

This is the author's copy of the publication as archived with the DLR's electronic library at <http://elib.dlr.de>. Please consult the original publication for citation.

Ziffern und ihre Anordnung im Flankerexperiment

Sonja Baldauf; Johanna Blazey; Birgit Funke; Swen Galster; Hilal Güngör; Lisa Hattendorf; Ute Hauptenthal; Michaela Julius; Andreas Klöckner; Martin Krobath; Anja Paulmann; Hannes Riedel; Christian Ritter; Lisa Schneider; Carmen Thiel; Sascha Serwe

Flankerexperimente tragen als weit verbreitetes Paradigma zur Aufklärung der Struktur visueller Aufmerksamkeit bei. Diese Studie untersucht in Anlehnung an frühere Studien die räumliche Struktur der Aufmerksamkeit in einem Flankerexperiment mit Ziffern in horizontaler und vertikaler Anordnung. Dazu wurden die Daten von 75 Probanden (40 männlich, 35 weiblich) im Alter zwischen 18 und 64 Jahren ausgewertet. Für die typischen Reaktionszeiten und die Fehlerraten wurden separate 2x2x2-faktorielle Varianzanalysen mit den Faktoren Anordnung und den beiden Flankerkompatibilitäten durchgeführt. Das Bild der Reaktionszeiten bestätigt frühere Befunde zur räumlichen Struktur der Aufmerksamkeit auch für die Verwendung von Ziffern: Horizontale Flanker haben einen stärkeren Effekt als vertikale Flanker und in Leserichtung vorhergehende (linke bzw. obere) Flanker haben einen stärkeren Effekt als nachfolgende (rechte bzw. untere) Flanker. In den Fehlerquoten ergibt sich in vertikaler Anordnung ein umgekehrtes Bild: Der untere Flanker hat einen stärkeren Einfluss auf die Fehlerrate als der obere Flanker. Die Befunde werden mit Bezug zu Lesegewohnheiten in die Verarbeitungskette aus Wahrnehmung, Klassifikation, Reaktionsgenerierung und Reaktionsauswahl bei Flankerexperimenten eingeordnet und mit unterschiedlichen Wirkmechanismen auf Reaktionszeit und Fehlerrate erklärt. Weiterführende Experimente werden zur weiteren Untersuchung der Befunde vorgeschlagen.

Citation Notice

```
@CONFERENCE{baldauf2016ziffern,
  author = {Sonja Baldauf and Johanna Blazey and Birgit Funke and Swen Galster
    and Hilal Güngör and Lisa Hattendorf and Ute Hauptenthal and Michaela
    Julius and Andreas Klöckner and Martin Krobath and Anja Paulmann
    and Hannes Riedel and Christian Ritter and Lisa Schneider and Carmen
    Thiel and Sascha Serwe},
  title = {{Ziffern und ihre Anordnung im Flankerexperiment}},
  booktitle = {50. Kongress der deutschen Gesellschaft für Psychologie},
  year = {2016},
  address = {Leipzig, Germany},
  month = {18-22 September},
  abstract = {Flankerexperimente tragen als weit verbreitetes Paradigma zur Aufklärung
    der Struktur visueller Aufmerksamkeit bei. Diese Studie untersucht
    in Anlehnung an frühere Studien die räumliche Struktur der Aufmerksamkeit
    in einem Flankerexperiment mit Ziffern in horizontaler und vertikaler
    Anordnung. Dazu wurden die Daten von 75 Probanden (40 männlich,
    35 weiblich) im Alter zwischen 18 und 64 Jahren ausgewertet. Für
    die typischen Reaktionszeiten und die Fehlerraten wurden separate
    2x2x2-faktorielle Varianzanalysen mit den Faktoren Anordnung und
    den beiden Flankerkompatibilitäten durchgeführt. Das Bild der Reaktionszeiten
    bestätigt frühere Befunde zur räumlichen Struktur der Aufmerksamkeit
    auch für die Verwendung von Ziffern: Horizontale Flanker haben
    einen stärkeren Effekt als vertikale Flanker und in Leserichtung
    vorhergehende (linke bzw. obere) Flanker haben einen stärkeren
    Effekt als nachfolgende (rechte bzw. untere) Flanker. In den Fehlerquoten
    ergibt sich in vertikaler Anordnung ein umgekehrtes Bild: Der untere
    Flanker hat einen stärkeren Einfluss auf die Fehlerrate als der
    obere Flanker. Die Befunde werden mit Bezug zu Lesegewohnheiten in
    die Verarbeitungskette aus Wahrnehmung, Klassifikation, Reaktionsgenerierung
    und Reaktionsauswahl bei Flankerexperimenten eingeordnet und mit unterschiedlichen
    Wirkmechanismen auf Reaktionszeit und Fehlerrate erklärt. Weiterführende
    Experimente werden zur weiteren Untersuchung der Befunde vorgeschlagen.},
  owner = {kloe_ad},
  timestamp = {2016.10.04}
}
```

- [1] Sonja Baldauf, Johanna Blazey, Birgit Funke, Swen Galster, Hilal Güngör, Lisa Hattendorf, Ute Hauptenthal, Michaela Julius, Andreas Klöckner, Martin Krobath, Anja Paulmann, Hannes Riedel, Christian Ritter, Lisa Schneider, Carmen Thiel, and Sascha Serwe. Ziffern und ihre Anordnung im Flankerexperiment. In *50. Kongress der deutschen Gesellschaft für Psychologie*, Leipzig, Germany, 18-22 September 2016.

Zur Wirkung von Ziffern und ihrer Anordnung in einem Flankerexperiment

Andreas Klöckner

FernUniversität in Hagen

Empirisch-experimentelles Praktikum (M6b) im B. Sc. Psychologie

SS2014

Betreuer: Sascha Serwe

Zusammenfassung

Flankerexperimente tragen als weit verbreitetes Paradigma zur Aufklärung der Struktur visueller Aufmerksamkeit bei. Diese Studie untersucht in Anlehnung an frühere Studien die räumliche Struktur der Aufmerksamkeit in einem Flankerexperiment mit Ziffern in horizontaler und vertikaler Anordnung. Dazu wurden die Daten von 75 Probanden (40 männlich, 35 weiblich) im Alter zwischen 18 und 64 Jahren ausgewertet. Für die typischen Reaktionszeiten und die Fehlerraten wurden separate 2x2x2-faktorielle Varianzanalysen mit den Faktoren Anordnung und den beiden Flankerkompatibilitäten durchgeführt. Das Bild der Reaktionszeiten bestätigt frühere Befunde zur räumlichen Struktur der Aufmerksamkeit auch für die Verwendung von Ziffern: Horizontale Flanker haben einen stärkeren Effekt als vertikale Flanker und in Leserichtung vorhergehende (linke bzw. obere) Flanker haben einen stärkeren Effekt als nachfolgende (rechte bzw. untere) Flanker. In den Fehlerquoten ergibt sich in vertikaler Anordnung ein umgekehrtes Bild: Der untere Flanker hat einen stärkeren Einfluss auf die Fehlerrate als der obere Flanker. Die Befunde werden mit Bezug zu Lesegewohnheiten in die Verarbeitungskette aus Wahrnehmung, Klassifikation, Reaktionsgenerierung und Reaktionsauswahl bei Flankerexperimenten eingeordnet und mit unterschiedlichen Wirkmechanismen auf Reaktionszeit und Fehlerrate erklärt. Weiterführende Experimente werden zur weiteren Untersuchung der Befunde vorgeschlagen.

Zur Wirkung von Ziffern und ihrer Anordnung in einem Flankerexperiment

Die Struktur visueller Aufmerksamkeit ist Gegenstand vieler Forschungsarbeiten mit unterschiedlichen Ansätzen und experimentellen Paradigmen. Ein weit verbreiteter Versuch ist das sogenannte Flankerexperiment, das von B. A. Eriksen und Eriksen (1974) im Rahmen ihrer Forschung zu Suchaufgaben entwickelt wurde. Dabei wird der Versuchsperson ein zentraler Zielreiz (target) dargeboten. Der Proband muss schnellstmöglich eine Klassifikationsentscheidung treffen und diese durch eine Reaktion anzeigen. Gleichzeitig werden um den Zielreiz herum Störreize (flanker) dargeboten. Diese gehören entweder derselben Kategorien an wie der Zielreiz (kompatibel) oder einer anderen Kategorie (inkompatibel). Zentrale Messwerte sind die Reaktionszeit und die Fehlerquote der Klassifikation. Inkompatible Flanker verzögern dabei die Reaktion und erhöhen die Fehlerquote. Dieser Effekt wird Flankereffekt genannt.

Zu den Ursachen dieses Effekts existieren mehrere Theorien. B. A. Eriksen und Eriksen (1974) vermuteten beispielsweise, dass inkompatible Flanker eine konkurrierende Reaktion vorbereiten, die durch selektive Aufmerksamkeitsprozesse gezielt unterdrückt werden muss. Andere Studien vermuten die konkurrierenden Prozesse bereits bei der Identifikation der Reize (vgl. Cohen & Shoup, 1993). Zum genaueren Verständnis des Effekts wurde eine Vielzahl an Variationen des ursprünglichen Experiments vorgeschlagen.

Um Effekte der Position von Flankern zu untersuchen, platzierten Andersen und Kramer (1993) beispielsweise die Flankern an verschiedenen Positionen im dreidimensionalen Raum und fanden einen stärkeren Effekt von horizontal (nebeneinander) angeordneten Flankern als vertikal (untereinander) angeordneten Flankern. Kramer und Hahn (1998) konnten sogar nachweisen, dass Aufmerksamkeit auf unzusammenhängende Regionen geteilt werden kann. Hommel (1995, 2003) zeigte zudem, dass in horizontaler Anordnung der linke Flanker einen stärkeren Effekt hat als der rechte. Die Ergebnisse legen eine Abhängigkeit des Flankereffekts von Lesegewohnheiten nahe. Diese Befunde widersprechen fundamental früheren Vermutungen, dass die Aufmerksamkeit gleichmäßig und symmetrisch verteilt sei (z.B. das Zoomlinsenmodell von C. W. Eriksen, Pan & Botella, 1993; C. W. Eriksen & St. James, 1986).

Der Flankereffekt ist zusätzlich abhängig von der Art der verwendeten Zeichen. Hommel (1995, 2003) untersuchte beispielsweise den Effekt von gespiegelten Buchstaben und wies nach,

dass sich bei gespiegelten Buchstaben der zuvor gefundene Unterschied zwischen den Flankereffekten umkehrte. Bei anderen Zeichen als Buchstaben war kein Unterschied zu beobachten. Ischebeck (2003) untersuchte die Wirkung von Zahlen unter dem Flankerparadigma und beobachtete den Flankereffekt sowohl für Zahlwörter als auch für Ziffern. Die Ähnlichkeit der Ziffern war hier durch den numerischen Abstand der Zahlen definiert. Nuerk, Iversen und Willmes (2004) zeigten, dass Entscheidungen zur Parität von Ziffern (gerade/ungerade) komplexeren Prozessen unterliegen.

In der vorliegenden Studie wurde die Variation der Anordnung mit der Wahl von Ziffern als Ziel- und Störreizen kombiniert, um zu untersuchen, ob zuvor gefundene räumliche Verteilungen der Aufmerksamkeit auch für diese spezifischen Reize beobachtet werden. Für die Paritätsentscheidung bei Zahlen wäre beispielsweise denkbar, dass die letzte Ziffer einen stärkeren Effekt haben könnte als die erste. Die Hypothesen lauteten in Anlehnung an frühere Literatur: (a) Die Flankereffekte sind auch für Ziffern in horizontaler Anordnung stärker als in vertikaler Anordnung. (b) Die in Leserichtung ersten Flanker (oben bzw. links) haben auch bei Ziffern einen stärkeren Effekt als die letzten Flanker (unten bzw. rechts). Eine Bestätigung dieser Hypothesen spräche dafür, dass Ergebnisse aus Flankerversuchen mit Zahlen als Targets und Flanker wie Versuche mit Buchstaben für die Erklärung von Verarbeitungsprozessen herangezogen werden könnten.

Methode

Design

Das hier beschriebene Experiment wurde am Computer durchgeführt. Im Abstand von 2.5 s wurde für 1.5 s als Target eine Zahl zwischen 2 und 9 eingeblendet. Um der Versuchsperson die Position des Zielreizes anzukündigen, wurde vor jedem Durchgang für 0.5 s ein Fixationskreuz eingeblendet. Die Versuchspersonen wurden angewiesen, nur auf die Zahl zu reagieren, die an der Stelle des Fixationskreuzes eingeblendet wurde. Sie sollten entscheiden, ob die eingeblendete Zahl gerade oder ungerade war, und ihr Urteil durch Drücken einer linken oder rechten Taste auf der Tastatur anzeigen. Die Tasten wurden für jeden Versuchsaufbau so gewählt, dass sie möglichst weit voneinander entfernt und symmetrisch zur Bildschirmmitte lagen. Zusätzlich

zum Target wurden in jedem Durchgang als Flanker zwei weitere Zahlen zwischen 2 und 9 eingeblendet.

Die folgenden Faktoren wurden within-subject unabhängig voneinander variiert: (a) Die Parität des Targets (gerade/ungerade), (b) die Anordnung der Flanker (horizontal/vertikal), (c) die Kompatibilität des ersten Flankers (kompatibel/inkompatibel) und (d) die Kompatibilität des zweiten Flankers (kompatibel/inkompatibel). Der erste Flanker wurde in der Bedingung horizontaler Anordnung links vom Target und in der Bedingung vertikaler Anordnung oberhalb des Targets angezeigt. Der zweite Flanker wurde entsprechend rechts bzw. unterhalb des Targets angezeigt. Die Variante der Zuordnung der Reaktionen zu den Zielreizen (links gerade/rechts gerade) wurde als fünfter Faktor between-subject variiert.

Stichprobe

An der Studie nahmen 81 freiwillige Versuchspersonen teil. Die Teilnehmer wurden von den Versuchsleitern, wegen einheitlicher Lesegewohnheiten aus westlichen Kulturkreisen rekrutiert. In der Auswertung werden ausschließlich Versuchspersonen betrachtet, deren Reaktionszeiten und Fehlerraten maximal um zwei Standardabweichungen vom Mittelwert der Stichprobe abweichen. Von den verbleibenden 75 Personen sind 40 weiblich und 35 männlich im Alter zwischen 18 und 64 Jahren ($M = 34.24$, $SD = 11.91$). Unter den Versuchspersonen sind 62 Rechtshänder, 10 sind Linkshänder und 3 gaben an, keine Hand für feinmotorische Aufgaben zu präferieren. Von den Versuchspersonen benötigen 42 eine Sehhilfe. 6 Versuchspersonen haben diese Sehhilfe während des Experiments nicht getragen. Es werden 40 Experimente in der Variante rechts-gerade und 35 in der Variante links-gerade ausgewertet.

Messinstrumente und Reizmaterial

Zur Durchführung des Experiments wurde die Experimentalsoftware PXLab in der Version 2.1.19 verwendet (Irtel, 2008). Das Experiment wurde von den verschiedenen Versuchsleitern mit unterschiedlichen privaten Desktop- und Laptop-Rechnern durchgeführt. Die Monitorgröße variierte zwischen 13 und 23 Zoll. Der Abstand der Versuchspersonen zum Monitor lag zwischen 30 und 90 cm. Der Sichtwinkel betrug zwischen 22° und 59° .

Die verwendeten Zahlzeichen waren Ziffern der Schriftart Arial und Schriftgröße 64 pt. Die Ziffern wurden in der Breite ebenfalls auf 64 pt skaliert, um eine homogene Erscheinung in sowohl horizontaler als auch vertikaler Anordnung zu erzeugen. Die Ziffern waren weiß auf schwarzem Hintergrund. Die Abstände zwischen den Mittelpunkten des Targets und der Flanker betragen jeweils 75 pt. Die Ziffer 1 wurde wegen ihrer geringen Breite nicht verwendet. Die Ziffer 0 wurde nicht verwendet, um eine gleiche Anzahl gerader wie ungerader Ziffern zu erzielen. Abbildung 1 stellt die verwendeten Ziffern dar.

Durchführung

Jede Versuchsperson führte das Experiment nur ein Mal durch. Die Umgebung wurde für das Experiment möglichst ruhig gestaltet. Die Versuchsperson und der Versuchsleiter waren die einzigen anwesenden Personen. Der Monitor stand reflexionsfrei auf einem Tisch, der Proband saß auf einem Stuhl davor. Es gab keine Ablenkungen durch Radio, Musik oder Fernseher. Der Versuchsleiter stellte die Variante des Experiments nach einer randomisierten Zuordnung ein.

Nachdem der Versuchsleiter die Versuchsperson begrüßt hatte, stellte er ihr eine standardisierte Information über den Ablauf des Experiments zur Verfügung. Die Versuchsperson unterschrieb daraufhin eine informierte Einwilligung in die Teilnahme an dem Experiment. Der Versuchsleiter aktivierte den Monitor und alle weiteren Anweisung wurden standardisiert durch die Experimentalsoftware dargeboten. Der Versuchsleiter verhielt sich ruhig und gab keine Rückmeldungen zum Ablauf des Experiments.

Das Experiment war in einen Probekblock und sechs Experimentalblöcke aufgeteilt. Vor jedem Block wurde die folgende Instruktion dargeboten (hier in der Variante links-gerade mit der Tastenbelegung S-L):

Schauen Sie zunächst auf das Kreuz in der Mitte des Bildschirms. Nachdem das Kreuz verschwunden ist, achten Sie bitte nur auf die Ziffer, die genau an der Stelle erscheint, an der auch das Fixationskreuz zu sehen war. Bitte drücken Sie dann weiterhin so schnell Sie können..... die linke Taste S, wenn die zentrale Ziffer gerade ist. ... die rechte Taste L, wenn die zentrale Ziffer ungerade ist.

Die Versuchsperson startete jeden Block durch Tastendruck. Im Probekblock wurde jede Kombi-

nation der 4 Within-subject-Faktoren einmal dargeboten. Der Proband erhielt Rückmeldung über richtige und falsche Antworten bei allen 16 Durchgängen. In den sechs Experimentalblöcken wurden die Kombinationen der 4 Faktoren jeweils 4 mal dargeboten. Die Versuchsperson erhielt in den 64 Durchgängen nur noch über falsche Antworten Rückmeldung.

Erfasst wurden die Reaktionszeiten zwischen Beginn der Darbietung des Reizes und Tastendruck. Außerdem wurde erfasst, ob die Reaktion fehlerhaft war. Falls innerhalb von 1500 ms keine Reaktion erfolgte, wurde der Durchgang als Fehler bewertet.

Nach Abschluss des Computerelements füllte die Versuchsperson einen kurzen Fragebogen zu demographischen Angaben, Händigkeit und Lesehilfen aus. Sie erhielt abschließend eine ausführliche Aufklärung zum Ziel des Experiments. Der Versuchsleiter beantwortete alle Fragen und gab Gelegenheit zur Eintragung in eine Benachrichtigungsliste über die Ergebnisse des Experiments. Studierende der Psychologie erhielten 1.5 Versuchspersonenstunden für ihre Teilnahme an dem Experiment.

Ergebnisse

Für jede Versuchsperson, Kombination der zwei Flankerkompatibilitäten und der Anordnung wurde die typische Reaktionszeit als Median der Reaktionszeiten aller korrekten Antworten berechnet. Die Werte liegen zwischen 437 ms und 785.5 ms ($M = 671.66$ ms, $SD = 62.82$ ms). Die Fehlerquote wurde für jede Bedingung als Anteil der falschen Antworten an allen gültigen Antworten bestimmt. Nach 1500 ms nicht erfasste Antworten wurden als ungültig betrachtet. Die Fehlerquoten liegen zwischen 0 % und 19 % ($M = 3.66$ %, $SD = 3.57$ %).

Kontrolle der Störeinflüsse und bekannten Effekte

Personen- und Situationsvariablen. Die relevanten Personenvariablen Geschlecht, Alter, Händigkeit, sowie die Situationsvariablen Versuchsleiter, Tastenbelegung, Monitorgröße, Sichtwinkel und Uhrzeit wurden in einer gemeinsamen Varianzanalyse auf Haupteffekte untersucht. Die verbleibenden Variablen wurden wegen ihrer Korrelationen mit den anderen Variablen nicht einbezogen. Der Versuchsleiter hat sowohl in der typischen Reaktionszeit ($F(12, 52) = 1.715$, $p = 0.090$, partielles $\eta^2 = 0.284$) als auch in der Fehlerquote ($F(12, 52) = 1.716$, $p = 0.090$, partielles $\eta^2 = 0.284$) einen schwach signifikanten Effekt,

der auf Grund der kleinen Gruppen der Versuchsleiter zu erwarten ist. In der Fehlerquote zeigt sich ein signifikanter Effekt des Alters ($F(1, 52) = 10.662, p = 0.002$, partielles $\eta^2 = 0.170$). Dieser Einfluss wurde in der weiteren Auswertung ignoriert, da lediglich Innersubjekteffekte untersucht wurden. Alle anderen Effekte sind nicht signifikant ($p > .175$).

ODD-Effekt. Der ODD-Effekt beschreibt die Tatsache, dass Versuchspersonen auf ungerade Zahlen langsamer reagieren (Hines, 1990). Eine einfaktorielle Varianzanalyse der typischen Reaktionszeiten mit Messwiederholung und dem Faktor Parität der Zielziffer weist diesen Effekt nach ($F(1, 74) = 11.122, p = .001$, partielles $\eta^2 = 0.131$). Der Effekt wurde durch Randomisierung der Parität in allen Bedingungen kontrolliert.

MARC-Effekt. Der MARC-Effekt beschreibt die Tatsache, dass Versuchspersonen mit der rechten Hand auf gerade Zahlen (bzw. mit der linken Hand auf ungerade Zahlen) schneller reagieren als auf Zahlen anderer Parität (Nuerk et al., 2004). Dieser Effekt kann in den vorliegenden Daten mittels einer einfaktoriellen Varianzanalyse mit dem Faktor der Variante nicht nachgewiesen werden ($F(1, 73) = 1.059, p = .307$, partielles $\eta^2 = 0.014$).

Reaktionszeit

Abbildung 2 stellt die typischen Reaktionszeiten für die Flankerkompatibilitäten gegenüber. Die Werte sind für jede Anordnung separat dargestellt und über die Ausprägungen der jeweils anderen Flankerkompatibilität gemittelt. Die Unterschiede in den Mittelwerten – die Flankerkompatibilitätseffekte (FKE) – sind unterschiedlich für alle Flankerpositionen. Ein Flanker links neben dem Target hat den größten Effekt auf die Reaktionszeit ($FKE_L = 16.06$ ms, $SD = 1.82$ ms), Flanker rechts und oberhalb des Targets haben mittlere Effekte ($FKE_R = 11.34$ ms, $SD = 1.95$ ms, $FKE_O = 6.42$ ms, $SD = 2.15$ ms), Flanker unter dem Target haben nur einen leichten Effekt ($FKE_U = 2.10$ ms, $SD = 2.09$ ms).

Um die Einflüsse der im Experiment manipulierten Within-subject-Faktoren zu untersuchen, wurde eine dreifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung und den Faktoren Anordnung, Kompatibilität des ersten Flankers und Kompatibilität des zweiten Flankers durchgeführt. Die Analyse zeigt signifikante Haupteffekte der Anordnung ($F(1, 74) = 19.768, p < .001$, partielles $\eta^2 = 0.211$), der ersten Flankerkompatibilität ($F(1, 74) = 64.480, p < .001$, partielles

$\eta^2 = 0.466$) und der zweiten Flankerkompatibilität ($F(1, 74) = 20.219, p < .001$, partielles $\eta^2 = 0.215$). Die Interaktionen zwischen der Anordnung und der Kompatibilität des ersten Flankers ($F(1, 74) = 11.588, p = .001$, partielles $\eta^2 = 0.135$) sowie zwischen der Anordnung und der Kompatibilität des zweiten Flankers ($F(1, 74) = 11.573, p = .001$, partielles $\eta^2 = 0.135$) sind ebenfalls signifikant. Die Interaktion zwischen den beiden Flankerkompatibilitäten ist schwach signifikant ($F(1, 74) = 3.610, p = .061$, partielles $\eta^2 = 0.047$). Die Interaktion zwischen allen drei Faktoren ist nicht signifikant ($F(1, 74) = 0.120, p = .730$, partielles $\eta^2 = 0.002$).

Separate Analysen der horizontalen und vertikalen Anordnungen sollen weiteren Aufschluss über das Muster der Einflüsse geben. Die separaten Varianzanalysen mit Messwiederholung und den beiden Flankerkompatibilitäten als Faktoren bestätigen das Bild der qualitativen Analyse (Abbildung 2). In der horizontalen Anordnung ist der Haupteffekt der linken Flankerkompatibilität ($F(1, 74) = 77.984, p < .001$, partielles $\eta^2 = 0.513$) sowie der rechten Flankerkompatibilität ($F(1, 74) = 33.852, p < .001$, partielles $\eta^2 = 0.314$) signifikant. Der Interaktionseffekt ist schwach signifikant ($F(1, 74) = 2.795, p = .099$, partielles $\eta^2 = 0.036$). In der vertikalen Anordnung ist der Haupteffekt der oberen Flankerkompatibilität ($F(1, 74) = 8.912, p = .004$, partielles $\eta^2 = 0.107$) signifikant. Der Haupteffekt der unteren Flankerkompatibilität ($F(1, 74) = 1.008, p = .319$, partielles $\eta^2 = 0.013$) sowie der Interaktionseffekt ($F(1, 74) = 0.944, p = .334$, partielles $\eta^2 = 0.013$) sind nicht signifikant.

Fehlerquote

Abbildung 3 vergleicht die Fehlerquoten bei unterschiedlichen Flankerkompatibilitäten. Die Werte sind auf die gleiche Weise wie die Reaktionszeiten aufbereitet. In der horizontalen Anordnung deckt sich das Bild der Flankerkompatibilitätseffekte in der Fehlerrate (FKE') mit dem der Reaktionszeiten. Der linke Flanker hat einen stärkeren Effekt ($FKE'_L = 1.05\%$, $SD = 0.33\%$) als der rechte Flanker ($FKE'_R = 0.71\%$, $SD = 0.31\%$). In der vertikalen Anordnung hat nur der untere Flanker einen sichtbaren Effekt auf die Fehlerrate ($FKE'_U = 0.94\%$, $SD = 0.31\%$). Der Effekt des oberen Flankers ist leicht negativ ($FKE'_O = -0.06\%$, $SD = 0.27\%$).

Die dreifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung und den Faktoren Anordnung, Kompatibilität des ersten Flankers und Kompatibilität des zweiten Flankers bestätigt auch für

die Fehlerraten signifikante Haupteffekte der Anordnung ($F(1, 74) = 9.468, p = .003$, partielles $\eta^2 = 0.113$), der ersten Flankerkompatibilität ($F(1, 74) = 4.545, p = .036$, partielles $\eta^2 = 0.058$) und der zweiten Flankerkompatibilität ($F(1, 74) = 14.213, p < .001$, partielles $\eta^2 = 0.161$). Die Interaktionen zwischen der Anordnung und der Kompatibilität des ersten Flankers ($F(1, 74) = 8.365, p = .005$, partielles $\eta^2 = 0.102$) ist signifikant. Die Interaktion zwischen der Anordnung und der Kompatibilität des zweiten Flankers ($F(1, 74) = 0.301, p = .585$, partielles $\eta^2 = 0.004$) sowie die Interaktion zwischen den beiden Flankerkompatibilitäten ($F(1, 74) < 0.001, p = .995$, partielles $\eta^2 < 0.001$) sind nicht signifikant. Die Interaktion zwischen allen drei Faktoren ist nicht signifikant ($F(1, 74) = 0.001, p = .969$, partielles $\eta^2 < 0.001$).

Die separaten Analysen der horizontalen und vertikalen Anordnungen mit den beiden Flankerkompatibilitäten als Faktoren bestätigen erneut das Bild der qualitativen Analyse (Abbildung 3). In der horizontalen Anordnung ist der Haupteffekt der linken Flankerkompatibilität ($F(1, 74) = 10.081, p = .002$, partielles $\eta^2 = 0.120$) sowie der rechten Flankerkompatibilität ($F(1, 74) = 05.302, p = .024$, partielles $\eta^2 = 0.067$) signifikant. Der Interaktionseffekt ist nicht signifikant ($F(1, 74) = 0.001, p = .977$, partielles $\eta^2 < 0.001$). In der vertikalen Anordnung ist der Haupteffekt der oberen Flankerkompatibilität nicht signifikant ($F(1, 74) = 0.051, p = .823$, partielles $\eta^2 = 0.001$). Der Haupteffekt der unteren Flankerkompatibilität ist signifikant ($F(1, 74) = 9.470, p = .003$, partielles $\eta^2 = 0.113$). Der Interaktionseffekt ist nicht signifikant ($F(1, 74) = 0.001, p = .981$, partielles $\eta^2 < 0.001$).

Diskussion

Die Analyse ergibt ein einheitliches Bild für die typische Reaktionszeit und die Fehlerquote sowohl in der dreifaktoriellen Varianzanalyse als auch in der separaten Analyse der horizontalen Anordnung. Die signifikanten Haupteffekte der Flankerkompatibilitäten bestätigen die Existenz des Flankereffekts auch in der vorliegenden Studie. Der signifikante Haupteffekt der Anordnung weist bereits auf eine unterschiedliche Verarbeitung der Reize in den beiden Anordnungen hin. Die signifikanten Interaktionseffekte zwischen den Flankerkompatibilitäten und der Anordnung bestätigen den stärkeren Effekt von Flankern in horizontaler Anordnung, der bereits von Andersen und Kramer (1993) gefunden wurde, auch für Ziffern. Der stärkere

Flankerkompatibilitätseffekt des linken Flankers gegenüber dem rechten Flanker bestätigt die Lesegewohnheitshypothese von Hommel (1995) auch für Zahlen. Der Unterschied kehrt sich offenbar nicht aufgrund von Zahlwahrnehmungsprozessen um und Ergebnisse aus Experimenten mit Ziffern sind analog zu Experimenten mit Buchstaben zu interpretieren.

Dieses Bild bestätigt sich für die Reaktionszeiten bei vertikaler Anordnung sogar verstärkt. Hier hat der untere Flanker keinen signifikanten Effekt, was ebenfalls durch Lesegewohnheiten erklärt werden könnte. Allerdings kehrt sich dieses Ergebnis bei der Betrachtung der Fehlerquoten um. Hier hat der obere Flanker keinen signifikanten Effekt. Dieser Befund weist auf eine unterschiedliche Wirkung der Flanker auf Reaktionszeit und Fehlerquote hin, der durch unterschiedliche Prozesse in der Kette von Wahrnehmung, Klassifikation, Reaktionsgenerierung und Reaktionsauswahl erklärt werden muss.

In horizontaler Anordnung sind die Reaktionszeiten und Fehlerquoten generell höher als in vertikaler Anordnung. Dies kann mit der Wahrnehmung von horizontal angeordneten Ziffern als ganzes "Wort" erklärt werden. Während bei Einzelziffern die Klassifikation intuitiv erfolgen kann, muss bei dreistelligen Worten zunächst die mittlere Ziffer zur Klassifikation selektiert werden. Zudem haben die in Leserichtung vorgelagerten Flanker (links bzw. oben) sowohl in horizontaler als auch vertikaler Anordnung einen stärkeren Effekt auf die Reaktionszeiten als die nachgelagerten Flanker (rechts bzw. unten). Dies entspricht typischen Sprach- und Schriftstrukturen, in denen vorgelagerte Zeichen stärkeren Einfluss auf die Bedeutung nachgelagerter Zeichen haben als umgekehrt. Diese Kopplung ist offenbar in horizontaler Richtung stärker als in vertikaler Richtung, was ebenfalls typischen Schriftstrukturen wie Buchstaben, Worten, Sätzen und Absätzen entspricht.

Die höheren Fehlerquoten bei inkompatiblen unteren Flankern lassen sich mit Prozessen in der Reaktionsgenerierung und Reaktionsauswahl erklären. Bei vertikaler Anordnung stehen drei, bei horizontaler Anordnung steht nur eine Klassifikation zur Reaktionsgenerierung zur Verfügung. Falls mehrere Ziffern parallel klassifiziert werden und anschließend eine Reaktion vorbereiten können, hat die unterschiedliche Anzahl der Wahrnehmungen keinen Einfluss auf die Verarbeitungszeit. Allerdings überschreiben bei vertikaler Anordnung in Leserichtung spätere (untere) Reaktionen frühere Reaktionen. Dies entspricht ebenfalls intuitiven Lesegewohnheiten,

bei denen Reaktionen auf einen Text den gesamten Text berücksichtigen. Diese Auslöschung muss aktiv unterdrückt werden, was durch die Vorbereitung auf die Aufgabe nicht die Reaktionszeit verlängert, aber nicht immer gelingt und so das Bild der Fehlerquoten bei vertikaler Anordnung erklärt.

Die Ergebnisse dieses Experiments legen ein integriertes Modell der Verarbeitungskette bei Flankeraufgaben nahe. Die vorliegende Studie kann allerdings durch ihren Versuchsaufbau entsprechende Hypothesen nicht weiter aufklären, da die entsprechenden Verarbeitungsschritte nicht unabhängig voneinander manipuliert werden. Weitergehende Untersuchungen sollten daher auch Matrizen aus 3x3 Ziffern untersuchen, um die Bedingungen für jeden Schritt zu homogenisieren. Eine vollständige Anordnung mit je zwei Flankern in horizontaler und vertikaler Richtung könnte bereits den Haupteffekt der Anordnung kontrollieren. Um eine Generalisierbarkeit der Befunde sicherzustellen, sollten entsprechende Versuche mit anderen Symbolen und Teilnehmern aus Kulturkreisen mit unterschiedlichen Lesegewohnheiten wiederholt werden.

Literatur

- Andersen, G. J. & Kramer, A. F. (1993). Limits of focused attention in three-dimensional space. *Perception & Psychophysics*, 53 (6), 658-667. doi:10.3758/BF03211742
- Cohen, A. & Shoup, R. (1993). Orientation asymmetry in the flanker task. *Perception & Psychophysics*, 53 (6), 693-703. doi:10.3758/BF03211745
- Eriksen, B. A. & Eriksen, C. W. (1974). Effects of noise letters upon the identification of a target letter in a nonsearch task. *Perception & Psychophysics*, 16 (1), 143-149. doi:10.3758/BF03203267
- Eriksen, C. W., Pan, K. & Botella, J. (1993). Attentional distribution in visual space. *Psychological Research*, 56 (1), 5-13. doi:10.1007/BF00572128
- Eriksen, C. W. & St. James, J. D. (1986). Visual attention within and around the field of focal attention: A zoom lens model. *Perception & Psychophysics*, 40 (4), 225-240. doi:10.3758/BF03211502
- Hines, T. M. (1990). An odd effect: Lengthened reaction times for judgments about odd digits. *Memory & Cognition*, 18 (1), 40-46. doi:10.3758/BF03202644
- Hommel, B. (1995). Attentional scanning in the selection of central targets from multi-symbol strings. *Visual Cognition*, 2 (2-3), 119-144. doi:10.1080/13506289508401727
- Hommel, B. (2003). Spatial asymmetries in the flanker-congruency effect: Attentional scanning is biased by flanker orientation. *Psychology Science*, 45 (1), 63-77.
- Irtel, H. (2008). *PXLab: The psychological experiments laboratory* (Bericht). Deutschland: Universität Mannheim. online. Zugriff auf <http://www.pxlab.de> (Version 2.1.19)
- Ischebeck, A. (2003). Differences between digit naming and number word reading in a flanker task. *Memory & Cognition*, 31 (4), 529-537. doi:10.3758/BF03196094
- Kramer, S. & Hahn, A. F. (1998). Further evidence for the division of attention among non-contiguous locations. *Visual Cognition*, 5 (1-2), 217-256. doi:10.1080/713756781
- Nuerk, H.-C., Iversen, W. & Willmes, K. (2004). Notational modulation of the SNARC and the MARC (linguistic markedness of response codes) effect. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, 57 (5), 835-863. doi:10.1080/02724980343000512

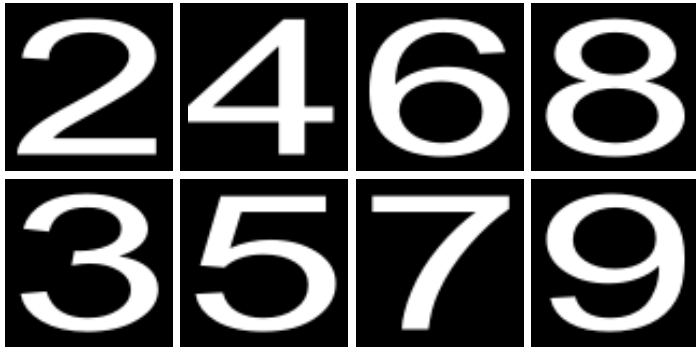


Abbildung 1. Die verwendeten Ziffern sind auf gleiche Breite wie Höhe skaliert, um ein homogenes Erscheinungsbild zu erzeugen. Die Ziffern 1 und 0 wurden nicht verwendet.

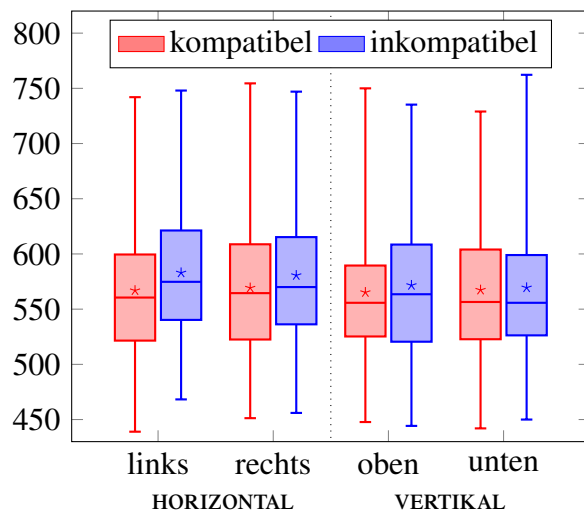


Abbildung 2. Boxplots der typischen Reaktionszeiten für verschiedene Flankerpositionen. Die Antennen geben die Spannweite der Daten wieder. Die für eine Varianzanalyse wichtigen Mittelwerte sind mit Sternen (*) gekennzeichnet.

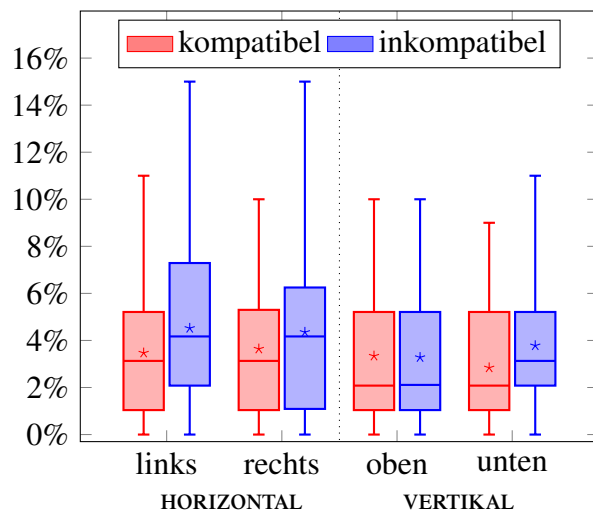


Abbildung 3. Boxplots der Fehlerquoten für verschiedene Flankerpositionen. Die Antennen geben die Spannweite der Daten wieder. Die für eine Varianzanalyse wichtigen Mittelwerte sind mit Sternen (*) gekennzeichnet.