

Der Einfluss emotionaler Faktoren auf die Störwirkung auditiver Distraktoren: Implikationen für theoretische Modelle der auditiven Ablenkung

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades
der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

vorgelegt von

Saskia Kaiser
aus Wuppertal

Düsseldorf, Mai 2022

aus dem Institut für Experimentelle Psychologie
der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

Gedruckt mit der Genehmigung der
Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der
Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

Berichterstatter:

1. PD Dr. Raoul Bell
2. Prof. Dr. Axel Buchner

Tag der mündlichen Prüfung: 12.07.2022

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	4
Abstract	5
Einleitung	6
Einfluss experimentell induzierter Stimmungen auf die Ablenkung durch auditive Distraktoren	11
Experiment 1a	15
Experiment 1b	18
Experiment 2a	21
Experiment 2b	24
Kombinierte Analyse der Experimente 1a, 1b, 2a und 2b	26
Diskussion der Experimente 1a, 1b, 2a und 2b	27
Einfluss emotionaler Zielreize auf die Ablenkung durch auditive Distraktoren	30
Experiment 3	32
Experiment 4	35
Diskussion der Experimente 3 und 4	37
Allgemeine Diskussion	39
Literatur	45
Einzelarbeiten	57
Erklärung über den Eigenanteil an den in der Dissertation enthaltenen Einzelarbeiten	109
Erklärung an Eides Statt	110

Zusammenfassung

Die Störung des visuellen Kurzzeitgedächtnisses durch Aufgaben-irrelevante Geräusche ist ein bekanntes Phänomen. In der vorliegenden Dissertation wurde der Einfluss von emotionalen Faktoren auf die auditive Ablenkung im Rahmen von sechs Experimenten untersucht, da theoretische Modelle der auditiven Ablenkung in ihren Vorhersagen zum potenziellen Einfluss von emotionalen Faktoren divergieren. Laut dem Attentional-Trade-Off-Ansatz hängt auditive Ablenkung vom Fokus der Aufmerksamkeit auf die Primäraufgabe ab. Folglich sollte auditive Ablenkung durch emotionale Faktoren, die sich auf den Aufmerksamkeitsfokus auswirken, beeinflusst werden. Das Automatic-Capture-Modell hingegen definiert auditive Ablenkung als primär reizgetriebenen Prozess durch die automatische Verarbeitung des auditiven Inputs. Folglich sollte die auditive Ablenkung von emotionalen Faktoren unbeeinflusst bleiben. Die Vorhersagen des Duplex-Modells fokussieren auf den Devianz- und den Changing-State-Effekt. Verglichen mit repetitiven Sequenzen (Steady-State-Sequenzen) beschreibt der Devianz-Effekt die größere Störwirkung von Sequenzen mit einem abweichenden (devianten) Distraktor und der Changing-State-Effekt beschreibt die größere Störwirkung von wechselnden Distraktoren. Der Devianz-Effekt soll dabei durch Aufmerksamkeitsablenkung verursacht werden und der Changing-State-Effekt soll durch automatische Interferenz verursacht werden. Dementsprechend sollte der Devianz-Effekt, nicht jedoch der Changing-State-Effekt, durch emotionale Faktoren beeinflusst werden. In den Experimenten 1a bis 2b wurde untersucht, ob positive und negative Stimmungen den Devianz- und den Changing-State-Effekt in einer seriellen Reproduktionsaufgabe beeinflussen. Trotz erfolgreicher Stimmungsinduktionen beeinflussten weder positive noch negative Stimmungen die serielle Reproduktionsleistung und die auditive Ablenkung. Ergänzend dazu wurde in den Experimenten 3 und 4 überprüft, ob negative Zielreize die auditive Ablenkung in einer seriellen Rekonstruktionsaufgabe beeinflussen. Experiment 3 fokussiert erneut auf den Devianz- und den Changing-State-Effekt. Experiment 4 ergänzt die vorigen fünf Experimente durch die Hinzunahme einer Ruhebedingung. Obwohl negative Zielreize stets besser erinnert wurden als neutrale Zielreize, hatte die Zielreiz-Emotion keinen Einfluss auf die auditive Ablenkung. Insgesamt stützen die Ergebnisse somit die Vorhersagen des Automatic-Capture-Modells und sprechen gegen die Vorhersagen des Attentional-Trade-Off-Ansatzes (Experimente 1a bis 4) und des Duplex-Modells (Experimente 1a bis 3).

Abstract

It is well established that auditory distractors disrupt visual short-term memory for serial information. In the present thesis, six experiments were conducted to investigate the influence of emotional factors on auditory distraction, because theoretical models of auditory distraction differ in their predictions, whether and, if so, how emotional factors influence auditory distraction. For instance, the attentional-trade-off view defines auditory distraction as a trade-off between the deployment of attention to the visual primary task and the allocation of attention to the task-irrelevant auditory channel. Hence, auditory distraction should be influenced by emotional factors that determine how closely attention is focused on the primary task. The automatic-capture account, however, defines auditory distraction as a primarily stimulus-driven process rooted in the automatic processing of the auditory input. Hence, auditory distraction should not be affected by emotional factors. The predictions of the duplex-mechanism account focus on the auditory-deviant effect and the changing-state effect. The auditory-deviant effect describes the stronger disruptive effect of sequences containing a single deviating stimulus and the changing-state effect describes the stronger disruptive effect of changing-state sequences compared to repetitive steady-state sequences. While the auditory-deviant effect is ascribed to attentional diversion and should be influenced by emotional factors, the changing-state effect is thought to be obligatory and rooted in interference-by-process and should, hence, be unaffected by emotional factors. Experiments 1a, 1b, 2a and 2b served to test whether positive and negative mood states modulate the auditory-deviant effect and the changing-state effect in a serial-recall task. Although the desired changes in mood were successfully produced, neither positive nor negative mood affected serial-recall performance or auditory distraction. In addition, Experiments 3 and 4 served to test whether auditory distraction in a serial-order reconstruction task is modulated by negative target emotion. Experiment 3 again examined the auditory-deviant effect and the changing-state effect. Experiment 4 complements the previous experiments by including a quiet condition. Although negative targets were consistently better remembered than neutral targets, there was no influence of target emotion on auditory distraction. Consequently, the results provide evidence supporting the automatic-capture account and are not in line with the predictions of the attentional-trade-off view (Experiments 1a to 4) and the duplex-mechanism account (Experiments 1a to 3).

Einleitung

Es ist ein gut bekanntes und robust replizierbares Phänomen, dass Aufgaben-irrelevante Hintergrundgeräusche (Distraktoren) die Leistung in visuellen Aufgaben beeinträchtigen. Die Beeinträchtigung des Gedächtnisses für visuell präsentierte serielle Informationen durch auditive Distraktoren wird dabei als Irrelevant-Sound-Effekt bezeichnet (für einen Überblick siehe Banbury et al., 2001; Ellermeier & Zimmer, 2014). Es wird jedoch auch argumentiert, dass diese Form der auditiven Ablenkung sich nicht ausschließlich nachteilig auf die Leistung in einer visuellen Primäraufgabe auswirkt, sondern zudem einer wichtigen adaptiven Funktion dient, indem auditive Signale wie beispielsweise Alarme oder Sprache auf Relevanz hin geprüft werden, auch wenn sie für die aktuelle Aufgabe nicht relevant sind. Diese Überprüfung ist notwendig um zu bestimmen, ob Reize außerhalb des Aufmerksamkeitsfokus relevant für übergeordnete Ziele, wie beispielsweise das Überleben, sind (Berti & Schröger, 2003; Cowan, 1995; Escera et al., 2000).

Ein gut etabliertes Paradigma zur Untersuchung dieser Art der modalitätenübergreifenden auditiven Ablenkung ist das Paradigma der seriellen Reproduktion (Colle & Welsh, 1976; Jones & Macken, 1993; Salamé & Baddeley, 1982). Im Rahmen einer typischen seriellen Reproduktionsaufgabe werden den Teilnehmenden sequenziell Listen von visuellen Zielreizen präsentiert, mit der Instruktion sich auf diese zu fokussieren und sich diese einzuprägen. Unmittelbar nach der Präsentation der Zielreiz-Sequenz oder einem kurzen Behaltensintervall haben die Teilnehmenden die Aufgabe, die Zielreiz-Sequenz schriftlich zu reproduzieren. Während der Präsentation der Zielreiz-Sequenz werden zusätzlich Aufgaben-irrelevante Stimuli auditiv präsentiert, welche von den Teilnehmenden jedoch ignoriert werden sollen. Anstelle der klassischen seriellen Reproduktionsaufgabe kommen auch weitere Experimentalaufgaben zum Einsatz, welche auf der Verarbeitung der Reihenfolge der Zielreize basieren. Ein Beispiel sind Aufgaben, bei denen die serielle Reihenfolge der Zielreize rekonstruiert werden muss (z. B. Bell et al., 2013; Klatte et al., 2010; Weisz & Schlittmeier, 2006). Diese seriellen Rekonstruktionsaufgaben sind sehr ähnlich zur seriellen Reproduktionsaufgabe, mit dem Unterschied, dass die Zielreize bei der Abfrage erneut präsentiert werden und in die korrekte Reihenfolge gebracht werden müssen. Die Ergebnisse von Studien, die serielle Reproduktions- und Rekonstruktionsaufgaben nutzen, sind parallel und es besteht Konsens darüber, dass das Ausmaß der auditiven Ablenkung von der Variabilität der zu

ignorierenden auditiven Information abhängig ist (also z. B. das Ausmaß in dem sich die Distraktoren der Distraktor-Sequenz voneinander unterscheiden; Ellermeier & Zimmer, 2014). Aus diesem Grund werden das serielle Reproduktionsparadigma und das serielle Rekonstruktionsparadigma im Rahmen der vorliegenden Dissertation als synonym betrachtet.

In der Literatur sind verschiedene Erklärungsansätze mit Fokus auf die modalitätenübergreifende auditive Ablenkung vertreten. Zum einen wird nach dem Attentional-Trade-Off-Ansatz – wie beispielsweise dem Task-Engagement/Distraction Trade-Off Modell (TEDTOFF-Modell; Sörqvist & Rönnerberg, 2014) – davon ausgegangen, dass die auditive Ablenkung von der Verteilung der Aufmerksamkeitsressourcen auf die Primäraufgabe und die Aufgaben-irrelevante Modalität abhängt (Halin et al., 2014; Mahajan et al., 2020; Sörqvist & Rönnerberg, 2014). Dabei sollte die auditive Ablenkung abnehmen, je stärker die Aufmerksamkeit auf die Primäraufgabe fokussiert wird. Einen alternativen Erklärungsansatz bietet das Automatic-Capture-Modell (Bell et al., 2021), nach welchem angenommen wird, dass Aufmerksamkeit in einem primär reizgetriebenen Prozess durch die Distraktoren auf sich gezogen wird. Somit wird auditive Ablenkung als die Folge einer automatischen Verarbeitung des auditiven Inputs definiert. Im Detail wird angenommen, dass die automatische Detektion von Veränderungen und unerwarteten Ereignissen im auditiven Kanal unabhängig vom Fokus auf die Primäraufgabe Verarbeitungsressourcen in Anspruch nimmt (Bell et al., 2021; Körner et al., 2017; Röer et al., 2017a).

Einen dritten und in der Literatur weit verbreiteten Erklärungsansatz bietet das Duplex-Modell (Hughes, 2014; Hughes et al., 2013; Hughes et al., 2007). Nach dem Duplex-Modell wird davon ausgegangen, dass die Entstehung auditiver Ablenkung davon abhängig ist, welche Art von Distraktoren ignoriert werden muss. Dabei werden die beiden Mechanismen automatische Interferenz und Aufmerksamkeitsablenkung zur Entstehung auditiver Ablenkung unterschieden, welche im Rahmen des Duplex-Modells üblicherweise mithilfe von drei Arten von Distraktor-Sequenzen mit unterschiedlichem Ausmaß an Stimulus-Variabilität untersucht werden. Steady-State-Sequenzen bestehen aus einem einzelnen Distraktor, welcher wiederholt präsentiert wird (z. B. A A A A A A A A; Hughes, 2014). Devianz-Sequenzen sind identisch zu Steady-State-Sequenzen mit dem Unterschied, dass einer der Distraktor-Reize von der restlichen Sequenz abweicht. Diese Abweichung kann beispielsweise in Form eines abweichenden Items (z. B. A A A A A D A A; Hughes, 2014), eines abweichenden

Inter-Stimulus-Intervalls (Hughes et al., 2005) oder der Präsentation eines Items in einer abweichenden Stimme (Hughes et al., 2007) erfolgen. Changing-State-Sequenzen hingegen bestehen aus Distraktor-Reizen, welche sich voneinander unterscheiden (z. B. H D B A C E G F; Hughes, 2014). Auf Basis dieser drei Distraktor-Sequenzen werden zwei typische Ablenkungseffekte – der Devianz-Effekt und der Changing-State-Effekt – definiert, welche als Subkomponenten des Irrelevant-Sound-Effekts angesehen werden können und als Benchmark-Effekte der Arbeitsgedächtnisforschung eingestuft werden (Oberauer et al., 2018). Der Devianz-Effekt (Bell, Mieth, et al., 2019; Hughes et al., 2005; Vachon et al., 2017) beruht auf der Beobachtung, dass Devianz-Sequenzen die Leistung in einer seriellen Reproduktionsaufgabe stärker beeinträchtigen als Steady-State-Sequenzen. Hingegen wird die größere Störwirkung von Changing-State-Sequenzen verglichen mit Steady-State-Sequenzen als Changing-State-Effekt definiert (Campbell et al., 2002; Jones et al., 1993). Auditive Ablenkung in Form des Devianz-Effekts und des Changing-State-Effekts konnte bereits für eine große Bandbreite an sprachlichem Distraktor-Material – wie Ziffern, Buchstaben, einsilbige Wörter oder gesprochene Sätze – (Bell et al., 2013; Bell et al., 2017; Campbell et al., 2002; Hughes & Marsh, 2020; Hughes et al., 2005; Körner et al., 2017; LeCompte et al., 1997; Röer et al., 2011; Röer, Bell, Marsh, et al., 2015; Tremblay & Jones, 1999) und nicht-sprachlichem Material – wie Melodien oder Tonsequenzen – (Bell, Röer, et al., 2019b; Jones & Macken, 1993; Kattner & Bryce, 2022; Schlittmeier et al., 2008) nachgewiesen werden.

Obwohl der Devianz-Effekt und der Changing-State-Effekt auf den ersten Blick sehr ähnlich erscheinen, werden dem Duplex-Modell zufolge zwei grundlegend verschiedene Entstehungsursachen für die beiden Ablenkungseffekte angenommen. Der Devianz-Effekt entsteht nach dem Duplex-Modell aufgrund von Aufmerksamkeitsablenkung. Es wird angenommen, dass der deviante Distraktor die Erwartung verletzt, die durch den zuvor wiederholten einzelnen Distraktor aufgebaut wurde. Infolge der Erwartungsverletzung wird die Aufmerksamkeit von den Zielreizen weg auf den devianten Distraktor gelenkt. Diese Aufmerksamkeitsablenkung wird im Rahmen des Duplex-Modells als abhängig vom globalen Aufmerksamkeitszustand und dem Ausmaß der kognitiven Kontrolle definiert. Dieser Annahme folgend ist der Devianz-Effekt von Zuständen abhängig, welche die Verteilung der Aufmerksamkeit auf die serielle Reproduktionsaufgabe und die Aufgaben-irrelevanten auditiven Reize beeinflussen. Dazu zählen beispielsweise emotional-motivationale Zustände

(Hughes, 2014). Hingegen wird postuliert, dass der Changing-State-Effekt aufgrund von automatischer Interferenz entsteht. Sobald Unterschiede zwischen den aufeinander folgend präsentierten Distraktoren identifiziert werden, wird automatisch die Reihenfolge der auditiven Distraktoren verarbeitet. Diese automatische Verarbeitung der Reihenfolge-Information der Distraktoren interferiert mit der willentlichen Verarbeitung der Reihenfolge-Information der zu erinnernden visuellen Zielreize und stört so die Reproduktion der Zielreize. Da Steady-State-Sequenzen durch einen einzelnen, wiederholt präsentierten Distraktor gebildet werden, entfällt die Detektion von Unterschieden zwischen den Distraktoren und es wird keine Reihenfolge-Information der Distraktor-Sequenz erfasst. Folglich entsteht die automatische Interferenz lediglich für Changing-State-Sequenzen, nicht jedoch für Steady-State-Sequenzen. Da dem Duplex-Modell zufolge die Verarbeitung der Reihenfolge-Information der Changing-State-Sequenz obligatorisch ist, wird angenommen, dass der Changing-State-Effekt unabhängig von der Modulation der Aufmerksamkeit und der kognitiven Kontrolle ist. Bei der Untersuchung des Devianz-Effekts und des Changing-State-Effekts wird die Steady-State-Bedingung als Kontrollbedingung betrachtet (Hughes et al., 2013; Hughes et al., 2007; Körner et al., 2017; Vachon et al., 2017). Die ursprüngliche Annahme, dass Steady-State-Sequenzen über eine geringe bis nicht-existente Störwirkung verfügen (Hughes, 2014; Jones & Macken, 1993), ist jedoch nicht mehr haltbar. Aktuelle Befunde weisen darauf hin, dass auch Steady-State-Sequenzen über eine nennenswerte Störwirkung im Vergleich zu Stille verfügen (Bell, Röer, et al., 2019a). Somit bilden der Devianz-Effekt und der Changing-State-Effekt nur einen Teil der auditiven Ablenkung ab, welche im Vergleich zu einer Ruhebedingung besteht.

Um die Aussagekraft der drei Erklärungsansätze zur auditiven Ablenkung zu vergleichen, ist es notwendig insbesondere diejenigen Aspekte zu überprüfen, in denen sich die Vorhersagen der jeweiligen Modelle unterscheiden. Der Attentional-Trade-Off-Ansatz (Halin et al., 2014; Mahajan et al., 2020; Sörqvist & Rönnerberg, 2014), das Automatic-Capture-Modell (Bell et al., 2021; Körner et al., 2017; Röer et al., 2017a) und das Duplex-Modell (Hughes, 2014; Hughes et al., 2013; Hughes et al., 2007) unterscheiden sich in der Annahme darüber inwiefern auditive Ablenkung der kognitiven Kontrolle unterliegt. Zu den Faktoren, welche das Ausmaß der kognitiven Kontrolle und Aufmerksamkeitsverteilung beeinflussen,

zählen unter anderem emotional-motivationale Faktoren, wie beispielsweise Aufgabenmotivation, Langeweile oder die Stimmung.

Die empirische Befundlage mit Fokus auf emotional-motivationale Faktoren, welche die Gültigkeitsansprüche der drei Erklärungsansätze jeweils stärken oder schwächen könnte, ist jedoch spärlich und widersprüchlich. Mit Blick auf eine experimentelle Manipulation der Aufgabenmotivation konnte in einigen Studien gezeigt werden, dass visuelles Maskieren der zu erinnernden Sequenz – welches durch eine Steigerung der Aufgabenschwierigkeit zur Erhöhung der Aufgabenmotivation führen soll – einen distinkten Einfluss auf das Ausmaß des Devianz-Effekts nicht jedoch auf den Changing-State-Effekt hat, wie durch das Duplex-Modell vorhergesagt wird (Hughes et al., 2013; Marsh et al., 2020). Diese Befunde, die zugunsten einer funktionalen Verschiedenheit von Devianz-Effekt und Changing-State-Effekt interpretiert werden, basieren jedoch nicht auf einem methodisch notwendigen, direkten Vergleich beider Effekte, sondern basieren auf Experimenten, in welchen entweder nur der Devianz-Effekt oder nur der Changing-State-Effekt betrachtet wird. Dieses Ergebnismuster konnte zudem von Kattner und Bryce (2022) nicht bestätigt werden, welche nicht den durch das Duplex-Modell vorhergesagten Einfluss des visuellen Maskierens von Zielreizen auf den Devianz-Effekt und den Changing-State-Effekt feststellen konnten, wenn beide Effekte zugleich im selben Experiment untersucht wurden. Zudem konnte durch den Einsatz eines externen, monetären Anreizes für gute Leistung zwar die Gesamtleistung in der seriellen Reproduktionsaufgabe verbessert und damit die Aufgabenmotivation erfolgreich gesteigert werden, das Ausmaß der auditiven Ablenkung in Form von Devianz-Effekt und Changing-State-Effekt blieb jedoch unbeeinflusst (Bell et al., 2021). Noch weniger ist bekannt zum Einfluss emotionaler Faktoren auf die auditive Ablenkung im Paradigma der seriellen Reproduktion. Bisher konnte lediglich eine erhöhte Störwirkung von emotional geladenen Distraktor-Wörtern verglichen mit neutralen Distraktor-Wörtern gezeigt werden (Buchner et al., 2006; Buchner et al., 2004; Marsh et al., 2018). Befunde zu weiteren Einflüssen von emotionalen Faktoren, wie emotional geladenen Zielreizen oder zum Einfluss von Stimmungen, welche unabhängig von der seriellen Reproduktionsaufgabe induziert wurden, fehlen bisher jedoch.

Daher wurde in der vorliegenden Dissertation im Rahmen von sechs Experimenten der Einfluss emotionaler Faktoren auf die auditive Ablenkung in seriellen Reproduktions- und Rekonstruktionsaufgaben untersucht. Dabei lag der Fokus auf der Stimmung der

Teilnehmenden, unabhängig von der Primäraufgabe (Experimente 1a bis 2b), sowie der Einarbeitung des emotionalen Faktors in die Primäraufgabe durch die Manipulation von Valenz und Arousal der zu erinnernden Stimuli (Experimente 3 und 4). Gewählt wurden hierfür klassische serielle Reproduktions- und Rekonstruktionsaufgaben mit den üblichen Distraktor-Sequenzen Steady-State, Devianz und Changing-State, mit dem Ziel den potenziellen Einfluss emotionaler Faktoren auf den Devianz-Effekt und den Changing-State-Effekt im direkten Vergleich betrachten zu können und damit die divergierenden Vorhersagen des Attentional-Trade-Off-Ansatzes, des Automatic-Capture-Modells und des Duplex-Modells zu überprüfen (Experimente 1a bis 3). Zudem erfolgte die Hinzunahme einer Ruhebedingung, um die Evidenz hinsichtlich des Steady-State-Effekts zu erweitern und die potenziellen Einflüsse emotionaler Faktoren auf den Irrelevant-Sound-Effekt (die Leistungsdifferenz zwischen Stille und einer Ablenkungsbedingung) und den Steady-State-Effekt zu prüfen (Experiment 4).

Einfluss experimentell induzierter Stimmungen auf die Ablenkung durch auditive Distraktoren

Wenn auditive Ablenkung in typischen Laborstudien untersucht wird, wird die Stimmung der Teilnehmenden üblicherweise als zu kontrollierende Störvariable betrachtet. Folglich finden Laborstudien unter emotional neutralen, standardisierten Bedingungen statt. Bei der Analyse der auditiven Ablenkung werden dabei lediglich die kognitiven Aspekte der Gedächtnisleistung betrachtet (siehe z. B. Banbury et al., 2001; Ellermeier & Zimmer, 2014). Dies steht jedoch im Gegensatz zu Alltagssituationen, in welchen trotz auditiver Störungen eine gute Gedächtnisleistung gewährleistet bleiben muss – unabhängig davon ob wir glücklich, aufgeregt, gestresst oder ängstlich sind. Beispielsweise müssen Angestellte im Großraumbüro auch in aufregenden oder stressigen Situationen trotz Hintergrundgeräuschen konzentriert arbeiten und Studierende müssen in angsteinflößenden Prüfungssituationen störende Hintergrundgeräusche ausblenden. Somit lässt sich die Frage aufwerfen, ob sich die Befunde zur auditiven Ablenkung, welche in standardisierten Laborstudien unter emotional neutralen Bedingungen gewonnen wurden, auch auf Situationen übertragen lassen in denen trotz guter oder schlechter Stimmung auditive Störungen ignoriert werden müssen.

Zusätzlich ist die Frage, ob und, falls ja, inwiefern verschiedene Stimmungen die auditive Ablenkung beeinflussen können, auch aus theoretischer Perspektive interessant. Denn

die zuvor genannten Erklärungsansätze der auditiven Ablenkung unterscheiden sich in ihren Annahmen, inwiefern auditive Ablenkung durch die Stimmung der Teilnehmenden beeinflusst werden sollte. Nach dem Attentional-Trade-Off-Ansatz (Halin et al., 2014; Mahajan et al., 2020; Sörqvist & Rönnerberg, 2014) wird davon ausgegangen, dass die auditive Ablenkung – unabhängig vom Distraktor-Typ – durch emotional-motivationale Faktoren, die sich auf den Aufmerksamkeitsfokus auswirken, und damit auch durch die Stimmung der Teilnehmenden beeinflusst wird. Im Gegensatz dazu wird auditive Ablenkung nach dem Automatic-Capture-Modell (Bell et al., 2021; Körner et al., 2017; Röer et al., 2017a) als unabhängig von emotional-motivationalen Zuständen, wie der jeweiligen Stimmung der Teilnehmenden, definiert. Die Annahmen des Duplex-Modells (Hughes, 2014; Hughes et al., 2013; Hughes et al., 2007) fokussieren spezifisch auf den Devianz-Effekt (Bell, Mieth, et al., 2019; Hughes et al., 2005; Vachon et al., 2017) und den Changing-State-Effekt (Campbell et al., 2002; Jones et al., 1993). Während der Devianz-Effekt durch den emotionalen Zustand der Teilnehmenden beeinflusst werden soll (Hughes, 2014), soll der Changing-State-Effekt vom emotionalen Zustand der Teilnehmenden unbeeinflusst bleiben.

Dabei sollte die potenzielle Auswirkung der Stimmung auf die selektive Aufmerksamkeit und damit die Aufmerksamkeitsablenkung durch Distraktoren in Abhängigkeit von der jeweiligen Stimmung variieren. Positive Stimmung im Vergleich zu einer neutralen Stimmung soll laut der Broaden-and-Build-Theorie (Fredrickson, 2001, 2004) den Aufmerksamkeitsfokus erweitern, die kognitive Flexibilität erhöhen, das Bedürfnis zu explorieren auslösen und die inhibitorische Kontrolle senken (Fredrickson, 2001; Fredrickson & Branigan, 2005; Rowe et al., 2007). Demzufolge sinkt die Wahrscheinlichkeit, dass die Aufmerksamkeit auf die aufgabenrelevanten Stimuli fokussiert bleibt und die Ablenkung durch irrelevante Stimuli steigt für positive Stimmungszustände (Bäumel & Kuhbandner, 2009; Biss et al., 2010; Dreisbach & Goschke, 2004; Rowe et al., 2007). Für negative Stimmungen wird hingegen angenommen, dass sie den Aufmerksamkeitsfokus verengen und die kognitive Kontrolle verstärken (Easterbrook, 1959; Wegbreit et al., 2015; Wells & Matthews, 1994), was eine verbesserte Leistung in Aufgaben, die selektive Aufmerksamkeit benötigen, zur Folge hat (Chajut & Algom, 2003; Easterbrook, 1959).

Bisher ist wenig Evidenz zum möglichen Einfluss emotionaler Faktoren auf die Leistung und das Ausmaß der Ablenkung im Paradigma der seriellen Reproduktion vorhanden.

Ausnahmen bilden Studien, in denen die Störwirkung von emotional geladenen Distraktor-Wörtern verglichen mit neutralen Distraktor-Wörtern untersucht wurde und gezeigt werden konnte, dass emotional bedeutsame – insbesondere negative – Distraktoren zu einem höheren Maß an auditiver Ablenkung führen als neutrale Distraktoren (Buchner et al., 2006; Buchner et al., 2004; Marsh et al., 2018). Es fehlt jedoch an Befunden zum Einfluss von Stimmungen, welche unabhängig von der seriellen Reproduktionsaufgabe induziert wurden. Die bisher verfügbare empirische Evidenz zum Einfluss von Stimmungen auf die auditive Ablenkung bei visuellen Experimentalaufgaben stammt hauptsächlich aus Studien zur Aufmerksamkeitsablenkung in audio-visuellen Oddball-Paradigmen, bei denen Standard- und deviante Töne während einer visuellen Unterscheidungsaufgabe, beispielsweise der Klassifikation von Ziffern in die Kategorien „gerade“ und „ungerade“ (Pacheco-Unguetti & Parmentier, 2014, 2016), präsentiert werden. Die verfügbare Evidenz ist jedoch inkonsistent. Während in Einklang mit der Broaden-and-Build-Theorie (z. B. Dreisbach & Goschke, 2004; Fredrickson, 2004; Rowe et al., 2007) eine stärkere Ablenkung durch deviante Distraktoren in positiver als in neutraler Stimmung gefunden werden konnte (Pacheco-Unguetti & Parmentier, 2016), zeigt sich für negative Stimmungen ein uneinheitliches Bild (Hoskin et al., 2015; Pacheco-Unguetti & Parmentier, 2014). Entgegen der Annahme, dass negative Stimmungen die selektive Aufmerksamkeit verbessern und die Ablenkung verringern (Chajut & Algom, 2003; Easterbrook, 1959; Wegbreit et al., 2015; Wells & Matthews, 1994), zeigte sich nach Induktion einer traurigen Stimmung ebenfalls mehr Ablenkung durch deviante Distraktoren verglichen mit einer neutralen Stimmung (Pacheco-Unguetti & Parmentier, 2014), während für eine ängstliche Stimmung verglichen mit einer neutralen Stimmung kein Einfluss auf das Ausmaß der auditiven Ablenkung gefunden werden konnte (Hoskin et al., 2015).

Allerdings ist zu beachten, dass das in den zuvor aufgeführten Studien angewandte Oddball-Paradigma in den folgenden Punkten vom seriellen Reproduktionsparadigma zur Untersuchung des Irrelevant-Sound-Effekts abweicht: Erstens wird in dem verwendeten Oddball-Paradigma lediglich die Ablenkung durch deviante Distraktoren berücksichtigt (Hoskin et al., 2015; Pacheco-Unguetti & Parmentier, 2014, 2016) nicht jedoch die Ablenkung durch wechselnde Distraktoren (Changing-State-Sequenzen). Zweitens wird die Ablenkung durch deviante Distraktoren als Erhöhung der Antwortlatenz in einer Kategorisierungs-

Aufgabe von Ziffern („gerade-ungerade“) definiert (Pacheco-Unguetti & Parmentier, 2014, 2016). Im Gegensatz dazu wird das Ausmaß der Ablenkung in einem klassischen seriellen Reproduktionsparadigma durch die Abnahme der korrekt erinnerten Zielreize bestimmt (siehe z. B. Bell et al., 2021; Marsh et al., 2020). Es ist durchaus möglich, dass Stimmungen die Geschwindigkeit der Antworten beeinflussen, während die Genauigkeit der Antworten unbeeinflusst bleibt. Drittens unterscheiden sich das audio-visuelle Oddball-Paradigma (Hoskin et al., 2015; Pacheco-Unguetti & Parmentier, 2014, 2016) und das Paradigma der seriellen Reproduktion (Colle & Welsh, 1976; Jones & Macken, 1993; Salamé & Baddeley, 1982) hinsichtlich der Aufgabenschwierigkeit, da argumentiert werden kann, dass eine Klassifikation von Ziffern in die Kategorien „gerade“ und „ungerade“ (Pacheco-Unguetti & Parmentier, 2014, 2016) kognitiv weniger anspruchsvoll erscheint als die korrekte Reproduktion einer visuell präsentierten Abfolge von üblicherweise sieben bis neun Zielreizen (Bell et al., 2021; Colle & Welsh, 1976; Jones & Macken, 1993; Körner et al., 2017; Röer et al., 2017a; Salamé & Baddeley, 1982) und die Aufgabenschwierigkeit selbst einen Einfluss auf das Ausmaß der auditiven Ablenkung haben kann (SanMiguel et al., 2008). Somit bleibt offen, inwiefern experimentell induzierte positive, negative und neutrale Stimmungen die auditive Ablenkung in einer neutralen seriellen Reproduktionsaufgabe beeinflussen.

Wenn die Ressourcenzuwendung auf relevante und irrelevante Informationen von emotionalen Faktoren beeinflusst wird, sollte das Ausmaß der auditiven Ablenkung durch experimentell induzierte Stimmungszustände moduliert werden. Dabei sollte der Effekt der Stimmung auf die auditive Ablenkung, wie zuvor ausgeführt, von der Art der induzierten Stimmung abhängen: Die Ablenkung sollte verglichen mit einer neutralen Stimmung für positive Stimmungen stärker (z. B. Dreisbach & Goschke, 2004; Rowe et al., 2007) und für negative Stimmungen geringer werden (Chajut & Algom, 2003; Easterbrook, 1959). Dem Attentional-Trade-Off-Ansatz (Halin et al., 2014; Mahajan et al., 2020; Sörqvist & Rönnerberg, 2014) zufolge sollte auditive Ablenkung – und damit sowohl der Devianz-Effekt als auch der Changing-State-Effekt – durch die Stimmung der Teilnehmenden beeinflusst werden, da das Ausmaß der auditiven Ablenkung davon abhängen sollte, wie stark die Aufmerksamkeit auf die Primäraufgabe fokussiert wird. Gemäß dem Automatic-Capture-Modell wird auditive Ablenkung als primär reizgetriebener Prozess definiert (Bell et al., 2021; Körner et al., 2017). Diese Annahme führt zu der Vorhersage, dass die auditive Ablenkung – und damit sowohl

der Devianz-Effekt als auch der Changing-State-Effekt – primär durch die perzeptuellen Charakteristiken des auditiven Inputs bedingt und damit unbeeinflusst von der Stimmung der Teilnehmenden sein sollte (Bell et al., 2021; Körner et al., 2017; Röer et al., 2017a). Auf Basis des Duplex-Modells (Hughes, 2014) wird hingegen vorhergesagt, dass nur der Devianz-Effekt, welcher auf willentliche Aufmerksamkeitsablenkung durch den devianten Stimulus zurückgeführt wird, durch die Stimmungslage der Teilnehmenden beeinflusst werden sollte, während der Changing-State-Effekt, als automatische Konsequenz der Verarbeitung der Veränderungen des auditiven Inputs, von der Stimmung unbeeinflusst bleiben sollte. Die Experimente 1a bis 2b wurden konzipiert, um die unterschiedlichen Vorhersagen auf Grundlage der drei Erklärungsansätze gegenüberzustellen.

Experiment 1a

Ziel von Experiment 1a war es zu untersuchen, inwiefern sich die Induktion einer positiven Stimmung auf das Ausmaß der Ablenkung durch deviante und wechselnde Distraktoren auswirkt. Zu diesem Zweck wurde eine klassische serielle Reproduktionsaufgabe verwendet, der eine Stimmungsinduktion vorgelagert wurde. Um die Stimmung der Teilnehmenden zu Beginn des Experiments sowie mögliche Änderungen der Stimmung zu erfassen, wurde der subjektiv empfundene positive und negative Affekt der Teilnehmenden mithilfe der deutschen Version des Positive and Negative Affect Schedule (PANAS; Krohne et al., 1996; Watson et al., 1988) unmittelbar vor und nach der Stimmungsinduktion erfasst. Die Teilnehmenden durchliefen entweder die Induktion einer glücklichen oder einer neutralen Stimmung. Zu diesem Zweck wurde eine Kombination aus etablierten und wirkungsvollen Induktionsmethoden, autobiografischer Erinnerung und stimmungskongruenter Musik, gewählt (Baker & Guttfreund, 1993; Jallais & Gilet, 2010; Joseph et al., 2020; Vuoskoski & Eerola, 2012). Das Vorgehen zur Stimmungsinduktion orientiert sich dabei nah am Vorgehen von Pacheco-Unguetti und Parmentier (2016). Im Rahmen der glücklichen Stimmungsinduktion hatten die Teilnehmenden die Aufgabe, sich so lebendig und detailliert wie möglich an den glücklichsten Moment in ihrem Leben zu erinnern und im Anschluss eine detaillierte Beschreibung dieses Ereignisses zu notieren. Im Rahmen der neutralen Stimmungsinduktion musste der letzte Lebensmitteleinkauf erinnert werden. Während der gesamten Stimmungsinduktion und der anschließenden Abfrage des PANAS hörten die Teilnehmenden

stimmungskongruente Musikstücke, welche nachweislich eine fröhliche oder neutrale Stimmung induzieren können (Au Yeung et al., 2006; Berna et al., 2010; Huntsinger et al., 2010; Jallais & Gilet, 2010; Pacheco-Unguetti & Parmentier, 2016; Robinson et al., 2010; Schmid & Schmid Mast, 2010). Weitere Details zum Stimmungsinduktionsverfahren sind in Kaiser et al. (2021; Experiment 1) nachlesbar.

Die anschließende serielle Reproduktionsaufgabe umfasste insgesamt 24 Durchgänge, welche sich in randomisierter Reihenfolge in jeweils acht Steady-State-, Devianz- und Changing-State-Durchgänge aufteilten. Die zu erinnernde Zielreiz-Sequenz bestand aus acht Ziffern, welche für jeden Durchgang ohne Zurücklegen aus den Ziffern eins bis neun gezogen und sukzessiv auf dem Computerbildschirm präsentiert wurden. Die Distraktor-Sequenzen wurden auf Basis von 12 einsilbigen, deutschen Wörtern gebildet und über Kopfhörer präsentiert. Mithilfe dieses Wort-Sets wurden bereits in anderen Studien robuste Devianz- und Changing-State-Effekte beobachtet (Bell et al., 2013; Röer, Bell, Marsh, et al., 2015). Steady-State-Sequenzen wurden durch ein Wort gebildet, welches randomisiert aus dem Wort-Set ausgewählt und acht Mal wiederholt abgespielt wurde. Devianz-Sequenzen wurden nach demselben Prinzip gebildet wie Steady-State-Sequenzen, mit dem Unterschied, dass variabel an der fünften bis siebten Position ein anderes, randomisiert ausgewähltes Wort aus dem Set präsentiert wurde. Changing-State-Sequenzen wurden durch acht unterschiedliche Wörter, welche randomisiert ohne Zurücklegen aus dem Wort-Set gezogen wurden, gebildet. Jedes Wort der Distraktor-Sequenz wurde parallel zu jeweils einem visuellen Zielreiz präsentiert. Unmittelbar im Anschluss an die Präsentation der Zielreize und Distraktoren wurden acht Fragezeichen auf dem Computerbildschirm präsentiert, die von den Teilnehmenden durch die Zielreiz-Sequenz ersetzt werden sollten. Dabei war es nicht möglich eine Eingabe zu überspringen oder zu korrigieren. Nachdem alle Fragezeichen durch Ziffern ersetzt wurden, konnte der nächste Durchgang initiiert werden (für eine schematische Darstellung des Ablaufs siehe Kaiser et al., 2021; Abbildung 1).

Alle Teilnehmenden berichteten in Einklang mit der erhaltenen Stimmungsinduktion entweder neutrale oder glückliche Erinnerungen. Abbildung 1A illustriert, dass die Induktion der intendierten Stimmung erfolgreich war, wobei die positive Stimmungsinduktion einen selektiven Effekt auf den subjektiv empfundenen positiven Affekt hatte und sich nicht auf den negativen Affekt auswirkte (Details dazu in Kaiser et al., 2021; Experiment 1). Das

Ausmaß der positiven Stimmung variierte über den zeitlichen Verlauf [$F(1, 212) = 69.28, p < .001, \eta_p^2 = .25$], wobei die positive Gruppe insgesamt mehr positiven Affekt berichtete als die neutrale Gruppe [$F(1, 212) = 34.97, p < .001, \eta_p^2 = .14$]. Dabei hing der Effekt der Stimmungsinduktion vom Zeitpunkt der Stimmungsüberprüfung ab [$F(1, 212) = 41.38, p < .001, \eta_p^2 = .16$]. Bei näherer Betrachtung dieser Interaktion zeigte sich das folgende Bild: Die positive Gruppe berichtete bereits vor der Stimmungsinduktion einen höheren positiven Affekt als die neutrale Gruppe [$F(1, 212) = 8.49, p = .004, \eta_p^2 = .04$]. Dies kann jedoch darauf zurückgeführt werden, dass beide Gruppen bereits im Rahmen der Einwilligungserklärung erfahren, welche Stimmungsinduktion sie erhalten würden (das Vorgehen wurde für die weiteren Experimente angepasst). Im Anschluss an die Stimmungsinduktion zeigte sich ein deutlich stärkerer Unterschied des positiven Affekts zwischen den beiden Gruppen [$F(1, 212) = 56.97, p < .001, \eta_p^2 = .21$].

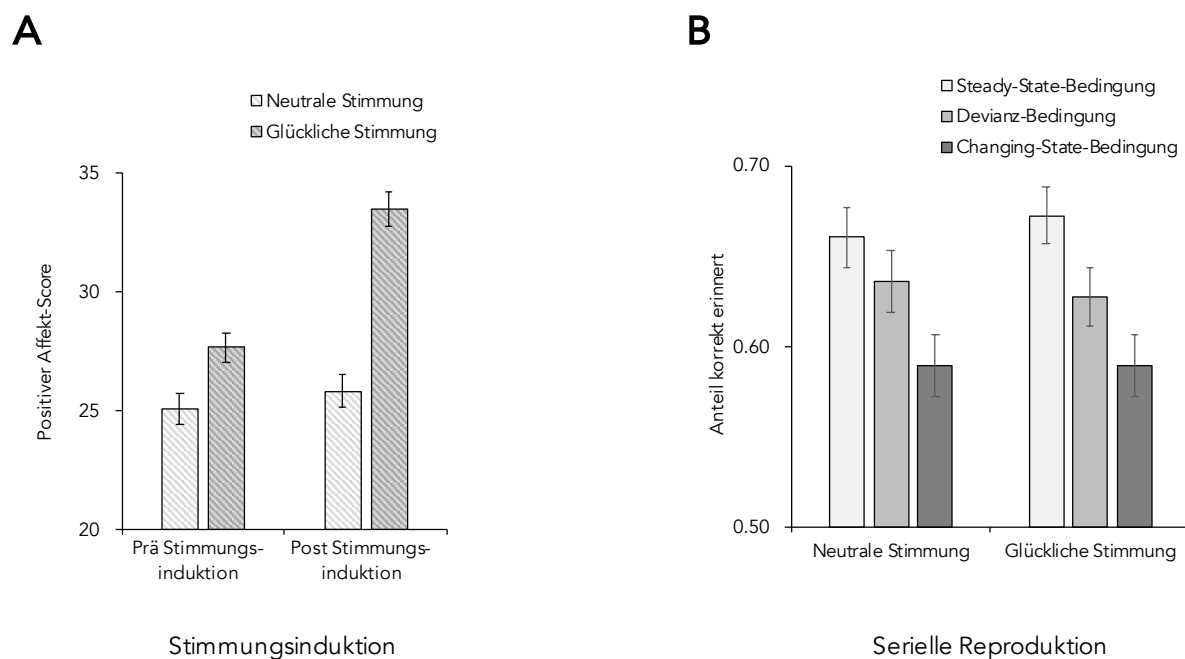


Abbildung 1. Selbst-Einschätzung des positiven Affekts und serielle Reproduktionsleistung für Experiment 1a. Die Fehlerbalken repräsentieren die Standardfehler der Mittelwerte. (A) Selbst-Einschätzung des positiven Affekts auf der PANAS in Abhängigkeit von der induzierten Stimmung über den zeitlichen Verlauf hinweg. (B) Serielle Reproduktionsleistung in Abhängigkeit von der induzierten Stimmung und der Distraktor-Bedingung.

Die serielle Reproduktionsleistung wurde als der Anteil korrekt erinnelter Items an der korrekten seriellen Position definiert. Die serielle Reproduktionsleistung war abhängig

von der Distraktor-Bedingung [$F(2, 211) = 42.80, p < .001, \eta_p^2 = .29$]. Dabei illustriert Abbildung 1B, dass sowohl Devianz-Sequenzen [$F(1, 212) = 19.86, p < .001, \eta_p^2 = .09$] als auch Changing-State-Sequenzen [$F(1, 212) = 85.48, p < .001, \eta_p^2 = .29$] die Leistung stärker beeinträchtigten als Steady-State-Sequenzen. Die induzierte Stimmung hatte keinerlei Einfluss auf die allgemeine Leistung in der seriellen Reproduktionsaufgabe [$F(1, 212) < .01, p = .953, \eta_p^2 < .01$] und es gab keine Interaktion zwischen Distraktor-Bedingung und induzierter Stimmung [$F(2, 211) = 0.88, p = .417, \eta_p^2 = .01$]. Weder die Größe des Devianz-Effekts [$F(1, 212) = 1.77, p = .185, \eta_p^2 = .01$] noch die Größe des Changing-State-Effekts [$F(1, 212) = 0.54, p = .465, \eta_p^2 < .01$] wurde von der induzierten Stimmung beeinflusst.

In Experiment 1a wurde gezeigt, dass die Induktion der positiven Stimmung erfolgreich war, während die Kontrollgruppe in einer neutralen Stimmung blieb. Dabei war die Effektivität der Stimmungsinduktion in Einklang mit dem aus der Literatur bekannten Ausmaß der Stimmungsveränderung (Joseph et al., 2020; Pacheco-Unguetti & Parmentier, 2016). Nichtsdestotrotz hatte die induzierte glückliche Stimmung keinerlei Einfluss auf das Ausmaß der auditiven Ablenkung. Zwar konnten sowohl der Devianz-Effekt (Bell, Mieth, et al., 2019; Hughes et al., 2005; Vachon et al., 2017) als auch der Changing-State-Effekt (Campbell et al., 2002; Jones et al., 1993) erfolgreich repliziert werden, jedoch unterschieden sich weder die Größe des Devianz-Effekts noch die Größe des Changing-State-Effekts für Teilnehmende in einer glücklichen Stimmung von Teilnehmenden in einer neutralen Stimmung. Dies steht im Widerspruch zu den Annahmen des Attentional-Trade-Off-Ansatzes (Halin et al., 2014; Mahajan et al., 2020; Sörqvist & Rönnerberg, 2014) und des Duplex-Modells (Hughes, 2014) und ist eher mit der reizgetriebenen Definition beider Effekte im Sinne des Automatic-Capture-Modells (Bell et al., 2021; Körner et al., 2017) vereinbar. Offen bleibt jedoch, ob eine negative Stimmung einen Einfluss auf die auditive Ablenkung in einer seriellen Reproduktionsaufgabe hat. Zur Klärung dieser Frage wurde Experiment 1b konzipiert.

Experiment 1b

Parallel zu Experiment 1a wurde in Experiment 1b überprüft, ob eine induzierte negative Stimmung das Ausmaß der Ablenkung durch deviante und wechselnde Distraktoren beeinflusst. Zu diesem Zweck wurden für die serielle Reproduktionsaufgabe dasselbe Material und dieselbe Prozedur verwendet wie in Experiment 1a. Auch die vorgelagerte

Stimmungsinduktion und die Messung der subjektiv empfundenen Stimmung greifen auf dasselbe Vorgehen zurück wie Experiment 1a mit dem Unterschied, dass die Induktion einer glücklichen Stimmung durch die Induktion einer traurigen Stimmung ersetzt wurde. Folglich hatten die Teilnehmenden nun die Aufgabe sich das traurigste Ereignis ihres Lebens detailliert in Erinnerung zu rufen während sie Musikstücke hörten, welche mit Traurigkeit assoziiert werden (Huntsinger et al., 2010; Pacheco-Unguetti & Parmentier, 2014; Riener et al., 2011; Robinson et al., 2010; Schmid & Schmid Mast, 2010). Damit orientiert sich diese Stimmungsinduktion nah an dem Vorgehen von Pacheco-Unguetti und Parmentier (2014). Zusätzlich wurde eine Stimmungsüberprüfung über die PANAS (Krohne et al., 1996; Watson et al., 1988) nach Absolvieren des letzten Durchgangs der seriellen Reproduktionsaufgabe ergänzt, um zu überprüfen ob die induzierten Stimmungen angehalten haben.

Alle Teilnehmenden berichteten in Einklang mit der erhaltenen Stimmungsinduktion entweder neutrale oder traurige Erinnerungen. Abbildung 2A illustriert, dass die Induktion der intendierten Stimmung erfolgreich war. Das Ausmaß der negativen Stimmung variierte über den zeitlichen Verlauf [$F(2, 207) = 4.90, p = .008, \eta_p^2 = .05$], wobei die traurige Gruppe insgesamt mehr negativen Affekt berichtete als die neutrale Gruppe [$F(1, 208) = 17.31, p < .001, \eta_p^2 = .08$]. Dabei hing der Effekt der Stimmungsinduktion vom Zeitpunkt der Stimmungsüberprüfung ab [$F(2, 207) = 51.14, p < .001, \eta_p^2 = .33$]. Bei näherer Betrachtung dieser Interaktion zeigte sich das folgende Bild: Vor der Stimmungsinduktion gab es keinen Unterschied des negativen Affekts zwischen den beiden Gruppen [$F(1, 208) = 0.64, p = .426, \eta_p^2 < .01$]. Nach der Stimmungsinduktion berichtete die traurige Gruppe einen stärkeren negativen Affekt als die neutrale Gruppe [$F(1, 208) = 78.88, p < .001, \eta_p^2 = .27$]. Dieser Unterschied hielt jedoch nicht bis zum Ende der seriellen Reproduktionsaufgabe an, sondern kehrte auf das Ausgangsniveau zurück ($p > .05$). Analoge Effekte zeigten sich für die Messwerte des positiven Affekts, welcher infolge der traurigen Stimmungsinduktion im Vergleich zur neutralen Stimmungsinduktion absank (Details dazu in Kaiser et al., 2021; Experiment 2).

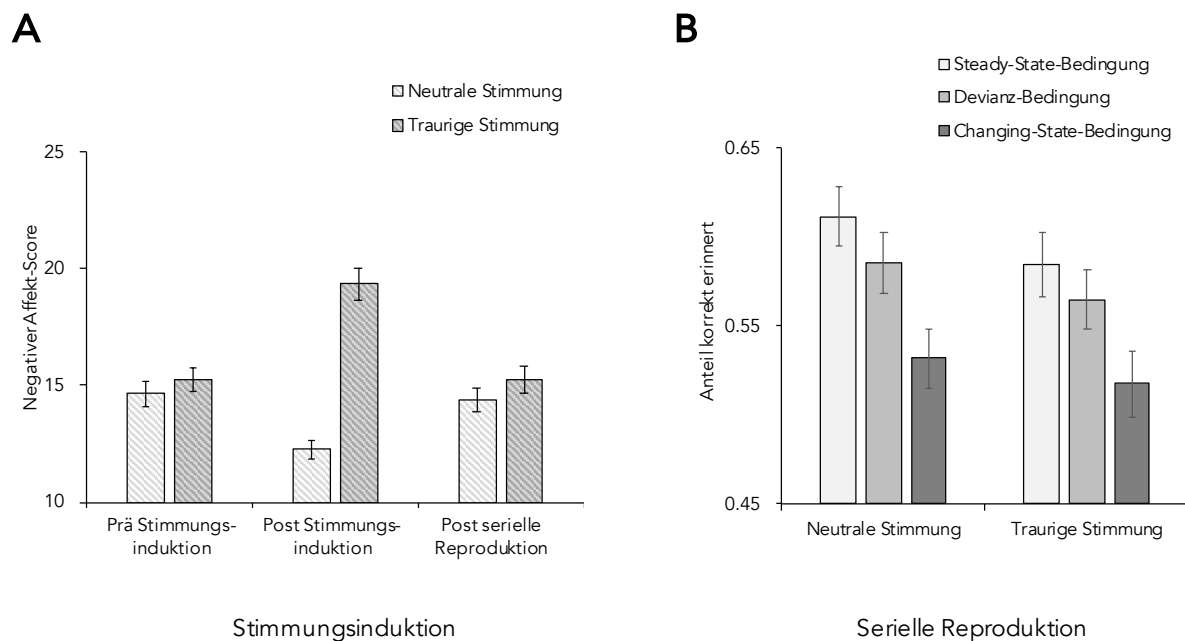


Abbildung 2. Selbst-Einschätzung des negativen Affekts und serielle Reproduktionsleistung für Experiment 1b. Die Fehlerbalken repräsentieren die Standardfehler der Mittelwerte. (A) Selbst-Einschätzung des negativen Affekts auf der PANAS in Abhängigkeit von der induzierten Stimmung über den zeitlichen Verlauf hinweg. (B) Serielle Reproduktionsleistung in Abhängigkeit von der induzierten Stimmung und der Distraktor-Bedingung.

Wie bereits in Experiment 1a war die serielle Reproduktionsleistung abhängig von der Distraktor-Bedingung [$F(2, 207) = 39.85, p < .001, \eta_p^2 = .28$]. Dabei illustriert Abbildung 2B, dass sowohl Devianz-Sequenzen [$F(1, 208) = 7.24, p = .008, \eta_p^2 = .03$] als auch Changing-State-Sequenzen [$F(1, 208) = 71.07, p < .001, \eta_p^2 = .25$] die Leistung stärker beeinträchtigten als Steady-State-Sequenzen. Die induzierte Stimmung hatte erneut keinerlei Einfluss auf die allgemeine Leistung in der seriellen Reproduktionsaufgabe [$F(1, 208) = 0.83, p = .363, \eta_p^2 < .01$] und es gab keine Interaktion zwischen Distraktor-Bedingung und induzierter Stimmung [$F(2, 207) = 0.25, p = .775, \eta_p^2 < .01$]. Sowohl die Größe des Devianz-Effekts [$F(1, 208) = 0.14, p = .712, \eta_p^2 < .01$] als auch die Größe des Changing-State-Effekts [$F(1, 208) = 0.51, p = .478, \eta_p^2 < .01$] blieben von der induzierten Stimmung unbeeinflusst.

Damit werden die Ergebnisse in Experiment 1a durch die Ergebnisse in Experiment 1b bestätigt und um den Aspekt negativer Stimmung erweitert. Der fehlende Einfluss von trauriger Stimmung auf den Changing-State-Effekt (Campbell et al., 2002; Jones et al., 1993) und auch den Devianz-Effekt (Bell, Mieth, et al., 2019; Hughes et al., 2005; Vachon et al., 2017) spricht erneut für eine reizgetriebene Ursache beider Effekte im Sinne des

Automatic-Capture-Modells (Bell et al., 2021; Körner et al., 2017). Allerdings ist zu beachten, dass die induzierte traurige Stimmung nicht bis zum Ende des Experiments anhielt. Zwar ist diese Flüchtigkeit typisch für experimentell induzierte Stimmungen (Isen et al., 1976; Martin, 1990), jedoch kann nicht ausgeschlossen werden, dass die Flüchtigkeit der traurigen Stimmung verhinderte, dass ein Effekt der Stimmung auf die auditive Ablenkung identifiziert werden konnte. Aus diesem Grund wurde in den folgenden Experimenten 2a und 2b das Verfahren zur Stimmungsinduktion angepasst, um eine Aufrechterhaltung der induzierten Stimmung bis zum Ende der seriellen Reproduktionsaufgabe zu gewährleisten.

Experiment 2a

In Experiment 2a wurden dieselbe serielle Reproduktionsaufgabe und dieselben Maße zur Erfassung der subjektiv empfundenen Stimmung verwendet wie in den vorigen Experimenten. Das Verfahren der Stimmungsinduktion wurde ausgetauscht, mit dem Ziel die induzierten Stimmungen bis zum Ende der seriellen Reproduktionsaufgabe aufrecht zu erhalten. Dabei wurde, parallel zu Experiment 1a, zunächst wieder eine positive Stimmung mit einer neutralen Stimmung verglichen. Zu diesem Zweck wurden jeweils 34 positive und 34 neutrale Bilder aus dem International Affective Picture System (IAPS; Lang et al., 2008) ausgewählt. Die deskriptiven Werte hinsichtlich Valenz und Arousal sowie die ausgewählten Bilder können Tabelle 2 in Kaiser et al. (2021) sowie dem dazugehörigen, ergänzenden Material (zugänglich über <https://osf.io/tqjwr/>) entnommen werden. Wie in den vorigen Experimenten wurde vor Beginn der Stimmungsinduktion ein Ausgangswert für den subjektiv empfundenen positiven und negativen Affekt mithilfe von PANAS (Krohne et al., 1996; Watson et al., 1988) erhoben. Im Anschluss daran begann die Induktion der positiven oder neutralen Stimmung. Zu diesem Zweck wurden insgesamt 10 der IAPS Bilder für insgesamt 15 Sekunden präsentiert, mit der Instruktion sich in die jeweils dargestellte Situation hineinzuversetzen. Nach fünf Sekunden wurde zusätzlich unterhalb des Bildes jeweils die Valenz Skala und nach deren Beantwortung die Arousal Skala des Self-Assessment Manikin (SAM; Bradley & Lang, 1994) präsentiert, mit der Instruktion anzugeben wie glücklich oder unglücklich und wie ruhig oder aufgeregt sich die Teilnehmenden in der jeweiligen Situation fühlen würden. Nachdem die zehn Sekunden zur Beantwortung der Skalen verstrichen waren, wurde das nächste Bild präsentiert. Nach der initialen Stimmungsinduktion wurde

erneut der subjektiv empfundene positive und negative Affekt mithilfe der PANAS erfragt. Im Anschluss daran begann die serielle Reproduktionsaufgabe. Diese war identisch zu den vorigen Experimenten, mit dem Unterschied, dass jedem Durchgang der seriellen Reproduktionsaufgabe ein Durchgang der Stimmungsinduktion vorgelagert war. Im Verlauf des Experiments wurde so die Stimmungsinduktion kontinuierlich aufgefrischt. Dabei wurden in Abhängigkeit von der induzierten Stimmung entweder alle neutralen oder alle positiven Bilder einmal präsentiert. Im Anschluss an den letzten Durchgang der seriellen Reproduktionsaufgabe erfolgte erneut eine Abfrage der Stimmung mithilfe der PANAS.

Abbildung 3A illustriert, dass die Induktion der intendierten positiven Stimmung erfolgreich war, wobei die Stimmungsinduktion erneut einen selektiven Effekt auf den subjektiv empfundenen positiven Affekt hatte und sich nicht auf den negativen Affekt auswirkte (Details dazu in Kaiser et al., 2021; Experiment 3). Das Ausmaß der positiven Stimmung variierte über den zeitlichen Verlauf [$F(2, 227) = 69.95, p < .001, \eta_p^2 = .38$], wobei die positive Gruppe insgesamt mehr positiven Affekt berichtete als die neutrale Gruppe [$F(1, 228) = 6.08, p = .014, \eta_p^2 = .03$]. Dabei hing der Effekt der Stimmungsinduktion vom Zeitpunkt der Stimmungsüberprüfung ab [$F(2, 227) = 20.96, p < .001, \eta_p^2 = .16$]. Bei näherer Betrachtung dieser Interaktion zeigte sich das folgende Bild: Vor der Stimmungsinduktion gab es keinen Unterschied des positiven Affekts zwischen den beiden Gruppen [$F(1, 228) = 0.01, p = .918, \eta_p^2 < .01$]. Nach der Stimmungsinduktion berichtete die positive Gruppe einen stärkeren positiven Affekt als die neutrale Gruppe [$F(1, 228) = 15.19, p < .001, \eta_p^2 = .06$]. Diese Differenz hielt bis zum Ende der seriellen Reproduktionsaufgabe an [$F(1, 228) = 8.03, p = .005, \eta_p^2 = .03$]. Konsistent damit gaben die Teilnehmenden an, dass sie sich in den Situationen, welche in den positiven Bildern dargestellt wurden, glücklicher fühlen würden als in den Situationen der neutralen Bilder [$F(1, 228) = 633.08, p < .001, \eta_p^2 = .74$]. Für das empfundene Arousal gab es jedoch keinen Unterschied zwischen den Gruppen [$F(1, 228) = 0.11, p = .742, \eta_p^2 < .01$] (für die deskriptiven Statistiken siehe Kaiser et al., 2021; Tabelle 1).

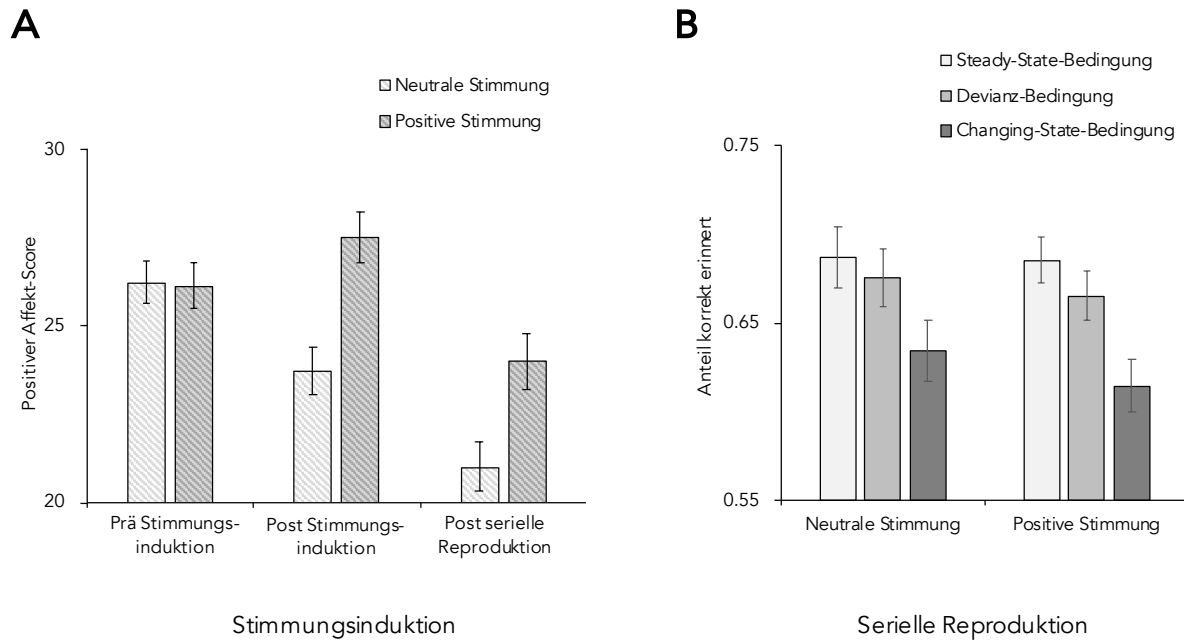


Abbildung 3. Selbst-Einschätzung des positiven Affekts und serielle Reproduktionsleistung für Experiment 2a. Die Fehlerbalken repräsentieren die Standardfehler der Mittelwerte. (A) Selbst-Einschätzung des positiven Affekts auf der PANAS in Abhängigkeit von der induzierten Stimmung über den zeitlichen Verlauf hinweg. (B) Serielle Reproduktionsleistung in Abhängigkeit von der induzierten Stimmung und der Distraktor-Bedingung.

In Einklang mit den Experimenten 1a und 1b war die serielle Reproduktionsleistung abhängig von der Distraktor-Bedingung [$F(2, 227) = 36.91, p < .001, \eta_p^2 = .25$]. Dabei illustriert Abbildung 3B, dass sowohl der Devianz-Effekt [$F(1, 228) = 5.41, p = .021, \eta_p^2 = .02$] als auch der Changing-State-Effekt [$F(1, 228) = 67.82, p < .001, \eta_p^2 = .23$] erfolgreich repliziert wurden. Erneut hatte die induzierte Stimmung keinerlei Einfluss auf die allgemeine Leistung in der seriellen Reproduktionsaufgabe [$F(1, 228) = 0.27, p = .603, \eta_p^2 < .01$] und es gab keine Interaktion zwischen Distraktor-Bedingung und induzierter Stimmung [$F(2, 227) = 0.72, p = .486, \eta_p^2 = .01$]. Weder die Größe des Devianz-Effekts [$F(1, 228) = 0.39, p = .532, \eta_p^2 < .01$] noch die Größe des Changing-State-Effekts [$F(1, 228) = 1.45, p = .229, \eta_p^2 = .01$] wurde von der induzierten Stimmung beeinflusst.

Trotz der erfolgreichen Induktion einer positiven Stimmung, welche bis zum Ende der seriellen Reproduktionsaufgabe anhielt, konnte kein Einfluss der Stimmung auf das Ausmaß des Devianz-Effekts und des Changing-State-Effekts gefunden werden. In Experiment 2b wurde überprüft, ob die Induktion einer negativen Stimmung die auditive Ablenkung

beeinflusst, wenn die Stimmung bis zum Ende der seriellen Reproduktionsaufgabe aufrechterhalten werden kann.

Experiment 2b

Ziel von Experiment 2b war es zu überprüfen, ob eine induzierte negative Stimmung das Ausmaß der Ablenkung durch deviante und wechselnde Distraktoren beeinflusst, wenn die Stimmung bis zum Ende der seriellen Reproduktionsaufgabe aufrechterhalten werden kann. Zu diesem Zweck wurden dasselbe Material und dieselbe Prozedur verwendet wie in Experiment 2a. Einziger Unterschied war, dass die positive Stimmungsinduktion durch eine negative Stimmungsinduktion ausgetauscht wurde. Für die negative Stimmungsinduktion wurden 34 Bilder aus der IAPS Datenbank (Lang et al., 2008) ausgewählt, welche unangenehme und bedrohliche Szenen zeigen. Die deskriptiven Werte hinsichtlich Valenz und Arousal sowie die ausgewählten Bilder können Tabelle 2 in Kaiser et al. (2021) sowie dem dazugehörigen, ergänzenden Material (zugänglich über <https://osf.io/tqjwr/>) entnommen werden.

Abbildung 4A illustriert, dass die Induktion einer negativen Stimmung erfolgreich war, wobei die Stimmungsinduktion hauptsächlich den subjektiv empfundenen negativen Affekt beeinflusste (Details dazu in Kaiser et al., 2021; Experiment 4). Das Ausmaß der negativen Stimmung variierte über den zeitlichen Verlauf [$F(2, 194) = 15.94, p < .001, \eta_p^2 = .14$], wobei die negative Gruppe insgesamt mehr negativen Affekt berichtete als die neutrale Gruppe [$F(1, 195) = 13.87, p < .001, \eta_p^2 = .07$]. Dabei hing der Effekt der Stimmungsinduktion vom Zeitpunkt der Stimmungsüberprüfung ab [$F(2, 194) = 51.89, p < .001, \eta_p^2 = .35$]. Bei näherer Betrachtung dieser Interaktion zeigte sich das folgende Bild: Vor der Stimmungsinduktion gab es keinen Unterschied des negativen Affekts zwischen den beiden Gruppen [$F(1, 195) = 1.90, p = .169, \eta_p^2 = .01$]. Nach der Stimmungsinduktion berichtete die negative Gruppe einen stärkeren negativen Affekt als die neutrale Gruppe [$F(1, 195) = 33.15, p < .001, \eta_p^2 = .15$]. Dieser Unterschied hielt bis zum Ende der seriellen Reproduktionsaufgabe an [$F(1, 195) = 24.80, p < .001, \eta_p^2 = .11$]. Konsistent damit gaben die Teilnehmenden an, dass sie sich in den Situationen, welche in den negativen Bildern dargestellt wurden, weniger glücklich [$F(1, 195) = 957.93, p < .001, \eta_p^2 = .83$] und aufgeregter [$F(1, 195) = 433.33, p < .001, \eta_p^2 = .69$] fühlen würden als in den Situationen, die in den

neutralen Bildern dargestellt wurden (für die deskriptiven Statistiken siehe Kaiser et al., 2021; Tabelle 1).

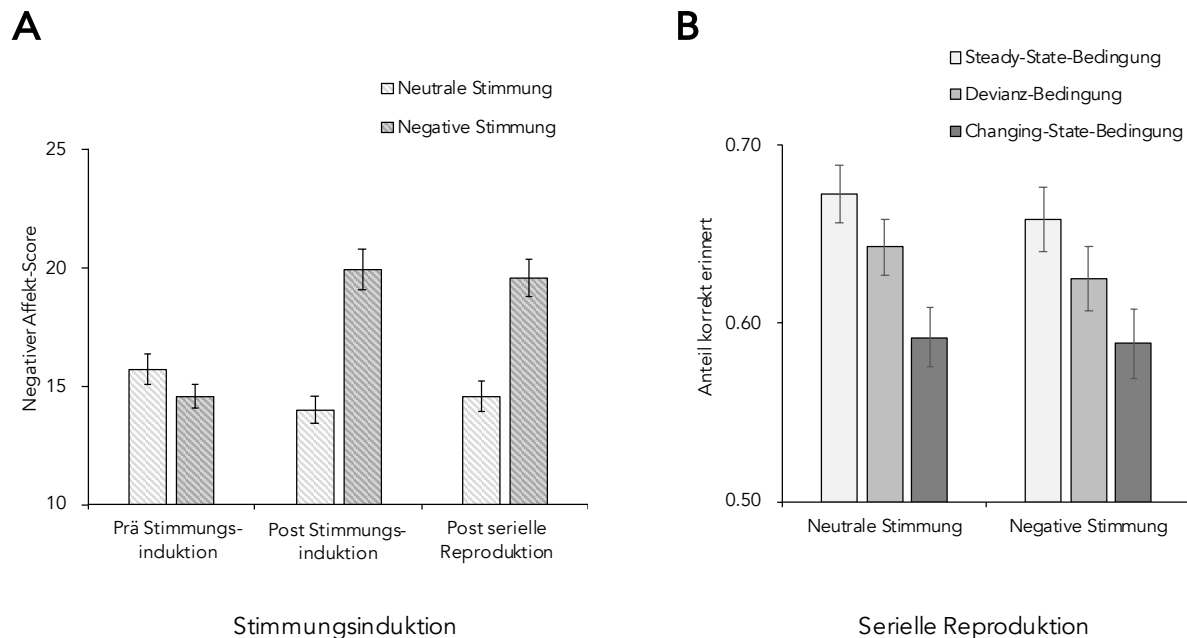


Abbildung 4. Selbst-Einschätzung des negativen Affekts und serielle Reproduktionsleistung für Experiment 2b. Die Fehlerbalken repräsentieren die Standardfehler der Mittelwerte. (A) Selbst-Einschätzung des negativen Affekts auf der PANAS in Abhängigkeit von der induzierten Stimmung über den zeitlichen Verlauf hinweg. (B) Serielle Reproduktionsleistung in Abhängigkeit von der induzierten Stimmung und der Distraktor-Bedingung.

Deckungsgleich mit den vorigen Experimenten war die serielle Reproduktionsleistung abhängig von der Distraktor-Bedingung [$F(2, 194) = 41.78, p < .001, \eta_p^2 = .30$]. Dabei illustriert Abbildung 4B, dass sowohl der Devianz-Effekt [$F(1, 195) = 17.66, p < .001, \eta_p^2 = .08$] als auch der Changing-State-Effekt [$F(1, 195) = 83.23, p < .001, \eta_p^2 = .30$] erfolgreich repliziert wurden. Erneut hatte die induzierte Stimmung keinen Einfluss auf die allgemeine Leistung in der seriellen Reproduktionsaufgabe [$F(1, 195) = 0.28, p = .597, \eta_p^2 < .01$] und es gab keine Interaktion zwischen Distraktor-Bedingung und induzierter Stimmung [$F(2, 194) = 0.45, p = .637, \eta_p^2 < .01$]. Weder die Größe des Devianz-Effekts [$F(1, 195) = 0.05, p = .819, \eta_p^2 < .01$] noch die Größe des Changing-State-Effekts [$F(1, 195) = 0.43, p = .515, \eta_p^2 < .01$] wurde von der induzierten Stimmung beeinflusst.

Durch die negative Stimmungsinduktion gelang es, die Teilnehmenden bis zum Ende der seriellen Reproduktionsaufgabe in eine negativere Stimmung zu versetzen als

durch die neutrale Stimmungsinduktion. Die Veränderung der Stimmung war dabei ungefähr so stark wie in Experiment 1b. Allerdings wurde durch die negative Stimmungsinduktion im aktuellen Experiment nicht nur die Valenz der Stimmung gesenkt, sondern auch die empfundene Erregung erhöht, während eine traurige Stimmung, wie sie in Experiment 1b induziert wurde, typischerweise eher mit einem geringen Arousal assoziiert ist (Gable & Harmon-Jones, 2010; Russell, 1980). Dennoch konnte kein Einfluss der Stimmung auf die Reproduktionsleistung oder das Ausmaß des Devianz-Effekts und des Changing-State-Effekts gefunden werden.

Kombinierte Analyse der Experimente 1a, 1b, 2a und 2b

Um die Sensitivität der Analyse – im Vergleich zu den Analysen in den einzelnen Experimenten – bei gleichzeitiger Aufrechterhaltung einer hohen Teststärke zu erhöhen, wurden die Daten der Experimente 1a, 1b, 2a und 2b zusammengefasst, sodass eine Stichprobengröße von insgesamt $N = 851$ erreicht wurde. Weitere Details zu den Teststärkenanalysen sind in Kaiser et al. (2021) nachlesbar. Deckungsgleich mit den Ergebnissen der vier einzelnen Experimente war die serielle Reproduktionsleistung abhängig von der Distraktor-Bedingung [$F(2, 847) = 143.40, p < .001, \eta_p^2 = .25$]. Zudem konnten auch in dieser kombinierten Analyse sowohl ein Devianz-Effekt [$F(1, 848) = 44.98, p < .001, \eta_p^2 = .05$] als auch ein Changing-State-Effekt [$F(1, 848) = 276.96, p < .001, \eta_p^2 = .25$] repliziert werden. Im Gegensatz zu den Einzel-Analysen zeigte sich ein Effekt der induzierten Stimmung (neutral vs. positiv vs. negativ) auf die serielle Reproduktionsleistung [$F(2, 848) = 6.33, p = .002, \eta_p^2 = .01$]. Dieser Effekt kann jedoch auf die insgesamt etwas geringere Reproduktionsleistung in Experiment 1b zurückgeführt werden (siehe Abbildung 3 in Kaiser et al., 2021). Insbesondere relevant ist jedoch, dass es auch in der kombinierten Analyse der vier Experimente keine Interaktion zwischen Distraktor-Bedingung und induzierter Stimmung gab [$F(4, 1696) = 0.34, p = .850, \eta_p^2 < .01$] und weder die Größe des Devianz-Effekts [$F(2, 848) = 0.54, p = .585, \eta_p^2 < .01$] noch die Größe des Changing-State-Effekts [$F(2, 848) = 0.28, p = .754, \eta_p^2 < .01$] durch die jeweilige induzierte Stimmung beeinflusst wurde. Die Ergebnisse sprechen damit erneut für eine reizgetriebene Grundlage beider Effekte wie sie beispielsweise durch das Automatic-Capture-Modell (Bell et al., 2021; Körner et al., 2017) postuliert wird.

Diskussion der Experimente 1a, 1b, 2a und 2b

Erklärungsansätze zur auditiven Ablenkung divergieren in ihren Annahmen, inwiefern auditive Ablenkung der kognitiven Kontrolle unterliegt und folglich durch emotionale Faktoren, wie die Stimmung der Teilnehmenden, beeinflusst werden sollte. Daher dienten die vier präsentierten Experimente der Überprüfung, ob experimentell induzierte positive und negative Stimmungen das Ausmaß der auditiven Ablenkung im Paradigma der seriellen Reproduktion beeinflussen. Sofern das Ausmaß der auditiven Ablenkung durch die Stimmung beeinflusst wird, wurde im Detail angenommen, dass positive Stimmungen zur Erweiterung des Aufmerksamkeitsfokus führen und damit die inhibitorische Kontrolle gegenüber ablenkenden Informationen vermindern (Biss et al., 2010; Dreisbach & Goschke, 2004; Fredrickson, 2001; Rowe et al., 2007), während negative Stimmungen zu einer Verengung des Aufmerksamkeitsfokus führen und somit zur verstärkten inhibitorischen Kontrolle gegenüber ablenkenden Informationen führen sollten (Chajut & Algom, 2003; Easterbrook, 1959; Wegbreit et al., 2015). Auf dieser Grundlage wurde die Vorhersage getroffen, dass auditive Ablenkung bei positiver Stimmung verstärkt und bei negativer Stimmung geringer sein sollte als bei neutraler Stimmung, auch wenn angemerkt werden muss, dass die bisherige Literatur zu modalitätenübergreifender auditiver Ablenkung diesbezüglich inkonsistent ist (Hoskin et al., 2015; Pacheco-Unguetti & Parmentier, 2014, 2016). Die Experimente 1a bis 2b dienten dazu, die bisherige Befundlage zu erweitern indem überprüft wurde, ob und, falls ja, inwiefern zwei Benchmark-Befunde des Arbeitsgedächtnisses (Oberauer et al., 2018) – der Devianz-Effekt (Bell, Mieth, et al., 2019; Hughes et al., 2005; Vachon et al., 2017) und der Changing-State-Effekt (Campbell et al., 2002; Jones et al., 1993) – durch verschiedene Stimmungen beeinflusst werden.

Dabei sollten gemäß dem Attentional-Trade-Off-Ansatz (Halin et al., 2014; Mahajan et al., 2020; Sörqvist & Rönnerberg, 2014) sowohl der Devianz-Effekt als auch der Changing-State-Effekt durch die Stimmung der Teilnehmenden beeinflusst werden. Im Rahmen des Duplex-Modells wurde hingegen vorhergesagt, dass lediglich der Devianz-Effekt, nicht jedoch der Changing-State-Effekt, von der Stimmung der Teilnehmenden beeinflusst werden sollte (Hughes, 2014). Die Ergebnisse der vier Experimente stehen jedoch nicht in Einklang mit diesen Vorhersagen. Obwohl auditive Ablenkung robust in allen vier Experimenten festgestellt werden konnte, wurde weder der Devianz-Effekt noch der Changing-State-Effekt

durch die Induktion von positiven und negativen verglichen mit neutralen Stimmungen beeinflusst. Dies gilt auch für Stimmungen mit erhöhtem Arousal (Experiment 2b) und für die Analyse der zusammengefassten Daten aller vier Experimente. Damit stehen die Ergebnisse in Einklang mit den Annahmen des Automatic-Capture-Modells, demzufolge auditive Ablenkung – und damit sowohl der Devianz-Effekt als auch der Changing-State-Effekt – automatisch durch die obligatorische Verarbeitung der Veränderungen und Abweichungen im zu ignorierenden auditiven Kanal entsteht (Bell et al., 2021; Körner et al., 2017; Röer et al., 2017a).

Um den möglichen Einfluss von Stimmungen auf die auditive Ablenkung zu überprüfen, war es zunächst notwendig, erfolgreich positive (Experiment 1a, 2a) und negative (Experiment 1b, 2b) Stimmungen zu induzieren. Da die berichteten Stimmungsveränderungen durch die Stimmungsinduktionen in den vier Experimenten in derselben Größenordnung wie die in einer Meta-Analyse berichteten Stimmungseffekte lagen (Joseph et al., 2020), können die initialen Stimmungsinduktionen der vier Experimente als erfolgreich betrachtet werden. In den Experimenten 1a und 1b wurde dasselbe Stimmungsinduktionsverfahren wie durch Pacheco-Unguetti und Parmentier (2014, 2016) genutzt, jedoch hielt die induzierte Stimmung im Unterschied dazu in den aktuellen Experimenten nicht bis zum Ende des Experiments an (Experiment 1b). Aus diesem Grund wurde in den Experimenten 2a und 2b ein alternatives Verfahren zur Stimmungsinduktion gewählt, welches den Vorteil hatte, dass es unmittelbar vor jedem Durchgang der seriellen Reproduktionsaufgabe wiederholt werden konnte um die Stimmungsinduktion aufzufrischen. So konnten effektiv Unterschiede der selbstberichteten Stimmung produziert werden, welche bis zum Ende der seriellen Reproduktionsaufgabe anhielten. Dennoch zeigte sich sowohl in den Einzelexperimenten als auch für die zusammengefassten Daten der vier Experimente konsistent, dass die auditive Ablenkung nicht durch die induzierte Stimmung der Teilnehmenden beeinflusst wurde. Diese Unabhängigkeit der auditiven Ablenkung von der induzierten Stimmung zeigte sich auch, wenn der zeitliche Verlauf, welcher möglicherweise zu einer Abschwächung der Stimmung und damit des Einflusses auf die auditive Ablenkung geführt haben könnte, mit in die Analysen einbezogen wurde. Details zu den Analysen über den zeitlichen Verlauf hinweg sind in Kaiser et al. (2021) nachlesbar.

Die bisherige Befundlage zum Effekt von positiven und negativen Stimmungen auf die modalitätenübergreifende auditive Ablenkung ist inkonsistent. Während die Ergebnisse der Experimente 1a bis 2b mit den Ergebnissen von Hoskin et al. (2015) übereinstimmen, die keinerlei Evidenz für einen Effekt von Stimmung auf das Ausmaß der auditiven Ablenkung fanden, scheinen die aktuellen Ergebnisse auf den ersten Blick denen von Pacheco-Unguetti und Parmentier (2014, 2016) zu widersprechen, die zeigten, dass sowohl eine glückliche als auch eine traurige Stimmung den ablenkenden Effekt von devianten Distraktoren in einem auditiv-visuellen Oddball-Paradigma verglichen mit einer neutralen Stimmung verstärkt. Dabei ist jedoch einschränkend zu beachten, dass in diesen beiden Studien die Ablenkung durch deviante Stimuli in Form einer erhöhten Antwortzeit in einer Kategorisierungsaufgabe von Ziffern („gerade-ungerade“) definiert wurde (Pacheco-Unguetti & Parmentier, 2014, 2016). In den aktuellen Experimenten hingegen wurde auditive Ablenkung als die Abnahme des Anteils korrekter Antworten in der seriellen Reproduktionsaufgabe definiert. Daher ist es durchaus denkbar, dass Unterschiede der Stimmungslage primär die Schnelligkeit einer Antwort beeinflussen könnten, während die Genauigkeit der Antwort unbeeinflusst bleibt.

Insgesamt zeigte sich in den Experimenten 1a bis 2b, dass die Konfrontation mit auditiver Ablenkung die serielle Reproduktionsleistung beeinträchtigt und diese Störwirkung auch in emotionalen Situationen beständig bleibt. Dies steht in Einklang mit den Annahmen des Automatic-Capture-Modells (Bell et al., 2021; Körner et al., 2017; Röer et al., 2017a), dass auditive Ablenkung nicht durch motivational-emotionale Faktoren beeinflusst wird. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Stimmungen in den aktuellen Experimenten unabhängig von der seriellen Reproduktionsaufgabe induziert wurden, da die vier Experimente mit dem Ziel konzipiert wurden, Schlussfolgerungen über den Effekt grundlegender Stimmungszustände auf die auditive Ablenkung zu ziehen. Dieser Fokus unterscheidet sich von anderen Studien, die es zur Aufgabe haben emotionale Stimuli zu beachten (Domínguez-Borràs et al., 2008a, 2008b; Domínguez-Borràs et al., 2017). Um die Evidenz in Bezug auf emotionale Faktoren innerhalb von seriellen Reproduktions- und Rekonstruktionsparadigmen zu erweitern, wurden daher die Experiment 3 und 4 durchgeführt, bei denen der emotionale Faktor an die zu Erinnernden Zielreize gekoppelt wurde (negative und neutrale Wörter).

Einfluss emotionaler Zielreize auf die Ablenkung durch auditive Distraktoren

In den Experimenten 1a bis 2b konnte konsistent gezeigt werden, dass experimentell induzierte positive und negative Stimmungen keine Auswirkung auf das Ausmaß der auditiven Ablenkung in Form des Devianz-Effekts und des Changing-State-Effekts haben. In Bezug auf die vier vorangegangenen Experimente ist jedoch anzumerken, dass die positiven und negativen Stimmungen durch klassische Stimmungsinduktions-Verfahren und damit unabhängig von der Primäraufgabe der seriellen Reproduktion induziert wurden. Daher ist es durchaus möglich, dass die selektive Aufmerksamkeit durch die Stimmungsinduktionen unbeeinflusst blieb, da die induzierten Unterschiede in Valenz und Arousal nicht direkt mit den zu erinnernden Stimuli der Primäraufgabe verknüpft waren. Für diese Annahme kann sprechen, dass die Teilnehmenden zwar im Selbstbericht klare Effekte der Stimmungsinduktionen angaben, die serielle Reproduktionsleistung jedoch in keiner Weise durch die Stimmungsinduktionen beeinflusst wurde. Daraus kann geschlossen werden, dass das Ausmaß, in dem die Teilnehmenden auf die serielle Reproduktionsaufgabe fokussierten, nicht durch die induzierten Stimmungen beeinflusst wurde. Anders könnte dies aussehen, wenn der emotionale Faktor in die Primäraufgabe selbst in Form von emotionalen Zielreizen implementiert wird, da die Aufmerksamkeit möglicherweise stärker auf emotional relevante Zielreize fokussiert wird. Folglich sollte die Erinnerungsleistung für diese Zielreize erhöht und die auditive Ablenkung verringert werden. Diese Annahme steht in Einklang mit den bisherigen Befunden aus der Literatur, dass emotionale Stimuli von intrinsischer Relevanz sind, da sie direkt mit evolutionär übergeordneten Zielen wie Überleben und Reproduktion in Verbindung stehen (Bradley, 2009; Brosch et al., 2008; Öhman et al., 2001). Passend dazu ist gut dokumentiert, dass emotionale Stimuli bevorzugt beachtet und erinnert werden (Buchanan & Adolphs, 2002; Kensinger, 2007; Kensinger & Corkin, 2003; LaBar & Phelps, 1998; Mathewson et al., 2008; Öhman et al., 2001; Silvert et al., 2004). Dieser Verarbeitungsvorteil emotionaler Stimuli wird häufig dem emotionalen, insbesondere negativen, Arousal der Stimuli zugeschrieben (Cahill & McGaugh, 1995; Kensinger, 2008; Kensinger & Corkin, 2003; LaBar & Phelps, 1998). Dabei konnte der Gedächtnisvorteil für negative und positive Stimuli mit erhöhtem Arousal gegenüber neutralen Stimuli mit geringem Arousal unter anderem für den freien Abruf (Ferré et al., 2015; Kensinger, 2008; LaBar & Phelps,

1998; Mneimne et al., 2010) und Rekognitionsaufgaben (Kensinger, 2008; Kensinger & Corkin, 2003) nachgewiesen werden. Weniger ausführlich ist der Stand der Literatur für die spezifische Frage, wie emotionale Zielreize die serielle Reproduktion beeinflussen. Während in zwei Studien ein Gedächtnisvorteil für emotionale Wörter gegenüber neutralen Wörtern gezeigt werden konnte (Majerus & D'Argembeau, 2011; Monnier & Syssau, 2008), zeigte sich kein Unterschied für die Rekognition von positiven und negativen Zielwörtern, wenn das Arousal der Zielwörter ausdrücklich konstant gehalten wurde (Bireta et al., 2021). Daher ist es durchaus möglich, dass der Effekt von emotionalen Zielreizen auf die serielle Reproduktionsleistung stärker durch Arousal als durch Valenz beeinflusst wird. Befunde, die neben dem Einfluss von emotionalen Zielreizen auf die reine Erinnerungsleistung auch das Ausmaß der auditiven Ablenkung in seriellen Reproduktions- oder Rekonstruktionsaufgaben berücksichtigen, sind bisher jedoch nicht verfügbar. Wenn die Aufmerksamkeit jedoch stärker auf emotional signifikante Zielreize fokussiert und damit das Gedächtnis für emotionale Zielreize erhöht wird, könnte dies gleichzeitig zu einer Verringerung der auditiven Ablenkung führen. Es gibt Hinweise darauf, dass psychophysiologische Korrelate, wie beispielsweise die P3-Komponente des Ereignis-korrelierten Potenzials, davon beeinflusst werden, ob emotionale oder neutrale Zielreize verwendet werden. Die P3-Komponente des Ereignis-korrelierten Potenzials – in Reaktion auf auditive Distraktoren – wird häufig mit der Orientierung der Aufmerksamkeit hin zu den Aufgaben-irrelevanten Tönen in Verbindung gebracht (Bell et al., 2010). Die Befunde betreffender Studien sind jedoch widersprüchlich. In einigen Studien wurde eine Verminderung der P3-Komponente (Cuthbert et al., 1998; Keil et al., 2007) gezeigt, während in anderen Studien eine verstärkte P3-Komponente (Domínguez-Borràs et al., 2008a, 2008b; Gulotta et al., 2013) als Reaktion auf neue auditive Reize gezeigt wurde, wenn die Aufmerksamkeit auf negative oder positive verglichen mit neutralen Bildern fokussiert wurde. Damit lässt der aktuelle Forschungsstand derzeit keine abschließende Antwort zu, ob und, falls ja, inwiefern emotionale Eigenschaften von Zielreizen die auditive Ablenkung beeinflussen. Um die bisher lückenhaften Befunde zu erweitern wurden zwei Studien konzipiert, mit dem Ziel zu überprüfen, ob und, falls ja, inwiefern emotionale Zielreize einen Einfluss auf die auditive Ablenkung in seriellen Rekonstruktionsaufgaben haben. Da insbesondere das emotionale Arousal der Stimuli relevant für den Gedächtnisvorteil der emotionalen Stimuli verglichen mit neutralen Stimuli zu sein scheint (Cahill & McGaugh, 1995; Kensinger, 2008; Kensinger & Corkin, 2003; LaBar & Phelps, 1998), wurde der Vergleich

zwischen negativen Zielreizen mit hohem Arousal und neutralen Zielreizen mit geringem Arousal gewählt. Dabei wurde eine bessere serielle Rekonstruktionsleistung für die negativen Zielreize als für die neutralen Zielreize erwartet (Majerus & D'Argembeau, 2011; Monnier & Syssau, 2008). Bezüglich der Fragestellung ob, und, falls ja, inwiefern das Ausmaß der auditiven Ablenkung durch die Zielreiz-Emotion beeinflusst wird, unterscheiden sich die Vorhersagen der drei Erklärungsansätze auditiver Ablenkung. Auf Grundlage des Attentional-Trade-Off-Ansatzes wird vorhergesagt, dass durch das negative Arousal der Zielreize ein stärkerer Aufmerksamkeitsfokus auf ihnen liegen sollte und folglich die auditive Ablenkung verglichen mit neutralen Zielreizen verringert sein sollte. Im Gegensatz dazu wird auf Grundlage des Automatic-Capture-Modells postuliert, dass auditive Ablenkung unabhängig von der Zielreiz-Emotion sein sollte. Im Rahmen des Duplex-Modells hingegen werden die Vorhersagen in Bezug auf die Art der zu ignorierenden Distraktoren differenziert. So sollte der Devianz-Effekt bei negativen Zielreizen reduziert sein, der Changing-State-Effekt jedoch sollte von der Zielreiz-Emotion unbeeinflusst bleiben.

Experiment 3

Ziel von Experiment 3 war es zu untersuchen, inwiefern sich negative und neutrale Zielreize auf das Ausmaß der Ablenkung durch deviante und wechselnde Distraktoren auswirken. Zu diesem Zweck wurde eine serielle Rekonstruktionsaufgabe verwendet, die insgesamt 48 Durchgänge umfasste. Die Durchgänge teilten sich in randomisierter Reihenfolge auf jeweils 16 Steady-State-, Devianz- und Changing-State-Durchgänge auf. Pro Distraktor-Typ wurden dabei in einer Hälfte der Durchgänge negative und in der anderen Hälfte der Durchgänge neutrale Zielreize präsentiert. Die zu erinnernde Zielreiz-Sequenz bestand aus sieben Wörtern, welche für jeden Durchgang ohne Zurücklegen aus einem Set von entweder 100 negativen oder 100 neutralen Wörtern gezogen wurden (Kanske & Kotz, 2010) und nacheinander auf dem Computerbildschirm präsentiert wurden. Dabei verfügten die negativen Zielreize über eine geringere Valenz und ein höheres Arousal als die neutralen Zielreize (weitere Angaben zu den Zielreiz-Eigenschaften in Kaiser et al., 2022; Experiment 1). Die Distraktor-Sequenzen wurden auf Basis von 12 Konsonanten gebildet und über Kopfhörer präsentiert. Steady-State-Sequenzen wurden durch einen Konsonanten gebildet, welcher randomisiert ausgewählt und 12-mal abgespielt wurde. Devianz-Sequenzen wurden nach

demselben Prinzip gebildet wie Steady-State-Sequenzen mit dem Unterschied, dass variabel an der sechsten bis achten Position ein anderer, randomisiert ausgewählter Konsonant präsentiert wurde. Changing-State-Sequenzen wurden durch alle 12 Konsonanten, in einer randomisierten Reihenfolge präsentiert, gebildet. Die Präsentation der Distraktor-Sequenz startete mit der Präsentation des ersten Zielreizes. Dabei war die Dauer der Distraktor-Sequenz identisch zur Dauer der Zielreiz-Sequenz. Unmittelbar nach der Präsentation der Zielreize und Distraktoren wurden die Zielreize in alphabetischer Reihenfolge zusammen mit sieben leeren Antwortkästchen präsentiert, welche die seriellen Positionen der Zielreize repräsentierten. Durch Klick auf die Zielreize konnte die Reihenfolge der Zielreize rekonstruiert werden. Nachdem ein Zielreiz angeklickt wurde, verschwand er aus der alphabetischen Liste der Zielreize und wurde im ersten freien Antwortkästchen angezeigt. Dabei war es nicht möglich eine Eingabe zu überspringen oder zu korrigieren. Nachdem alle Wörter einer seriellen Position zugewiesen wurden, konnte der nächste Durchgang gestartet werden. Der Ablauf der seriellen Rekonstruktionsaufgabe ist in Kaiser et al. (2022; Abbildung 1) illustriert.

Wie bereits die serielle Reproduktionsleistung in den vorangegangenen Experimenten erwies sich auch die Rekonstruktion der seriellen Positionen der Zielreize im aktuellen Experiment als abhängig von der Distraktor-Bedingung [$F(2, 116) = 26.44, p < .001, \eta_p^2 = .31$]. Dabei illustriert Abbildung 5, dass sowohl Devianz-Sequenzen [$F(1, 117) = 6.83, p = .010, \eta_p^2 = .06$] als auch Changing-State-Sequenzen [$F(1, 117) = 51.82, p < .001, \eta_p^2 = .31$] die Leistung stärker beeinträchtigten als Steady-State-Sequenzen. Zudem war die serielle Rekonstruktionsleistung höher in Durchgängen mit negativen Zielreizen als in Durchgängen mit neutralen Zielreizen [$F(1, 117) = 14.01, p < .001, \eta_p^2 = .11$]. Es gab jedoch keine Interaktion zwischen Distraktor-Bedingung und Zielreiz-Emotion [$F(2, 116) = 0.66, p = .521, \eta_p^2 = .01$]. Die Größe des Devianz-Effekts [$F(1, 117) = 0.54, p = .464, \eta_p^2 < .01$] und die Größe des Changing-State-Effekts [$F(1, 117) = 0.18, p = .669, \eta_p^2 < .01$] blieben vom emotionalen Gehalt der Zielreize unbeeinflusst.

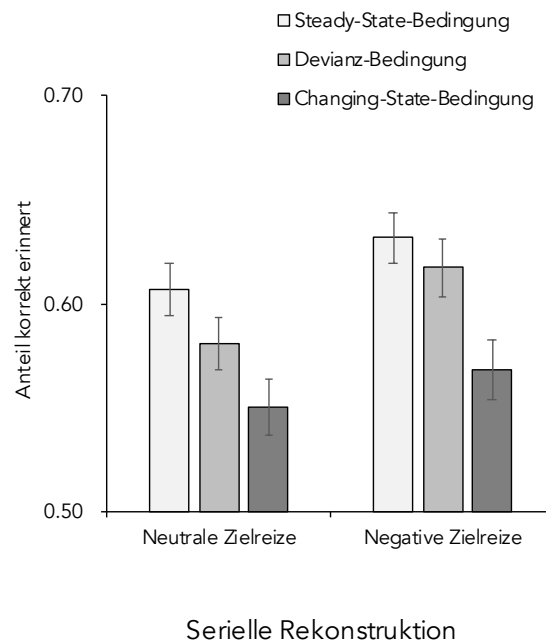


Abbildung 5. Serielle Rekonstruktionsleistung in Abhängigkeit von der Zielreiz-Emotion und der Distraktor-Bedingung für Experiment 3. Die Fehlerbalken repräsentieren die Standardfehler der Mittelwerte.

Erwartungsgemäß hatte die Zielreiz-Emotion einen förderlichen Einfluss auf die Rekonstruktion der seriellen Positionen der Zielreize (Majerus & D’Argembeau, 2011; Monnier & Syssau, 2008). Zudem konnten der Devianz-Effekt und der Changing-State-Effekt repliziert werden, jedoch wurde keiner der beiden Ablenkungseffekte durch die Zielreiz-Emotion moduliert. Diese fehlende Interaktion zwischen Distraktor-Bedingung und Zielreiz-Emotion spricht gegen die Annahme gemäß dem Duplex-Modell (Hughes, 2014), dass spezifisch der Devianz-Effekt durch emotionale Zielreize beeinflusst wird.

Kritisch anzumerken ist jedoch, dass bei der Untersuchung des Devianz-Effekts und des Changing-State-Effekts Steady-State-Sequenzen als Kontrollbedingung dienen (Oberauer et al., 2018) und es folglich keine stille Kontrollbedingung gibt. Die ursprüngliche Annahme, dass Steady-State-Sequenzen über keine nennenswerte Störwirkung verfügen (z. B. Hughes, 2014) wird durch Befunde infrage gestellt, die darauf hinweisen, dass Steady-State-Sequenzen – verglichen mit einer Ruhebedingung – durchaus eine robuste Störwirkung auf die serielle Reproduktion ausüben (Bell, Röer, et al., 2019a). Damit bildet beispielsweise der Changing-State-Effekt, als Differenz der seriellen Rekonstruktionsleistung in der Steady-State-Bedingung und der Changing-State-Bedingung, nur einen Teil der

Störwirkung von Changing-State-Sequenzen verglichen mit Stille ab. Zudem verfügen komplexere Changing-State-Bedingungen, bestehend aus gesprochenen Sätzen, über eine größere Störwirkung als Changing-State-Sequenzen, die aus Sequenzen einsilbiger Wörter bestehen (Bell et al., 2017). Dies ist jedoch nicht notwendigerweise auf die komplexere Semantik und Syntax der Satz-Sequenzen zurückzuführen, sondern eher auf eine größere akustische Komplexität, da sowohl vorwärts als auch rückwärts abgespielte Sätze über dasselbe Ausmaß an Störwirkung verfügen (Röer et al., 2014; Röer et al., 2017b). Aus diesem Grund wurden in Experiment 4 eine Ruhebedingung sowie eine Bedingung mit rückwärts abgespielten Sätzen zusätzlich zu einer Steady-State-Bedingung implementiert.

Experiment 4

Ergänzend zu Experiment 3 wurde in Experiment 4 untersucht, inwiefern negative Zielreize das Ausmaß der Ablenkung beeinflussen, wobei jedoch eine Ruhebedingung, eine Steady-State-Bedingung und eine Bedingung mit rückwärts abgespielten Sätzen genutzt wurden, um den Einfluss von Zielreiz-Emotionen auf den Steady-State-Effekt und die gesamte Bandbreite des Irrelevant-Sound-Effekts (rückwärts abgespielte Sätze vs. Stille) untersuchen zu können. Zu diesem Zweck wurden dasselbe Material und dieselbe Prozedur verwendet wie in Experiment 3, jedoch mit folgenden Ausnahmen: Die drei Distraktor-Bedingungen Steady-State, Devianz und Changing-State wurden durch die Distraktor-Bedingungen Stille, Steady-State und rückwärts abgespielte Sätze ersetzt. Die Distraktor-Sequenzen der Steady-State-Bedingung und der Bedingung mit rückwärts abgespielten Sätzen wurden bereits in anderen Studien zur auditiven Ablenkung genutzt (Röer et al., 2014; Röer, Bell, & Buchner, 2015). Die 12 Satz-Sequenzen bestanden aus rückwärts abgespielten deutschen Sätzen, welche von einer männlichen Stimme gesprochen wurden. Dementsprechend gab es 12 Steady-State-Sequenzen. Diese bestanden jeweils aus einem einsilbigen Wort, welches den jeweiligen Sätzen entnommen und 18-mal wiederholt rückwärts präsentiert wurde, um der durchschnittlichen Wortanzahl der Sätze zu entsprechen. Wie bereits in Experiment 3 war die Dauer der Distraktor-Sequenzen und der Zielreiz-Sequenzen identisch und die Präsentation der Distraktor-Sequenzen startete mit der Präsentation des ersten Zielreizes.

In Einklang mit den vorigen Experimenten war die serielle Rekonstruktionsleistung abhängig von der Distraktor-Bedingung [$F(2, 164) = 90.67, p < .001, \eta_p^2 = .53$]. Dabei

illustriert Abbildung 6, dass sowohl Steady-State-Sequenzen [$F(1, 165) = 53.38, p < .001, \eta_p^2 = .24$] als auch rückwärts abgespielte Sätze [$F(1, 165) = 182.19, p < .001, \eta_p^2 = .52$] die Leistung verglichen mit einer Ruhebedingung beeinträchtigten. Erneut war die serielle Rekonstruktionsleistung höher in Durchgängen mit negativen Zielreizen als in Durchgängen mit neutralen Zielreizen [$F(1, 165) = 26.17, p < .001, \eta_p^2 = .14$]. Es gab jedoch keine Interaktion zwischen Distraktor-Bedingung und Zielreiz-Emotion [$F(2, 164) = 1.70, p = .186, \eta_p^2 = .02$]. Die Größe des Steady-State-Effekts [$F(1, 165) = 1.84, p = .117, \eta_p^2 = .01$] und des Irrelevant-Sound-Effekts [$F(1, 165) = 0.31, p = .581, \eta_p^2 < .01$] blieben vom emotionalen Gehalt der Zielreize unbeeinflusst.

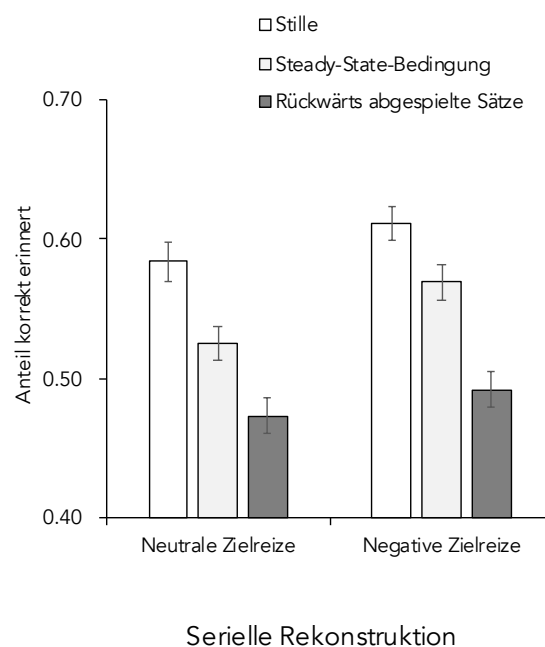


Abbildung 6. Serielle Rekonstruktionsleistung in Abhängigkeit von der Zielreiz-Emotion und der Distraktor-Bedingung für Experiment 4. Die Fehlerbalken repräsentieren die Standardfehler der Mittelwerte.

Erneut war die Leistung in der seriellen Rekonstruktionsaufgabe hypothesenkonform besser, wenn die Reihenfolge negativer Zielreize rekonstruiert wurde als wenn die Reihenfolge neutraler Zielreize rekonstruiert wurde. Zudem war die Stichproben-Effektstärke des Irrelevant-Sound-Effekts erwartungsgemäß größer als die Stichproben-Effektstärken des Devianz-Effekts und des Changing-State-Effekts in Experiment 3. Außerdem konnte die Störwirkung von Steady-State-Sequenzen im Vergleich zu Stille (Bell, Röer, et al., 2019a)

erfolgreich repliziert werden. Dennoch war das Ausmaß der auditiven Ablenkung – in Einklang mit den Annahmen des Automatic-Capture-Modells (Bell et al., 2021; Körner et al., 2017; Röer et al., 2017a) – erneut unbeeinflusst von der Zielreiz-Emotion.

Diskussion der Experimente 3 und 4

Ein bekannter Befund aus der Literatur ist, dass emotionale Stimuli verglichen mit neutralen Stimuli bevorzugt beachtet und erinnert werden (z. B. Cahill & McGaugh, 1995; Kensinger, 2008; Kensinger & Corkin, 2003; LaBar & Phelps, 1998). Jedoch haben sich bisher wenige Studien mit dem Einfluss von Emotionen auf die serielle Reproduktion und Rekonstruktion beschäftigt (Bireta et al., 2021; Majerus & D’Argembeau, 2011; Monnier & Syssau, 2008). Die Befunde der aktuellen Experimente, die konsistent eine bessere serielle Rekonstruktionsleistung für negative Zielreize mit erhöhtem Arousal als für neutrale Zielreize zeigten, stehen dabei in Einklang mit Befunden aus Studien, die serielle Reproduktion nutzen und nahelegen, dass insbesondere ein erhöhtes emotionale Arousal eine relevante Rolle für eine verbesserte Erinnerungsleistung zu spielen scheint (Bireta et al., 2021; Majerus & D’Argembeau, 2011). Somit weisen die aktuellen Befunde darauf hin, dass negatives Arousal das Behalten der seriellen Reihenfolge positiv beeinflussen kann, sofern dieses direkt mit den zu erinnernden Stimuli verknüpft ist.

Das Hauptziel der vorliegenden Experimente war es zu testen, ob die Zielreiz-Emotion eine Determinante von auditiver Ablenkung im Paradigma der seriellen Rekonstruktion ist. Während nach dem Attentional-Trade-Off-Ansatz (Halin et al., 2014; Mahajan et al., 2020; Sörqvist & Rönnerberg, 2014) davon ausgegangen wird, dass auditive Ablenkung abnehmen sollte, wenn die Aufmerksamkeit durch das emotionale Arousal der Zielreize fokussiert wird, wird gemäß dem Automatic-Capture-Modell (Bell et al., 2021; Körner et al., 2017; Röer et al., 2017a) hingegen vorhergesagt, dass auditive Ablenkung automatisch durch die obligatorische Verarbeitung von Änderungen und Abweichungen im zu ignorierenden auditiven Kanal entsteht und damit unabhängig von den emotionalen Eigenschaften der Zielreize sein sollte. Die bisherige Literatur zum Einfluss der Zielreiz-Emotion auf die auditive Ablenkung ist spärlich und inkonsistent (Cuthbert et al., 1998; Domínguez-Borràs et al., 2008a, 2008b; Gulotta et al., 2013; Keil et al., 2007) und nach aktuellem Wissensstand fehlen Studien, die den Einfluss von emotionalen Zielreizen auf die auditive Ablenkung in einer

seriellen Rekonstruktionsaufgabe untersuchen. Trotz der robusten Modulation der seriellen Rekonstruktionsleistung durch das negative Arousal der Zielreize, blieb die auditive Ablenkung unbeeinflusst von der Zielreiz-Emotion. Dies zeigte sich in Experiment 3 für den Devianz-Effekt (Bell, Mieth, et al., 2019; Hughes et al., 2005; Vachon et al., 2017) und den Changing-State-Effekt (Campbell et al., 2002; Jones et al., 1993), was der Annahme des Duplex-Modells (Hughes, 2014) entgegensteht, dass der Devianz-Effekt durch emotionale Faktoren moduliert werden sollte. Die aktuellen Befunde von Experiment 3 stehen dagegen in Einklang mit den Befunden von Kattner und Bryce (2022), dass der Devianz-Effekt genauso unbeeinflusst von Faktoren ist, die die Priorisierung von Zielreizen beeinflussen sollen, wie der Changing-State-Effekt.

Durch den Fokus auf den Devianz-Effekt und den Changing-State-Effekt wurden in Experiment 3 zwei Benchmark-Befunde des Arbeitsgedächtnisses (Oberauer et al., 2018) untersucht. Dabei fungierte die Steady-State-Bedingung als Kontrollbedingung, obwohl neuere Befunde – konträr zu ursprünglichen Annahmen (Hughes, 2014; Jones & Macken, 1993) – zeigen, dass Steady-State-Sequenzen über eine deutliche Störwirkung gegenüber einer Ruhebedingung verfügen (Bell, Röer, et al., 2019a). Dies wird durch die Ergebnisse von Experiment 4 unterstützt. Insbesondere relevant ist jedoch, dass weder die Größe des Steady-State-Effekts noch die Größe des Irrelevant-Sound-Effekts, definiert als die Differenz zwischen der Leistung in der stillen Bedingung und der Bedingung mit rückwärts abgespielten Sätzen, durch die Zielreiz-Emotion beeinflusst wurde. Zusammengefasst sind die Ergebnisse kompatibel mit der Annahme des Automatic-Capture-Modells (Bell et al., 2021; Körner et al., 2017; Röer et al., 2017a), dass auditive Ablenkung nicht durch emotionale Faktoren beeinflusst wird, sondern auf der obligatorischen Verarbeitung von Veränderungen und Abweichungen im zu ignorierenden auditiven Kanal basiert. Damit stehen die Ergebnisse der Vorhersage gemäß dem Attentional-Trade-Off-Ansatz (Halin et al., 2014; Mahajan et al., 2020; Sörqvist & Rönnerberg, 2014) entgegen, dass auditive Ablenkung durch die Stärke des Aufmerksamkeitsfokus auf die Primäraufgabe bedingt wird und somit durch emotionale Manipulationen der seriellen Rekonstruktionsaufgabe beeinflusst wird.

Allgemeine Diskussion

Die vorliegenden sechs Experimente wurden mit dem Ziel durchgeführt, den Einfluss emotionaler Faktoren auf die auditive Ablenkung in seriellen Reproduktions- und Rekonstruktionsparadigmen systematisch zu untersuchen. Dies war sowohl aus angewandter als auch aus theoretischer Perspektive interessant. Zum einen sind Emotionen Teil von Alltagssituationen in denen auditive Ablenkung auftritt, wie beispielsweise bei der Arbeit im Großraumbüro, wenn Angestellte auch in stressigen Situationen trotz Hintergrundgeräuschen konzentriert arbeiten müssen. Jedoch werden emotionale Faktoren in den üblicherweise durchgeführten Laborexperimenten meist als Störfaktoren gesehen und daher durch möglichst neutrale Experimentalbedingungen eliminiert. Zum anderen divergieren die Vorhersagen auf Grundlage theoretischer Modelle der auditiven Ablenkung, ob und, falls ja, inwiefern auditive Ablenkung durch emotionale Faktoren beeinflusst wird, sodass die Untersuchung des Effekts emotionaler Faktoren auf die auditive Ablenkung dabei unterstützen kann ein besseres konzeptuelles Verständnis der auditiven Ablenkung zu erlangen.

Dabei wurde in der vorliegenden Arbeit auf den Gültigkeitsanspruch drei verbreiteter Modelle der auditiven Ablenkung fokussiert. Während im Rahmen des Attentional-Trade-Off-Ansatzes (Halin et al., 2014; Mahajan et al., 2020; Sörqvist & Rönnerberg, 2014) postuliert wird, dass modalitätenübergreifende Ablenkung abnimmt, sobald die Aufmerksamkeit durch emotionale Faktoren – verglichen zu einer neutralen Bedingung – stärker auf die Primäraufgabe fokussiert wird (emotionale Zielreize, negative Stimmung), sollte auditive Ablenkung zunehmen, sobald Aufmerksamkeit durch emotionale Faktoren weniger stark auf die Primäraufgabe fokussiert wird (positive Stimmung). Hingegen wird nach dem Automatic-Capture-Modell (Bell et al., 2021; Körner et al., 2017) angenommen, dass modalitätenübergreifende Ablenkung automatisch durch die obligatorische Wahrnehmung und Verarbeitung von Veränderungen und Abweichungen im zu ignorierenden auditiven Kanal ausgelöst wird. Somit sollte nach diesem Modell auditive Ablenkung von emotionalen Faktoren unbeeinflusst bleiben. Die Vorhersagen auf Basis des Duplex-Modells (Hughes, 2014) unterscheiden hingegen spezifisch zwischen dem Devianz-Effekt und dem Changing-State-Effekt. Während der Devianz-Effekt durch emotionale Faktoren moduliert werden sollte, sollte der Changing-State-Effekt hingegen unbeeinflusst bleiben.

Es sind bislang nur wenige Daten zum Einfluss emotionaler Faktoren auf die auditive Ablenkung in seriellen Reproduktions- und Rekonstruktionsaufgaben verfügbar. Bislang liegen lediglich Befunde vor, welche auf den Effekt der Distraktor-Emotion auf die auditive Ablenkung fokussieren (Buchner et al., 2006; Buchner et al., 2004; Marsh et al., 2018). Es fehlen jedoch Befunde zum Einfluss emotionaler Faktoren auf die auditive Ablenkung, sofern diese unabhängig von den Aufgabenbedingungen (allgemeine Stimmungslage) oder direkt an die Primäraufgabe gekoppelt sind (emotionale Zielreize). Daher wurde in den aktuellen Experimenten auf die Auswirkung positiver und negativer Stimmungen (Experimente 1a bis 2b) sowie emotionaler Zielreize (Experimente 3 und 4) auf die auditive Ablenkung in seriellen Reproduktions- und Rekonstruktionsaufgaben fokussiert.

Mit Blick auf den Effekt positiver und negativer Stimmungen auf die auditive Ablenkung zeigen die Ergebnisse der Experimente 1a bis 2b trotz erfolgreicher Induktion positiver und negativer Stimmungen keinerlei Einfluss der Stimmung auf die serielle Reproduktionsleistung und das Ausmaß der auditiven Ablenkung. Damit stehen die Ergebnisse im Einklang mit den Befunden von Hoskin et al. (2015), die keinen Effekt von Angst auf die auditive Ablenkung identifizieren konnten, doch scheinbar im Widerspruch zu den Befunden von Pacheco-Unguetti und Parmentier (2014, 2016), die sowohl für glückliche als auch traurige Stimmungen stärkere Ablenkung durch deviante Distraktoren zeigen konnten als bei neutraler Stimmung. Diese Widersprüche können allerdings durchaus in der Unterschiedlichkeit der Experimentalaufgaben begründet sein, da sich diese in Bezug auf die Aufgabenschwierigkeit unterscheiden. Während in den aktuellen Experimenten (1a bis 2b) keinerlei Einfluss von Stimmung auf die auditive Ablenkung in einer kognitiv anspruchsvollen seriellen Reproduktionsaufgabe gefunden werden konnte, kann daraus nicht geschlossen werden, wie Stimmung die auditive Ablenkung in weniger anspruchsvollen Aufgaben (Pacheco-Unguetti & Parmentier, 2014, 2016) beeinflusst, da die Aufgabenschwierigkeit selbst die auditive Ablenkung beeinflussen könnte (SanMiguel et al., 2008).

Mit Blick auf die Experimente 1a bis 2b muss zudem beachtet werden, dass positive und negative Stimmungen insgesamt nicht nur keinen Einfluss auf die auditive Ablenkung, sondern auch kaum Einfluss auf das Erinnern serieller Positionen hatten, wenn emotionales Arousal über Stimmungsinduktions-Verfahren induziert wurde, welche in keinem direkten Zusammenhang zur seriellen Reproduktionsaufgabe standen. Folglich ist es durchaus

möglich, dass die selektive Aufmerksamkeit durch die Stimmungsinduktionen unbeeinflusst blieb, da die induzierten Unterschiede in Valenz und Arousal nicht direkt mit den zu erinnernden Stimuli der Primäraufgabe verknüpft waren. Für diese Annahme kann sprechen, dass die Teilnehmenden zwar im Selbstbericht klare Effekte der Stimmungsinduktionen angaben, die serielle Reproduktionsleistung jedoch in keiner Weise durch die Stimmungsinduktionen beeinflusst wurde. Daraus kann geschlossen werden, dass das Ausmaß, in dem die Teilnehmenden auf die serielle Reproduktionsaufgabe fokussierten, nicht durch die induzierten Stimmungen beeinflusst wurde. Aus diesem Grund wurde in den Experimenten 3 und 4 der emotionale Faktor in die Primäraufgabe selbst in Form von negativen Zielreizen mit erhöhtem Arousal implementiert. In den Experimenten 3 und 4 konnte dabei in Einklang mit den Annahmen in der Literatur (Cahill & McGaugh, 1995; Kensinger, 2008; Kensinger & Corkin, 2003; LaBar & Phelps, 1998; Majerus & D'Argembeau, 2011; Monnier & Syssau, 2008) eine bessere serielle Rekonstruktionsleistung für negative Zielreize mit erhöhtem Arousal als für neutrale Zielreize mit geringem Arousal gezeigt werden. Dennoch konnte erneut keinerlei Einfluss der emotionalen Manipulation auf das Ausmaß der auditiven Ablenkung identifiziert werden. Zusammen implizieren die Ergebnisse der sechs Studien daher, dass negatives Arousal das Behalten von seriellen Reihenfolgeinformationen verbessert, aber nur wenn das negative Arousal direkt aufgabenbezogen ist.

In den fünf Experimenten 1a bis 3 wurde auditive Ablenkung in Form des Devianz-Effekts (Bell, Mieth, et al., 2019; Hughes et al., 2005; Vachon et al., 2017) und des Changing-State-Effekts (Campbell et al., 2002; Jones et al., 1993) gemessen. Damit wurde die serielle Reproduktions- und Rekonstruktionsleistung ausschließlich unter Bedingungen gemessen, in denen stets eine Art Ablenkung präsent war (Steady-State-, Devianz- und Changing-State-Sequenzen). Dieses Studiendesign wurde gewählt, um neben den Vorhersagen auf Grundlage des Attentional-Trade-Off-Ansatzes (Halin et al., 2014; Mahajan et al., 2020; Sörqvist & Rönnerberg, 2014) und des Automatic-Capture-Modells (Bell et al., 2021; Körner et al., 2017; Röer et al., 2017a) auch die Vorhersagen auf Grundlage des Duplex-Modells (Hughes, 2014), welche auf den Devianz-Effekt und den Changing-State-Effekt fokussieren, prüfen zu können. Bei der Analyse des Devianz-Effekts und des Changing-State-Effekts ist es jedoch notwendig, dass die Steady-State-Bedingung als Kontrollbedingung verwendet wird, gegen welche die Devianz- und die Changing-State-Bedingung verglichen werden

(Oberauer et al., 2018). Es wurde in der Literatur ursprünglich angenommen, dass Steady-State-Sequenzen über keine nennenswerte Störwirkung verfügen (Hughes, 2014; Jones & Macken, 1993). Diese Annahme wird jedoch durch neuere Befunde infrage gestellt, die zeigen, dass Steady-State-Sequenzen verglichen mit Stille durchaus die serielle Reproduktion stören (Bell, Röer, et al., 2019a). Wenn Steady-State-Sequenzen jedoch die serielle Reproduktion verglichen mit Stille stören, kann daraus geschlossen werden, dass der Devianz- und der Changing-State-Effekt nur einen Teil der Störwirkung abbilden, über die Devianz- und Changing-State-Sequenzen verglichen mit Stille verfügen. Zudem treten stille, ablenkungs-freie Phasen durchaus üblicherweise in Alltagssituationen auf, in denen nicht unbedingt vorhergesagt werden kann ob oder wann auditive Ablenkung auftritt. Daher kann als potenzielle Limitation der fünf Experimente 1a bis 3 angesehen werden, dass keine Ruhebedingung miteingeschlossen wurde. Aus diesem Grund wurde in Experiment 4 eine Ruhebedingung zusätzlich zu einer Steady-State-Bedingung und einer Bedingung mit rückwärts abgespielten Sätzen verwendet, um zu testen ob und, falls ja, inwiefern der Irrelevant-Sound-Effekt und der Steady-State-Effekt durch emotionale Faktoren – in Form von negativen Zielreizen mit erhöhtem Arousal – beeinflusst werden. Dies erschien notwendig, um ein möglichst umfassendes Verständnis zum potenziellen Einfluss emotionaler Faktoren auf die auditive Ablenkung zu erlangen. Jedoch konnten in Experiment 4 zwar sowohl ein Irrelevant-Sound-Effekt als auch ein Steady-State-Effekt nachgewiesen werden, diese wurden jedoch konsistent zu den Befunden der vorigen Experimente nicht durch die Zielreiz-Emotion moduliert.

Mit Blick auf die theoretischen Modelle der auditiven Ablenkung sind die Ergebnisse kompatibel mit Modellen, welche auditive Ablenkung als primär reizgetriebenen Prozess definieren. Dies ist insbesondere ein zu favorisierender Blickwinkel, da dies auch bereits für andere Paradigmen der modalitätenübergreifenden auditiven Ablenkung wie dem Oddball-Paradigma angenommen wird (Parmentier et al., 2008; Parmentier & Gallego, 2020). Damit stehen die Ergebnisse der sechs Experimente im Widerspruch zu den Annahmen auf Grundlage des Attentional-Trade-Off-Ansatzes (Halin et al., 2014; Mahajan et al., 2020; Sörqvist & Rönnerberg, 2014), da die auditive Ablenkung in den vorliegenden Experimenten konsistent von emotionalen Faktoren unbeeinflusst blieb. Damit kann der Attentional-Trade-Off-Ansatz die vorliegenden Daten nicht erklären, sodass die Attraktivität des Attentional-Trade-Off-Ansatzes als Erklärungsmodell geschwächt wird. Ähnliches gilt für die Vorhersagen auf

Grundlage des Duplex-Modells (Hughes, 2014; Hughes et al., 2013; Hughes et al., 2007), dass es eine differentielle Beeinflussung des Devianz-Effekts, nicht jedoch des Changing-State-Effekts, durch emotionale Faktoren gibt. Zwar konnten sowohl der Devianz-Effekt (Hughes et al., 2005; Vachon et al., 2017) als auch der Changing-State-Effekt (Campbell et al., 2002; Jones et al., 1993) in den Experimenten 1a bis 3 erfolgreich repliziert werden, jedoch wurde keiner der beiden Effekte durch die induzierte Stimmung (Experimente 1a bis 2b) oder die Zielreiz-Emotion (Experiment 3) moduliert. Folglich sprechen die Befunde der fünf Studien gegen eine funktionale Dissoziation der beiden Effekte, wie sie durch das Duplex-Modell postuliert wird. Dagegen ist anzumerken, dass die aktuellen Ergebnisse mit den Befunden von Kattner und Bryce (2022) und Bell et al. (2021) übereinstimmen, die zeigen konnten, dass der Devianz-Effekt ebenso unbeeinflusst von Manipulationen der Zielreiz-Priorisierung und Aufgabenmotivation bleibt wie der Changing-State-Effekt. Somit wird auch die Attraktivität des Duplex-Modells als Erklärungsmodell geschwächt. Hingegen stehen die Ergebnisse aller sechs Experimente in Einklang mit der Annahme des Automatic-Capture-Modells (Bell et al., 2021; Körner et al., 2017), dass auditive Ablenkung unbeeinflusst von emotionalen Faktoren bleiben sollte. Folglich wird die Attraktivität des Automatic-Capture-Modells zur Erklärung auditiver Ablenkung in seriellen Reproduktions- und Rekonstruktionsparadigmen gestärkt.

Hinsichtlich einer möglichen Generalisierung der aktuellen Befunde ist jedoch einschränkend zu beachten, dass in den Experimenten auf die Untersuchung emotionaler Faktoren in Form von positiven und negativen Stimmungen und negativen Zielreizen mit hohem Arousal fokussiert wurde. Daher können die Befunde nicht ohne Weiteres auf andere emotionale Faktoren generalisiert werden. Beispielsweise können auf Basis der vorliegenden Experimente keine datenbasierten Schlussfolgerungen über den Einfluss positiver Zielreize gezogen werden. Wenn jedoch das emotionale Arousal der Zielreize ausschlaggebend für eine verbesserte Erinnerungsleistung ist (Cahill & McGaugh, 1995; Kensinger, 2008; Kensinger & Corkin, 2003; LaBar & Phelps, 1998), sollte für positive Zielreize mit hohem Arousal dasselbe Ergebnismuster zu erwarten sein wie für negative Zielreize. Zudem sind bisher wenige und widersprüchliche Befunde in Bezug auf den Einfluss emotional-motivationaler Faktoren auf die auditive Ablenkung vorhanden (Bell et al., 2021; Hughes et al., 2013; Kaiser et al., 2021; Kattner & Bryce, 2022; Marsh et al., 2018). Daher sind systematische

Untersuchungen zu weiteren emotional-motivationalen Faktoren – wie leistungsbezogene subjektive Zustände wie Müdigkeit, Langeweile und Stress – wünschenswert, um zu robusten Schlüssen über die zugrundeliegenden Mechanismen von auditiver Ablenkung zu kommen.

Zusammenfassend können emotionale Faktoren das serielle Gedächtnis beeinflussen, sofern sie direkt mit der Primäraufgabe verknüpft sind. Auditive Stimuli stören dabei die Leistung in seriellen Reproduktions- und Rekonstruktionsaufgaben. Dabei erwies sich die Störwirkung der auditiven Distraktoren als beständiges Problem, welches nicht durch emotionale Faktoren wie die allgemeine Stimmung der Teilnehmenden oder die emotionalen Eigenschaften der Zielreize beeinflusst wird. Die Befunde unterstützen damit den Gültigkeitsanspruch des Automatic-Capture-Modells, während sich die Ergebnisse nicht mit den Vorhersagen auf Grundlage des Attentional-Trade-Off-Ansatzes und des Duplex-Modells vereinbaren lassen.

Literatur

- Au Yeung, C., Dalgleish, T., Golden, A. M., & Schartau, P. (2006). Reduced specificity of autobiographical memories following a negative mood induction. *Behaviour Research and Therapy*, 44(10), 1481-1490.
<https://doi.org/10.1016/j.brat.2005.10.011>
- Baker, R. C., & Guttfreund, D. G. (1993). The effects of written autobiographical recollection induction procedures on mood. *Journal of Clinical Psychology*, 49(4), 563-568.
[https://doi.org/10.1002/1097-4679\(199307\)49:4<563::AID-JCLP2270490414>3.0.CO;2-W](https://doi.org/10.1002/1097-4679(199307)49:4<563::AID-JCLP2270490414>3.0.CO;2-W)
- Banbury, S. P., Macken, W. J., Tremblay, S., & Jones, D. M. (2001). Auditory distraction and short-term memory: Phenomena and practical implications. *Human Factors*, 43(1), 12-29. <https://doi.org/10.1518/001872001775992462>
- Bäuml, K.-H., & Kuhbandner, C. (2009). Positive moods can eliminate intentional forgetting. *Psychonomic Bulletin & Review*, 16(1), 93-98. <https://doi.org/10.3758/PBR.16.1.93>
- Bell, R., Dentale, S., Buchner, A., & Mayr, S. (2010). ERP correlates of the irrelevant sound effect. *Psychophysiology*, 47(6), 1182-1191. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2010.01029.x>
- Bell, R., Mieth, L., Buchner, A., & Röer, J. P. (2021). Monetary incentives have only limited effects on auditory distraction: Evidence for the automaticity of cross-modal attention capture. *Psychological Research*, 85(8), 2997-3009.
<https://doi.org/10.1007/s00426-020-01455-5>
- Bell, R., Mieth, L., Röer, J. P., Troche, S. J., & Buchner, A. (2019). Preregistered replication of the auditory deviant effect: A robust benchmark finding. *Journal of Cognition*, 2(1), 1-9. <https://doi.org/10.5334/joc.64>
- Bell, R., Röer, J. P., & Buchner, A. (2013). Irrelevant speech disrupts item-context binding. *Experimental Psychology*, 60(5), 376-384. <https://doi.org/10.1027/1618-3169/a000212>
- Bell, R., Röer, J. P., Lang, A.-G., & Buchner, A. (2019a). Distraction by steady-state sounds: Evidence for a graded attentional model of auditory distraction. *Journal of*

Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 45(4), 500-512.

<https://doi.org/10.1037/xhp0000623>

Bell, R., Röer, J. P., Lang, A.-G., & Buchner, A. (2019b). Reassessing the token set size effect on serial recall: Implications for theories of auditory distraction. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 45(8), 1432-1440.

<https://doi.org/10.1037/xlm0000658>

Bell, R., Röer, J. P., Marsh, J. E., Storch, D., & Buchner, A. (2017). The effect of cognitive control on different types of auditory distraction: A preregistered study.

Experimental Psychology, 64(5), 359-368. <https://doi.org/10.1027/1618-3169/a000372>

Berna, C., Leknes, S., Holmes, E. A., Edwards, R. R., Goodwin, G. M., & Tracey, I. (2010). Induction of depressed mood disrupts emotion regulation neurocircuitry and enhances pain unpleasantness. *Biological Psychiatry*, 67(11), 1083-1090.

<https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2010.01.014>

Berti, S., & Schröger, E. (2003). Working memory controls involuntary attention switching: Evidence from an auditory distraction paradigm. *European Journal of Neuroscience*, 17(5), 1119-1122. <https://doi.org/10.1046/j.1460-9568.2003.02527.x>

Bireta, T. J., Guitard, D., Neath, I., & Surprenant, A. M. (2021). Valence does not affect serial recall. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 75(1), 35-47.

<https://doi.org/10.1037/cep0000239>

Biss, R. K., Hasher, L., & Thomas, R. C. (2010). Positive mood is associated with the implicit use of distraction. *Motivation and Emotion*, 34, 73-77.

<https://doi.org/10.1007/s11031-010-9156-y>

Bradley, M. M. (2009). Natural selective attention: Orienting and emotion.

Psychophysiology, 46(1), 1-11. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2008.00702.x>

Bradley, M. M., & Lang, P. J. (1994). Measuring emotion: The Self-Assessment Manikin and the semantic differential. *Journal of Behavioral Therapeutic & Experimental*

Psychiatry, 25(1), 49-59. [https://doi.org/10.1016/0005-7916\(94\)90063-9](https://doi.org/10.1016/0005-7916(94)90063-9)

- Brosch, T., Sander, D., Pourtois, G., & Scherer, K. R. (2008). Beyond fear: Rapid spatial orienting toward positive emotional stimuli. *Psychological Science*, 19(4), 362-370. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2008.02094.x>
- Buchanan, T. W., & Adolphs, R. (2002). The role of the human amygdala in emotional modulation of long-term declarative memory. In S. C. Moore & M. Oaksford (Eds.), *Emotional cognition: From brain to behaviour* (pp. 9-34). John Benjamins Publishing Company.
- Buchner, A., Mehl, B., Rothermund, K., & Wentura, D. (2006). Artificially induced valence of distractor words increases the effects of irrelevant speech on serial recall. *Memory & Cognition*, 34(5), 1055-1062. <https://doi.org/10.3758/BF03193252>
- Buchner, A., Rothermund, K., Wentura, D., & Mehl, B. (2004). Valence of distractor words increases the effects of irrelevant speech on serial recall. *Memory & Cognition*, 32(5), 722-731. <https://doi.org/10.3758/BF03195862>
- Cahill, L., & McGaugh, J. L. (1995). A novel demonstration of enhanced memory associated with emotional arousal. *Consciousness and Cognition*, 4(4), 410-421. <https://doi.org/10.1006/ccog.1995.1048>
- Campbell, T., Beaman, C. P., & Berry, D. C. (2002). Auditory memory and the irrelevant sound effect: Further evidence for changing-state disruption. *Memory*, 10(3), 199-214. <https://doi.org/10.1080/09658210143000335>
- Chajut, E., & Algom, D. (2003). Selective attention improves under stress: Implications for theories of social cognition. *Journal of Personality and Social Psychology*, 85(2), 231-248. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.85.2.231>
- Colle, H. A., & Welsh, A. (1976). Acoustic masking in primary memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 15(1), 17-31. [https://doi.org/10.1016/S0022-5371\(76\)90003-7](https://doi.org/10.1016/S0022-5371(76)90003-7)
- Cowan, N. (1995). *Attention and memory: An integrated framework*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195119107.001.0001>

- Cuthbert, B. N., Schupp, H. T., Bradley, M., McManis, M., & Lang, P. J. (1998). Probing affective pictures: Attended startle and tone probes. *Psychophysiology*, 35(3), 344-347. <https://doi.org/10.1017/S0048577298970536>
- Domínguez-Borràs, J., Garcia-Garcia, M., & Escera, C. (2008a). Emotional context enhances auditory novelty processing: Behavioural and electrophysiological evidence. *European Journal of Neuroscience*, 28(6), 1199-1206. <https://doi.org/10.1111/j.1460-9568.2008.06411.x>
- Domínguez-Borràs, J., Garcia-Garcia, M., & Escera, C. (2008b). Negative emotional context enhances auditory novelty processing. *Neuroreport*, 19(4), 503-507. <https://doi.org/10.1097/WNR.0b013e3282f85bec>
- Domínguez-Borràs, J., Rieger, S. W., Corradi-Dell'Acqua, C., Neveu, R., & Vuilleumier, P. (2017). Fear spreading across senses: Visual emotional events alter cortical responses to touch, audition, and vision. *Cerebral Cortex*, 27(1), 68-82. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhw337>
- Dreisbach, G., & Goschke, T. (2004). How positive affect modulates cognitive control: Reduced perseveration at the cost of increased distractibility. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 30(2), 343-353. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.30.2.343>
- Easterbrook, J. A. (1959). The effect of emotion on cue utilization and the organization of behavior. *Psychological Review*, 66(3), 183-201. <https://doi.org/10.1037/h0047707>
- Ellermeier, W., & Zimmer, K. (2014). The psychoacoustics of the irrelevant sound effect. *Acoustical Science and Technology*, 35(1), 10-16. <https://doi.org/10.1250/ast.35.10>
- Escera, C., Alho, K., Schröger, E., & Winkler, I. (2000). Involuntary attention and distractibility as evaluated with event-related brain potentials. *Audiology and Neuro-Otology*, 5, 151-166. <https://doi.org/10.1159/000013877>
- Ferré, P., Fraga, I., Comesaña, M., & Sánchez-Casas, R. (2015). Memory for emotional words: The role of semantic relatedness, encoding task and affective valence. *Cognition and Emotion*, 29(8), 1401-1410. <https://doi.org/10.1080/02699931.2014.982515>

- Fredrickson, B. L. (2001). The role of positive emotions in positive psychology: The broaden-and-build theory of positive emotions. *American Psychologist*, 56(3), 218-226.
<https://doi.org/10.1037/0003-066X.56.3.218>
- Fredrickson, B. L. (2004). The broaden-and-build theory of positive emotions. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 359, 1367-1377. <https://doi.org/10.1098/rstb.2004.1512>
- Fredrickson, B. L., & Branigan, C. (2005). Positive emotions broaden the scope of attention and thought-action repertoires. *Cognition & Emotion*, 19(3), 313-332.
<https://doi.org/10.1080/02699930441000238>
- Gable, P., & Harmon-Jones, E. (2010). The blues broaden, but the nasty narrows: Attentional consequences of negative affects low and high in motivational intensity. *Psychological Science*, 21(2), 211-215. <https://doi.org/10.1177/0956797609359622>
- Gulotta, B., Sadia, G., & Sussman, E. (2013). Emotional processing modulates attentional capture of irrelevant sound input in adolescents. *International Journal of Psychophysiology*, 88(1), 40-46. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2013.01.003>
- Halin, N., Marsh, J. E., Haga, A., Holmgren, M., & Sörqvist, P. (2014). Effects of speech on proofreading: Can task-engagement manipulations shield against distraction? *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 20(1), 69-80.
<https://doi.org/10.1037/xap0000002>
- Hoskin, R., Hunter, M. D., & Woodruff, P. W. R. (2015). Neither state or trait anxiety alter the response to distracting emotionally neutral sounds. *Experimental Psychology*, 62(1), 3-10. <https://doi.org/10.1027/1618-3169/a000268>
- Hughes, R. W. (2014). Auditory distraction: A duplex-mechanism account. *PsyCh Journal*, 3(1), 30-41. <https://doi.org/10.1002/pchj.44>
- Hughes, R. W., Hurlstone, M. J., Marsh, J. E., Vachon, F., & Jones, D. M. (2013). Cognitive control of auditory distraction: Impact of task difficulty, foreknowledge, and working memory capacity supports duplex-mechanism account. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 39(2), 539-553.
<https://doi.org/10.1037/a0029064>

- Hughes, R. W., & Marsh, J. E. (2020). When is forewarned forearmed? Predicting auditory distraction in short-term memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 46(3), 427-442. <https://doi.org/10.1037/xlm0000736>
- Hughes, R. W., Vachon, F., & Jones, D. M. (2005). Auditory attentional capture during serial recall: Violations at encoding of an algorithm-based neural model? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 31(4), 736-749. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.31.4.736>
- Hughes, R. W., Vachon, F., & Jones, D. M. (2007). Disruption of short-term memory by changing and deviant sounds: Support for a duplex-mechanism account of auditory distraction. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 33(6), 1050-1061. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.33.6.1050>
- Huntsinger, J. R., Clore, G. L., & Bar-Anan, Y. (2010). Mood and global-local focus: Priming a local focus reverses the link between mood and global-local processing. *Emotion*, 10(5), 722-726. <https://doi.org/10.1037/a0019356>
- Isen, A. M., Clark, M., & Schwartz, M. F. (1976). Duration of the effect of good mood on helping: "Footprints on the sands of time". *Journal of Personality and Social Psychology*, 34(3), 385-393. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.34.3.385>
- Jallais, C., & Gilet, A. L. (2010). Inducing changes in arousal and valence: Comparison of two mood induction procedures. *Behavior Research Methods*, 42(1), 318-325. <https://doi.org/10.3758/BRM.42.1.318>
- Jones, D. M., & Macken, W. J. (1993). Irrelevant tones produce an irrelevant speech effect: Implications for phonological coding in working memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 19(2), 369-381. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.19.2.369>
- Jones, D. M., Macken, W. J., & Murray, A. C. (1993). Disruption of visual short-term memory by changing-state auditory stimuli: The role of segmentation. *Memory & Cognition*, 21(3), 318-328. <https://doi.org/10.3758/BF03208264>

- Joseph, D. L., Chan, M. Y., Heintzelman, S. J., Tay, L., Diener, E., & Scotney, V. S. (2020). The manipulation of affect: A meta-analysis of affect induction procedures. *Psychological Bulletin*, 146(4), 355-375. <https://doi.org/10.1037/bul0000224>
- Kaiser, S., Buchner, A., & Bell, R. (2021). Positive and negative mood states do not influence cross-modal auditory distraction in the serial-recall paradigm. *PLoS ONE*, 16(12), Article e0260699. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0260699>
- Kaiser, S., Buchner, A., Mieth, L., & Bell, R. (2022). Negative target stimuli do not influence cross-modal auditory distraction. *Manuscript submitted for publication*.
- Kanske, P., & Kotz, S. A. (2010). Leipzig affective norms for German: A reliability study. *Behavior Research Methods*, 42(4), 987-991. <https://doi.org/10.3758/BRM.42.4.987>
- Kattner, F., & Bryce, D. (2022). Attentional control and metacognitive monitoring of the effects of different types of task-irrelevant sound on serial recall. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 48(2), 139-158. <https://doi.org/10.1037/xhp0000982>
- Keil, A., Bradley, M. M., Junghöfer, M., Russmann, T., Lowenthal, W., & Lang, P. J. (2007). Cross-modal attention capture by affective stimuli: Evidence from event-related potentials. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 7(1), 18-24. <https://doi.org/10.3758/cabn.7.1.18>
- Kensinger, E. A. (2007). Negative emotion enhances memory accuracy: Behavioral and neuroimaging evidence. *Current Directions in Psychological Science*, 16(4), 213-218. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8721.2007.00506.x>
- Kensinger, E. A. (2008). Age differences in memory for arousing and nonarousing emotional words. *The Journal of Gerontology: Psychological Sciences and Social Sciences*, 63(1), P13-P18. <https://doi.org/10.1093/geronb/63.1.P13>
- Kensinger, E. A., & Corkin, S. (2003). Memory enhancement for emotional words: Are emotional words more vividly remembered than neutral words? *Memory & Cognition*, 31(8), 1169-1180. <https://doi.org/10.3758/BF03195800>
- Klatte, M., Lachmann, T., Schlittmeier, S., & Hellbrück, J. (2010). The irrelevant sound effect in short-term memory: Is there developmental change? *European Journal of*

Cognitive Psychology, 22(8), 1168-1191.

<https://doi.org/10.1080/09541440903378250>

Körner, U., Röer, J. P., Buchner, A., & Bell, R. (2017). Working memory capacity is equally unrelated to auditory distraction by changing-state and deviant sounds. *Journal of Memory and Language*, 96, 122-137. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2017.05.005>

Krohne, H. W., Egloff, B., Kohlmann, C.-W., & Tausch, A. (1996). Untersuchungen mit einer deutschen Version der „Positive and Negative Affect Schedule“ (PANAS) [Investigations with a German version of the positive and negative affect schedule (PANAS)]. *Diagnostica*, 42(2), 139-156.

LaBar, K. S., & Phelps, E. A. (1998). Arousal-mediated memory consolidation: Role of the medial temporal lobe in humans. *Psychological Science*, 9(6), 490-493.

<https://doi.org/10.1111/1467-9280.00090>

Lang, P. J., Bradley, M. M., & Cuthbert, B. N. (2008). International affective picture system (IAPS): Affective ratings of pictures and instruction manual. Technical report A-8. University of Florida, Gainesville, FL.

LeCompte, D. C., Neely, C. B., & Wilson, J. R. (1997). Irrelevant speech and irrelevant tones: The relative importance of speech to the irrelevant speech effect. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 23(2), 472-483.

<https://doi.org/10.1037/0278-7393.23.2.472>

Mahajan, Y., Kim, J., & Davis, C. (2020). Does working memory protect against auditory distraction in older adults? *BMC Geriatrics*, 20, Article 515.

<https://doi.org/10.1186/s12877-020-01909-w>

Majerus, S., & D'Argembeau, A. (2011). Verbal short-term memory reflects the organization of long-term memory: Further evidence from short-term memory for emotional words. *Journal of Memory and Language*, 64(2), 181-197.

<https://doi.org/10.1016/j.jml.2010.10.003>

Marsh, J. E., Campbell, T. A., Vachon, F., Taylor, P. J., & Hughes, R. W. (2020). How the deployment of visual attention modulates auditory distraction. *Attention, Perception & Psychophysics*, 82(1), 350-362. <https://doi.org/10.3758/s13414-019-01800-w>

- Marsh, J. E., Yang, J., Qualter, P., Richardson, C., Perham, N., Vachon, F., & Hughes, R. W. (2018). Postcategorical auditory distraction in short-term memory: Insights from increased task load and task type. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 44(6), 882-897. <https://doi.org/10.1037/xlm0000492>
- Martin, M. (1990). On the induction of mood. *Clinical Psychology Review*, 10(6), 669-697. [https://doi.org/10.1016/0272-7358\(90\)90075-L](https://doi.org/10.1016/0272-7358(90)90075-L)
- Mathewson, K. J., Arnell, K. M., & Mansfield, C. A. (2008). Capturing and holding attention: The impact of emotional words in rapid serial visual presentation. *Memory & Cognition*, 36(1), 182-200. <https://doi.org/10.3758/MC.36.1.182>
- Mneimne, M., Powers, A. S., Walton, K. E., Kosson, D. S., Fonda, S., & Simonetti, J. (2010). Emotional valence and arousal effects on memory and hemispheric asymmetries. *Brain and Cognition*, 74(1), 10-17. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2010.05.011>
- Monnier, C., & Syssau, A. (2008). Semantic contribution to verbal short-term memory: Are pleasant words easier to remember than neutral words in serial recall and serial recognition? *Memory & Cognition*, 36(1), 35-42. <https://doi.org/10.3758/MC.36.1.35>
- Oberauer, K., Lewandowsky, S., Awh, E., Brown, G. D. A., Conway, A., Cowan, N., Donkin, C., Farrell, S. A., Hitch, G. J., Hurlstone, M. J., Ma, W. J., Morey, C. C., Nee, D. E., Schwaninger, J., Vergauwe, E., & Ward, G. (2018). Benchmarks for models of short-term and working memory. *Psychological Bulletin*, 144(9), 885-958. <https://doi.org/10.1037/bul0000153>
- Öhman, A., Flykt, A., & Esteves, F. (2001). Emotion drives attention: Detecting the snake in the grass. *Journal of Experimental Psychology: General*, 130(3), 466-478. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.130.3.466>
- Pacheco-Unguetti, A. P., & Parmentier, F. B. R. (2014). Sadness increases distraction by auditory deviant stimuli. *Emotion*, 14(1), 203-213. <https://doi.org/10.1037/a0034289>.
Corrected from: *Emotion*. 2014; 14(4): 793. <https://doi.org/10.1037/emo0000018>
- Pacheco-Unguetti, A. P., & Parmentier, F. B. R. (2016). Happiness increases distraction by auditory deviant stimuli. *British Journal of Psychology*, 107(3), 419-433. <https://doi.org/10.1111/bjop.12148>

- Parmentier, F. B. R., Elford, G., Escera, C., Andrés, P., & San Miguel, I. (2008). The cognitive locus of distraction by acoustic novelty in the cross-modal oddball task. *Cognition*, 106(1), 408-432. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2007.03.008>
- Parmentier, F. B. R., & Gallego, L. (2020). Is deviance distraction immune to the prior sequential learning of stimuli and responses? *Psychonomic Bulletin & Review*, 27(3), 490-497. <https://doi.org/10.3758/s13423-020-01717-8>
- Riener, C. R., Stefanucci, J. K., Proffitt, D. R., & Clore, G. (2011). An effect of mood on the perception of geographical slant. *Cognition and Emotion*, 25(1), 174-182. <https://doi.org/10.1080/02699931003738026>
- Robinson, O. J., Cools, R., Chrockett, M. J., & Sahakian, B. J. (2010). Mood state moderates the role of serotonin in cognitive biases. *Journal of Psychopharmacology*, 24(4), 573-583. <https://doi.org/10.1177/0269881108100257>
- Röer, J. P., Bell, R., & Buchner, A. (2014). Evidence for habituation of the irrelevant-sound effect on serial recall. *Memory & Cognition*, 42(4), 609-621. <https://doi.org/10.3758/s13421-013-0381-y>
- Röer, J. P., Bell, R., & Buchner, A. (2015). Specific foreknowledge reduces auditory distraction by irrelevant speech. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 41(3), 692-702. <https://doi.org/10.1037/xhp0000028>
- Röer, J. P., Bell, R., Dentale, S., & Buchner, A. (2011). The role of habituation and attentional orienting in the disruption of short-term memory performance. *Memory & Cognition*, 39(5), 839-850. <https://doi.org/10.3758/s13421-010-0070-z>
- Röer, J. P., Bell, R., Marsh, J. E., & Buchner, A. (2015). Age equivalence in auditory distraction by changing and deviant speech sounds. *Psychology and Aging*, 30(4), 849-855. <https://doi.org/10.1037/pag0000055>
- Röer, J. P., Körner, U., Buchner, A., & Bell, R. (2017a). Attentional capture by taboo words: A functional view of auditory distraction. *Emotion*, 17(4), 740-750. <https://doi.org/10.1037/emo0000274>

- Röer, J. P., Körner, U., Buchner, A., & Bell, R. (2017b). Semantic priming by irrelevant speech. *Psychonomic Bulletin & Review*, 24(4), 1205-1210.
<https://doi.org/10.3758/s13423-016-1186-3>
- Rowe, G., Hirsh, J. B., & Anderson, A. K. (2007). Positive affect increases the breadth of attentional selection. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(1), 383-388. <https://doi.org/10.1073/pnas.0605198104>
- Russell, J. A. (1980). A circumplex model of affect. *Journal of Personality and Social Psychology*, 39(6), 1161-1178. <https://doi.org/10.1037/h0077714>
- Salamé, P., & Baddeley, A. (1982). Disruption of short-term memory by unattended speech: Implications for the structure of working memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 21(2), 150-164. [https://doi.org/10.1016/S0022-5371\(82\)90521-7](https://doi.org/10.1016/S0022-5371(82)90521-7)
- SanMiguel, I., Corral, M.-J., & Escera, C. (2008). When loading working memory reduces distraction: Behavioral and electrophysiological evidence from an auditory-visual distraction paradigm. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 20(7), 1131-1145.
<https://doi.org/10.1162/jocn.2008.20078>
- Schlittmeier, S. J., Hellbrück, J., & Klatte, M. (2008). Does irrelevant music cause an irrelevant sound effect for auditory items? *European Journal of Cognitive Psychology*, 20(2), 252-271. <https://doi.org/10.1080/09541440701427838>
- Schmid, P. C., & Schmid Mast, M. (2010). Mood effects on emotion recognition. *Motivation and Emotion*, 34(3), 288-292. <https://doi.org/10.1007/s11031-010-9170-0>
- Silvert, L., Naveteur, J., Honoré, J., Sequeira, H., & Boucart, M. (2004). Emotional stimuli in rapid serial visual presentation. *Visual Cognition*, 11(4), 433-460.
<https://doi.org/10.1080/13506280344000239>
- Sörqvist, P., & Rönnerberg, J. (2014). Individual differences in distractibility: An update and a model. *PsyCh Journal*, 3(1), 42-57. <https://doi.org/10.1002/pchj.47>
- Tremblay, S., & Jones, D. M. (1999). Change of intensity fails to produce an irrelevant sound effect: Implications for the representation of unattended sound. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 25(4), 1005-1015.
<https://doi.org/10.1037/0096-1523.25.4.1005>

- Vachon, F., Labonté, K., & Marsh, J. E. (2017). Attentional capture by deviant sounds: A noncontingent form of auditory distraction? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 43(4), 622-634.
<https://doi.org/10.1037/xlm0000330>
- Vuoskoski, J. K., & Eerola, T. (2012). Can sad music really make you sad? Indirect measures of affective states induced by music and autobiographical memories. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 6(3), 204-213. <https://doi.org/10.1037/a0026937>
- Watson, D., Clark, L. A., & Tellegen, A. (1988). Development and validation of brief measures of positive and negative affect: The PANAS scales. *Journal of Personality and Social Psychology*, 54(6), 1063-1070.
- Wegbreit, E., Franconeri, S., & Beeman, M. (2015). Anxious mood narrows attention in feature space. *Cognition and Emotion*, 29(4), 668-677.
<https://doi.org/10.1080/02699931.2014.922933>
- Weisz, N., & Schlittmeier, S. J. (2006). Detrimental effects of irrelevant speech on serial recall of visual items are reflected in reduced visual N1 and reduced theta activity. *Cerebral Cortex*, 16(8), 1097-1105. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhj051>
- Wells, A., & Matthews, G. (1994). *Attention and emotion: A clinical perspective* (1. ed.). Lawrence Erlbaum Associates Ltd. <https://doi.org/10.4324/9781315784991>

Einzelarbeiten

Experimente 1a, 1b, 2a und 2b:

Kaiser, S., Buchner, A., & Bell, R. (2021). Positive and negative mood states do not influence cross-modal auditory distraction in the serial-recall paradigm. *PLoS ONE*, 16(12), Article e0260699. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0260699>

Experimente 3 und 4:

Kaiser, S., Buchner, A., Mieth, L., & Bell, R. (2022). Negative target stimuli do not influence cross-modal auditory distraction. *Manuscript submitted for publication*.

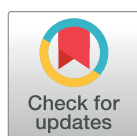
RESEARCH ARTICLE

Positive and negative mood states do not influence cross-modal auditory distraction in the serial-recall paradigm

Saskia Kaiser , Axel Buchner, Raoul Bell 

Department of Experimental Psychology, Heinrich Heine University Düsseldorf, Düsseldorf, Germany

* saskia.kaiser@hhu.de



Abstract

The aim of this study was to examine whether positive and negative mood states affect auditory distraction in a serial-recall task. The duplex-mechanism account differentiates two types of auditory distraction. The changing-state effect is postulated to be rooted in interference-by-process and to be automatic. The auditory-deviant effect is attributed to attentional capture by the deviant distractors. Only the auditory-deviant effect, but not the changing-state effect, should be influenced by emotional mood states according to the duplex-mechanism account. Four experiments were conducted to test how auditory distraction is affected by emotional mood states. Mood was induced by autobiographical recall (Experiments 1 and 2) or the presentation of emotional pictures (Experiments 3 and 4). Even though the manipulations were successful in inducing changes in mood, neither positive mood (Experiments 1 and 3) nor negative mood (Experiments 2 and 4) had any effect on distraction despite large samples sizes ($N = 851$ in total). The results thus are not in line with the hypothesis that auditory distraction is affected by changes in mood state. The results support an automatic-capture account according to which the auditory-deviant effect and the changing-state effect are mainly stimulus-driven effects that are rooted in the automatic processing of the to-be-ignored auditory stream.

OPEN ACCESS

Citation: Kaiser S, Buchner A, Bell R (2021) Positive and negative mood states do not influence cross-modal auditory distraction in the serial-recall paradigm. PLoS ONE 16(12): e0260699. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0260699>

Editor: José A. Hinojosa, Universidad Complutense Madrid, SPAIN

Received: March 17, 2021

Accepted: November 15, 2021

Published: December 28, 2021

Peer Review History: PLOS recognizes the benefits of transparency in the peer review process; therefore, we enable the publication of all of the content of peer review and author responses alongside final, published articles. The editorial history of this article is available here: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0260699>

Copyright: © 2021 Kaiser et al. This is an open access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Data Availability Statement: The datasets of the experiments as well as the supplementary material are available in the Open Science Framework repository at <https://osf.io/tqjwr/>.

Introduction

When auditory distraction is studied in the lab, emotional states are often seen as an extraneous influence on performance that has to be controlled. In consequence, researchers often try to create emotionally neutral settings in laboratory experiments and the analysis of auditory distraction focuses only on the cognitive aspects of performance (for reviews, see [1, 2]). This contrasts with our everyday experience in which we are rarely ever in a completely neutral mood, but may feel sad, happy, aroused, or threatened. For example, students may have to ignore auditory distractors when taking a fear-inducing exam; workers in open-plan offices may have to maintain their concentration in the face of background noises on exciting and unpleasant workdays alike. This raises the question of whether results on auditory distraction obtained in highly controlled, emotionally neutral settings can be generalized to emotionally

Funding: The publication fee is funded by the open access fund of Heinrich Heine University Düsseldorf. The research (the four studies presented in the manuscript) did not receive external funding.

Competing interests: The authors have declared that no competing interests exist.

loaded situations in which auditory distractors have to be ignored in negative or positive mood states.

Even though auditory distraction has been conceptualized as being primarily determined by properties of the to-be-ignored information (e.g., the degree to which it deviates from a previous train of stimuli; see, for example, [3, 4]), it seems possible that auditory distraction is determined by emotional state. It has often been postulated that distraction by auditory stimuli is not only detrimental, but may serve an important adaptive function [e.g., 5–7]. Specifically, auditory signals such as alarms and human speech can be of relevance for the individual even if the auditory modality is nominally irrelevant to the ongoing task. Therefore, it seems maladaptive to completely stop the processing of the auditory input. Some degree of processing of the nominally irrelevant channel may be necessary to determine whether or not stimuli outside the focus of attention are of relevance for higher-order goals. However, given that demanding tasks are disrupted by devoting some degree of processing resources to the task-irrelevant modality, the attentional system has the delicate task of balancing out the conflicting goals of protecting ongoing processes from interference while ensuring the openness of the system to signals of higher-order relevance [5]. It is at least conceivable that the balance of these conflicting goals is largely affected by emotional factors which would imply that mood states are of central importance for understanding auditory distraction. Alternatively, it is also possible that auditory stimuli disrupt performance in a primarily stimulus-driven manner in which case the mood state of the individual should be of little importance [e.g., 8]. The aim of the present study is to test the effect of mood on auditory distraction in four well-powered studies, relying on effective mood-induction procedures and the well-established serial-recall paradigm to assess the behavioural effects of auditory distraction on working memory.

The serial-recall paradigm [9–11] is one of the best-established paradigms to measure auditory distraction in the lab. The immediate recall of information is severely disrupted when auditory distractors have to be ignored. This phenomenon is referred to as the irrelevant-sound effect. In the serial-recall paradigm, a list of visual targets is presented sequentially to participants who have to recall the targets immediately after presentation or following a short retention interval. In irrelevant-sound experiments, participants have to ignore auditory distractors while rehearsing the targets. Three types of auditory distractors are often distinguished from each other. Steady-state sequences consist of a single auditory distractor which is repeatedly presented (e.g., A A A A A A A). Auditory-deviant sequences are similar but contain a distractor (the deviant distractor) that differs from the rest of the distractors in the to-be-ignored sequence (e.g., A A A A B A A). The auditory-deviant effect [12–14] refers to the observation that auditory-deviant sequences are more disruptive than control sequences that do not contain a deviant stimulus. Changing-state sequences consist of distractor items that differ from each other (e.g., A B C D E F G H). The changing-state effect [15, 16] describes the observation that changing-state sequences disrupt performance more than steady-state sequences. Both the auditory-deviant effect and the changing-state effect are considered benchmarks of working memory [17] which underlines their importance for theories of working memory.

The influence of emotional factors on auditory distraction in the serial-recall paradigm has received surprisingly little attention. Exceptions are studies examining the effect of distractor words with emotional meaning in comparison to neutral distractor words, showing a higher distraction by emotionally loaded—especially negative—distractors compared to neutral distractors [18–21]. However, we know of no study investigating the influences of emotional mood states of the participants on basic forms of auditory distraction such as the auditory-deviant effect and the changing-state effect. Examining such influences is interesting because the duplex-mechanism account [22–24] postulates that the auditory-deviant effect and the

changing-state effect arise from completely different mechanisms, only one of which should be affected by emotional mood states. According to this account, phenomena of auditory distraction can be classified into two different types, one of which is automatic while the other depends on attentional control. The changing-state effect is a prototypical example of automatic interference-by-process. More precisely, according to the duplex-mechanism account, once changes between consecutive distractors are detected, order information is automatically extracted from the auditory stream. The automatic processing of order is assumed to occur for changing-state sequences but not for steady-state sequences. The pre-attentional processing of the order of the distractor items interferes with the voluntary processing of the order of the target items required by the serial-recall task and thus interferes with the rehearsal of the to-be-remembered target sequence. According to the duplex-mechanism account, the processing of the task-irrelevant order is automatic in the sense that it occurs independently of global attentional modulation. Therefore, the changing-state effect is postulated to remain unaffected by the individual's emotional-motivational state [22].

The auditory-deviant effect, by contrast, is due to attentional capture according to the duplex-mechanism account [22–24]. It is assumed that the deviant distractor violates the expectation built up by the repeating previous distractor stimuli and thus disengages attention from the targets. Within the duplex-mechanism account, attentional capture by auditory-deviant sequences is defined as being susceptible to, and dependent on, the individual's global attentional state. Therefore, this account predicts the auditory-deviant effect to be influenced by emotional-motivational factors that modulate the trade-off between the deployment of attention to the serial-recall task and the allocation of attention to the task-irrelevant modality. Specifically, the duplex-mechanism account implies that in the case of the auditory-deviant effect attentional “distraction (. . .) is not a function merely of the properties of the distracting material itself (. . .) but also factors internal to the individual (. . .). [T]here exists not only inter-person variation in the overall capacity for cognitive control through increased task engagement (. . .) but also intraindividual variation over time, which can be influenced by a range of factors including task demands, emotional state, and motivational factors” [22, p.33]. Given that the hypothesis of a differential influence of emotional states on interference-by-process and attention capture has not yet been tested, the present study was designed to test whether emotional states have the differential effects on the changing-state effect and the auditory-deviant effect that are predicted by the duplex-mechanism account.

The effects of mood states on distraction should depend on the respective mood state. Specifically, positive and negative moods should affect distraction differently. According to the most influential theory on the effect of emotional mood states on distraction, positive affect leads to a broadening of the attentional focus and thus increases distraction by irrelevant stimuli [e.g., 25–29] while negative affect leads to a narrowing of the attentional focus and thus decreases the influence of task-irrelevant stimuli on performance [e.g., 30–32], relative to control conditions with neutral mood. The broaden-and-build-theory [27, 33] focuses on the influence of positive affect on selective attention. Positive mood is assumed to enhance cognitive flexibility and to cause a propensity to explore and to take in new information [27, 28]. This implies that attention is less likely to stay closely focused on nominally task-relevant stimuli in elevated mood states [25, 34] which increases distraction by irrelevant stimuli [26, 35] due to a relaxation of inhibitory control [35]. Negative affective states, by contrast, are assumed to cause an increase of attentional control and a narrowing of the attentional focus [e.g., 30–32] which should improve performance in selective-attention tasks [30, 36].

Regarding cross-modal auditory distraction, however, the available empirical evidence does not uniformly support the aforementioned theories but is sparse and scattered. While there is a lack of studies examining the effects of mood on auditory distraction in the serial-recall

paradigm, some evidence is available for cross-modal attention capture in oddball paradigms where distraction is primarily measured in terms of an increase in response latencies in simple classification tasks rather than the proportion of correct responses. Pacheco-Unguetti and Parmentier [37] found that deviance distraction was more pronounced when participants were in a happy mood than when they were in a neutral mood. Contrary to the prediction that negative mood improves selective attention, Pacheco-Unguetti and Parmentier [38] found that distraction in response to auditory deviants was more pronounced in sad mood than in neutral mood. By contrast, Hoskin et al. [39] found that experimentally induced anxiety did not affect distraction by auditory deviants. Inconsistent results have also been obtained for psychophysiological correlates of attention switching. Some studies have reported that the P3 component of the event-related potential in response to distractor sounds—that is often thought to be associated with the orienting to task-irrelevant sounds [e.g., 40]—was reduced when negative or positive pictures were displayed in comparison to when neutral pictures were displayed [41, 42]. However, in other studies the P3 was enhanced in response to novel sounds when participants watched negative material [43–45]. Overall, the available body of evidence is currently inconclusive as to whether, and, if so, how positive and negative emotional states affect auditory distraction.

Here, we report four high-powered experiments to test the effects of positive (Experiments 1 and 3) and negative (Experiments 2 and 4) mood states on auditory distraction in the serial-recall paradigm. In Experiments 1 and 2, we used a combination of well-established mood-induction procedures, autobiographical recall and music, which have been shown to be very effective in inducing different mood states [e.g., 37, 38, 46–49]. If the trade-off between relevant and irrelevant information flexibly depends on emotional state, auditory distraction should be affected by the experimentally induced mood states. The aforementioned theory on the effect of mood states on distraction predicts that distraction should increase in positive mood states and decrease in negative mood states [e.g., 26, 35, 36]. The duplex-mechanism account of auditory distraction [22] makes the differential prediction that only the auditory-deviant effect should depend on the individuals' emotional states while the changing-state effect should occur as an automatic consequence of the perceptual processing of auditory changes. An alternative view is that auditory distraction is a primarily stimulus-driven process. Specifically, it has been proposed that the detection of changes or unexpected events automatically triggers additional processing which aims at determining the relevance of the eliciting events [8, 50]. According to this assumption, distraction occurs as an automatic consequence of the perceptual processing of the auditory input. Therefore, distraction by auditory changes and auditory deviants should be primarily determined by perceptual characteristics of the auditory input (i.e., the degree to which it deviates from what is expected based on previous stimulation) and should be largely independent of the individual's emotional-motivational state [8, 21, 50]. This assumption leads to the prediction that both the auditory-deviant effect and the changing-state effect should be independent of positive and negative mood states.

Ethics statement

The experiments were approved by the ethics committee of the Faculty of Mathematics and Natural Sciences at Heinrich Heine University Düsseldorf and were performed in accordance with the Declaration of Helsinki. All participants gave written informed consent before participating in the experiment.

Experiment 1

In the first experiment, we tested the effect of positive mood on the auditory-deviant effect and the changing-state effect. To this end, happy and neutral mood states were induced using a

well-established mood-induction procedure consisting of a combination of autobiographical recall and music that is known to lead to powerful effects on the individuals' mood states [37, 51–53]. Within each mood group, a steady-state condition was contrasted with both an auditory-deviant condition and a changing-state condition in the standard serial-recall paradigm.

Method

Participants. A total of 216 participants took part in the experiment in exchange for course credit or a monetary compensation of 4 €. The participants were recruited on campus at Heinrich Heine University Düsseldorf. The data sets of two participants had to be excluded prior to analysis because of technical errors. The final sample consisted of 214 participants (174 women). Using G*Power [54] we determined that, given a sample size of $N = 214$ and $\alpha = .05$, it was possible to detect an interaction between mood and distractor condition of the size $\eta_p^2 = .07$ with a statistical power of $1 - \beta = .95$. All participants were fluent German speakers (189 native speakers) and reported normal hearing and normal or corrected-to-normal vision. Their age ranged from 18 to 40 years with a mean age of 23 years ($SD = 4$).

Materials. *Mood induction.* A combination of autobiographical recall and music was used to induce either a happy or a neutral mood. These mood-induction procedures are well established and known to be particularly effective [46–49]. The combination of both mood-induction procedures has been successfully used in previous studies on auditory distraction [37, 38]. Participants received the instructions for the autobiographical recall on a computer screen. The music was presented via headphones at about 60 dB (A) L_{eq} . In the happy mood condition, participants were asked to recall the happiest event of their life as vividly and with as much detail as possible for four minutes. Subsequently, they were asked to write down a detailed description of this event into a text field. The writing phase lasted five minutes. Participants listened to music during the whole autobiographical recall phase and throughout the subsequent mood assessment. The following musical pieces were played: *Eine kleine Nachtmusik* by Mozart, *Mazurka from Coppelia* by Delibes, and *Allegro from Brandenburg Concerto No. 2* by Bach. These musical pieces were selected for their capability to induce a happy mood [37, 51–53, 55]. The neutral-mood induction was identical to the happy-mood induction with the following exceptions. Participants recalled and wrote down details about their last visit to the grocery store. During the neutral-mood induction, participants listened to the following musical pieces: *The Planets–Neptune, the Mystic* by Gustav Holst and the *Largo movement from New World Symphony* by Antonin Dvorak. These musical pieces were selected for their capacity to induce a neutral mood [37, 38, 55–58].

Mood assessment. To verify that mood induction was effective, we used the German version of the Positive and Negative Affect Schedule (PANAS; [59, 60]). PANAS consists of 20 emotional adjectives, divided into two sub-scales, to measure positive affect (10 items) and negative affect (10 items) separately. Participants rated on a scale from 1 (very slightly) to 5 (extremely) to what extent the items reflected their current mood state. Additionally, participants rated their reaction to the musical pieces on the Self-Assessment Manikin (SAM; [61]). The SAM is a non-verbal assessment technique that consists of three five-point bipolar scales that serve to assess emotional reactions along the three dimensions valence (1 = unhappy to 5 = happy), arousal (1 = calm to 5 = excited), and dominance (1 = controlled to 5 = dominant).

Serial-recall task. A standard serial-recall task was used. In each trial, the visual to-be-remembered sequences consisted of eight digits randomly sampled from the set $\{1, 2, \dots, 9\}$ without replacement. The digits were presented at a rate of 750 ms in black 80 pt Monaco font against white background at the centre of the screen of the computer that controlled the experiment. The auditory distractors consisted of a set of 12 one-syllable German words spoken by a

female voice. These words were recorded with a 44.1 sampling rate using 16-bit format. They were edited to last one second and normalized to minimize amplitude differences among the stimuli. Distractors were played at about 65 dB(A) L_{eq} . The same word set has been used in previous studies where robust auditory-deviant effects and changing-state effects have been observed [e.g., 62, 63]. For each steady-state sequence, one word was randomly drawn from the set and repeated eight times. Auditory-deviant sequences were identical to steady-state sequences except that the word at the fifth, sixth, or seventh position (selected randomly) was replaced by a different word from the set (the auditory-deviant). For changing-state trials, eight different words were randomly drawn from the word set without replacement. Simultaneously to the presentation of each target, a distractor word was presented.

Procedure. A 2×3 design was used with mood (neutral, happy) as group variable and distractor condition (steady state, auditory deviant, changing state) as repeated-measures variable. Serial-recall performance was used as the dependent variable. Based on the order of appearance in the lab, participants were alternately assigned to either the happy-mood group or the neutral-mood group. Following this procedure, half of the participants were assigned to either of the mood groups. First, participants performed 10 steady-state training trials to familiarize themselves with the serial-recall task. They were instructed to focus on the visually presented digits and to ignore the words presented over the headphones. They were told that the auditorily presented words were irrelevant for the task throughout the whole experiment. The data of the training trials were not analysed.

In the experiment proper (Fig 1), participants first completed the PANAS which served to measure their baseline mood (pre mood induction). Then, either a happy mood or a neutral mood was induced. After the mood induction, participants completed the PANAS a second time in order to measure mood changes due to the mood-induction procedure (post mood induction). Then, the serial-recall phase commenced. Participants completed eight steady-state trials, eight auditory-deviant trials and eight changing-state trials in a randomized order. This number of trials per condition is typical for experiments using the serial-recall paradigm [e.g., 8, 63, 64]. Each trial was initiated by pressing the space bar of the computer keyboard. After one second, the first to-be-remembered digit was shown. Throughout the presentation of the target sequence of digits, auditory distractors had to be ignored. Immediately after the presentation of the to-be-remembered target sequence, eight question marks appeared in the middle of the screen and had to be replaced by the remembered digits. The digits were consecutively typed using the number pad of the keyboard. Participants were not allowed to skip a digit or to correct a response. After all question marks were replaced, participants could continue with the next trial by pressing the space bar of the keyboard. The software running the experiment was written in LiveCode (Version 9, available at <https://livecode.com>). The whole experiment lasted about 30 minutes on average.

Results

The data were analysed using the MANOVA approach to repeated-measures analyses [65]. In our application, all multivariate test criteria correspond to the same exact F statistic which is reported. Partial eta squared (η_p^2) is reported as an effect size measure. All analyses were carried out using IBM SPSS Statistics 27. The dataset of the experiment is available in the supplementary online material in the Open Science Framework repository at <https://osf.io/tqjwr/>.

Mood assessment. As a manipulation check, a rater who had been trained in data protection evaluated the answers participants provided during the autobiographical recall task to check whether they complied with the instructions. All participants in the neutral-mood group recalled a neutral situation of grocery shopping without any affective incidents. Participants in

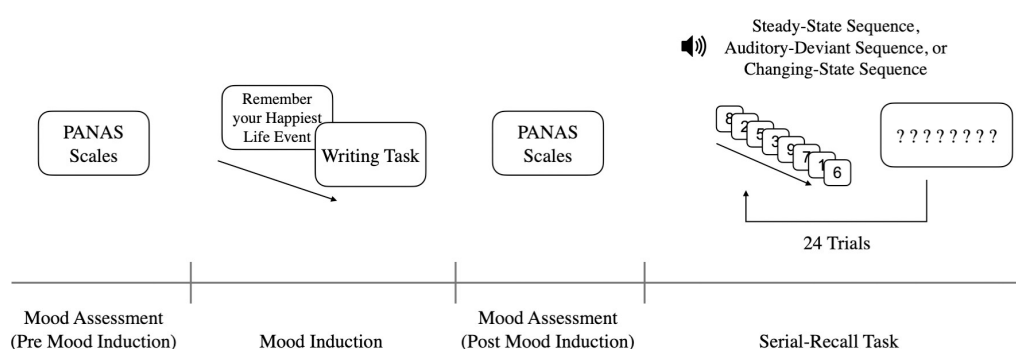


Fig 1. Schematic illustration of the experimental procedure of Experiment 1 following the serial-recall training trials. The happy mood-induction procedure is illustrated.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0260699.g001>

the happy-mood group all recalled positive events, mostly significant events with close friends, family or spouses, memories of vacations, or events associated with personal success such as academic or athletic achievements.

PANAS positive-affect scores. Overall, positive affect increased after happy-mood induction, $F(1, 212) = 69.28, p < .001, \eta_p^2 = .25$ (Fig 2A). The happy-mood group reported more positive affect than the neutral-mood group, $F(1, 212) = 34.97, p < .001, \eta_p^2 = .14$. These main effects were qualified by an interaction between time of testing and induced mood, $F(1, 212) = 41.38, p < .001, \eta_p^2 = .16$, suggesting that the increase in positive mood was more pronounced after happy-mood induction than after neutral-mood induction. Two supplementary analyses compared the positive-affect scores of the two mood-induction groups before and after the mood-induction procedure. The happy-mood group had a better mood than the neutral-mood group even before mood induction (probably because, other than in the following experiments, participants were instructed about the nature of the upcoming happy or neutral mood induction before these ratings were obtained), $F(1, 212) = 8.49, p = .004, \eta_p^2 = .04$, but there was a much stronger difference in positive mood between the neutral-mood group and the happy-mood group after the mood-induction procedure, $F(1, 212) = 56.97, p < .001, \eta_p^2 = .21$.

PANAS negative-affect scores. Happy-mood induction had no effect on the negative-affect scores of the PANAS. There was a main effect of time of testing, $F(1, 212) = 63.52, p < .001, \eta_p^2 = .23$, indicating that overall negative affect decreased during the mood-induction procedure. However, there was no effect of mood, $F(1, 212) = 2.71, p = .101, \eta_p^2 = .01$, and no interaction between time of testing and mood, $F(1, 212) = 0.20, p = .658, \eta_p^2 < .01$. Happy-mood induction thus had a selective effect on positive affect and did not significantly influence negative affect.

SAM scores. The happy music played during happy-mood induction was rated as more positive, $F(1, 212) = 14.20, p < .001, \eta_p^2 = .06$, and was associated with higher arousal, $F(1, 212) = 31.36, p < .001, \eta_p^2 = .13$, and higher dominance, $F(1, 212) = 32.87, p < .001, \eta_p^2 = .13$, than the neutral music that was played during neutral-mood induction (Table 1).

Serial-recall performance. As in previous studies [e.g., 50], a strict serial-recall criterion was used to measure serial-recall performance. In line with this criterion, only items that were recalled at the correct serial position were scored as correct. Serial-recall performance was affected by distractor condition, $F(2, 211) = 42.80, p < .001, \eta_p^2 = .29$. Mood had no main effect on serial-recall performance, $F(1, 212) < .01, p = .953, \eta_p^2 < .01$, and there was no interaction between distractor condition and mood, $F(2, 211) = 0.88, p = .417, \eta_p^2 = .01$ (Fig 3A). Two further analyses were conducted to analyse the auditory-deviant effect and the changing-

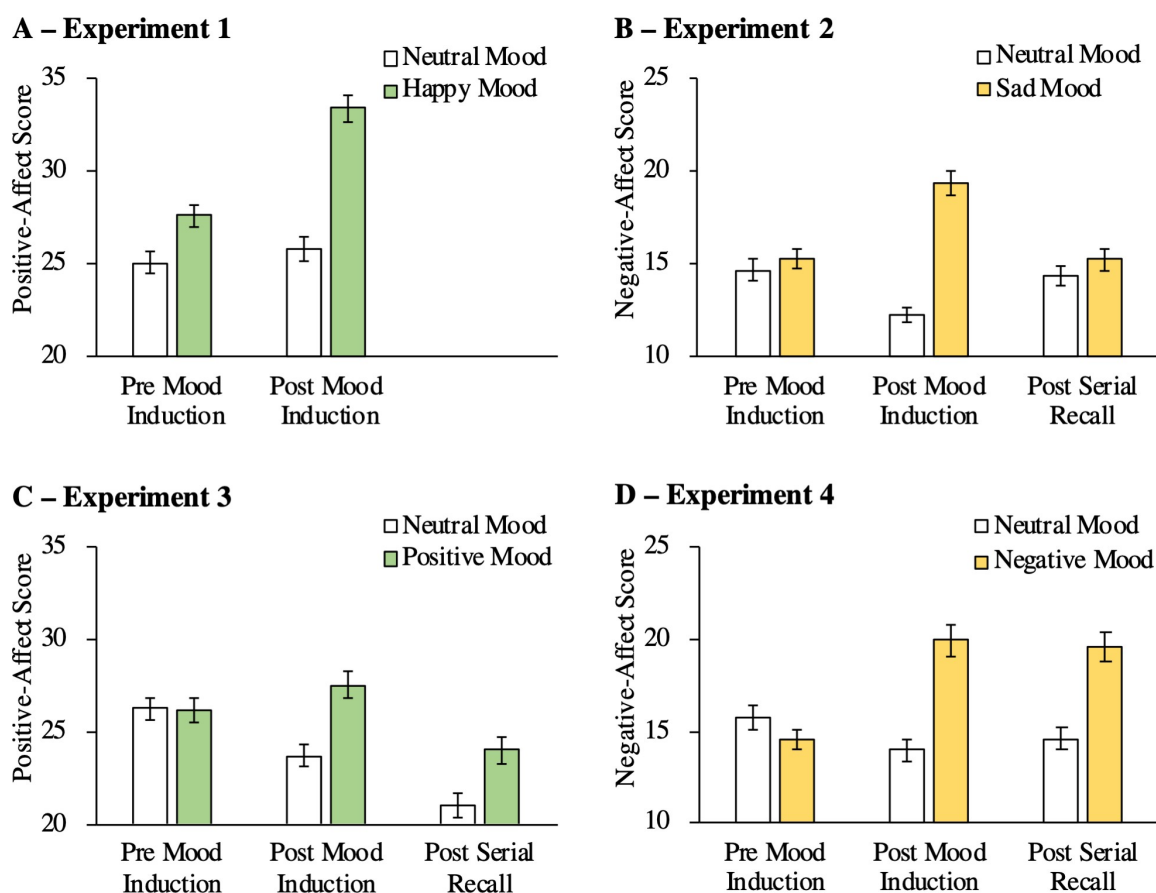


Fig 2. Mean PANAS scores as a function of induced mood and time of testing. PANAS scores can range from 10 to 50 points. The error bars represent the standard errors of the means. (A) Positive-affect scores of Experiment 1. (B) Negative-affect scores of Experiment 2. (C) Positive-affect scores of Experiment 3. (D) Negative-affect scores of Experiment 4.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0260699.g002>

state effect separately from each other. When contrasting the steady-state condition with the auditory-deviant condition, there was evidence of an auditory-deviant effect, $F(1, 212) = 19.86$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .09$, but mood had no influence on the size of the auditory-deviant effect, $F(1, 212) = 1.77$, $p = .185$, $\eta_p^2 = .01$. When contrasting the steady-state condition with the changing-state condition, there was evidence of a changing-state effect, $F(1, 212) = 85.48$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .29$, but the changing-state effect was not affected by mood, $F(1, 212) = 0.54$, $p = .465$, $\eta_p^2 < .01$.

Discussion

The mood-induction procedure used in Experiment 1 was successful in inducing a positive mood in the happy-mood group while the control group remained in a neutral mood state. There was a mean difference of 7.64—associated with an effect size of $\eta_p^2 = .21$ —for the PANAS positive-affect score between the happy mood-induction group and the neutral mood-induction group post mood induction. The difference of PANAS positive-affect scores between participants in the happy-mood group and those of the control group was as large as the corresponding difference obtained in other mood-induction studies (e.g., a difference of

Table 1. Means and standard deviations of the SAM ratings of the mood-inducing music (Experiment 1, 2) and pictures (Experiment 3, 4).

Group	Valence		Arousal		Dominance	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Experiment 1						
Neutral Mood	3.58	0.90	1.96	0.98	3.04	0.62
Happy Mood	4.03	0.81	2.77	1.12	3.56	0.70
Experiment 2						
Neutral Mood	3.68	0.81	1.75	0.87	3.04	0.79
Sad Mood	2.12	0.77	2.45	0.99	2.54	0.79
Experiment 3						
Neutral Mood	3.09	0.27	2.36	0.57	–	–
Positive Mood	4.20	0.39	2.34	0.50	–	–
Experiment 4						
Neutral Mood	3.12	0.34	2.17	0.64	–	–
Negative Mood	1.53	0.39	4.01	0.60	–	–

The five-point bipolar scales of SAM were used. SAM scores can range from unhappy (1) to happy (5) for valence, from calm (1) to excited (5) for arousal, and from controlled (1) to dominant (5) for dominance.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0260699.t001>

5.68 on the PANAS positive-affect score in the study of Pacheco-Unguetti and Parmentier [37]), supporting the evidence that the combination of autobiographical recall and mood-congruent music is powerful to induce positive mood states [e.g., 37, 48]. What is more, the PANAS positive-affect sum score was increased by 5.8 points after the happy-mood induction (Fig 2A) which corresponds to a difference of 0.58 on the PANAS positive-affect mean score. This difference is in line with results of a meta-analysis identifying an average increase pre versus post positive-mood induction of 0.29 of the mean scores on the PANAS positive-affect scale [47]. Based on these results, it can be concluded that the induction of a positive mood was comparatively effective.

Nevertheless, distraction was not modulated by mood state. While Experiment 1 successfully replicated the auditory-deviant effect [12, 13] as well as the changing-state effect [15, 16], neither the size of the auditory-deviant effect nor the size of the changing-state effect was larger when participants were in a happy mood compared to when they were in a neutral mood. The current experiment thus indicates that auditory distraction in a serial-recall task is not enhanced or otherwise affected by a happy mood compared to a neutral mood. However, it remains yet to be tested whether negative mood influences auditory distraction. For this purpose, we replaced the happy-mood induction by a sad-mood induction in Experiment 2 using the same procedure as in Experiment 1. As an improvement of the procedure, we added a mood assessment following the serial-recall task to test whether the induced mood persisted until the end of the experiment.

Experiment 2

Method

Participants. Prior to analysis, nine data sets had to be removed because nine participants had participated twice. Only participants who had not participated in the previous experiment (Experiment 1) were allowed to participate. The remaining sample consisted of 210 participants (143 women) recruited on campus at Heinrich Heine University Düsseldorf. Given a sample size of $N = 210$ and $\alpha = .05$, it was possible to detect an interaction between mood and distractor condition of the size $\eta_p^2 = .07$ with a statistical power of $1 - \beta = .95$. The participants

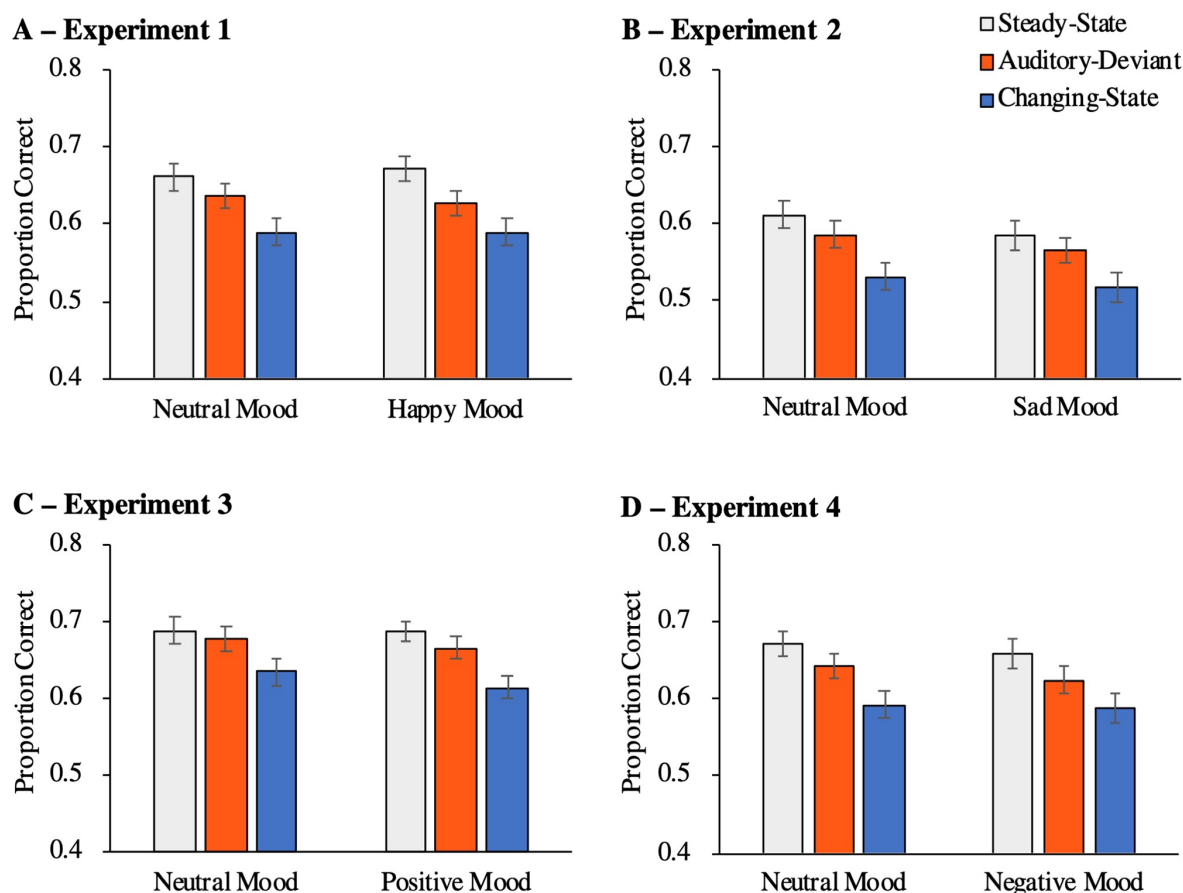


Fig 3. Proportion of correct responses in serial recall as a function of distractor condition and mood. The error bars represent the standard errors of the means. (A) Results of Experiment 1. (B) Results of Experiment 2. (C) Results of Experiment 3. (D) Results of Experiment 4.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0260699.g003>

received a small monetary compensation of 4 € or course credit for participation. All participants were fluent German speakers and reported normal hearing and normal or corrected-to-normal vision. Their age ranged from 17 to 42 years with a mean age of 23 years ($SD = 4$).

Materials and procedure. Materials and procedure were identical to those used in Experiment 1, with the following exceptions. The happy-mood induction was replaced by a sad-mood induction. A 2×3 design was used with mood (neutral, sad) as group variable and distractor condition (steady state, auditory deviant, changing state) as repeated-measures variable. To induce a sad mood, participants were asked to remember and write down the saddest event of their life while they listened to mood-congruent sad music. The musical pieces, *Adagio for Strings, Op. 11* by Samuel Barber and *5th Symphony Adagietto* by Mahler, are evidently capable to induce sadness [38, 51, 53, 55, 58]. We also added a final mood assessment in which participants rated their negative and positive affect using the German version of PANAS [59, 60] after the final trial of the serial-recall task. At the end of the experiment, all participants listened to *Eine kleine Nachtmusik* by Mozart which served to help participants to return to a positive mood before they were debriefed and dismissed (see also [38]).

Results

Mood assessment. As a manipulation check, a rater who was trained in data protection evaluated the answers participants provided during the autobiographical recall task to check whether they complied with the instructions. All participants in the neutral-mood group reported a neutral situation of grocery shopping without any emotional events. Participants in the sad-mood group all recalled negative events, such as the loss of family members or close friends, the end of a romantic relationship, family conflicts, health issues, or situations associated with academic failure.

PANAS negative-affect scores. Negative affect differed as a function of time of testing, $F(2, 207) = 4.90$, $p = .008$, $\eta_p^2 = .05$ (Fig 2B). Overall, the sad-mood group reported more negative affect than the neutral-mood group, $F(1, 208) = 17.31$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .08$. These main effects were qualified by an interaction between time of testing and induced mood, $F(2, 207) = 51.14$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .33$. Negative affect did not differ between groups before mood induction, $F(1, 208) = 0.64$, $p = .426$, $\eta_p^2 < .01$. After mood induction, the sad-mood group reported more negative affect than the neutral-mood group, $F(1, 208) = 78.88$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .27$, but there was only a non-significant trend towards more negative affect in the sad-mood group in comparison to the neutral-mood group at the end of the experiment, $F(1, 208) = 1.22$, $p = .271$, $\eta_p^2 = .01$.

PANAS positive-affect scores. Positive affect differed as a function of time of testing, $F(2, 207) = 73.53$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .42$. Overall, the sad-mood group reported less positive affect than the neutral-mood group, $F(1, 208) = 14.23$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .06$. These main effects were qualified by an interaction between time of testing and induced mood, $F(2, 207) = 31.92$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .24$, suggesting that the decrease of positive mood after mood induction was more pronounced for the sad-mood group than for the neutral-mood group. Positive affect did not differ between groups before mood induction, $F(1, 208) = 1.42$, $p = .235$, $\eta_p^2 = .01$. After mood induction, positive affect was lower after sad-mood induction than after neutral-mood induction, $F(1, 208) = 50.80$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .20$. At the end of the experiment, there was only a non-significant trend towards positive affect being lower in the sad-mood group in comparison to the neutral-mood group, $F(1, 208) = 3.02$, $p = .084$, $\eta_p^2 = .01$.

SAM scores. The sad music that was played during sad-mood induction was rated as more negative, $F(1, 208) = 202.17$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .49$, and was associated with higher arousal, $F(1, 208) = 29.98$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .13$, and lower dominance ratings than the neutral music that was played during neutral-mood induction, $F(1, 208) = 20.99$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .09$ (Table 1).

Serial-recall performance. Serial-recall performance differed as a function of distractor condition, $F(2, 207) = 39.85$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .28$. Mood had no main effect on performance, $F(1, 208) = 0.83$, $p = .363$, $\eta_p^2 < .01$, and there was no interaction between distractor condition and mood, $F(2, 207) = 0.25$, $p = .775$, $\eta_p^2 < .01$ (Fig 3B). Two further analyses were conducted to analyse the auditory-deviant effect and the changing-state effect separately. When contrasting the steady-state condition with the auditory-deviant condition, there was evidence of an auditory-deviant effect, $F(1, 208) = 7.24$, $p = .008$, $\eta_p^2 = .03$, but mood had no influence on the size of the auditory-deviant effect, $F(1, 208) = 0.14$, $p = .712$, $\eta_p^2 < .01$. Contrasting the steady-state condition with the changing-state condition, there was evidence of a changing-state effect, $F(1, 208) = 71.07$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .25$, but the size of the changing-state effect was not modulated by mood, $F(1, 208) = 0.51$, $p = .478$, $\eta_p^2 < .01$.

Discussion

In Experiment 2, the mood-induction procedure was successful to induce sad mood in the sad-mood group while the other group remained in a neutral mood state. There was a mean

difference of 7.08—with an effect size of $\eta_p^2 = .27$ —on the PANAS negative-affect score between the sad mood-induction group and the neutral mood-induction group immediately after mood induction. These results are in line with the mood differences measured in other studies in which negative mood was induced with a combination of autobiographical recall and music (e.g., a difference of 6.75 on the PANAS negative-affect score in the study of Pacheco-Unguetti and Parmentier [38]). Furthermore, there was a mean difference of 4.1 for the sum score of the PANAS negative-affect scale before and after the sad-mood induction (Fig 2B) which equals a difference of 0.41 of the mean PANAS negative-affect score. This difference is in line with results of a meta-analysis identifying a typical difference pre and post negative-mood induction of 0.45 of the mean scores of PANAS negative-affect scale [47]. The effectiveness of the present procedure to induce negative moods is thus in line with previous studies. Nevertheless, there was again no evidence of a modulation of distraction by mood in Experiment 2. While we successfully replicated the auditory-deviant effect as well as the changing-state effect, neither the size of the auditory-deviant effect nor the size of the changing-state effect differed in sad mood compared to neutral mood.

Experimentally induced mood states are known to be rather volatile [e.g., 48, 66]. As is typical for mood-induction procedures [e.g., 67, 68], strong effects on mood were observed directly after the mood induction, but the mood states did not persist until the end of the experiment. Therefore, we needed to develop a mood-induction procedure that enabled us to continuously control and monitor mood state. To this end, we showed participants pictures of positive, negative, and neutral scenes, and asked them to imagine themselves in the depicted scenes and to rate how happy or unhappy and how calm or excited they would feel. Pictorial stimuli are known to be successful in inducing positive as well as negative mood states [e.g., 47, 69]. The main advantage of this procedure is that it is easily possible to repeat the mood-induction procedure immediately before each serial-recall trial to maintain participants in a positive or negative mood until the end of the serial-recall task. Parallel to Experiment 1, we started by comparing positive mood to neutral mood in Experiment 3.

Experiment 3

Method

Participants. Two hundred and thirty participants (162 women) recruited on campus at Heinrich Heine University Düsseldorf participated in exchange for a monetary compensation of 4 € or course credit. Given a sample size of $N = 230$ and $\alpha = .05$, it was possible to detect an interaction between mood and distractor condition of the size $\eta_p^2 = .06$ with a statistical power of $1 - \beta = .95$. As in the previous experiments, all participants were fluent German speakers and reported normal hearing as well as normal or corrected-to-normal vision. Their age ranged from 18 to 39 years with a mean age of 22 ($SD = 4$) years.

Materials. The mood assessment and the serial-recall task were the same as in the previous experiments. However, a different mood-induction procedure was used to ensure that participants stayed in a neutral or positive mood until the end of the experiment. To this end, a set of 34 neutral pictures and a set of 34 positive pictures were chosen from the International Affective Picture System (IAPS; [70]). Neutral pictures were selected to be of neutral valence and low arousal. The selected set of neutral pictures showed people with neutral facial expressions and household articles, among other neutral objects. Positive pictures were selected to have a maximally positive valence rating. Pictures showing sexual content were excluded as people may show ambivalent emotional responses to erotic stimuli, at least when encountering them in a lab environment. The positive pictures showed, for example, smiling babies, landscapes, or happy families. The valence and arousal ratings of the positive pictures were

Table 2. Means and standard deviations of the normative ratings of the picture sets taken from the IAPS [70].

Picture Set	Valence		Arousal	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Positive Picture Set	7.93	0.20	4.84	0.80
Neutral Picture Set	4.99	0.14	2.63	0.35
Negative Picture Set	2.15	0.23	6.05	0.83

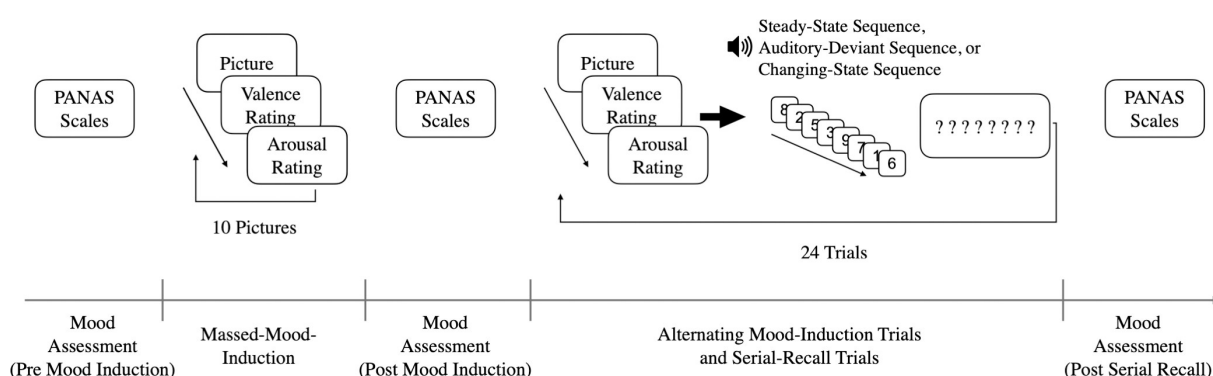
The normative ratings were assessed using the nine-point bipolar scales for valence and arousal of SAM, ranging from 1 (lowest rating) to 9 (highest rating). Hence, higher scores represent a higher rating on each dimension (higher valence, higher arousal).

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0260699.t002>

significantly higher than the ratings for the neutral pictures, $F(1, 66) = 4862.19, p < .001, \eta_p^2 = .99$ and $F(1, 66) = 217.64, p < .001, \eta_p^2 = .77$, respectively (Table 2). The list of the positive and neutral pictures that were used in the present experiment is available in the Open Science Framework repository at <https://osf.io/tqjwr/>.

Procedure. As in the previous experiments, a 2×3 design was used with mood (neutral, positive) as group variable and distractor condition (steady state, auditory deviant, changing state) as repeated-measures variable. Again, participants started with 10 steady-state training trials to familiarize themselves with the serial-recall task.

The experiment proper (Fig 4) started with the completion of the first PANAS [59, 60] to measure baseline mood (pre mood induction). Immediately after the PANAS had been completed, the massed-mood-induction procedure started. Depending on mood condition, participants saw 10 positive or 10 neutral pictures taken from the IAPS database. The pictures were presented at a size of 1024×768 pixels at the centre of the computer screen. The participants were instructed to put themselves into the presented situations and imagine the feelings and thoughts they would experience in the depicted situations. After five seconds, the SAM valence scale [61] was shown directly below the picture. As soon as participants had rated the valence of their feelings in the depicted situation, the valence scale was replaced by the arousal scale. Participants had a total of 10 seconds to rate how happy or unhappy and how calm or excited they would be in the depicted situation. Each picture stayed on screen for all of the 15 seconds. Then the picture and the SAM scale were replaced by a fixation cross. After one second, the next picture was presented automatically. Following the massed-mood-induction procedure, participants completed the PANAS a second time (post mood induction). Next, the serial-recall phase started. The procedure of the serial-recall task was the same as in the previous

**Fig 4.** Schematic illustration of the experimental procedure of Experiment 3 following the serial-recall training trials.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0260699.g004>

experiments. However, each serial-recall trial was preceded by a further mood-induction trial in which participants saw, depending on the mood condition, a neutral or positive picture, imagined themselves being in the neutral or positive situation that was depicted, and rated how happy or unhappy, and how calm or excited they would feel in this situation. Over the whole experiment, pictures were randomly drawn without replacement from the respective picture set. Thus, depending on the mood condition, the participants saw either all neutral pictures or all positive pictures once. After the last serial-recall trial, participants answered PANAS a third time (post serial recall). The whole experiment lasted about 30 minutes on average.

Results

Mood assessment. *PANAS positive-affect scores.* Positive affect differed as a function of time of testing, $F(2, 227) = 69.95, p < .001, \eta_p^2 = .38$ (Fig 2C). Overall, the positive-mood group reported more positive affect than the neutral-mood group, $F(1, 228) = 6.08, p = .014, \eta_p^2 = .03$. These main effects were qualified by an interaction between time of testing and induced mood, $F(2, 227) = 20.96, p < .001, \eta_p^2 = .16$. Positive-affect scores did not differ between groups before mood induction, $F(1, 228) = 0.01, p = .918, \eta_p^2 < .01$. After mood induction, the positive-mood group had more positive affect than the neutral-mood group, $F(1, 228) = 15.19, p < .001, \eta_p^2 = .06$. At the end of the experiment, the positive-mood group still reported more positive affect than the neutral-mood group, $F(1, 228) = 8.03, p = .005, \eta_p^2 = .03$, suggesting that differences in positive affect between the positive-mood group and the neutral-mood group were still present at the end of the experiment.

PANAS negative-affect scores. Negative affect differed as a function of time of testing, $F(2, 227) = 28.93, p < .001, \eta_p^2 = .20$ indicating a slight decrease of overall negative affect over the course of the experiment. However, there was no main effect of mood group, $F(1, 228) = 1.30, p = .255, \eta_p^2 = .01$, and no interaction between time of testing and induced mood, $F(2, 227) = 1.51, p = .224, \eta_p^2 = .01$. The positive-mood induction thus had a selective effect on positive affect and did not influence negative affect.

SAM scores. The overall rate of missing responses to the SAM scales during mood induction was low, with a mean of 1.6% missing answers, indicating that 10 seconds were enough time for the ratings. About half of all missing responses occurred in the first two ratings of the initial mood-induction block, indicating that participants had to get familiar with the timed rating task but adapted quickly. Participants indicated that they would have happier feelings in the positive scenes than in the neutral scenes, $F(1, 228) = 633.08, p < .001, \eta_p^2 = .74$, while arousal ratings did not differ as a function of the type of pictures, $F(1, 228) = 0.11, p = .742, \eta_p^2 < .01$ (Table 1).

Serial-recall performance. Serial-recall performance differed as a function of distractor condition, $F(2, 227) = 36.91, p < .001, \eta_p^2 = .25$. Mood had no main effect on performance, $F(1, 228) = 0.27, p = .603, \eta_p^2 < .01$, and there was no interaction between distractor condition and mood, $F(2, 227) = 0.72, p = .486, \eta_p^2 = .01$ (Fig 3C). When the steady-state condition was contrasted with the auditory-deviant condition, there was evidence of an auditory-deviant effect, $F(1, 228) = 5.41, p = .021, \eta_p^2 = .02$, but mood had no influence on the size of the auditory-deviant effect, $F(1, 228) = 0.39, p = .532, \eta_p^2 < .01$. When the steady-state condition was contrasted with the changing-state condition, there was evidence of a changing-state effect, $F(1, 228) = 67.82, p < .001, \eta_p^2 = .23$, but the size of the changing-state effect did not differ as a function of mood, $F(1, 228) = 1.45, p = .229, \eta_p^2 = .01$.

Discussion

The mood-induction procedure was successful in the sense that it caused participants in the positive-mood group to be in a more positive mood than the group that saw neutral pictures. Descriptively, the effect was somewhat less pronounced than the positive-mood induction used in Experiment 1, but the difference in the positivity of mood-ratings of the two respective groups was still present at the end of the experiment. Even though the auditory-deviant effect and the changing-state effect were successfully replicated, neither of the two effects was modulated by mood state.

In Experiment 3, positive mood decreased over the course of the experiment so that participants were in a more positive mood before starting the demanding serial-recall task than at the end of the experiment. We therefore ran an additional analysis in which we included time course (operationalized as ordinal trial number) as a factor to check whether susceptibility to distraction changed over the course of the experiment. However, this analysis revealed that there was no main effect of time course on serial recall, $F(7, 222) = 1.30$, $p = .250$, $\eta_p^2 = .04$, no two-way interaction between distraction and time course, $F(14, 215) = 1.35$, $p = .182$, $\eta_p^2 = .08$, and no three-way interaction between mood, distraction, and time course, $F(14, 215) = 1.04$, $p = .418$, $\eta_p^2 = .06$. These results thus indicate that changes in emotional state over the course of the experiment did not affect baseline performance or susceptibility to distraction.

In Experiment 4, negative mood was contrasted with neutral mood as in Experiment 2. However, we now relied on the same mood-induction procedure as in Experiment 3 to maintain differences in emotional mood states until the end of the serial-recall task. Another notable difference is that participants in Experiment 2 were induced into sad mood, which is a negative mood state with low arousal [71] but participants of Experiment 4 were confronted with threatening pictorial scenes, which are known to have negative valence and high arousal [70]. This allowed us to test whether negative stimuli with high arousal may cause a narrowing of attention [72, 73] and thus decrease auditory distraction.

Experiment 4

Method

Participants. Only participants who had not participated in the previous experiment (Experiment 3) were allowed to participate. One hundred ninety-seven participants (146 women) recruited on campus at Heinrich Heine University participated in the experiment. Given a sample size of $N = 197$ and $\alpha = .05$, it was possible to detect an interaction between mood and distractor condition of the size $\eta_p^2 = .07$ with a statistical power of $1 - \beta = .95$. Participants received a small monetary payment of 4 € or course credit in exchange for participation. All participants were fluent German speakers and reported normal hearing as well as normal or corrected-to-normal vision. Their age ranged from 18 to 55 years with a mean age of 23 ($SD = 4$) years.

Materials and procedure. Materials and procedure were the same as those of Experiment 3 with the following exceptions. A 2×3 design was used with mood (neutral, negative) as group variable and distractor condition (steady state, auditory deviant, changing state) as repeated-measures variable. To induce negative mood, 34 negative pictures were drawn from the IAPS [70] showing unpleasant and threatening scenes like accidents, attacks, diseases, and injuries. The pictures were chosen to have a negative valence and high arousal. The same neutral pictures were used as in Experiment 3. The negative picture set was associated with significantly lower valence, $F(1, 66) = 3763.93$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .98$, and significantly higher arousal, $F(1, 66) = 485.24$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .88$, than the neutral pictures (Table 2). The list of the negative

and neutral pictures used in the present experiment is available in the supplementary online material at <https://osf.io/tqjwr/>. At the end of the experiment, all participants listened to *Eine kleine Nachtmusik* by Mozart to diminish the effects of the negative-mood induction before they were debriefed and dismissed.

Results

Mood assessment. *PANAS negative-affect scores.* Negative affect differed as a function of time of testing, $F(2, 194) = 15.94, p < .001, \eta_p^2 = .14$ (Fig 2D). Overall, the negative-mood group reported more negative affect than the neutral-mood group, $F(1, 195) = 13.87, p < .001, \eta_p^2 = .07$. These main effects were qualified by an interaction between time of testing and mood, $F(2, 194) = 51.89, p < .001, \eta_p^2 = .35$. Negative affect did not differ between groups before mood induction, $F(1, 195) = 1.90, p = .169, \eta_p^2 = .01$. After mood induction, negative affect was higher in the negative-mood group than in the neutral-mood group, $F(1, 195) = 33.15, p < .001, \eta_p^2 = .15$, indicating that mood induction was successful. At the end of the experiment, negative affect was still higher in the negative-mood group than in the neutral-mood group, $F(1, 195) = 24.80, p < .001, \eta_p^2 = .11$, suggesting that we succeeded in keeping participants in the negative-mood group in a negative mood until the end of the serial-recall task.

PANAS positive-affect scores. Positive affect differed as a function of time of testing, $F(2, 194) = 85.29, p < .001, \eta_p^2 = .47$. There was no main effect of induced mood, $F(1, 195) = 0.10, p = .747, \eta_p^2 < .01$. However, there was an interaction between time of testing and mood, $F(2, 194) = 3.10, p = .047, \eta_p^2 = .03$, possibly due to the fact that the decrease in positive mood was slightly more pronounced in the negative-mood group than in the neutral-mood group. However, supplementary analyses comparing the positive affect scores of the two mood-induction groups separately before and after mood induction as well as at the end of the experiment showed no significant differences between the positive-affect scores of the two groups at all times of testing (all p 's $> .05$). The results thus suggest that the negative-mood induction primarily affected negative mood.

SAM scores. As in Experiment 3, the overall rate of missing responses to the SAM scales during mood induction was low with a mean of 1.8% missing answers. Participants indicated that they imagined feeling more unhappy in the negative scenes than in the neutral scenes, $F(1, 195) = 957.93, p < .001, \eta_p^2 = .83$, and that they felt higher arousal when imagining themselves in the negative scenes than when imagining themselves in the neutral scenes, $F(1, 195) = 433.33, p < .001, \eta_p^2 = .69$ (Table 1).

Serial-recall performance. Serial-recall performance differed as a function of distractor condition, $F(2, 194) = 41.78, p < .001, \eta_p^2 = .30$. Mood had no influence on task performance, $F(1, 195) = 0.28, p = .597, \eta_p^2 < .01$. There was no interaction between distractor condition and mood, $F(2, 194) = 0.45, p = .637, \eta_p^2 < .01$ (Fig 3D). When the steady-state condition was contrasted with the auditory-deviant condition, there was evidence of an auditory-deviant effect, $F(1, 195) = 17.66, p < .001, \eta_p^2 = .08$, but the auditory-deviant effect did not differ as a function of mood, $F(1, 195) = 0.05, p = .819, \eta_p^2 < .01$. When the steady-state condition was contrasted with the changing-state condition, there was evidence of a changing-state effect, $F(1, 195) = 83.23, p < .001, \eta_p^2 = .30$, but the changing-state effect did not differ as a function of mood either, $F(1, 195) = 0.43, p = .515, \eta_p^2 < .01$.

Discussion

The negative-mood induction was successful as it caused participants in the negative-mood group to be in a more negative emotional state than the participants who saw neutral pictures.

It seems noticeable that this effect was about as pronounced as the effect of the well-established negative-mood induction procedure used in Experiment 2. However, in contrast to Experiment 2, negative mood persisted until after the serial-recall task. Hence, it can be concluded that the picture-based mood induction was powerful enough to induce and maintain participants in a negative mood. What is more, the negative-mood induction affected not only valence but also arousal. However, despite the different levels of arousal and the fact that the negative mood lasted until the end of the experiment, there was no evidence that distraction differed between participants in negative and those in neutral mood. Neither the size of the auditory-deviant effect nor the size of the changing-state effect was influenced by mood state.

General discussion

The present series of experiments served to test whether emotional states are a major determinant of auditory distraction. It has been suggested that auditory distraction reflects a delicate trade-off between openness and selectivity [e.g., 5–7]. A priori, it seemed possible that the balance of these conflicting goals might be determined by mood state. Specifically, it has been suggested that positive mood leads to a broadening of the attentional focus and a loosening of the inhibitory control over distracting information [e.g., 25–27, 35] while negative mood leads to a narrowing of the attentional focus and an increase in inhibitory control of distracting information [e.g., 30, 31, 36]. From this theoretical framework, we derived the predictions that auditory distraction should increase in positive mood states and decrease in negative mood states but we noted that the available literature regarding cross-modal auditory distraction currently does not clearly support these predictions [37–39]. In the present study, we extend the range of available tests by examining whether two benchmark findings of working memory [17]—the auditory-deviant effect [12, 13] and the changing-state effect [15, 16]—are differentially affected by negative, positive, and neutral mood states. Contrasting the effects of mood on the auditory-deviant effect with those on the changing-state effect is interesting because the duplex-mechanism account of auditory distraction predicts that only the auditory-deviant effect should be affected by the emotional mood state of the individual while the changing-state effect should occur as an automatic consequence of the obligatory processing of the auditory input and thus should remain unaffected by emotional mood state [22]. However, the present results are in contrast to these predictions. Even though auditory distraction was robustly observed in all of the four experiments, neither the auditory-deviant effect nor the changing-state effect was affected by the manipulations of emotional mood states. The present results thus do not confirm that attentional diversion by auditory distractors—reflected by the size of the auditory-deviant effect—is influenced by positive or negative mood. This holds true even for emotional mood states with enhanced arousal (Experiment 4). The results thus support the conceptualization of auditory distraction as a primarily stimulus-driven process that is prevalent in related fields of research [e.g., 3, 4]. Specifically, the results are in line with an automatic-capture account according to which both the auditory-deviant effect and the changing-state effect arise in an automatic fashion from the obligatory perceptual processing of changes and deviations in the to-be ignored auditory channel [8, 21, 50].

To examine the possible influence of mood states on auditory distraction, it was necessary to induce a positive or a negative mood. Therefore, it is crucial that we were able to successfully induce positive (Experiment 1 and 3) and negative mood states (Experiment 2 and 4) in the present experiments. The size of the effects of the mood-induction procedures on reported mood were the order of magnitude of those reported in a recent meta-analysis [47]. In Experiments 1 and 2, we used the same mood-induction procedure as Pacheco-Unguetti and Parmentier [37, 38], but, contrary to their results, the induced mood did not persist until the end

of the experiment (Experiment 2). Therefore, we switched to a different mood-induction procedure in Experiments 3 and 4. This procedure had the advantage that the mood induction (imagining oneself in emotional scenes) could be repeated immediately before each trial of the serial-recall task. The procedure was effective in producing differences in mood that lasted until after the serial-recall phases of Experiments 3 and 4. Nevertheless, all of the experiments consistently showed that auditory distraction was independent of mood state.

Recall that in Experiment 3 we additionally analysed whether the susceptibility to distraction changed over the course of the experiment because the intensity of the positive mood decreased over the course of time in both mood groups. Although the results did not indicate that changes in emotional state over the course of the experiment affected baseline performance or susceptibility to distraction, it is also interesting to check for a possible variation in serial-recall performance and distraction as a function of the time course and induced mood in Experiments 1, 2 and 4. This check is particularly interesting for Experiments 1 and 2, as we did not assess the mood after the serial-recall task (Experiment 1) or the induced mood did not last until after the serial-recall task (Experiment 2). Hence, it may be possible that the induced mood affected auditory distraction at the beginning of the serial-recall task but the influence vanished as the induced mood declined over the course of time leading to a non-significant effect of mood on auditory distraction in the main analyses. Therefore, we also ran additional analyses in which we included time course (operationalized as ordinal trial number) as a factor for Experiments 1, 2 and 4. However, in line with the results of Experiment 3, time course did not interact with any of the other variables in these three experiments.

To explore whether mood has an effect on distraction when using an even larger sample size to achieve a higher statistical sensitivity while maintaining statistical power at a high level, we combined the serial-recall data of all four experiments (Fig 5). Given a total sample size of $N = 851$ and $\alpha = .05$, it was possible to detect an interaction between mood (positive, negative, neutral) and distractor condition as small as about $\eta_p^2 = .02$ with a statistical power of $1 - \beta = .95$ in the combined analysis. As in the four individual experiments, serial-recall performance was affected by distractor condition, $F(2, 847) = 143.40$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .25$. Mood had an

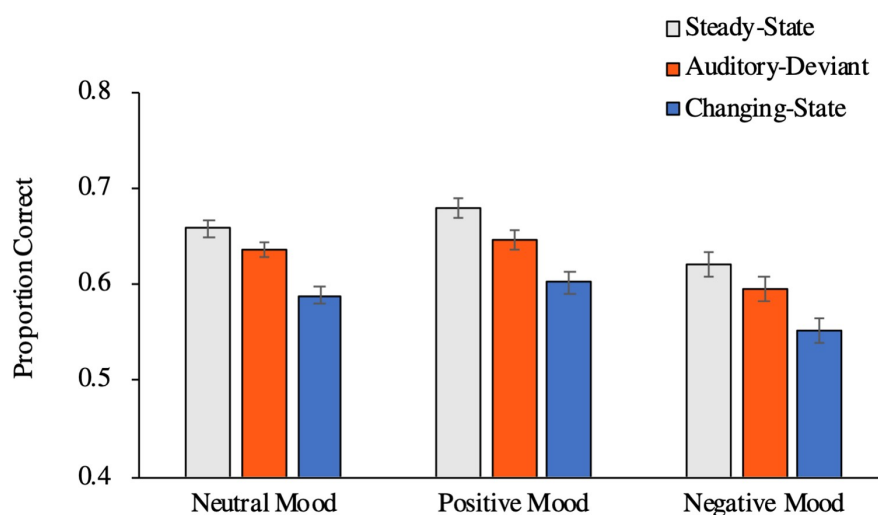


Fig 5. Proportion of correct responses in serial recall for the combined data of all four experiments. The proportion of correct responses is presented as a function of distractor condition and valence of induced mood. The error bars represent the standard errors of the means.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0260699.g005>

influence on serial-recall performance, $F(2, 848) = 6.33, p = .002, \eta_p^2 = .01$, which is due to the fact that serial-recall performance was somewhat lower in Experiment 2 than in the other experiments (Fig 3). More importantly, however, the overall analysis showed that there was no interaction between distractor condition and mood, $F(4, 1696) = 0.34, p = .850, \eta_p^2 < .01$, thereby confirming that mood did not affect auditory distraction. There was evidence of an auditory-deviant effect, $F(1, 848) = 44.98, p < .001, \eta_p^2 = .05$, but the auditory deviant effect did not differ as a function of mood, $F(2, 848) = 0.54, p = .585, \eta_p^2 < .01$. There was also evidence of a changing-state effect, $F(1, 848) = 276.96, p < .001, \eta_p^2 = .25$, but the changing-state effect did not differ as a function of mood either, $F(2, 848) = 0.28, p = .754, \eta_p^2 < .01$. Consequently, the results of the current study indicate that both the size of the auditory-deviant effect and the size of the changing-state effect remain stable in positive and negative moods compared to neutral ones.

The evidence of an effect of mood on auditory distraction in cross-modal paradigms is inconsistent [e.g., 37–39]. While the results of the current study are in line with the results of Hoskin et al. [39] who found no evidence of an effect of emotional state on distraction by auditory deviants, our results at first glance seem to differ from the results of Pacheco-Unguetti and Parmentier [37, 38] who found that happy and sad mood compared to neutral mood amplified the effects of deviant distractors in a cross-modal oddball paradigm. However, it is important to note that deviance distraction was defined as an increase in response latencies in an odd-even digit categorization task in those previous studies [37, 38]. In the present study, in contrast, distraction was measured in terms of the decrease in the proportion of correct answers in the serial-recall task. Hence, it is possible that differences in mood state may primarily affect the speed of responses while accuracy remains unaffected. Additionally, the difference in task difficulty needs to be taken into account. While we found no influence of mood on auditory distraction in a cognitively demanding serial-recall task in the current study, we cannot draw conclusions about how mood will influence auditory distraction in less demanding tasks [37, 38] because task difficulty may affect auditory distraction [74].

In the present study, we examined auditory distraction by assessing the auditory-deviant effect and the changing-state effect [e.g., 12, 16], that is, by measuring task performance in situations in which some kind of distraction is always present. This was done because the duplex-mechanism account [22] and the automatic-capture account [e.g., 8] provide clear predictions as to how mood should influence these types of auditory distraction. As a consequence, we cannot draw conclusions on how auditory distraction will be influenced when a quiet condition is also included in which case no distraction is present in some trials. Neither the duplex-mechanism account nor the automatic-capture account [8, 22] allow deriving clear predictions as to how a quiet condition would influence the extent of auditory distraction and the influence of mood on auditory distraction. This is nevertheless an interesting aspect for future research for the following reasons: First, quiet, distraction-free phases often occur in everyday situations in which one cannot necessarily predict whether or when auditory distraction might appear. Second, recent evidence suggests that—contrary to previous assumptions [e.g., 10, 22]—there is noteworthy disruption of serial recall when comparing a steady-state condition (used here as a baseline for determining the auditory-deviant and the changing-state effect) with a quiet condition [75, 76].

It also seems important to note that the emotional mood states that were manipulated in the present study were not directly associated with the serial-recall task because the aim was to draw conclusions about effects of persistent mood states on auditory distraction. This focus differs from that of other studies in which the task is to attend to emotional stimuli [e.g., 77]. Furthermore, the present results do not directly speak to the role of performance-related subjective states that are more directly linked to the task at hand such as task engagement or the

lack thereof (e.g., boredom). While the changing-state effect has consistently been found to be independent of factors that are likely to affect task engagement [e.g., 8, 24], inconsistent effects have been observed with regard to the auditory-deviant effect. Several studies have demonstrated that the auditory-deviant effect is abolished when the visual targets are masked by visual noise—which was interpreted as an effect of a compensatory increase in task engagement [24, 64]—, but recently it has been shown that monetary incentives increase task engagement but do not affect either the changing-state effect or the auditory-deviant effect [8]. Together with the evidence against a modulation of auditory distraction by task motivation [8], the present results may indicate that effects of auditory distraction on serial recall are persistent stimulus-driven processes that remain remarkably unaffected by subjective states. However, given the mixed evidence so far, more systematic examinations of the influence of situational factors such as time pressure, boredom, fatigue as well as a careful assessment of the accompanying subjective states are desirable to reach robust conclusions.

In conclusion, a confrontation with auditory stimuli during an unrelated task interferes with the focus on that task and impairs performance. Apart from their relevance for theories of auditory distraction, the present results are also interesting from an applied point of view as they suggest that auditory distraction is a pervasive problem in emotionally loaded situations and that, regardless of the mood people are in, it remains a challenge to stay focused in a distraction-filled world. It is thus important to protect performance from distraction in work and educational settings where accurate performance is required.

Acknowledgments

We acknowledge support by the Heinrich Heine University Düsseldorf.

Author Contributions

Conceptualization: Saskia Kaiser, Axel Buchner, Raoul Bell.

Formal analysis: Saskia Kaiser, Axel Buchner, Raoul Bell.

Investigation: Saskia Kaiser.

Methodology: Saskia Kaiser, Axel Buchner, Raoul Bell.

Project administration: Saskia Kaiser.

Supervision: Axel Buchner, Raoul Bell.

Visualization: Saskia Kaiser, Raoul Bell.

Writing – original draft: Saskia Kaiser.

Writing – review & editing: Axel Buchner, Raoul Bell.

References

1. Banbury SP, Macken WJ, Tremblay S, Jones DM. Auditory distraction and short-term memory: Phenomena and practical implications. *Hum Factors*. 2001; 43(1):12–29. <https://doi.org/10.1518/001872001775992462> PMID: 11474757
2. Ellermeier W, Zimmer K. The psychoacoustics of the irrelevant sound effect. *Acoust Sci Technol*. 2014; 35(1):10–6. <https://doi.org/10.1250/ast.35.10>
3. Parmentier FBR, Elford G, Escera C, Andrés P, San Miguel I. The cognitive locus of distraction by acoustic novelty in the cross-modal oddball task. *Cognition*. 2008; 106(1):408–32. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2007.03.008> PMID: 17445791

4. Parmentier FBR, Fraga I, Leiva A, Ferré P. Distraction by deviant sounds: disgusting and neutral words capture attention to the same extent. *Psychol Res*. 2020; 84(7):1801–14. <https://doi.org/10.1007/s00426-019-01192-4> PMID: 31053888
5. Berti S, Schröger E. Working memory controls involuntary attention switching: Evidence from an auditory distraction paradigm. *Eur J Neurosci*. 2003; 17(5):1119–22. <https://doi.org/10.1046/j.1460-9568.2003.02527.x> PMID: 12653989
6. Cowan N. Attention and memory: An integrated framework. London: Oxford University Press; 1995.
7. Escera C, Alho K, Schröger E, Winkler I. Involuntary attention and distractibility as evaluated with event-related brain potentials. *Audiol Neurotol*. 2000; 5:151–66. <https://doi.org/10.1159/000013877> PMID: 10859410
8. Bell R, Mieth L, Buchner A, Röer JP. Monetary incentives have only limited effects on auditory distraction: Evidence for the automaticity of cross-modal attention capture. *Psychol Res*. 2021; 85(8):2997–3009. <https://doi.org/10.1007/s00426-020-01455-5> PMID: 33340342
9. Colle HA, Welsh A. Acoustic masking in primary memory. *J Verbal Learning Verbal Behav*. 1976; 15(1):17–31. [https://doi.org/10.1016/S0022-5371\(76\)90003-7](https://doi.org/10.1016/S0022-5371(76)90003-7)
10. Jones DM, Macken WJ. Irrelevant tones produce an irrelevant speech effect: Implications for phonological coding in working memory. *J Exp Psychol Learn Mem Cogn*. 1993; 19(2):369–81. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.19.2.369>
11. Salamé P, Baddeley A. Disruption of short-term memory by unattended speech: Implications for the structure of working memory. *J Verbal Learning Verbal Behav*. 1982; 21(2):150–64. [https://doi.org/10.1016/S0022-5371\(82\)90521-7](https://doi.org/10.1016/S0022-5371(82)90521-7)
12. Hughes RW, Vachon F, Jones DM. Auditory attentional capture during serial recall: Violations at encoding of an algorithm-based neural model? *J Exp Psychol Learn Mem Cogn*. 2005; 31(4):736–49. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.31.4.736> PMID: 16060777
13. Lange EB. Disruption of attention by irrelevant stimuli in serial recall. *J Mem Lang*. 2005; 53(4):513–31. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2005.07.002>
14. Vachon F, Labonté K, Marsh JE. Attentional capture by deviant sounds: A noncontingent form of auditory distraction? *J Exp Psychol Learn Mem Cogn*. 2017; 43(4):622–34. <https://doi.org/10.1037/xlm0000330> PMID: 27656870
15. Jones DM, Macken WJ, Murray AC. Disruption of visual short-term memory by changing-state auditory stimuli: The role of segmentation. *Mem Cognit*. 1993; 21(3):318–28. <https://doi.org/10.3758/bf03208264> PMID: 8316094
16. Campbell T, Beaman CP, Berry DC. Auditory memory and the irrelevant sound effect: Further evidence for changing-state disruption. *Memory*. 2002; 10(3):199–214. <https://doi.org/10.1080/09658210143000335> PMID: 11958724
17. Oberauer K, Lewandowsky S, Awh E, Brown GDA, Conway A, Cowan N, et al. Benchmarks for models of short-term and working memory. *Psychol Bull*. 2018; 144(9):885–958. <https://doi.org/10.1037/bul0000153> PMID: 30148379
18. Buchner A, Mehl B, Rothermund K, Wentura D. Artificially induced valence of distractor words increases the effects of irrelevant speech on serial recall. *Mem Cognit*. 2006; 34(5):1055–62. <https://doi.org/10.3758/bf03193252> PMID: 17128604
19. Buchner A, Rothermund K, Wentura D, Mehl B. Valence of distractor words increases the effects of irrelevant speech on serial recall. *Mem Cognit*. 2004; 32(5):722–31. <https://doi.org/10.3758/bf03195862> PMID: 15552349
20. Marsh JE, Yang J, Qualter P, Richardson C, Perham N, Vachon F, et al. Postcategorical auditory distraction in short-term memory: Insights from increased task load and task type. *J Exp Psychol Learn Mem Cogn*. 2018; 44(6):882–97. <https://doi.org/10.1037/xlm0000492> PMID: 29389192
21. Röer JP, Körner U, Buchner A, Bell R. Attentional capture by taboo words: A functional view of auditory distraction. *Emotion*. 2017; 17(4):740–50. <https://doi.org/10.1037/emo0000274> PMID: 28080086
22. Hughes RW. Auditory distraction: A duplex-mechanism account. *Psych J*. 2014; 3(1):30–41. <https://doi.org/10.1002/pchj.44> PMID: 26271638
23. Hughes RW, Vachon F, Jones DM. Disruption of short-term memory by changing and deviant sounds: Support for a duplex-mechanism account of auditory distraction. *J Exp Psychol Learn Mem Cogn*. 2007; 33(6):1050–61. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.33.6.1050> PMID: 17983312
24. Hughes RW, Hurlstone MJ, Marsh JE, Vachon F, Jones DM. Cognitive control of auditory distraction: Impact of task difficulty, foreknowledge, and working memory capacity supports duplex-mechanism account. *J Exp Psychol Hum Percept Perform*. 2013; 39(2):539–53. <https://doi.org/10.1037/a0029064> PMID: 22731996

25. Biss RK, Hasher L, Thomas RC. Positive mood is associated with the implicit use of distraction. *Motiv Emot.* 2010; 34:73–7. <https://doi.org/10.1007/s11031-010-9156-y> PMID: 22822279
26. Dreisbach G, Goschke T. How positive affect modulates cognitive control: Reduced perseveration at the cost of increased distractibility. *J Exp Psychol Learn Mem Cogn.* 2004; 30(2):343–53. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.30.2.343> PMID: 14979809
27. Fredrickson BL. The role of positive emotions in positive psychology: The broaden-and-build theory of positive emotions. *Am Psychol.* 2001; 56(3):218–26. <https://doi.org/10.1037/0003-066x.56.3.218> PMID: 11315248
28. Fredrickson BL, Branigan C. Positive emotions broaden the scope of attention and thought-action repertoires. *Cogn Emot.* 2005; 19(3):313–32. <https://doi.org/10.1080/02699930441000238> PMID: 21852891
29. Hicks JA, King LA. Meaning in life and seeing the big picture: Positive affect and global focus. *Cogn Emot.* 2007; 21(7):1577–84. <https://doi.org/10.1080/02699930701347304>
30. Easterbrook JA. The effect of emotion on cue utilization and the organization of behavior. *Psychol Rev.* 1959; 66(3):183–201. <https://doi.org/10.1037/h0047707> PMID: 13658305
31. Wegbreit E, Franconeri S, Beeman M. Anxious mood narrows attention in feature space. *Cogn Emot.* 2015; 29(4):668–77. <https://doi.org/10.1080/02699931.2014.922933> PMID: 24901246
32. Wells A, Matthews G. Attention and emotion: A clinical perspective. Hove: Lawrence Erlbaum Associates Ltd.; 1994.
33. Fredrickson BL. The broaden-and-build theory of positive emotions. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 2004; 359:1367–77. <https://doi.org/10.1098/rstb.2004.1512> PMID: 15347528
34. Bäuml K-H, Kuhbandner C. Positive moods can eliminate intentional forgetting. *Psychon Bull Rev.* 2009; 16(1):93–8. <https://doi.org/10.3758/PBR.16.1.93> PMID: 19145016
35. Rowe G, Hirsh JB, Anderson AK. Positive affect increases the breadth of attentional selection. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2007; 104(1):383–8. <https://doi.org/10.1073/pnas.0605198104> PMID: 17182749
36. Chajut E, Algom D. Selective attention improves under stress: Implications for theories of social cognition. *J Pers Soc Psychol.* 2003; 85(2):231–48. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.85.2.231> PMID: 12916567
37. Pacheco-Unguetti AP, Parmentier FBR. Happiness increases distraction by auditory deviant stimuli. *Br J Psychol.* 2016; 107(3):419–33. <https://doi.org/10.1111/bjop.12148> PMID: 26302716
38. Pacheco-Unguetti AP, Parmentier FBR. Sadness increases distraction by auditory deviant stimuli. *Emotion.* 2014; 14(1):203–13. <https://doi.org/10.1037/a0034289> Corrected from: *Emotion.* 2014; 14(4):793. PMID: 24098923
39. Hoskin R, Hunter MD, Woodruff PWR. Neither state or trait anxiety alter the response to distracting emotionally neutral sounds. *Exp Psychol.* 2015; 62(1):3–10. <https://doi.org/10.1027/1618-3169/a000268> PMID: 25217343
40. Bell R, Dentale S, Buchner A, Mayr S. ERP correlates of the irrelevant sound effect. *Psychophysiology.* 2010; 47(6):1182–91. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2010.01029.x> PMID: 20456662
41. Cuthbert BN, Schupp HT, Bradley M, McManis M, Lang PJ. Probing affective pictures: Attended startle and tone probes. *Psychophysiology.* 1998; 35(3):344–7. <https://doi.org/10.1017/s0048577298970536> PMID: 9564755
42. Keil A, Bradley MM, Junghöfer M, Russmann T, Lowenthal W, Lang PJ. Cross-modal attention capture by affective stimuli: Evidence from event-related potentials. *Cogn Affect Behav Neurosci.* 2007; 7(1):18–24. <https://doi.org/10.3758/cabn.7.1.18> PMID: 17598731
43. Domínguez-Borràs J, García-García M, Escera C. Negative emotional context enhances auditory novelty processing. *Neuroreport.* 2008; 19(4):503–7. <https://doi.org/10.1097/WNR.0b013e3282f85bec> PMID: 18287956
44. Domínguez-Borràs J, García-García M, Escera C. Emotional context enhances auditory novelty processing: Behavioural and electrophysiological evidence. *Eur J Neurosci.* 2008; 28(6):1199–206. <https://doi.org/10.1111/j.1460-9568.2008.06411.x> PMID: 18783376
45. Gulotta B, Sadia G, Sussman E. Emotional processing modulates attentional capture of irrelevant sound input in adolescents. *Int J Psychophysiol.* 2013; 88(1):40–6. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2013.01.003> PMID: 23313604
46. Baker RC, Guttfreund DG. The effects of written autobiographical recollection induction procedures on mood. *J Clin Psychol.* 1993; 49(4):563–8. [https://doi.org/10.1002/1097-4679\(199307\)49:4<563::aid-jclp2270490414>3.0.co;2-w](https://doi.org/10.1002/1097-4679(199307)49:4<563::aid-jclp2270490414>3.0.co;2-w) PMID: 8408684

47. Joseph DL, Chan MY, Heintzelman SJ, Tay L, Diener E, Scotney VS. The manipulation of affect: A meta-analysis of affect induction procedures. *Psychol Bull.* 2020; 146(4):355–75. <https://doi.org/10.1037/bul0000224> PMID: 31971408
48. Martin M. On the induction of mood. *Clin Psychol Rev.* 1990; 10(6):669–97. [https://doi.org/10.1016/0272-7358\(90\)90075-L](https://doi.org/10.1016/0272-7358(90)90075-L)
49. Vuoskoski JK, Eerola T. Can sad music really make you sad? Indirect measures of affective states induced by music and autobiographical memories. *Psychol Aesthet Creat Arts.* 2012; 6(3):204–13. <https://doi.org/10.1037/a0026937>
50. Körner U, Röer JP, Buchner A, Bell R. Working memory capacity is equally unrelated to auditory distraction by changing-state and deviant sounds. *J Mem Lang.* 2017; 96:122–37. <https://doi.org/10.1016/j.jml.2017.05.005>
51. Huntsinger JR, Clore GL, Bar-Anan Y. Mood and global-local focus: Priming a local focus reverses the link between mood and global-local processing. *Emotion.* 2010; 10(5):722–6. <https://doi.org/10.1037/a0019356> PMID: 21038956
52. Jallais C, Gilet AL. Inducing changes in arousal and valence: Comparison of two mood induction procedures. *Behav Res Methods.* 2010; 42(1):318–25. <https://doi.org/10.3758/BRM.42.1.318> PMID: 20160311
53. Riener CR, Stefanucci JK, Proffitt DR, Clore G. An effect of mood on the perception of geographical slant. *Cogn Emot.* 2011; 25(1):174–82. <https://doi.org/10.1080/02699931003738026> PMID: 21432665
54. Faul F, Erdfelder E, Lang A-G, Buchner A. G*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behav Res Methods.* 2007; 39(2):175–91. <https://doi.org/10.3758/bf03193146> PMID: 17695343
55. Schmid PC, Schmid Mast M. Mood effects on emotion recognition. *Motiv Emot.* 2010; 34(3):288–92. <https://doi.org/10.1007/s11031-010-9170-0>
56. Au Yeung C, Dalgleish T, Golden AM, Schartau P. Reduced specificity of autobiographical memories following a negative mood induction. *Behav Res Ther.* 2006; 44(10):1481–90. <https://doi.org/10.1016/j.brat.2005.10.011> PMID: 16356472
57. Berna C, Leknes S, Holmes EA, Edwards RR, Goodwin GM, Tracey I. Induction of depressed mood disrupts emotion regulation neurocircuitry and enhances pain unpleasantness. *Biol Psychiatry.* 2010; 67(11):1083–90. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2010.01.014> PMID: 20303069
58. Robinson OJ, Cools R, Chrockett MJ, Sahakian BJ. Mood state moderates the role of serotonin in cognitive biases. *J Psychopharmacol.* 2010; 24(4):573–83. <https://doi.org/10.1177/0269881108100257> PMID: 19164497
59. Krohne HW, Egloff B, Kohlmann C-W, Tausch A. Untersuchungen mit einer deutschen Version der „Positive and Negative Affect Schedule“(PANAS). *Diagnostica.* 1996; 42(2):139–56. German.
60. Watson D, Clark LA, Tellegen A. Development and validation of brief measures of positive and negative affect: The PANAS scales. *J Pers Soc Psychol.* 1988; 54(6):1063–70. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.54.6.1063> PMID: 3397865
61. Bradley MM, Lang PJ. Measuring emotion: The Self-Assessment Manikin and the semantic differential. *J Behav Ther Exp Psychiatry.* 1994; 25(1):49–59. [https://doi.org/10.1016/0005-7916\(94\)90063-9](https://doi.org/10.1016/0005-7916(94)90063-9) PMID: 7962581
62. Bell R, Röer JP, Buchner A. Irrelevant speech disrupts item-context binding. *Exp Psychol.* 2013; 60(5):376–84. <https://doi.org/10.1027/1618-3169/a000212> PMID: 23820947
63. Röer JP, Bell R, Marsh JE, Buchner A. Age equivalence in auditory distraction by changing and deviant speech sounds. *Psychol Aging.* 2015; 30(4):849–55. <https://doi.org/10.1037/pag0000055> PMID: 26523691
64. Marsh JE, Campbell TA, Vachon F, Taylor PJ, Hughes RW. How the deployment of visual attention modulates auditory distraction. *Atten Percept Psychophys.* 2020; 82(1):350–62. <https://doi.org/10.3758/s13414-019-01800-w> PMID: 31290133
65. O'Brien RG, Kaiser MK. MANOVA method for analyzing repeated measures designs: An extensive primer. *Psychol Bull.* 1985; 97(2):316–33. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.97.2.316> PMID: 3983301
66. Isen AM, Clark M, Schwartz MF. Duration of the effect of good mood on helping: "Footprints on the sands of time". *J Pers Soc Psychol.* 1976; 34(3):385–93. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.34.3.385>
67. Kliegel M, Jäger T, Phillips L, Federspiel E, Imfeld A, Keller M, et al. Effects of sad mood on time-based prospective memory. *Cogn Emot.* 2005; 19(8):1199–213. <https://doi.org/10.1080/02699930500233820>
68. Knight BG, Maines ML, Robinson GS. The effects of sad mood on memory in older adults: A test of the mood congruence effect. *Psychol Aging.* 2002; 17(4):653–61. <https://doi.org/10.1037/0882-7974.17.4.653> PMID: 12507361

69. Pacheco-Unguetti AP, Acosta A, Callejas A, Lupianez J. Attention and anxiety: Different attentional functioning under state and trait anxiety. *Psychol Sci*. 2010; 21(2):298–304. <https://doi.org/10.1177/0956797609359624> PMID: 20424060
70. Lang PJ, Bradley MM, Cuthbert BN. International affective picture system (IAPS): Affective ratings of pictures and instruction manual. Technical report A-8. 2008:University of Florida, Gainesville, FL.
71. Russell JA. A circumplex model of affect. *J Pers Soc Psychol*. 1980; 39(6):1161–78. <https://doi.org/10.1037/h0077714>
72. Gable P, Harmon-Jones E. The blues broaden, but the nasty narrows: Attentional consequences of negative affects low and high in motivational intensity. *Psychol Sci*. 2010; 21(2):211–5. <https://doi.org/10.1177/0956797609359622> PMID: 20424047
73. Harmon-Jones E, Gable P, Price TF. The influence of affective states varying in motivational intensity on cognitive scope. *Front Integr Neurosci*. 2012; 6(73). <https://doi.org/10.3389/fnint.2012.00073> PMID: 22973207
74. SanMiguel I, Corral M-J, Escera C. When loading working memory reduces distraction: behavioral and electrophysiological evidence from an auditory-visual distraction paradigm. *J Cogn Neurosci*. 2008; 20(7):1131–45. <https://doi.org/10.1162/jocn.2008.20078> PMID: 18284343
75. Bell R, Röer JP, Lang A-G, Buchner A. Distraction by steady-state sounds: Evidence for a graded attentional model of auditory distraction. *J Exp Psychol Hum Percept Perform*. 2019; 45(4):500–12. <https://doi.org/10.1037/xhp0000623> PMID: 30816785
76. AuBuchon AM, McGill CI, Elliott EM. Auditory distraction does more than disrupt rehearsal processes in children's serial recall. *Mem Cognit*. 2019; 47(4):738–48. <https://doi.org/10.3758/s13421-018-0879-4> PMID: 30499097
77. Domínguez-Borràs J, Rieger SW, Corradi-Dell'Acqua C, Neveu R, Vuilleumier P. Fear spreading across senses: Visual emotional events alter cortical responses to touch, audition, and vision. *Cereb Cortex*. 2017; 27(1):68–82. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhw337> PMID: 28365774

Negative target stimuli do not influence cross-modal auditory distraction

Saskia Kaiser^{1*}, Axel Buchner¹, Laura Mieth¹, Raoul Bell¹

¹Department of Experimental Psychology, Heinrich Heine University Düsseldorf,
Düsseldorf, Germany

*Corresponding author

E-mail: saskia.kaiser@hhu.de (SK)

Abstract

The present study served to test whether emotion modulates auditory distraction in a serial-order reconstruction task. If auditory distraction results from an attentional trade-off between the targets and distractors, auditory distraction should decrease when attention is focused on targets with high negative arousal. Two experiments (with a total N of 284 participants) were conducted to test whether and, if so, to what extent auditory distraction is influenced by target emotion. Experiment 1 examines whether two benchmark effects of auditory distraction—the auditory-deviant effect and the changing-state effect—differ as a function of whether targets with high negative arousal or neutral targets are used. Experiment 2 complements Experiment 1 by testing whether target emotion modulates the disruptive effects of reversed sentential speech and steady-state distractor sequences relative to a quiet control condition. Even though the serial order of negative targets was better remembered than that of neutral targets, demonstrating an emotional facilitation effect on serial-order reconstruction, auditory distraction was not modulated by target emotion. The results provide support of the automatic-capture account according to which auditory distraction, regardless of the specific type of auditory distractor sequence that has to be ignored, is a fundamentally stimulus-driven effect that is rooted in the automatic processing of the to-be-ignored auditory stream and remains unaffected by emotional-motivational factors.

Keywords: auditory distraction, negative emotional arousal, serial-order reconstruction task, selective attention and emotion, immediate memory

Introduction

It is well established that auditory distraction impairs immediate memory for visually presented stimuli [1] which is referred to as the irrelevant-sound effect. One of the standard paradigms to investigate this type of cross-modal auditory distraction is the serial-recall paradigm in which participants have to serially recall a sequentially presented list of visual targets (e.g., digits, consonants, or words) that are presented while task-irrelevant auditory distractors have to be ignored [2-4]. In addition to the serial-recall task, other tasks that rely on serial-order processing such as serial-order reconstruction tasks [e.g., 5, 6, 7]—in which the targets are re-presented at test and their order has to be reproduced—, yielded results parallel to those obtained in the serial-recall task. Theories of auditory distraction focus on the processing requirements of the primary task [e.g., 8, 9] and on the specific properties of the to-be-ignored information that is thought to be responsible for the distraction [e.g., the degree to which the to-be-ignored information deviates from a previous train of stimuli; see, for example, 10, 11]. As yet, comparatively little attention has been devoted to emotional-motivational factors that could influence cross-modal auditory distraction. When examining auditory distraction, emotions are often seen as extraneous factors that researchers try to remove from the equation by creating emotionally sterile laboratory settings. The task-relevant target material often consists of random permutations of digits and consonants and is thus stripped of emotional content and arousal. Usually, it is seen as sufficient to instruct participants to attend to the visual targets and to ignore the auditory distractors, despite the dullness of the to-be-remembered material. This approach rests on the assumption that participants unquestioningly adopt the notions of relevance and irrelevance conveyed by the instructions. However, in our everyday experience, the relevance or irrelevance of information is not only determined by extrinsic rules and conventions (e.g., the teacher instructing the students to focus on the school subject) but also by the intrinsic properties of the information on which attention is supposed to be focused (e.g., whether the school subject is Latin or pop culture). It is well possible that people may be particularly prone to distraction when the to-be-attended target material is of little intrinsic relevance to them.

Therefore, target emotion may be a key factor in modulating distraction. Emotional stimuli are intrinsically relevant because they directly relate to the organism's ultimate goals of survival and reproduction [12-14]. The present experiments therefore provide an empirical test of whether cross-modal distraction in the serial-order reconstruction paradigm is modulated by the emotional arousal of the target material.

Emotional stimuli are often postulated to be prioritised in attention and memory [13, 15-20]. This processing advantage is usually attributed to emotional and, in particular, negative arousal [16, 17, 21, 22]. For instance, a memory advantage for negatively and positively arousing over neutral words has been shown in free recall [e.g., 17, 22, 23, 24] and recognition tasks [e.g., 16, 22]. However, there is less evidence on how emotion affects serial recall. While two studies [25, 26] found a serial-recall advantage for emotional words compared to neutral ones, one other study found no difference in serial recall between emotional and neutral words [27]. This discrepancy may be related to methodic differences of the studies such as the fact that arousal was allowed to differ between the emotional and non-emotional word lists in the study in which an emotional modulation of serial recall was found [26; there is no information on arousal in 25] whereas arousal was held constant across the conditions in the study in which no effect of emotion on serial recall was found [27]. The effects of emotion on serial recall may thus be mediated by arousal rather than valence.

The primary aim of the present study was to examine the effect of target emotion on cross-modal attention. This question is of interest for theories of auditory distraction. Specifically, the effect of cross-modal distraction is often ascribed to an attentional trade-off between the deployment of attention to the primary task and the allocation of attention to the task-irrelevant modality [28-30]. This *attentional-trade-off view* implies that auditory distraction should decrease when attention is closely focused on the primary task. Thus, if the to-be-attended material intrinsically attracts attention, the focus of attention should be less likely to be diverted by auditory distractors. The attentional-trade-off view thus predicts that auditory distraction should be decreased for negative targets because negative arousal should bind attention to the primary task, which should decrease the chances of auditory distractors receiving attention. However, an alternative view is that attention is captured by

the distractors in a primarily stimulus-driven manner [31-33]. According to the *automatic-capture account*, the automatic detection of changes and unexpected events in the auditory modality consumes processing resources regardless of the level of engagement in the primary task. As a consequence, distraction should occur independently of the emotional-motivational significance of the targets. The automatic-capture account thus predicts that auditory distraction should be unaffected by target emotion.

A third possibility is that the effect of emotion depends on the type of auditory distractor that has to be ignored. Specifically, one of the most popular theories of auditory distraction, the *duplex-mechanism account* [34-36], postulates that there are two types of auditory distraction. First, *interference-by-process* may be the automatic consequence of the involuntary processing of the auditory distractors which cannot be controlled and does not depend on the level of engagement afforded by the primary task. Second, *attentional diversion* may result from an attentional trade-off between the deployment of attention to the primary task and the allocation of attention to the task-irrelevant modality. According to the duplex-mechanism account, the *changing-state effect* [37, 38] is a prime example for interference-by-process. It is well established that changing-state sequences consisting of different distractor stimuli (e.g., F G C D E A B H) disrupt performance more than steady-state sequences consisting of a single repeated distractor stimulus (e.g., A A A A A A A). The duplex-mechanism account postulates that, when changes between consecutive distractors in the acoustic stream are registered, the order of these changes is automatically processed. These changes are only present in changing-state sequences but not in steady-state sequences. The automatic processing of the order of the changing distractors interferes with the voluntary processing of the order of the target sequences. The obligatory nature of the underlying processes should guard the effect against emotional-motivational influences. In contrast, the *auditory-deviant effect*, defined as the more disruptive effect of auditory-deviant sequences compared to steady-state sequences [39, 40], is attributed to attentional diversion. In auditory-deviant sequences, one of the distractors deviates from the rest of the distractor sequence (e.g., A A A A A B A A). According to the duplex-mechanism account, the violation of an expectation about the continuation of the sequence triggers attentional

engagement which draws attention away from the primary task. Importantly, the account entails the assumption that attentional diversion by auditory deviants is under cognitive control which provides a basis for the influence of emotional-motivational factors.

Specifically, the account implies that attentional diversion “can be influenced by a range of factors including task demands, emotional state, and motivational factors” [34, p. 33].

The empirical support for these theoretical accounts with regards to emotional-motivational factors is, however, mixed. Recently, Bell et al. [32] have reported that providing external monetary incentives for good performance improved serial recall but influenced neither the size of the changing-state effect nor the size of the auditory-deviant effect, suggesting that the influence of top-down motivational factors on auditory distraction is limited. By contrast, several studies have reported that visually masking the target stimuli decreases disruptive effects of auditory deviants and emotional distractors [35, 41]. These findings were explained by assuming that the perceived difficulty of encoding visually masked stimuli triggers an upregulation of task engagement which decreases attentional diversion by shifting the attentional resources to the target stimuli. However, these findings have recently been called into question by Kattner and Bryce [42] who consistently failed to replicate the suppressive effect of visual masking on the auditory-deviant effect across four experiments.

Even fewer data are available regarding the possible influence of emotional factors on auditory distraction. Most research has focused on emotional properties of the auditory distractors [41, 43-47] with the dominant finding being that distractors with emotional characteristics capture more attention than emotionally neutral distractors. The question of whether emotional characteristics of the primary task affect cross-modal distraction is much less well researched. Recently, Kaiser et al. [33] have demonstrated, in a series of four well-powered experiments, that positive and negative mood states affect neither the changing-state effect nor the auditory-deviant effect, thereby providing evidence in support of the automatic-capture account [32] according to which cross-modal attention is rooted in the automatic detection of auditory changes and deviations and thus independent of emotional states. In that study, however, the emotional states were manipulated by standard mood-induction procedures that were applied either before the serial-recall task or in-between the

serial-recall trials. Selective attention may thus have remained unaffected by the mood manipulation for the simple reason that the emotional arousal of the mood induction was not directly related to the to-be-recalled targets. In fact, whereas the negative or positive mood states were clearly detectable in the participants' mood ratings, there was no conclusive evidence that the negative or positive mood states were reflected in the serial-recall performance at all. With no such effect in the performance measures, it is possible to conclude that negative and positive mood had no apparent effect on the degree to which participants were engaged in the primary task. Different results may occur when the targets themselves are emotional. Specifically, attention may be attracted more strongly to targets with emotional significance which may increase memory for the targets and decrease cross-modal distraction. There is, in fact, evidence suggesting that psychophysiological correlates of attention switching are affected when emotional targets are used, but the pattern of results is inconsistent across studies. Studies focusing on the P3 component of the event-related potential in response to distractor sounds—which is often thought to be associated with attentional orienting to task-irrelevant sounds [48]—have sometimes demonstrated a reduced P3 [49, 50] and sometimes demonstrated an increased P3 [51-53] in response to novel sounds when the participants' attention was focused on negative or positive in comparison to neutral visual targets. Thus, the available research does not yet conclusively answer the question of whether and, if so, how emotional characteristics of the target stimuli affect auditory distraction.

Here, we test the effect of target emotion on auditory distraction in the serial-order reconstruction paradigm. To increase the chances of finding significant effects of target emotion on serial-order reconstruction, we aimed at constructing word lists with strong differences in arousal. Given that negative words in the database that we used [54] were associated with higher arousal than the positive words, we decided to contrast negative word lists with high arousal to neutral word lists with low arousal. We expected serial-order reconstruction to be improved for the negatively arousing word lists [25, 26] but the main question was whether and, if so, how cross-modal auditory distraction would be affected by the emotional prioritization of the processing of the targets.

Experiment 1 is focused on the changing-state effect and the auditory-deviant effect which have both acquired the status of benchmark findings in working memory [55]. Participants were asked to ignore steady-state, auditory-deviant, and changing-state sequences. The attentional-trade-off view leads to the prediction that negative high-arousal targets lead to an improved attentional focus on the primary task which implies that distraction in general and thus both the changing-state effect and the auditory-deviant effect should be decreased relative to the control condition with low-arousal neutral targets. The automatic-capture account, by contrast, leads to the prediction that both the changing-state effect and the auditory-deviant effect are unaffected by emotional-motivational factors. Finally, the duplex-mechanism account implies that the auditory-deviant effect should be decreased by negative arousal of the targets while the changing-state effect should remain unaffected by target emotion, resulting in an interaction between target emotion and distraction type.

When examining auditory-deviant and changing-state effects, it is necessary to use the steady-state condition as a control condition against which the auditory-deviant and changing-state conditions are compared. However, it has been demonstrated recently that steady-state sequences cause reliable distraction relative to quiet [56]. Therefore, Experiment 2 was designed to compare changing-state and steady-state conditions against a quiet control condition to test whether the irrelevant-sound effect—yet another benchmark finding of working memory [55]—and the steady-state effect are modulated by the negative arousal of the targets. This seemed necessary in order to arrive at a more complete understanding of how auditory distraction is modulated by the emotional content of the target stimuli.

Ethics Statement

The experiments were approved by the ethics committee of the Faculty of Mathematics and Natural Sciences at Heinrich Heine University Düsseldorf. The research has been performed in accordance with the Declaration of Helsinki and its later amendments. All participants gave written informed consent before participating in the experiment.

Experiment 1

Methods

Participants

A total of 118 participants (90 women), recruited on campus at Heinrich Heine University Düsseldorf prior to the COVID-19 pandemic, took part in the experiment. Their age ranged from 18 to 36 years with a mean of 22 ($SD = 4$) years. All participants were fluent German speakers (107 native speakers) who reported normal or corrected-to-normal hearing and vision. Participants received course credit or a small monetary reward in exchange for participation. Given $N = 118$ and $\alpha = .05$, it was possible to detect a target emotion by distractor condition interaction of the size of $\eta_p^2 = .12$ with a statistical power of $1 - \beta = .95$ [57].

Materials

In the serial-order reconstruction task, each target list consisted of either negatively arousing words or neutral words. In each trial, seven words of the target list were sampled, without replacement, either from a set of 100 neutral words or from a set of 100 negative words. Only one-syllable and two-syllable German nouns were used. The words were chosen from the Leipzig Affective Norms for German (LANG) database [54]. The word sets were matched for concreteness, word frequency, number of letters, as well as number of syllables and, hence, did not differ on any of these variables (all p 's $> .573$, Table 1). The neutral words were of neutral valence ($M = 5.02$, $SD = 0.17$) on a scale ranging from 1 (negative) to 9 (positive) and low arousal ($M = 2.34$, $SD = 0.23$) on a scale ranging from 1 (low arousal) to 9 (high arousal). The negative words were of negative valence ($M = 3.69$, $SD = 0.42$) and high arousal ($M = 5.12$, $SD = 1.06$). The valence of the negative words was significantly lower than the valence of the neutral words, $F(1, 198) = 873.03$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .82$, while arousal was higher for the negative words than for the neutral words, $F(1, 198) = 662.99$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .77$. The word sets are available in the Open Science Framework repository at <https://osf.io/z4afx/>.

Table 1. Means and standard deviations of the controlled dimensions of the word sets taken from the LANG database [54].

Dimension	Neutral Word Set		Negative Word Set	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Concreteness	4.18	1.62	4.33	2.06
Word Frequency	12.47	1.93	12.54	2.24
Number of Letters	5.93	1.24	5.86	1.19
Number of syllables	1.80	0.40	1.79	0.41

The mean values for concreteness, word frequency, number of letters and syllables were calculated based on the norms provided by the LANG Database [54]. Concreteness was assessed on a scale ranging from 1 (concrete) to 9 (abstract). Word frequency was taken from the *Wortschatz Lexikon* of the University of Leipzig (<https://wortschatz.uni-leipzig.de/de>).

The auditory-distractor sequences consisted of a set of 12 letters spoken by a female voice and recorded with a 44.1 sampling rate using 16-bit format. The letters were normalized to minimize amplitude differences among the stimuli and played at about 65 dB(A) L_{eq} . The letter set consisted of the following monosyllabic consonants: D, F, H, J, M, P, Q, R, S, V, X, Z. For steady-state sequences one letter was randomly drawn from the set of letters and repeated 12 times. Auditory-deviant sequences were identical to steady-state sequences with the following exception: Randomly determined, the letter at the sixth, seventh or eighth position in the distractor sequence was replaced by a different letter from the set of letters, functioning as the auditory deviant. For changing-state sequences, the 12 letters were presented as distractors in random order.

Procedure

Throughout the entire experiment, participants wore headphones with high-insulation hearing protection covers (beyerdynamic DT-150) that were directly plugged into the Apple iMac computer running the experiment. At the beginning of the experiment, participants received standardized written instructions on the computer screen. They were instructed to focus on the words displayed on the screen and to ignore the auditory input that would be

played via the headphones. They were assured that the auditory input was completely irrelevant for the task and would remain task-irrelevant throughout the whole experiment. Participants then performed 16 serial-order reconstruction training trials to familiarize themselves with the task. The training trials consisted of steady-state trials, half of which consisted of neutral target words and half of negative target words. The data of these trials were not analyzed. The experiment proper consisted of 48 trials. The trials were presented in a random order. There were six target-distractor combinations: neutral targets and steady-state sequences, neutral targets and auditory-deviant sequences, neutral targets and changing-state sequences, negative targets and steady-state sequences, negative targets and auditory-deviant sequences, negative targets and changing-state sequences. There were eight trials of each target-distractor combination. In each trial, seven target words were presented, one after another, in black 80 pt Monaco font against a white background at the center of the computer screen. Each of the seven target words was presented for one second with an inter-target interval of 500 ms. The presentation of the distractor sequence started with the onset of the first target word. The auditory distractor letters were presented at a rate of one letter every 875 ms, resulting in a total duration of 10.5 s per distractor sequence. The duration of the target sequence was thus identical to that of the distractor sequence. Immediately after the presentation of the target sequence, all words of the target sequence were displayed on screen in alphabetical order, along with seven empty answer boxes representing the serial positions of the targets (Fig 1). The participants' task was to reconstruct the order of the target sequence by clicking on the target words in the correct order. As soon as the participant clicked on a target word, the target word disappeared from the list of alphabetically ordered words and appeared in the leftmost empty answer box. It was not possible to skip a position or correct a response. If participants did not know which of the words had been presented at a particular serial position, they had to guess. When all target words had been assigned to a serial position, participants initiated the next trial by clicking a continue button. The whole experiment lasted about 25 minutes on average. The software running the experiment was written in LiveCode (Version 9, available at <https://livecode.com>).

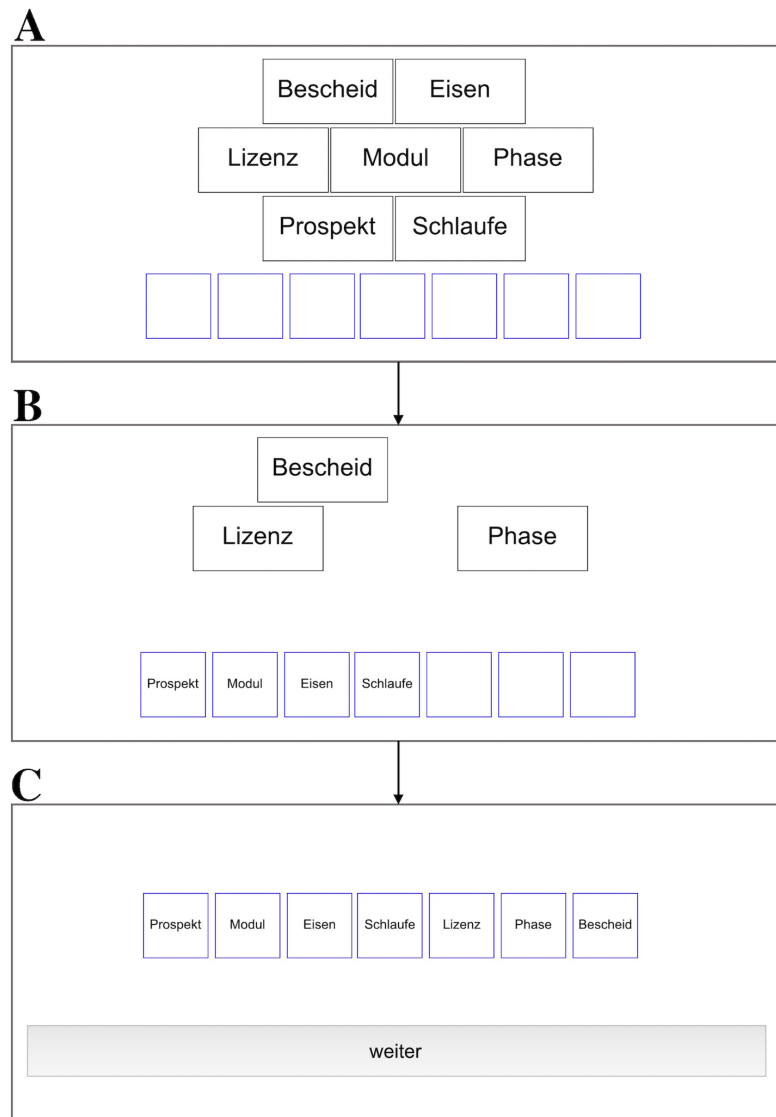


Fig 1. Illustration of the serial-order reconstruction task. A neutral target sequence serves as example: *Bescheid* [notice], *Eisen* [iron], *Lizenz* [license], *Modul* [module], *Phase* [phase], *Prospekt* [brochure], *Schlaufe* [loop]. (A) Immediately after the target sequence had been presented, the target words were presented in alphabetical order in black frames, along with seven blue-framed answer boxes representing the serial positions. (B) By clicking on the alphabetically ordered words, the words appeared successively in the answer boxes representing the serial positions. (C) When all target words were assigned to serial positions, the *weiter* [continue] button was presented, allowing the participants to initiate the next trial.

Results

The data were analyzed using the MANOVA approach to repeated-measures analyses [58]. All multivariate test criteria correspond to the same exact F statistic which is reported. Partial eta squared (η_p^2) is reported as a sample effect size measure. All analyses were carried out using IBM SPSS Statistics 28. The dataset of the experiment is available in the supplementary online material in the Open Science Framework repository at <https://osf.io/z4afx/>.

A 2×3 repeated-measures analysis with target emotion (neutral, negative) and distractor condition (steady state, auditory deviant, changing state) as repeated-measures variables and the proportion of words placed at the correct serial position as dependent variable showed significant main effects of target emotion, $F(1, 117) = 14.01, p < .001, \eta_p^2 = .11$, in that the serial order of the negative targets was significantly better remembered than the serial order of the neutral targets, and of distractor condition, $F(2, 116) = 26.44, p < .001, \eta_p^2 = .31$ (Fig 2). The interaction between target emotion and distractor condition was not significant, $F(2, 116) = 0.66, p = .521, \eta_p^2 = .01$.

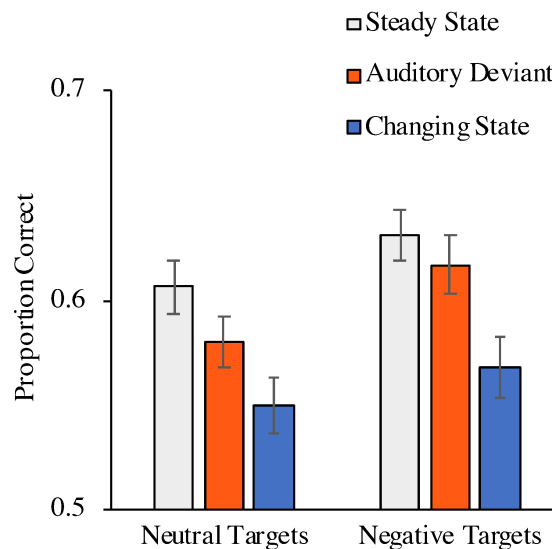


Fig 2. Proportion of correct responses as a function of distractor condition and target emotion (Experiment 1). The error bars represent the standard errors of the means.

Two further analyses were conducted to separately analyze the auditory-deviant effect and the changing-state effect. When the steady-state condition was contrasted with the auditory-deviant condition, there was evidence of an auditory-deviant effect, $F(1, 117) = 6.83, p = .010, \eta_p^2 = .06$. Serial-order reconstruction was enhanced for negative targets in comparison to neutral targets, $F(1, 117) = 12.02, p < .001, \eta_p^2 = .09$, but the size of the auditory-deviant effect did not differ as a function of target emotion, $F(1, 117) = 0.54, p = .464, \eta_p^2 < .01$. When the steady-state condition was contrasted with the changing-state condition, there was evidence of a changing-state effect, $F(1, 117) = 51.82, p < .001, \eta_p^2 = .31$. Serial-order reconstruction was enhanced for negative targets in comparison to neutral targets, $F(1, 117) = 6.68, p = .011, \eta_p^2 = .05$, but the size of the changing-state effect did not differ as a function of target emotion, $F(1, 117) = 0.18, p = .669, \eta_p^2 < .01$.

Discussion

Overall, target emotion had a positive effect on serial-order reconstruction. Given that there was no interaction between distractor condition and target emotion, the hypothesis of a differential emotional modulation of auditory-deviant and changing-state effects has to be rejected. Both the auditory-deviant effect [39, 40] and the changing-state effect [37, 38] were reliably obtained. However, none of these effects was significantly modulated by target emotion.

A potential limitation of Experiment 1 is that there was no quiet control condition. When examining changing-state and auditory-deviant effects, the steady-state condition serves as the standard reference condition [55]. It has long been assumed that steady-state distractors cause “little if any disruption compared with quiet” [e.g., 34, p. 31]. This earlier conclusion has been falsified by recent evidence showing that steady-state sequences produce robust disruption of serial recall in comparison to a quiet control condition [56]. However, if steady-state sequences disrupt performance relative to a quiet control condition, logic dictates that the changing-state effect (that is, the difference between the changing-state condition and the steady-state condition) necessarily reflects only a part of the disruption caused by changing-state distractors relative to quiet. This implies that the examination of the modulation of

auditory distraction by target emotion provided by Experiment 1 is incomplete. It remains to be tested whether target emotion may modulate the disruption of performance by auditory distractors relative to a quiet condition.

We used two types of distractors in Experiment 2, steady-state and changing-state sequences. Steady-state sequences consisted of identical monosyllabic words. Changing-state sequences consisted of sentential speech. Sentential speech typically causes particularly large amounts of disruption in serial-order memory [e.g., 59] which is most likely not due to semantic or syntactic processing given that reversed speech has been found to cause the exact same amount of distraction as forward speech [60, 61]. Instead, it is very likely that the greater acoustical complexity of the sentential speech (that is, the greater number of changes in frequency, amplitude, and timing) is primarily responsible for the increase in distraction. Nevertheless, we used reversed speech and reversed monosyllabic words to avoid having to rely on external evidence for the argument that semantic or syntactic distractor properties cannot play a role in the disruption of serial-order memory in the present Experiment 2.

Experiment 2

Methods

Participants

A total of 167 participants took part in the experiment. One dataset had to be excluded prior to analysis because the person had participated twice (the dataset of the first participation was retained). The final sample consisted of 166 participants (118 women) who were recruited on campus at Heinrich Heine University Düsseldorf prior to the COVID-19 pandemic. All participants reported normal or corrected-to-normal hearing and vision and were fluent German speakers (152 native speakers). Their age ranged from 18 to 35 years with a mean age of 23 ($SD = 4$) years. Given $N = 166$ and $\alpha = .05$, it was possible to detect a target emotion by distractor condition interaction of the size of $\eta_p^2 = .09$ with a statistical power of $1 - \beta = .95$.

Material and procedure

Materials and procedure were identical to those used in Experiment 1 with the following exceptions. The disruptive effects of reversed-speech and steady-state distractor sequences were compared to a quiet control condition, resulting in the following six target-distractor combinations: neutral targets and quiet, neutral targets and steady-state sequences, neutral targets and reversed speech, negative targets and quiet, negative targets and steady-state sequences, negative targets and reversed speech. In the quiet condition, no distractors were played during the presentation of the target sequence. The distractor sequences that were used in the reversed-speech and steady-state conditions were identical to those that had been used in previous studies [60, 62]. The 12 reversed-speech sequences consisted of reversed German sentences spoken by a male voice and recorded with a 44.1 sampling rate using 16-bit format. Correspondingly, there were 12 steady-state sequences. For each steady-state sequence, one monosyllabic word was taken from one of the changing-state sequences and repeated 18 times (corresponding to the mean number of words in the sentences). The steady-state and reversed-speech sequences lasted eight seconds.

As in Experiment 1, each target word was presented for one second, but the inter-target interval was decreased to 150 ms to match the duration of the target sequences to the duration of the distractor sequences.

Results

A 2×3 repeated-measures analysis with target emotion (neutral, negative) and distractor condition (quiet, steady state, reversed speech) as repeated-measures variables and the proportion of words placed at the correct serial position as the dependent variable showed a significant main effect of target emotion, $F(1, 165) = 26.17, p < .001, \eta_p^2 = .14$, in that the serial order of the negative targets was significantly better remembered than the serial order of the neutral targets, and of distractor condition, $F(2, 164) = 90.67, p < .001, \eta_p^2 = .53$ (Fig 3). The interaction between target emotion and distractor condition was not significant, $F(2, 164) = 1.70, p = .186, \eta_p^2 = .02$.

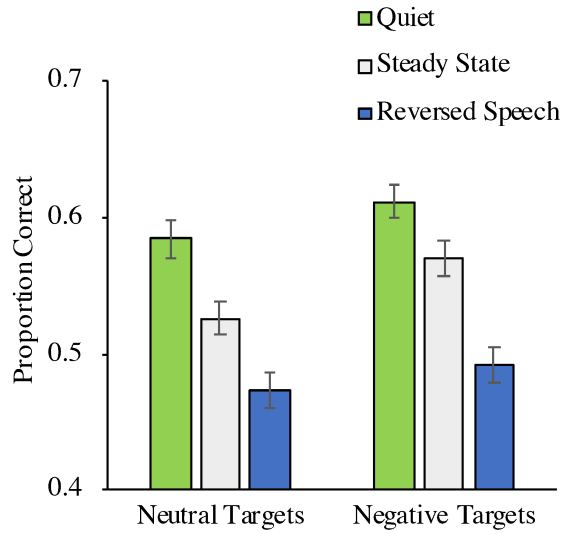


Fig 3. Proportion of correct responses as a function of distractor condition and target emotion (Experiment 2). The error bars represent the standard errors of the means.

Two further analyses were performed to separately analyze the steady-state effect and the irrelevant-sound effect. When the quiet condition was contrasted with the steady-state condition, there was evidence of a steady-state effect, $F(1, 165) = 53.38, p < .001, \eta_p^2 = .24$. Serial-order reconstruction was enhanced for negative targets in comparison to neutral targets, $F(1, 165) = 22.33, p < .001, \eta_p^2 = .12$, but the size of the steady-state effect did not differ as a function of target emotion, $F(1, 165) = 1.84, p = .177, \eta_p^2 = .01$. When the quiet condition was contrasted with the reversed-speech condition, there was evidence of an irrelevant-sound effect, $F(1, 165) = 182.19, p < .001, \eta_p^2 = .52$. Serial-order reconstruction was enhanced for negative targets in comparison to neutral targets, $F(1, 165) = 10.42, p = .002, \eta_p^2 = .06$, but the size of the irrelevant-sound effect did not differ as a function of target emotion, $F(1, 165) = 0.31, p = .581, \eta_p^2 < .01$.

Discussion

As in Experiment 1, serial-order reconstruction was better when the serial order of negative targets had to be remembered than when the serial order of neutral targets had to be remembered. However, both the steady-state effect and the irrelevant-sound effect were

unaffected by target emotion. This provides further evidence against the attentional-trade-off view [28-30] and in favor of the automatic-capture account [31-33].

General discussion

Many findings in the literature suggest that emotional targets are privileged in attention and memory. For instance, a recall advantage for emotional stimuli in comparison to neutral ones has often been demonstrated [16, 17, 21]. There are only a few studies that specifically examine the influence of target emotion on serial-order reconstruction [25-27]. The results of the two experiments reported here add to these studies by consistently showing that the serial order of negative high-arousal targets is better remembered than that of neutral low-arousal targets. This serial-order reconstruction advantage for negative high-arousal targets is consistent with previous evidence from the serial-recall paradigm in which arousal was allowed to differ between emotional and neutral word lists [26]. This serial-order reconstruction advantage for negative high-arousal targets is also consistent with the previous study in which arousal was held constant between emotional and neutral word lists [27] if one assumes that the effects of emotion on serial recall are mediated by arousal rather than valence. For parsimony, this assumption is adopted here.

Another finding to consider is that of Kaiser et al. [33] who have demonstrated that negative arousal per se has little influence on the retention of serial order in the serial-recall paradigm. In those experiments, emotional arousal was induced via standard mood-induction procedures that required participants to remember and write down negative life events or concentrate on emotionally arousing scenes. The present experiments differ from those previous experiments in terms of how emotional information processing was induced. The mood states induced by Kaiser et al. [33] were general and not directly associated with the serial-recall task. In the present study, by contrast, the target stimuli were negatively arousing. Together, these results suggest that negative arousal may improve the retention of serial order but only if the negative arousal is directly linked to the to-be-attended target stimuli.

The main purpose of the present experiments was to test whether target emotion is a determinant of cross-modal auditory distraction in the serial-order reconstruction paradigm. Examining whether or not emotional factors modulate auditory distraction seems interesting from an applied point of view because real-life situations are often emotionally charged but studies on the intrinsic emotional aspects of the to-be-remembered events on cross-modal distraction are lacking. Further, this question is relevant for theoretical models of auditory distraction. These models make diverging predictions about the influence of emotional factors. First, the attentional-trade-off view [28-30] implies that cross-modal distraction is decreased once attention is bound by the emotional arousal of the target stimuli. This prediction is contradicted by the data of both Experiments 1 and 2 in which the effect of auditory distraction was unaffected by target emotion in every condition tested despite the robust modulation of serial-order reconstruction performance by the negative arousal of the targets. The attentional-trade-off view thus fails to account for the present data and its attractiveness as an explanation of cross-modal distraction is weakened. Second, within the automatic-capture account [31-33], it is assumed that cross-modal auditory distraction arises automatically from the obligatory perceptual processing of changes and deviations in the to-be-ignored auditory channel. This account thus implies that cross-modal distraction remains unaffected by the emotional arousal of the target stimuli which is what was observed in all conditions of the present Experiments 1 and 2. It thus has to be concluded that the automatic-capture account is compatible with the results obtained here and its attractiveness as an explanation of cross-modal distraction is strengthened, the more so given that the conceptualization of auditory distraction as a primarily stimulus-driven process has long been prevalent in related paradigms of cross-modal auditory distraction such as the oddball paradigm [10, 11]. Third, the duplex-mechanism account [34] implies that the auditory-deviant effect should be modulated by target emotion whereas the changing-state effect should not be modulated by target emotion. In Experiment 1 the auditory-deviant effect [39, 40] as well as the changing-state effect [37, 38] were replicated. However, none of these effects was modulated by target emotion. This finding is incompatible with the prediction of the duplex-mechanism account [34]. Interestingly, the present results are completely in line with recent evidence provided by Kattner and Bryce [42]. They have shown that the

auditory-deviant effect remains just as unaffected by manipulations of target prioritization as the changing-state effect. The attractiveness of the duplex-mechanism account as an explanation of cross-modal distraction is thus weakened [see also 31, 32, 33].

In contrast to what has been stated previously [e.g., 4, 34], recent evidence suggests that steady-state sequences cause considerable disruption relative to a quiet condition [56]. This was also confirmed by the results of the present Experiment 2, and the sample effect size of the steady-state effect was in fact quite substantial. The present results thus also add to those previous results showing that steady-state distractors cause reliable disruption of serial-order memory.

The present results necessarily have to be interpreted within the limitations of the specific methods of research used in the present study. For instance, the present experiments involved only the comparison between neutral low-arousal targets and negative high-arousal targets but they did not include positive emotions. Our study thus cannot provide a complete picture on the effects of emotion on auditory distraction. Given the sparse and partly contradictory evidence regarding the influence of emotional-motivational factors in the serial-recall task [32, 33, 35, 41, 42] further systematic examinations of emotional-motivational factors such as valence, dominance, and performance-related emotional states (e.g., fatigue, boredom, or stress) are desirable to reach more robust conclusions about the underlying mechanisms of auditory distraction.

In conclusion, negative targets are associated with enhanced immediate memory as reflected in serial-order reconstruction performance compared to neutral stimuli. Nevertheless, task-irrelevant auditory distractors impair serial-order reconstruction performance independently of whether the to-be-remembered targets have a high intrinsic emotional significance or not. This is evidence in favor of the automatic-capture account and against both the attentional-trade-off view and the duplex-mechanism account of auditory distraction. From an applied point of view the pervasive disruption suggests that auditory distraction is a challenge for staying focused even in emotionally engaging situations. Hence, independent of the intrinsic properties of the main task, it is important to protect performance from distracting auditory influences.

References

1. Ellermeier W, Zimmer K. The psychoacoustics of the irrelevant sound effect. *Acoust Sci Technol.* 2014;35(1):10-6. doi: 10.1250/ast.35.10.
2. Colle HA, Welsh A. Acoustic masking in primary memory. *J Verbal Learning Verbal Behav.* 1976;15(1):17-31. doi: 10.1016/S0022-5371(76)90003-7.
3. Salamé P, Baddeley A. Disruption of short-term memory by unattended speech: Implications for the structure of working memory. *J Verbal Learning Verbal Behav.* 1982;21(2):150-64. doi: 10.1016/S0022-5371(82)90521-7.
4. Jones DM, Macken WJ. Irrelevant tones produce an irrelevant speech effect: Implications for phonological coding in working memory. *J Exp Psychol Learn Mem Cogn.* 1993;19(2):369-81. doi: 10.1037/0278-7393.19.2.369.
5. Bell R, Röer JP, Buchner A. Irrelevant speech disrupts item-context binding. *Exp Psychol.* 2013;60(5):376-84. doi: 10.1027/1618-3169/a000212.
6. Klatte M, Lachmann T, Schlittmeier S, Hellbrück J. The irrelevant sound effect in short-term memory: Is there developmental change? *Eur J Cogn Psychol.* 2010;22(8):1168-91. doi: 10.1080/09541440903378250.
7. Weisz N, Schlittmeier SJ. Detrimental effects of irrelevant speech on serial recall of visual items are reflected in reduced visual N1 and reduced theta activity. *Cereb Cortex.* 2006;16(8):1097-105. doi: 10.1093/cercor/bhj051.
8. Marsh JE, Hughes RW, Jones DM. Auditory distraction in semantic memory: A process-based approach. *J Mem Lang.* 2008;58(3):682-700. doi: 10.1016/j.jml.2007.05.002.
9. Marsh JE, Hughes RW, Jones DM. Interference by process, not content, determines semantic auditory distraction. *Cognition.* 2009;110(1):23-38. doi: 10.1016/j.cognition.2008.08.003.
10. Parmentier FBR, Elford G, Escera C, Andrés P, San Miguel I. The cognitive locus of distraction by acoustic novelty in the cross-modal oddball task. *Cognition.* 2008;106(1):408-32. doi: 10.1016/j.cognition.2007.03.008.

11. Parmentier FBR, Fraga I, Leiva A, Ferré P. Distraction by deviant sounds: Disgusting and neutral words capture attention to the same extent. *Psychol Res.* 2020;84(7):1801-14. doi: 10.1007/s00426-019-01192-4.
12. Brosch T, Sander D, Pourtois G, Scherer KR. Beyond fear: Rapid spatial orienting toward positive emotional stimuli. *Psychol Sci.* 2008;19(4):362-70. doi: 10.1111/j.1467-9280.2008.02094.x.
13. Öhman A, Flykt A, Esteves F. Emotion drives attention: Detecting the snake in the grass. *J Exp Psychol Gen.* 2001;130(3):466-78. doi: 10.1037//0096-3445.130.3.466.
14. Bradley MM. Natural selective attention: Orienting and emotion. *Psychophysiology.* 2009;46(1):1-11. doi: 10.1111/j.1469-8986.2008.00702.x.
15. Buchanan TW, Adolphs R. The role of the human amygdala in emotional modulation of long-term declarative memory. In: Moore SC, Oaksford M, editors. *Emotional cognition: From brain to behaviour.* Amsterdam: John Benjamins Publishing Company; 2002. p. 9-34.
16. Kensinger EA, Corkin S. Memory enhancement for emotional words: Are emotional words more vividly remembered than neutral words? *Mem Cognit.* 2003;31(8):1169-80. doi: 10.3758/BF03195800.
17. LaBar KS, Phelps EA. Arousal-mediated memory consolidation: Role of the medial temporal lobe in humans. *Psychol Sci.* 1998;9(6):490-3. doi: 10.1111/1467-9280.00090.
18. Kensinger EA. Negative emotion enhances memory accuracy: Behavioral and neuroimaging evidence. *Curr Dir Psychol Sci.* 2007;16(4):213-8. doi: 10.1111/j.1467-8721.2007.00506.x.
19. Mathewson KJ, Arnell KM, Mansfield CA. Capturing and holding attention: The impact of emotional words in rapid serial visual presentation. *Mem Cognit.* 2008;36(1):182-200. doi: 10.3758/MC.36.1.182.
20. Silvert L, Naveteur J, Honoré J, Sequeira H, Boucart M. Emotional stimuli in rapid serial visual presentation. *Vis Cogn.* 2004;11(4):433-60. doi: 10.1080/13506280344000239.
21. Cahill L, McGaugh JL. A novel demonstration of enhanced memory associated with emotional arousal. *Conscious Cogn.* 1995;4(4):410-21. doi: 10.1006/ccog.1995.1048.

22. Kensinger EA. Age differences in memory for arousing and nonarousing emotional words. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci*. 2008;63(1):P13-P8. doi: 10.1093/geronb/63.1.P13.
23. Mneimne M, Powers AS, Walton KE, Kosson DS, Fonda S, Simonetti J. Emotional valence and arousal effects on memory and hemispheric asymmetries. *Brain Cogn*. 2010;74(1):10-7. doi: 10.1016/j.bandc.2010.05.011.
24. Ferré P, Fraga I, Comesaña M, Sánchez-Casas R. Memory for emotional words: The role of semantic relatedness, encoding task and affective valence. *Cogn Emot*. 2015;29(8):1401-10. doi: 10.1080/02699931.2014.982515.
25. Monnier C, Syssau A. Semantic contribution to verbal short-term memory: Are pleasant words easier to remember than neutral words in serial recall and serial recognition? *Mem Cognit*. 2008;36(1):35-42. doi: 10.3758/MC.36.1.35.
26. Majerus S, D'Argembeau A. Verbal short-term memory reflects the organization of long-term memory: Further evidence from short-term memory for emotional words. *J Mem Lang*. 2011;64(2):181-97. doi: 10.1016/j.jml.2010.10.003.
27. Bireta TJ, Guitard D, Neath I, Surprenant AM. Valence does not affect serial recall. *Can J Exp Psychol*. 2021;75(1):35-47. doi: 10.1037/cep0000239.
28. Sörqvist P, Rönnerberg J. Individual differences in distractibility: An update and a model. *Psych J*. 2014;3(1):42-57. doi: 10.1002/pchj.47.
29. Halin N, Marsh JE, Haga A, Holmgren M, Sörqvist P. Effects of speech on proofreading: Can task-engagement manipulations shield against distraction? *J Exp Psychol Appl*. 2014;20(1):69-80. doi: 10.1037/xap0000002.
30. Mahajan Y, Kim J, Davis C. Does working memory protect against auditory distraction in older adults? *BMC Geriatr*. 2020;20:515. doi: 10.1186/s12877-020-01909-w.
31. Körner U, Röer JP, Buchner A, Bell R. Working memory capacity is equally unrelated to auditory distraction by changing-state and deviant sounds. *J Mem Lang*. 2017;96:122-37. doi: 10.1016/j.jml.2017.05.005.

32. Bell R, Mieth L, Buchner A, Röer JP. Monetary incentives have only limited effects on auditory distraction: Evidence for the automaticity of cross-modal attention capture. *Psychol Res*. 2021;85(8):2997-3009. doi: 10.1007/s00426-020-01455-5.
33. Kaiser S, Buchner A, Bell R. Positive and negative mood states do not influence cross-modal auditory distraction in the serial-recall paradigm. *PLoS One*. 2021;16(12):e0260699. doi: 10.1371/journal.pone.0260699.
34. Hughes RW. Auditory distraction: A duplex-mechanism account. *Psych J*. 2014;3(1):30-41. doi: 10.1002/pchj.44.
35. Hughes RW, Hurlstone MJ, Marsh JE, Vachon F, Jones DM. Cognitive control of auditory distraction: Impact of task difficulty, foreknowledge, and working memory capacity supports duplex-mechanism account. *J Exp Psychol Hum Percept Perform*. 2013;39(2):539-53. doi: 10.1037/a0029064.
36. Hughes RW, Vachon F, Jones DM. Disruption of short-term memory by changing and deviant sounds: Support for a duplex-mechanism account of auditory distraction. *J Exp Psychol Learn Mem Cogn*. 2007;33(6):1050-61. doi: 10.1037/0278-7393.33.6.1050.
37. Campbell T, Beaman CP, Berry DC. Auditory memory and the irrelevant sound effect: Further evidence for changing-state disruption. *Memory*. 2002;10(3):199-214. doi: 10.1080/09658210143000335.
38. Jones DM, Macken WJ, Murray AC. Disruption of visual short-term memory by changing-state auditory stimuli: The role of segmentation. *Mem Cognit*. 1993;21(3):318-28. doi: 10.3758/BF03208264.
39. Hughes RW, Vachon F, Jones DM. Auditory attentional capture during serial recall: Violations at encoding of an algorithm-based neural model? *J Exp Psychol Learn Mem Cogn*. 2005;31(4):736-49. doi: 10.1037/0278-7393.31.4.736.
40. Vachon F, Labonté K, Marsh JE. Attentional capture by deviant sounds: A noncontingent form of auditory distraction? *J Exp Psychol Learn Mem Cogn*. 2017;43(4):622-34. doi: 10.1037/xlm0000330.
41. Marsh JE, Yang J, Qualter P, Richardson C, Perham N, Vachon F, et al. Postcategorical auditory distraction in short-term memory: Insights from increased task load and

- task type. *J Exp Psychol Learn Mem Cogn.* 2018;44(6):882-97. doi: 10.1037/xlm0000492.
42. Kattner F, Bryce D. Attentional control and metacognitive monitoring of the effects of different types of task-irrelevant sound on serial recall. *J Exp Psychol Hum Percept Perform.* 2022;48(2):139-58. doi: 10.1037/xhp0000982.
 43. Buchner A, Rothermund K, Wentura D, Mehl B. Valence of distractor words increases the effects of irrelevant speech on serial recall. *Mem Cognit.* 2004;32(5):722-31. doi: 10.3758/BF03195862.
 44. Buchner A, Mehl B, Rothermund K, Wentura D. Artificially induced valence of distractor words increases the effects of irrelevant speech on serial recall. *Mem Cognit.* 2006;34(5):1055-62. doi: 10.3758/BF03193252.
 45. Kattner F, Ellermeier W. Emotional prosody of task-irrelevant speech interferes with the retention of serial order. *J Exp Psychol Hum Percept Perform.* 2018;44(8):1303-12. doi: 10.1037/xhp0000537.
 46. Röer JP, Körner U, Buchner A, Bell R. Attentional capture by taboo words: A functional view of auditory distraction. *Emotion.* 2017;17(4):740-50. doi: 10.1037/emo0000274.
 47. Ljungberg JK, Parmentier F. The impact of intonation and valence on objective and subjective attention capture by auditory alarms. *Hum Factors.* 2012;54(5):826-37. doi: 10.1177/0018720812438613.
 48. Bell R, Dentale S, Buchner A, Mayr S. ERP correlates of the irrelevant sound effect. *Psychophysiology.* 2010;47(6):1182-91. doi: 10.1111/j.1469-8986.2010.01029.x.
 49. Cuthbert BN, Schupp HT, Bradley M, McManis M, Lang PJ. Probing affective pictures: Attended startle and tone probes. *Psychophysiology.* 1998;35(3):344-7. doi: 10.1017/S0048577298970536.
 50. Keil A, Bradley MM, Junghöfer M, Russmann T, Lowenthal W, Lang PJ. Cross-modal attention capture by affective stimuli: Evidence from event-related potentials. *Cogn Affect Behav Neurosci.* 2007;7(1):18-24. doi: 10.3758/cabn.7.1.18.

51. Domínguez-Borràs J, Garcia-Garcia M, Escera C. Negative emotional context enhances auditory novelty processing. *Neuroreport*. 2008;19(4):503-7. doi: 10.1097/WNR.0b013e3282f85bec.
52. Domínguez-Borràs J, Garcia-Garcia M, Escera C. Emotional context enhances auditory novelty processing: Behavioural and electrophysiological evidence. *Eur J Neurosci*. 2008;28(6):1199-206. doi: 10.1111/j.1460-9568.2008.06411.x.
53. Gulotta B, Sadia G, Sussman E. Emotional processing modulates attentional capture of irrelevant sound input in adolescents. *Int J Psychophysiol*. 2013;88(1):40-6. doi: 10.1016/j.ijpsycho.2013.01.003.
54. Kanske P, Kotz SA. Leipzig affective norms for German: A reliability study. *Behav Res Methods*. 2010;42(4):987-91. doi: 10.3758/BRM.42.4.987.
55. Oberauer K, Lewandowsky S, Awh E, Brown GDA, Conway A, Cowan N, et al. Benchmarks for models of short-term and working memory. *Psychol Bull*. 2018;144(9):885-958. doi: 10.1037/bul0000153.
56. Bell R, Röer JP, Lang A-G, Buchner A. Distraction by steady-state sounds: Evidence for a graded attentional model of auditory distraction. *J Exp Psychol Hum Percept Perform*. 2019;45(4):500-12. doi: 10.1037/xhp0000623.
57. Faul F, Erdfelder E, Lang A-G, Buchner A. G*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behav Res Methods*. 2007;39(2):175-91. doi: 10.3758/BF03193146.
58. O'Brien RG, Kaiser MK. MANOVA method for analyzing repeated measures designs: An extensive primer. *Psychol Bull*. 1985;97(2):316-33. doi: 10.1037/0033-2909.97.2.316.
59. Bell R, Röer JP, Marsh JE, Storch D, Buchner A. The effect of cognitive control on different types of auditory distraction: A preregistered study. *Exp Psychol*. 2017;64(5):359-68. doi: 10.1027/1618-3169/a000372.
60. Röer JP, Bell R, Buchner A. Evidence for habituation of the irrelevant-sound effect on serial recall. *Mem Cognit*. 2014;42(4):609-21. doi: 10.3758/s13421-013-0381-y.
61. Röer JP, Körner U, Buchner A, Bell R. Semantic priming by irrelevant speech. *Psychon Bull Rev*. 2017;24(4):1205-10. doi: 10.3758/s13423-016-1186-3.

62. Röer JP, Bell R, Buchner A. Specific foreknowledge reduces auditory distraction by irrelevant speech. *J Exp Psychol Hum Percept Perform*. 2015;41(3):692-702. doi: 10.1037/xhp0000028.

Erklärung über den Eigenanteil an den in der Dissertation enthaltenen Einzelarbeiten

Meine Dissertationsschrift umfasst zwei Fachartikel mit insgesamt sechs Experimenten. Für jeden Fachartikel ist im Folgenden aufgeführt, welche Autorinnen und Autoren bei der Planung der Experimente, bei der Umsetzung der Experimente, bei der Datenauswertung und beim Verfassen der Manuskripte mitgearbeitet haben. Der überwiegende Teil der Arbeit lag jeweils bei der Erstautorin des Artikels.

Kaiser, S., Buchner, A., & Bell, R. (2021). Positive and negative mood states do not influence cross-modal auditory distraction in the serial-recall paradigm. *PLoS ONE*, 16(12), Article e0260699. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0260699>

Planung: Kaiser, S., Buchner, A., & Bell, R.

Umsetzung: Kaiser, S., Buchner, A., & Bell, R.

Auswertung: Kaiser, S., Buchner, A., & Bell, R.

Manuskript: Kaiser, S., Buchner, A., & Bell, R.

Kaiser, S., Buchner, A., Mieth, L., & Bell, R. (2022). Negative target stimuli do not influence cross-modal auditory distraction. *Manuscript submitted for publication*.

Planung: Kaiser, S., Buchner, A., Mieth, L., & Bell, R.

Umsetzung: Kaiser, S., Buchner, A., Mieth, L., & Bell, R.

Auswertung: Kaiser, S., Buchner, A., & Bell, R.

Manuskript: Kaiser, S., Buchner, A., Mieth, L., & Bell, R.

Erklärung an Eides Statt

Hiermit versichere ich an Eides Statt, dass ich die Dissertation mit dem Titel „Der Einfluss emotionaler Faktoren auf die Störwirkung auditiver Distraktoren: Implikationen für theoretische Modelle der auditiven Ablenkung“ selbstständig und ohne unzulässige fremde Hilfe unter Beachtung der „Grundsätze zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis an der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf“ erstellt habe.

Ich versichere insbesondere:

- (1) Ich habe keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt.
- (2) Alle wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Texten entnommenen Stellen habe ich als solche kenntlich gemacht; dies gilt für gedruckte Texte ebenso wie für elektronische Ressourcen.
- (3) Die Arbeit habe ich in der vorliegenden oder einer modifizierten Form noch nicht als Dissertation vorgelegt – sei es an der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf oder an einer anderen Universität.

Datum: 23. Mai 2022

Name: Saskia Kaiser

Unterschrift: