchkriterium verwendet wurde. Wie das Experiment gezeigt hat, ist es jedoch auch möglich, einen Hinweisreiz in einer aufgabenirrelevanten Farbe zu unterdrücken. Das würde bedeuten, dass es einen Mechanismus gibt, der nicht nur auf einer feature-spezifischen Ebene operiert, sondern auf einer Ebene der globalen Merkmalsverarbeitung (Ma, X. & Abrams, 2023). Die globale Merkmalsverarbeitung bezieht sich auf die Verarbeitung von Informationen auf einer holistischen Ebene, bei der das gesamte Objekt als Ganzes betrachtet wird, anstatt einzelne Teile oder Merkmale isoliert zu analysieren (Oxner et al., 2023). Es könnte also sein, dass aufgabenrelevante und -irrelevante Hinweisreizmerkmale gleichermaßen unterdrückt werden, da allgemein Farbhinweise unterdrückt werden.

### **Warum wurden für die irrelevanten (blauen) Hinweisreize durchgängig inverse Validitätseffekte gefunden?**

Bei roten Hinweisreizen in validen Durchgängen in der negativen Suchaufgabe waren inverse Validitätseffekte zu erwarten. Doch auch für die blauen Hinweisreize wurden in beiden

Suchaufgaben durchgängig inverse Validitätseffekte gefunden, d. h. sie haben die Reaktionen in validen Durchgängen verlangsamt. Eine potenzielle Erklärung dafür ist, dass der Kontext der negativen Suchaufgabe und die wiederholte Darbietung blauer Hinweisreize die Versuchspersonen die Farbe Blau als "nie den Zielreiz definierend" interpretieren ließ. Dadurch könnten blaue Hinweisreize in beiden Aufgaben dauerhaft unterdrückt worden sein.

Auf die negative Suchaufgabe bezogen könnte es zu einer allgemeinen Unterdrückung von Farb-Hinweismerkmalen gekommen sein. Blaue Hinweisreize wurden demnach in der negativen Suchaufgabe wie die roten Hinweisreize unterdrückt, weil diese in der Aufgabe auch als etwas nicht-zielführendes interpretiert werden, obwohl sie nicht aufgabenrelevant waren. Es konnte auch bereits gezeigt werden, dass negative Merkmale die Aufmerksamkeit weniger merkmalspezifisch lenken als positive Merkmale (Forstinger & Ansorge, 2023). Deshalb könnten die farbigen Hinweisreize allgemein unterdrückt worden sein, anstatt eine spezifische Farbe. Der Befund spricht wiederum dafür, dass zwei unterschiedliche Operationen im Arbeitsgedächtnis für Aufmerksamkeitserfassung und Unterdrückung existieren und dass wir flexibel zwischen unterschiedlichen Suchstrategien je nach Anforderung der Aufgabe wechseln können, da vermutlich in der negativen Suchaufgabe farbige Hinweisreize allgemein unterdrückt wurden und in der positiven Suchaufgabe eine merkmalspezifischere Strategie verwendet wurde.

**Können Unterdrückung und Beachtung je nach dem aktuellen Such-Ziel flexibel wechseln, auch in sehr kurzen Zeiträumen? Kann dasselbe aufgabenrelevante Merkmal durch Lenkung der Aufmerksamkeit flexibel beachtet und dann unterdrückt werden?**

Im Experiment waren die Versuchspersonen in der Lage, flexibel zwischen beiden Suchaufgaben (positiv vs. negativ) zu wechseln. Somit war es ihnen möglich, flexibel abwechselnd zu Unterdrücken und die Aufmerksamkeit auf ein Ziel zu lenken. Beide Prozesse, sowohl die Beachtung als auch die Unterdrückung des Ziels, konnten auf dasselbe Merkmal (die Farbe Rot) ausgelöst werden, obwohl es in beiden Aufgaben eine unterschiedliche funktionale Bedeutung hatte (beachten vs. unterdrücken). Wir können schlussfolgern, dass durch die Art der Aufgabe bzw. das aktuell verwendete Suchkriterium bestimmt werden kann, welches Merkmal unsere Aufmerksamkeit lenken soll (z. B. Rot), aber auch, welches Ziel damit verbunden ist (Beachten vs. Unterdrücken). Außerdem erlaubt die Flexibilität die Verwendung unterschiedlicher Suchstrategien. Die flexible Kontrolle unserer Aufmerksamkeit ermöglicht uns eine Anpassung an sich ändernde Anforderungen und Umgebungen. Es ist zu vermuten, dass diese Flexibilität einem bestimmten Mechanismus des Arbeitsgedächtnisses zu Grunde liegt.

## **Welche Mechanismen liegen der Aufmerksamkeitserfassung und Unterdrückung zugrunde? Welche Gedächtnisprozesse sind beteiligt?**

Die meisten Modelle der visuellen Suche beinhalten das Konzept der sogenannten Aufmerksamkeitsschablonen (z. B. Wolfe, 1994), die sich auf interne Repräsentationen von Ziel-Merkmalen beziehen. Demnach kann die visuelle Suche, wenn das Ziel-Merkmal im Voraus bekannt ist, durch dieses Wissen verbessert werden. Es wird angenommen, dass die visuelle Suche von einer aktiven visuellen Arbeitsgedächtnisrepräsentation der aufgabenspezifischen Merkmale geleitet wird, die die Aufmerksamkeit auf das Ziel lenkt (Wolfe, 2020). Das Arbeitsgedächtnis verfügt allerdings über eine limitierte Kapazität (Ma, W. et al., 2014; Rosen & Engle, 1998). Personen mit einer höheren Arbeitsgedächtniskapazität fällt die Unterdrückung von Distraktoren beispielsweise leichter (Rosen & Engle, 1998). Sie können Ablenkungen schneller proaktiv unterdrücken, während Personen mit niedriger Kapazität schlechter in der Lage sind, Ablenkungen rechtzeitig zu unterdrücken, um zu verhindern, dass diese Elemente die Aufmerksamkeit erfassen (Gaspar et al., 2016). Schon frühe Befunde lassen also darauf schließen, dass das Arbeitsgedächtnis maßgeblich für den Prozess der Unterdrückung verantwortlich ist. Hält man eine visuelle Repräsentation eines Merkmals im Arbeitsgedächtnis aufrecht (z. B. die Farbe Rot), erfassen nicht Elemente, die mit dem Inhalt des Arbeitsgedächtnisses (der Repräsentation des Merkmals „Rot“) übereinstimmen, die Aufmerksamkeit. Genauso können auch Merkmale bei einer negativen Suche proaktiv unterdrückt werden (z. B. nicht-rot), die im Arbeitsgedächtnis festgehalten werden. Somit kann ein Merkmal im Arbeitsgedächtnis flexibel für Aufmerksamkeitserfassung, aber auch für Unterdrückung verwendet werden (Woodman & Luck, 2007). Das lässt vermuten, dass nicht zwei verschiedene Repräsentationen desselben Merkmals im Arbeitsgedächtnis festgehalten werden (eine für Unterdrückung und eine für Erfassung) und somit unterschiedliche Mechanismen der Aufmerksamkeitskontrolle die Aufmerksamkeitserfassung und Unterdrückung steuern (siehe Noonan et al., 2016), sondern eine Repräsentation des Merkmals mit zwei unterschiedlichen Output-Möglichkeiten (beachten vs. unterdrücken). Das bedeutet, dass sowohl positive als auch negative Repräsentationen auf demselben zugrunde liegenden Mechanismus beruhen, wobei positive Repräsentationen bestimmte Merkmale verstärken, während negative Repräsentationen diese unterdrücken (Carlisle & Nitka, 2019). Carlisle (2019) beschreibt die Aufmerksamkeitskontrolle als eine Art „Drehknopf“, der in unterschiedlichem Maße nach oben (Erfassung) oder unten (Unterdrückung) gedreht werden kann. Weitere Analysen bestätigen eine starke Beziehung zwischen Unterdrückung und Erfassung. Die starke Beziehung legt nahe, dass gemeinsame zugrunde liegende Mechanismen vorhanden sind (Carlisle, 2022). Eine Repräsentation der aufgaberelevanten Farbe, die je nach Such-Bedingung Erfassung oder Unterdrückung auslöst, stellt dabei eine effizientere Lenkung der Aufmerksamkeit dar als zwei unterschiedliche

Repräsentationen von dem positiven und dem negativen Merkmal (Forstinger & Ansorge, 2024). Die Befunde, dass negative Merkmale die Aufmerksamkeit weniger merkmalspezifisch lenken als positive Merkmale (Forstinger & Ansorge, 2023) und die inversen Validitätseffekte für beide Hinweisreizmerkmale (blau und rot) in der negativen Such-Bedingungen sprechen ebenfalls für zwei unterschiedliche Operationen im Arbeitsgedächtnis. Wenn möglicherweise Unterdrückung mehr Arbeitsgedächtnisressourcen benötigt als Erfassung, könnte die Begrenztheit dieser Ressourcen eine Ursache dafür sein, dass positive Suche spezifischer ist als negative Suche (Cong & Kerzel, 2021).

Die sich innerhalb eines Versuchsdurchlaufs abwechselnden Prozesse der Beachtung und Unterdrückung werden also am effektivsten durch das Arbeitsgedächtnis unterstützt, welches über eine begrenzte Kapazität verfügt und eine aktive Aufrechterhaltung erfordert, um eine gegebene Aufgabe zu bewältigen (Cong & Kerzel, 2021). Das Arbeitsgedächtnis fungiert sowohl als "Filter", der bestimmt, welche Informationen Zugang zum Arbeitsgedächtnis haben (Vogel & Awh, 2008), als auch als "Ressource", die flexibel unter den gespeicherten Repräsentationen entsprechend ihrer jeweiligen Relevanz verteilt wird (Ma, W. et al., 2014). Angesichts der typischen Unvorhersehbarkeit von Zielobjekt- und Hinweisreiz-Positionen von Versuchsdurchgang zu Versuchsdurchgang sollte sich das System in jedem neuen Durchlauf zurücksetzen, um störende Einflüsse und konkurrierende Informationen zu minimieren. Einflüsse über Versuchsdurchläufe hinweg scheinen jedoch besser durch Prozesse des Langzeitgedächtnisses erklärt zu werden, welches über eine größere Kapazität verfügt und weniger anfällig für Interferenzen und Löschung ist. Diese Prozesse dienen dazu, nützliche Regelmäßigkeiten zu extrahieren, die sich im Laufe der Zeit ergeben können. Die visuelle Suche könnte also sowohl von Arbeitsgedächtnis- als auch von Langzeitgedächtnissystemen profitieren (Woodman & Chun, 2006). Die wiederholte Suche nach bestimmten visuellen Merkmalen (oder deren Unterdrückung) kann jedenfalls dazu führen, dass die gleichen visuellen Merkmale langfristig im Gedächtnis behalten werden, was für eine Beteiligung des Langzeitgedächtnisses spricht (Friedman, Johnson & Williams, 2018). Im vorliegenden Experiment haben sich die beiden Suchaufgaben zufällig abgewechselt, daher sollte kein Lerneffekt eintreten. Einige Theorien zur visuellen Suche beinhalten jedoch, dass Repräsentationen von Ziel-Merkmalen nicht nur im Arbeitsgedächtnis, sondern aufgrund dessen limitierter Kapazität auch im Langzeitgedächtnis gehalten werden und kurz vor der Suchaufgabe aktiviert werden (z. B. Woodman et al., 2013). In Bezug auf Aufmerksamkeitsschablonen spricht Wolfe (2020) davon, dass eine zweite Schablone, die er als Ziel-Schablone bezeichnet, sich im Langzeitgedächtnis befindet und mit welcher potenzielle Ziel-Reize abgeglichen werden. Die Repräsentation im Arbeitsgedächtnis bezeichnet er als Such-Schablone, die die visuelle Suche lenkt. Neuere Studien haben herausgefunden, dass Repräsentationen von positiven und negativen

Merkmale im Gedächtnis festgehalten werden (Chidharom, Zafarmand, & Carlisle, 2024), was für diese Theorie spricht. Es ist daher nicht auszuschließen, dass auch das Langzeitgedächtnis bei der Suchaufgabe beteiligt war. Es ist festzuhalten, dass sowohl explizite als auch implizite Langzeitgedächtnisrepräsentationen einen klaren Einfluss auf die Leistung bei der visuellen Suche haben (Woodman & Chun, 2006).

### **Alternativerklärungen**

1. Die Versuchspersonen könnten das negative Merkmal nicht proaktiv unterdrückt haben, sondern die Anweisungen zur Unterdrückung in die Suche nach verbleibenden positiven Merkmalen übersetzt haben. Diese Erklärung ist allerdings unwahrscheinlich und widerlegt, indem in einer früheren Studie ein Hinweisreiz mit einer von drei potenziellen Zielfarben verwendet wurde, der von den Teilnehmern ignoriert wurde (nicht-signifikanten Validitätseffekt) (Forstinger, Grüner & Ansorge, 2022). Eine solche Strategie wäre viel aufwändiger und fehleranfälliger (Forstinger & Ansorge, 2024).
2. Die inversen Validitätseffekte der irrelevanten (blauen) Hinweisreizmerkmale könnten durch Kosten, die mit der Integration der Merkmalsänderung zwischen Hinweis und Ziel in ein gemeinsames Objekt verbunden sind, erklärt werden (Objekt-Aktualisierungs-Hypothese). Diese Erklärung ist aus verschiedenen Gründen unwahrscheinlich. Zum einen wurden im Experiment Vorkehrungen getroffen, die nicht für Objekt-Aktualisierung sprechen: Es wurde ein Maskierungs-Bildschirm verwendet, damit die Merkmalsänderungen an allen vier Hinweisreiz-Positionen ähnlich waren, der zusätzlich aus weißen Maskierungs-Objekten bestand, da achromatische Farben weniger eine Objekt-Aktualisierung auslösen als chromatische Farben (Schoeberl et al., 2020). Zum anderen haben Analysen gezeigt, dass Objekt-Aktualisierung im vorliegenden Experiment unwahrscheinlich ist. Es gibt keine Unterschiede zwischen Validitätseffekten von Bedingungen ohne Farbänderung an der Position des Hinweisreizes und Validitätseffekten von Bedingungen mit Farbänderung (Forstinger & Ansorge, 2024). Das lässt vermuten, dass ein Merkmalswechsel zwischen dem Hinweisbildschirm und dem und des Ziel-Bildschirm keine signifikanten Kosten für die Aktualisierung des Objekts mit sich bringt woraus zu schließen ist, dass die inversen Validitätseffekte aus der Unterdrückung der Hinweisreizmerkmale resultieren.

## **Implikationen an zukünftige Forschung**

Mit dem durchgeführten Experiment konnte gezeigt werden, dass Personen in der Lage sind, flexibel zwischen den Suchaufgaben, beziehungsweise der Aufmerksamkeitserfassung und Unterdrückung wechseln zu können. Es bleibt die Frage offen, wie flexibel diese Unterdrückung ist und wie schnell sie ein- und ausgeschaltet werden kann.

Ein möglicher Versuchsaufbau zur Untersuchung der Flexibilität des Wechsels zwischen Aufmerksamkeitserfassung und Unterdrückung könnte durch eine Modifikation des durchgeführten visuellen Suchexperiments untersucht werden. Zunächst könnte die Dauer des Fixationspunkts vor der Anzeige der Anweisung (Quadrat oder Raute) von 700 ms auf beispielsweise 200 ms verkürzt werden. Dies zwingt die Versuchspersonen dazu, schneller auf die folgende Anweisung zu reagieren und den Wechsel zwischen den Suchaufgaben vorzubereiten. Die Anzeigedauer der Anweisung könnte ebenfalls verkürzt werden, zum Beispiel auf ebenfalls auf 200 ms. Dies erhöht den Druck auf die Versuchspersonen, schnell und präzise zu reagieren, während sie die Aufgabe wechseln, aber gibt ihnen dennoch genug Zeit, den Hinweis zu verarbeiten (Pashler, 2002).

Durch den vorgeschlagenen Versuchsaufbau unter Bedingungen mit verkürzten Zeitintervallen und erhöhtem Druck könnten potenzielle Einschränkungen in der Flexibilität der Aufmerksamkeitssteuerung aufgedeckt werden. Dies könnte es ermöglichen, festzustellen, wie flexibel die Versuchspersonen zwischen der Unterdrückung und der Erfassung von Aufmerksamkeit wechseln können und bei welcher Geschwindigkeit dieser Wechsel noch erfolgreich flexibel verläuft. Wenn die Versuchspersonen Schwierigkeiten haben, schnell und effektiv zwischen den Aufgaben zu wechseln, könnten das Hinweise darauf sein, dass die Flexibilität der Aufmerksamkeitssteuerung begrenzt ist und aufdecken, wo diese Grenzen liegen. Darüber hinaus könnten die Ergebnisse zeigen, ob und wie die Flexibilität der Versuchspersonen von verschiedenen Faktoren wie individuellen kognitiven Merkmalen beeinflusst wird.

Der Druck, schnell und präzise zu reagieren, kann dazu führen, dass die Versuchspersonen bei schnellen Wechseln zwischen den Aufgaben häufiger Fehler machen. Zu erwarten sind dann signifikante Unterschiede bei den genauigkeitsbasierten Validitätseffekten. Wenn die Flexibilität der Versuchspersonen bei sehr kurzen Zeitintervallen zwischen den Aufgabenwechseln eingeschränkt ist, sollten sie bei der positiven Suchaufgabe in validen Bedingungen mit relevanten Distraktoren signifikant weniger Fehler machen als in nicht-validen Durchgängen, da ihnen der Hinweisreiz nützlich für die Suche sein sollte. Bei der negativen Suchaufgabe sollten sie in validen Bedingungen mehr Fehler machen als in nicht-validen Bedingungen. Wenn wie angenommen die

Unterdrückung von allgemeinen Farb-Hinweismerkmalen eine effizientere Suchstrategie darstellt, sollte das wieder für relevante und nicht-relevante Hinweisreizmerkmale gelten. Diese Ergebnisse würden darauf hindeuten, dass die Flexibilität der Aufmerksamkeitssteuerung unter Zeitdruck oder in sehr kurzen Zeitintervallen eingeschränkt ist und daher die Suche fehleranfälliger ist.

Vielleicht sind einige Versuchspersonen besser in der Lage, flexibel zwischen den Aufgaben zu wechseln als andere. Das würde auf individuelle Unterschiede in kognitiven Fähigkeiten oder Strategien zurückzuführen sein und darauf hinweisen, dass die Flexibilität der Aufmerksamkeitssteuerung von verschiedenen individuellen Faktoren beeinflusst wird. Andere Ergebnisse deuten bereits darauf hin, dass interindividuelle Unterschiede in der Qualität des Arbeitsgedächtnisses vorhanden sind und eine entscheidende Rolle bei der Fähigkeit spielen, die Aufmerksamkeit von Distraktoren abzulenken (Chidharom, Zafarmand, & Carlisle, 2024), nicht aber, welche Rolle diese bei der Effizienz der Flexibilität des Wechsels zwischen den beiden Aufgaben spielen.

Dazu könnte man Interaktionseffekte zwischen den Validitätseffekten betrachten. Bisher wurden die individuellen Unterschiede der Versuchspersonen als zufällig angenommen. Zunächst könnte erneut ein lineares gemischtes Modell durchgeführt werden, das die Beziehung zwischen der Suchaufgabe und den Reaktionszeiten und Fehlererraten untersucht. Die Intercepts der Versuchspersonen beziehen sich dabei auf die individuellen Unterschiede zwischen ihnen. Das Modell kann dann erweitert werden, indem ein Interaktionsterm zwischen dem Moderator und der unabhängigen Variable (Versuchsbedingung) hinzugefügt wird. Eine Moderator-Analyse untersucht, ob die Beziehung zwischen den unabhängigen Variablen (Reaktionszeiten und Fehlerraten) und der abhängigen Variable (Versuchsbedingung) von einer anderen Variable (dem Moderator, also z. B. von kognitiven Fähigkeiten) abhängt. Wenn die Interaktionsterme signifikant sind, kann darauf geschlossen werden, dass die individuellen Unterschiede einen Effekt haben und welche das genau sind, also welcher Moderator einen signifikanten Effekt hat.

## Schlussfolgerung

Mit dem vorliegenden Experiment konnte gezeigt werden, dass Unterdrückung und Beachtung je nach dem Ziel der aktuellen Suche flexibel wechseln können und dass dasselbe aufgabenrelevante Merkmal durch Lenkung der Aufmerksamkeit flexibel beachtet und dann wieder unterdrückt werden kann. Dabei triggert das aufgabenrelevante Merkmal, welches das Ziel definiert, die Unterdrückung. Ob Aufmerksamkeitserfassung oder Unterdrückung ausgelöst wird, scheint letztendlich von der Bedeutung des Merkmals während der aktuellen Suchaufgabe abhängig zu sein (Forstinger & Ansorge, 2004). Der Wechsel zwischen beiden Prozessen ist auch in sehr kurzen Zeiträumen möglich. Es bleibt die Frage zum Ausmaß und der Limitation dieser Flexibilität offen.

Außerdem liefert das Experiment Evidenz dafür, dass negative Hinweisreizmerkmale im Arbeitsgedächtnis anders verarbeitet werden als positive Hinweisreizmerkmale. Dieser Schluss kann aus der Beobachtung gezogen werden, dass in der negativen Such-Bedingung sowohl aufgabenrelevante (rote) Hinweisreizmerkmale als auch aufgabenirrelevante (blaue) Hinweisreizmerkmale unterdrückt wurden. Negative Merkmale beeinflussen die Aufmerksamkeit also weniger merkmalsspezifisch und selektiv als positive Merkmale (Forstinger & Ansorge, 2023). Vermutlich halten wir vor und während der Suche eine Repräsentation des Merkmals in unserem Arbeitsgedächtnis fest, das flexibel je nach Art der Aufgabe Erfassung oder Unterdrückung desselben Merkmals auslösen kann (Forstinger & Ansorge, 2023).

## Appendix

### Literaturverzeichnis

Addleman, D. A. & Störmer, V. S. (2022). Distractor ignoring is as effective as target enhancement when incidentally learned but not when explicitly cued. *Attention, Perception & Psychophysics*, 85(3), 834–844.

<https://doi.org/10.3758/s13414-022-02588-y>

Ansorge, U., Kiss, M. & Eimer, M. (2009). Goal-driven attentional capture by invisible colors: Evidence from event-related potentials. *Psychonomic Bulletin & Review*, 16(4), 648–653.

<https://doi.org/10.3758/pbr.16.4.648>

Arita, J. T., Carlisle, N. & Woodman, G. F. (2012). Templates for rejection: Configuring attention to ignore task-irrelevant features. *Journal Of Experimental Psychology. Human Perception And Performance*, 38(3), 580–584.

<https://doi.org/10.1037/a0027885>

Beck, V., Luck, S. J. & Hollingworth, A. (2018). Whatever you do, don't look at the . . . : Evaluating guidance by an exclusionary attentional template. *Journal Of Experimental Psychology. Human Perception And Performance*, 44(4), 645–662.

<https://doi.org/10.1037/xhp0000485>

Benjamini, Y. & Yekutieli, D. (2001). The control of the false discovery rate in multiple testing under dependency. *Annals Of Statistics*, 29(4).

<https://doi.org/10.1214/aos/1013699998>

Berggren, N., Nako, R. & Eimer, M. (2020). Out with the old: New target templates impair the guidance of visual search by preexisting task goals. *Journal Of Experimental Psychology. General*, 149(6), 1156–1168.

<https://doi.org/10.1037/xge0000697>

- Carlisle, N. (2019). Flexibility in Attentional Control: Multiple Sources and Suppression. *PubMed*, 92(1), 103–113.  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30923477/>
- Carlisle, N. (2022). Negative and positive templates: Two forms of cued attentional control. *Attention, Perception & Psychophysics*, 85(3), 585–595.  
<https://link.springer.com/article/10.3758/s13414-022-02590-4>
- Carlisle, N. & Nitka, A. W. (2019). Location-based explanations do not account for active attentional suppression. *Visual Cognition*, 27(3–4), 305–316.  
<https://doi.org/10.1080/13506285.2018.1553222>
- Chang, S., Dube, B., Golomb, J. D. & Leber, A. B. (2023). Learned spatial suppression is not always proactive. *Journal Of Experimental Psychology. Human Perception And Performance*, 49(7), 1031–1041.  
<https://doi.org/10.1037/xhp0001133>
- Chidharom, M., Zafarmand, M., & Carlisle, N. B. (2024). Negative and positive attentional templates rely on similar visual working memory representations. *Department of Psychology, Lehigh University, Bethlehem, Pennsylvania, 18015, USA*.  
<https://www.researchgate.net/publication/378493299>
- Cong, S. H. & Kerzel, D. (2021). Allocation of resources in working memory: Theoretical and empirical implications for visual search. *Psychonomic Bulletin & Review*, 28(4), 1093–1111.  
<https://doi.org/10.3758/s13423-021-01881-5>
- Desimone, R. & Duncan, J. (1995). Neural mechanisms of selective visual attention. *Annual Review Of Neuroscience*, 18(1), 193–222.  
<https://doi.org/10.1146/annurev.ne.18.030195.001205>
- Egeth, H. E., Virzi, R. A. & Garbart, H. (1984). Searching for conjunctively defined targets. *Journal Of Experimental Psychology. Human Perception And Performance*, 10(1), 32–39.

<https://doi.org/10.1037/0096-1523.10.1.32>

Folk, C. L., Remington, R. W. & Johnston, J. C. (1992). Involuntary covert orienting is contingent on attentional control settings. *Journal Of Experimental Psychology. Human Perception And Performance*, 18(4), 1030–1044.

<https://doi.org/10.1037/0096-1523.18.4.1030>

Forstinger, M. & Ansorge, U. (2023). Evidence for top-down suppression of negative features in the target feature dimension. *Cognition*, 235, 105415.

<https://doi.org/10.1016/j.cognition.2023.105415>

Forstinger, M. & Ansorge, U. (2024). Top-down suppression of negative features applies flexibly contingent on visual search goals. *Attention, Perception & Psychophysics*.

<https://doi.org/10.3758/s13414-024-02882-x>

Forstinger, M., Grüner, M. & Ansorge, U. (2022). Unseeing the white bear: Negative search criteria guide visual attention through top-down suppression. *Journal Of Experimental Psychology. Human Perception And Performance*, 48(6), 613–638.

<https://doi.org/10.1037/xhp0001001>

Friedman, G., Johnson, L. H. & Williams, Z. (2018). Long-term visual memory and its role in learning suppression. *Frontiers in Psychology*, 9.

<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.01896>

Gaspar, J., Christie, G. J., Prime, D. J., Jolicœur, P. & McDonald, J. J. (2016). Inability to suppress salient distractors predicts low visual working memory capacity. *Proceedings Of The National Academy Of Sciences Of The United States Of America*, 113(13), 3693–3698.

<https://doi.org/10.1073/pnas.1523471113>

Gaspelin, N. & Luck, S. J. (2018). “Top-down” does not mean “voluntary”. *Journal Of Cognition*, 1(1). <https://doi.org/10.5334/joc.28>

Hauck, C., Ruthruff, E. & Lien, M. (2024). Proactive suppression is an implicit process that cannot be summoned on demand. *Journal Of Experimental Psychology. Human Perception And Performance*.

<https://doi.org/10.1037/xhp0001206>

Hedges, L. V. (1981). Distribution theory for glass's estimator of effect size and related estimators. *Journal Of Educational Statistics*, 6(2), 107–128.

<https://doi.org/10.3102/10769986006002107>

Huang, C., Donk, M. & Theeuwes, J. (2023). Attentional suppression is in place before display onset. *Attention, Perception & Psychophysics*, 85(4), 1012–1020. #

<https://doi.org/10.3758/s13414-023-02704-6>

Kaptein, N., Theeuwes, J. & Van der Heijden, A. H. C. (1995). Search for a conjunctively defined target can be selectively limited to a color-defined subset of elements. *Journal Of Experimental Psychology. Human Perception And Performance*, 21(5), 1053–1069.

<https://doi.org/10.1037/0096-1523.21.5.1053>

Kerzel, D. & Renaud, O. (2022). Does attentional suppression occur at the level of perception or decision-making? Evidence from Gaspelin et al.'s (2015) probe letter task. *Psychological Research*, 87(4), 1243–1255.

<https://doi.org/10.1007/s00426-022-01734-3>

Kim, S., Jeong, J. & Cho, Y. S. (2024). Proactive suppression is evident even if the probe-recognition assumption is not evident: Complementary relationship between proactive and reactive suppression. *Visual Cognition*, 1–14.

<https://doi.org/10.1080/13506285.2024.2343158>

Koo, T. K. & Li, M. Y. (2016). A Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation Coefficients for Reliability Research. *Journal Of Chiropractic Medicine*, 15(2), 155–163.

<https://doi.org/10.1016/j.jcm.2016.02.012>

- Liesefeld, H. R., Lamy, D., Gaspelin, N., Geng, J. J., Kerzel, D., Schall, J. D., Allen, H. A., Anderson, B. A., Boettcher, S., Busch, N. A., Carlisle, N., Colonius, H., Draschkow, D., Egeth, H. E., Leber, A. B., Müller, H. J., Röer, J. P., Schubö, A., Slagter, H. A., . . . Wolfe, J. M. (2024). Terms of debate: Consensus definitions to guide the scientific discourse on visual distraction. *Attention, Perception & Psychophysics*.  
<https://doi.org/10.3758/s13414-023-02820-3>
- Linear Mixed-Effects Models: Basic Concepts and Examples. (2000). In *Statistics and computing/ Statistics and computing* (S. 3–56).  
[https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0318-1\\_1](https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0318-1_1)
- Ma, W. J., Husain, M. & Bays, P. M. (2014). Changing concepts of working memory. *Nature Neuroscience*, 17(3), 347–356.  
<https://doi.org/10.1038/nn.3655>
- Ma, X. & Abrams, R. A. (2023). Feature-blind attentional suppression of salient distractors. *Attention, Perception & Psychophysics*, 85(5), 1409–1424.  
<https://doi.org/10.3758/s13414-023-02712-6>
- Moher, J. & Egeth, H. E. (2012). The ignoring paradox: Cueing distractor features leads first to selection, then to inhibition of to-be-ignored items. *Attention, Perception & Psychophysics*, 74(8), 1590–1605.  
<https://doi.org/10.3758/s13414-012-0358-0>
- Narhi-Martinez, W., Dube, B., Chen, J., Leber, A. B. & Golomb, J. D. (2023). Suppression of a salient distractor protects the processing of target features. *Psychonomic Bulletin & Review*, 31(1), 223–233.  
<https://doi.org/10.3758/s13423-023-02339-6>
- Neisser, U. (1976). 1967 Cognitive psychology. *New York: Appleton-Century-Crofts*.

- Noonan, M. P., Adamian, N., Pike, A. C., Printzlau, F., Crittenden, B. M. & Stokes, M. G. (2016). Distinct Mechanisms for Distractor Suppression and Target Facilitation. *Journal Of Neuroscience*, 36(6), 1797–1807.  
<https://doi.org/10.1523/jneurosci.2133-15.2016>
- Oxner, M., Martinović, J., Forschack, N., Lempe, R., Gundlach, C. & Müller, M. (2023). Global enhancement of target color—not proactive suppression—explains attentional deployment during visual search. *Journal Of Experimental Psychology: General*, 152(6), 1705–1722.  
<https://doi.org/10.1037/xge0001350>
- Pashler, H. (2002). Stevens' Handbook of Experimental Psychology. *Wiley eBooks*.  
<https://doi.org/10.1002/0471214426>
- Rajsic, J., Carlisle, N. & Woodman, G. F. (2020). What not to look for: Electrophysiological evidence that searchers prefer positive templates. *Neuropsychologia*, 140, 107376.  
<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2020.107376>
- Rosen, V. M. & Engle, R. W. (1998). Working memory capacity and suppression. *Journal Of Memory And Language*, 39(3), 418–436.  
<https://doi.org/10.1006/jmla.1998.2590>
- Sawaki, R. & Luck, S. J. (2010). Capture versus suppression of attention by salient singletons: Electrophysiological evidence for an automatic attend-to-me signal. *Attention, Perception & Psychophysics*, 72(6), 1455–1470.  
<https://doi.org/10.3758/app.72.6.1455>
- Schoeberl, T., Goller, F. & Ansorge, U. (2020). The influence of display-to-display feature changes on net cueing effects: Evidence for a contribution of object-file updating. *Quarterly Journal Of Experimental Psychology*, 73(6), 908–919.  
<https://doi.org/10.1177/1747021820901938>

- Seitz, A. R. & Watanabe, T. (2009). The phenomenon of task-irrelevant perceptual learning. *Vision Research*, 49(21), 2604–2610.  
<https://doi.org/10.1016/j.visres.2009.08.003>
- Treisman, A. & Gelade, G. A. (1980). A feature-integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, 12(1), 97–136.  
[https://doi.org/10.1016/0010-0285\(80\)90005-5](https://doi.org/10.1016/0010-0285(80)90005-5)
- Treisman, A. & Sato, S. (1990). Conjunction search revisited. *Journal Of Experimental Psychology. Human Perception And Performance*, 16(3), 459–478.  
<https://doi.org/10.1037/0096-1523.16.3.459>
- Tsushima, Y., Seitz, A. R. & Watanabe, T. (2008). Task-irrelevant learning occurs only when the irrelevant feature is weak. *CB/Current Biology*, 18(12), R516–R517.  
<https://doi.org/10.1016/j.cub.2008.04.029>
- Vogel, E. K. & Awh, E. (2008). How to exploit diversity for scientific gain. *Current Directions in Psychological Science*, 17(2), 171–176.  
<https://doi.org/10.1111/j.1467-8721.2008.00569.x>
- Williams, R., Pratt, J. & Ferber, S. (2020). Directed avoidance and its effect on visual working memory. *Cognition*, 201, 104277.  
<https://doi.org/10.1016/j.cognition.2020.104277>
- Wolfe, J. M. (2020). Visual Search: How do we find what we are looking for? *Annual Review Of Vision Science*, 6(1), 539–562.  
<https://doi.org/10.1146/annurev-vision-091718-015048>
- Wolfe, J. M. (1994). Guided Search 2.0 A revised model of visual search. *Psychonomic Bulletin & Review*, 1(2), 202–238.  
<https://doi.org/10.3758/bf03200774>

- Wolfe, J. M., Horowitz, T. S., Kenner, N. M., Hyle, M. & Vasan, N. (2004). How fast can you change your mind? The speed of top-down guidance in visual search. *Vision Research*, 44(12), 1411–1426.  
<https://doi.org/10.1016/j.visres.2003.11.024>
- Wolfe, J. M., Cave, K. R. & Franzel, S. L. (1989). Guided search: An alternative to the feature integration model for visual search. *Journal Of Experimental Psychology. Human Perception And Performance*, 15(3), 419–433.  
<https://doi.org/10.1037/0096-1523.15.3.419>
- Woodman, G. F., Carlisle, N. & Reinhart, R. M. G. (2013). Where do we store the memory representations that guide attention? *Journal Of Vision*, 13(3), 1.  
<https://doi.org/10.1167/13.3.1>
- Woodman, G. F. & Chun, M. M. (2006). The role of working memory and long-term memory in visual search. *Visual Cognition*, 14(4–8), 808–830.  
<https://doi.org/10.1080/13506280500197397>
- Woodman, G. F. & Luck, S. J. (2007). Do the contents of visual working memory automatically influence attentional selection during visual search? *Journal Of Experimental Psychology. Human Perception And Performance*, 33(2), 363–377.  
<https://doi.org/10.1037/0096-1523.33.2.363>
- Zafeirelli, S. & Kavrouidakis, D. (2024). Comparison of outlier detection approaches in a Smart Cities sensor data context. *International Journal On Smart Sensing And Intelligent Systems*, 17(1).  
<https://doi.org/10.2478/ijssis-2024-0004>
- Zohary, E. & Hochstein, S. (1989). How serial is serial processing in vision? *Perception*, 18(2), 191–200.  
<https://doi.org/10.1068/p180191>

## Abbildungen

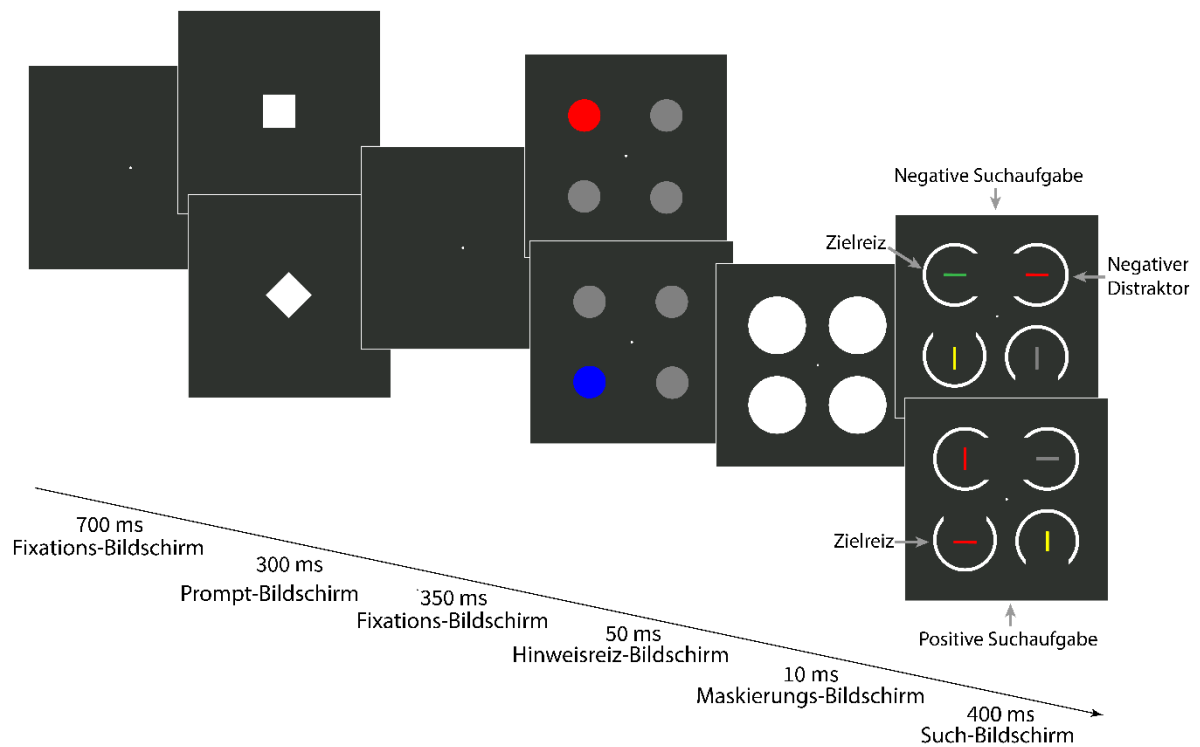


Abbildung 1. Versuchsablauf.

Zu Beginn jedes Durchgangs wurde eine Anweisung in der Bildschirmmitte angezeigt, die die Versuchspersonen über die Suchaufgabe im aktuellen Durchgang informierte. Jede Suchaufgabe wurde einer Form zugeordnet (Quadrat vs. Raute). Der Hinweisreiz (Rot vs. Blau) war entweder an derselben Position (valide Bedingung) oder an einer anderen Position (nicht-valide Bedingung) wie der Zielreiz positioniert. In der positiven Suchaufgabe war das Ziel eine rote horizontale Linie (unterer Bildschirm), in der negativen Suchaufgabe war das Ziel eine nicht-rote horizontale Linie (oberer Bildschirm, in diesem Beispiel grün). In beiden Suchaufgaben mussten die Versuchspersonen die Position der Lücke im weißen Ring um den Zielreiz auf dem Such-Bildschirm mithilfe einer Computertastatur angeben (oben, unten, links oder rechts).

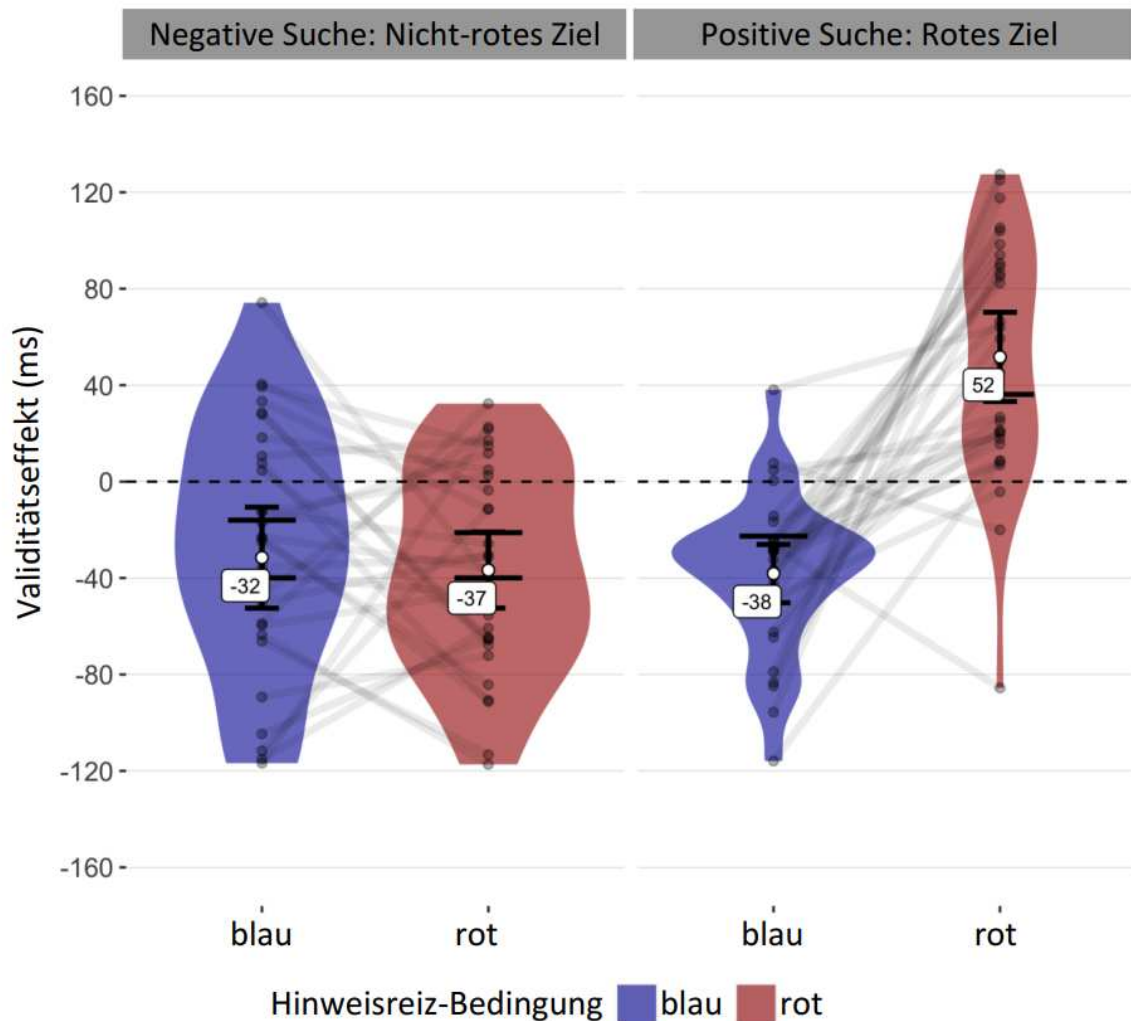


Abbildung 2. Validitätseffekte.

Die Grafik zeigt die Validitätseffekte in Form von Violinen-Plots. Diese bieten Einblicke in die Verteilung der Daten und werden durch semitransparente Punkte für die individuellen Validitätseffekte ergänzt. Die Violinen-Plots sind in den Farben der jeweiligen Hinweisreiz-Bedingung dargestellt. Die Breite der Plots gibt die Dichte der Validitätseffekte an, wobei breitere Abschnitte auf eine höhere Dichte von Datenpunkten hinweisen. Die kurzen schwarzen vertikalen Linien repräsentieren die 95%-Konfidenzintervalle für den einseitigen t-Test gegen null ms. Ein signifikanter Unterschied im Validitätseffekt zwischen den Hinweisreizbedingungen liegt vor, wenn sich die langen Linien nicht überlappen. Die halbtransparenten Linien, die die Werte jeder Versuchsperson über verschiedene Hinweisreizbedingungen innerhalb der Suchaufgaben verbinden, bieten zusätzliche Einblicke in die individuellen Unterschiede. Durch den Vergleich der Konfidenzintervalle und der Überlappung der langen Fehlerbalken zwischen den Bedingungen können signifikante Unterschiede in den Validitätseffekten identifiziert werden.

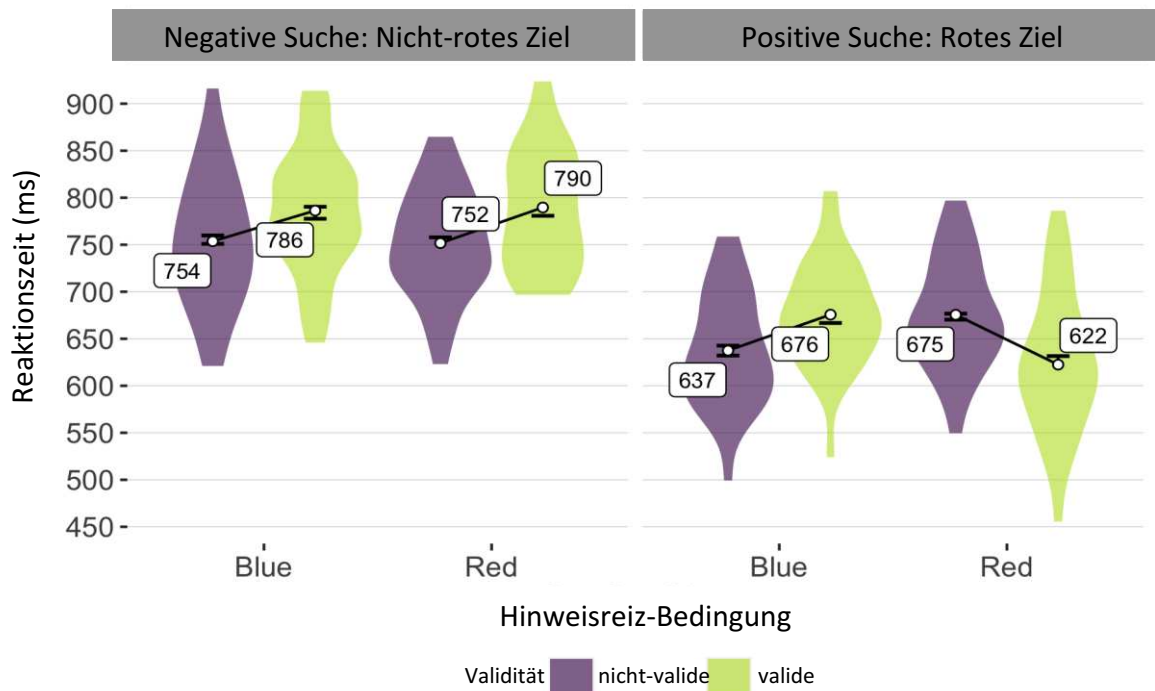


Abbildung 3. Reaktionszeiten.

Die Reaktionszeiten der Versuchspersonen in Abhängigkeit von der Hinweisbedingung (rot vs. blau), der Validität (valide vs. nicht-valide) und der Suchaufgabe (positiv vs. negativ). Die kurzen schwarzen horizontalen Linien stellen die 95%-Konfidenzintervalle für die durchschnittlichen Vergleiche zwischen allen dargestellten Bedingungen dar. Der Fehlerunterschied zwischen den Bedingungen ist signifikant, wenn sich die Linien nicht überschneiden. Bei der positiven Suchaufgabe sind in Durchgängen mit relevanten Hinweisreizmerkmalen die Reaktionszeiten in validen Durchgängen schneller als in nicht-validen Durchgängen. Bei der negativen Suchaufgabe sind in Durchgängen mit relevanten Merkmalen die Reaktionszeiten in validen Durchgängen langsamer als in nicht-validen Durchgängen. In beiden Suchaufgaben sind die Reaktionszeiten in Durchgängen mit nicht-relevanten Hinweisreizen bei nicht-validen Durchgängen die Reaktionszeiten langsamer als in validen Durchgängen.

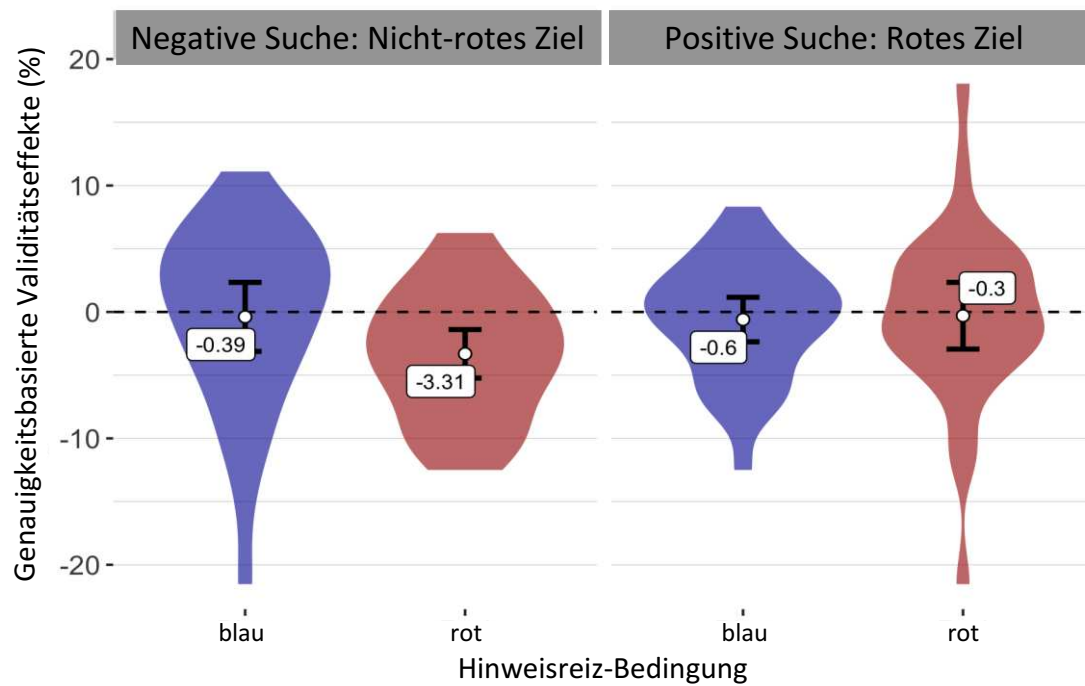


Abbildung 4. Genauigkeitsbasierte Validitätseffekte.

Die Violinen-Plots veranschaulichen die Verteilungen der individuellen genauigkeitsbasierten Validitätseffekte für die jeweilige Versuchsaufgabe (positiv vs. negativ) und Hinweisbedingung (rot vs. blau).

## **Zusammenfassung**

In der vorliegenden Arbeit wird untersucht, ob Merkmale, die als negatives Suchkriterium verwendet werden, auch dann zielgerichtet unterdrückt werden können, wenn dieselben Merkmale zufällig abwechselnd auch als positives Suchkriterium verwendet werden müssen. Die Fragestellung bezieht sich auf die Flexibilität von zielgerichteter Aufmerksamkeitslenkung durch Unterdrückung und Aufmerksamkeitserfassung. In einem Experiment wurde getestet, ob dasselbe aufgabenrelevante Merkmal durch Lenkung der Aufmerksamkeit flexibel beachtet oder unterdrückt werden kann, je nach seiner aktuellen Bedeutung während einer visuellen Suche. Dazu wurden positive und negative Suchaufgaben verwendet. In der positiven Such-Bedingung musste der Zielreiz unter irrelevanten Distraktoren anhand von Merkmalen gesucht werden, die nur im Zielreiz realisiert wurden (z. B. die Suche nach roten Zielreizen). In der negativen Such-Bedingung musste der Zielreiz unter irrelevanten Distraktoren anhand eines negativen Suchkriteriums gefunden werden (das am Zielreiz fehlte, z. B. die Suche nach nicht-roten Zielreizen). Die positive Such-Bedingung erfordert also die Beachtung desselben Merkmals (der Farbe Rot), das in der negativen Such-Bedingung unterdrückt werden musste, um den Zielreiz zu finden. In beiden Such-Bedingungen wurden vor dem Zielreiz-Bildschirm eine Hinweisreiz-Anzeige gezeigt. Diese waren auf dem Bildschirm entweder an derselben Stelle wie der Zielreiz oder an einer anderen Stelle platziert. Sie waren entweder rot (relevantes Hinweisreizmerkmal) oder blau (nicht-relevantes Hinweisreizmerkmal). Die passenden Hinweisreize waren mit demselben Merkmal (der Farbe Rot) ausgestattet, das in beiden Suchaufgaben verwendet wurde, um das Ziel zu finden. In der positiven Suchaufgabe waren die roten Hinweisreize passend zum positiven Suchkriterium, in der negativen Suchaufgabe waren sie passend zum negativen Suchkriterium. Es wurde in der positiven Suchaufgabe ein signifikanter Validitätseffekt für rote Hinweisreize gefunden. Die Versuchspersonen konnten in dieser Bedingung schneller antworten, wenn der Durchgang valide war, also sich der Hinweisreiz an derselben Position wie die rote horizontale Linie befand. In der negativen Suchaufgabe wurde für rote Hinweisreize ein inverser Validitätseffekt gefunden. Die Versuchspersonen antworteten langsamer, wenn der Durchgang valide war, also sich der Hinweisreiz und die nicht-rote horizontale Linie an derselben Position befanden. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Versuchspersonen in der Lage waren die Aufmerksamkeit auf die ausgeschlossene Farbe (Rot) zielgerichtet zu unterdrücken. Außerdem, dass je nach funktioneller Bedeutung eines aufgabenrelevanten Merkmals bei der visuellen Suche flexibel Unterdrückung oder Aufmerksamkeitserfassung ausgelöst wurde.

## **Abstract**

The present study investigates whether features that are used as negative search criteria can also be purposefully suppressed if the same features must also be used alternately as positive search criteria. The question relates to the flexibility of goal-directed attention control through suppression and attention capture. An experiment was conducted to test whether the same task-relevant feature can be flexibly attended to or suppressed by directing attention, depending on its current importance during a visual search. Positive and negative search tasks were used for this purpose. In the positive search condition, the target stimulus had to be searched for among irrelevant distractors using features that were only realized in the target stimulus (e.g., the search for red target stimuli). In the negative search condition, the target stimulus had to be found among irrelevant distractors on the basis of a negative search criterion (which was missing in the target stimulus, e.g., the search for non-red target stimuli). The positive search condition therefore requires attention to the same feature (the color red) that had to be suppressed in the negative search condition in order to find the target stimulus. In both search conditions, a cue stimulus display was shown in front of the target stimulus screen. These were placed on the screen either in the same position as the target stimulus or in a different position. They were either red (relevant cue stimulus feature) or blue (non-relevant cue stimulus feature). The matching cue stimuli were equipped with the same feature (the color red) that was used in both search tasks to find the target. In the positive search task, the red cues matched the positive search criterion; in the negative search task, they matched the negative search criterion. A significant validity effect was found for red cues in the positive search task. In this condition, the test subjects were able to answer more quickly if the passage was valid, i.e. if the cue stimulus was in the same position as the red horizontal line. In the negative search task, an inverse validity effect was found for red cues. The test subjects responded more slowly when the passage was valid, i.e. when the cue stimulus and the non-red horizontal line were in the same position. The results indicate that the subjects were able to purposefully suppress attention to the excluded color (red). Furthermore, depending on the functional significance of a task-relevant feature during the visual search, flexible suppression or attention capture was triggered.