

**Experimente zum Fehrer-Raab-Effekt und das ‚Wetterwart‘-
Modell der visuellen Maskierung¹**

Odmar Neumann

**Bericht Nr. 24/1982, Psychologisches Institut
der Ruhr-Universität Bochum, Arbeitseinheit
Kognitionspsychologie**

¹ Eine vorläufige Kurzfassung dieses Berichts wurde auf der 3. Osnabrücker Arbeitstagung Psychologie vorgetragen und ist im Tagungsbericht (Wolff & Tücke, 1980) erschienen.

Abstract

(Experiments on the Fehrer-Raab effect and the ‚Wetterwart‘ model of visual masking)

The Fehrer-Raab effect (simple reaction time is unaffected by metacontrast masking of the test stimulus) seems to indicate that a stimulus may trigger a voluntary reaction without (or at least before) reaching conscious representation. However, this conclusion can be avoided by assuming that a) it is the mask that triggers the reaction, and b) that the masked test stimulus causes a focussing of attention from which the subsequent mask profits, thus reaching conscious representation earlier than without a preceding test stimulus (This is predicted by the ‚Wetterwart‘ (metereological observer) model of visual masking.). To test this explanation three experiments were performed. In Experiment 1 the perceived temporal position of the mask was determined psychophysically using temporal order judgments. The results showed that the masked test stimulus caused an apparent temporal shift of the mask in the predicted direction. In Experiment 2 the Fehrer-Raab effect was replicated with 2 exposure times of the mask (5 and 15 msec). Reaction time was shorter with the 15 msec mask than with the 5 msec mask, although the former's masking effectiveness (as determined in a separate experiment) was much higher. This proves that the reaction was not triggered by a conscious representation of the test stimulus, and it indicates that the mask took part in evoking the reaction. In Experiment 3 the perceived temporal position of the mask was determined under conditions identical to those in Experiment 2 using the method of constant stimuli. There was an apparent temporal shift of the mask as in Experiment 1. However, comparison with the data from Experiment 2 showed that with the exception of the shortest SOA the amount of the temporal shift was only about half that of the Fehrer-Raab effect. The shapes of the psychometric functions indicated that the observers used at least two different cues for their temporal order judgments. These results make it doubtful that judged temporal order yields a direct estimate of the time of conscious perception. The time of representation and the representation of time are logically distinct, and it may be impossible to determine the former by simply measuring the latter. Some alternative methodological possibilities are briefly discussed.

Einleitung

Die Experimente, die im folgenden berichtet werden, befassen sich mit einem alten Problem. Hugo Münsterberg hat es vor 90 Jahren als die Frage formuliert, „... ob die durch willkürliche Vorstellungsbewegungen hervorgerufenen psychischen Endresultate nicht auch ohne bewußte Willensthätigkeit erzielt werden können, ob nicht auch diese höheren intellektuellen Funktionen sich unter gewissen Bedingungen ohne bewußte Apperzeption hervorbringen lassen.“ (Münsterberg, 1889, S. 67).

Die Frage ist die nach der Beziehung zwischen der Art der Repräsentation kognitiver Inhalte – bewußt oder nicht – und der Art funktionaler Wirksamkeit, die sich haben können. In welcher Weise kann ein kognitiver Inhalt psychisch wirksam werden, ohne bewußt repräsentiert zu sein, und welche seiner funktionalen Konsequenzen sind an die Voraussetzung gebunden, daß er bis zur Stufe bewußter Repräsentation gelangt ist?

Die Antwort, die Münsterberg in der zitierten Arbeit – dem ersten Heft seiner ‚Beiträge zur experimentellen Psychologie‘ – gab, stand in radikalem Gegensatz zur damals wie heute herrschenden Auffassung. Aufgrund von Reaktionszeitexperimenten kommt er zu dem Schluß, daß ein Reiz nicht nur assoziative Verarbeitungsprozesse auslösen kann, bevor er bewußt geworden ist, sondern sogar eine motorische Reaktion: „Wenn wir den Reiz apperzipieren, haben wir für gewöhnlich schon auf denselben zu reagieren begonnen; unser motorischer Apparat wartet nicht auf unser Bewußtsein, sondern thut rastlos seine Pflicht und unser Bewußtsein schaut ihm zu und hat ihm nichts zu befehlen.“ (Münsterberg, 1889, S. 173).

Münsterbergs Experimente waren ziemlich verwickelte verbale Reaktionszeitversuche, bei denen sowohl die Art der Assoziationsaufgabe als auch die Einstellung der Vp variiert wurde. Entsprechend subtil war die Argumentation, aufgrund deren er zu seiner Folgerung gelangte. Es gibt eine sehr viel einfachere moderne Versuchsanordnung, die Münsterbergs Auffassung auf verblüffende Weise zu bestätigen scheint.

Der Fehrer-Raab-Effekt

Wenn zwei visuelle Reize einander am selben oder an benachbarten Orten in kurzem zeitlichen Abstand folgen, tritt bekanntlich Maskierung ein. Eine der interessantesten Formen der Rückwärts-Maskierung – also der Maskierung des ersten durch den zweiten Reiz – ist der Metakontrast (siehe z.B. Alpern, 1953; Breitmeyer & Ganz, 1976; Lefton, 1973; Neumann, 1978; Weisstein, 1972). Er ist zu beobachten, wenn der Maskierreiz seitlich an den Testreiz anschließt, wenn also z.B. auf eine Kreisscheibe ein sie umschließender Ring folgt. Unter optimalen Bedingungen – typischerweise bei einem SOA² von 40-80 msec – kann der Testreiz total maskiert werden; in der Scheibe-Ring-Anordnung sieht man dann z.B. nur noch den leeren Ring. Bei kürzeren oder längeren SOAs ist im Ringinneren zwar die Scheibe zu erkennen, sie erscheint aber – wenn man helle Reize auf dunklem Grund verwendet – in ihrer Helligkeit reduziert.

Nun ist es bekannt, daß die einfache Reaktionszeit (a-Reaktionszeit) auf visuelle Reize mit abnehmender Leuchtdichte zunimmt (siehe z.B. Teichner & Krebs, 1972). Man sollte also erwarten, daß auch die bis zum völligen phänomenalen Verschwinden gehende Helligkeitsreduktion beim Metakontrast die Reaktionszeit verlängert. Fehrer & Raab (1962) sind dieser Frage nachgegangen; mit einem überraschenden Resultat: Die Reaktionszeit war in keiner der Maskierbedingungen verlängert. Bei kurzen SOAs schien der Maskierreiz sogar eine Verkürzung der Latenz zu bewirken! Daß der Maskierreiz die Reaktionszeit unbeeinträchtigt läßt, obwohl er den Testreiz phänomenal so gut wie unsichtbar macht, wurde von Fehrer & Biederman (1962) und Schiller & Smith (1966) bestätigt. Die Daten dieser drei Experimente sind in Abb. 1 zusammen mit den Befunden einer späteren kritischen Replikation (Bernstein, Amundson & Schurman, 1973) wiedergegeben.

² SOA (Stimulus Onset Asynchrony): Zeitdifferenz zwischen dem Beginn des Testreizes und dem des Maskierreizes.

Das Problem

Befunde, die wie dieser Effekt im Wortsinn paradox sind, also einem gegen die Meinung gehen, rufen als erste Reaktion oft die Frage hervor, ob man ihnen denn überhaupt trauen kann. Läßt sich der Fehrer-Raab-Effekt nicht vielleicht als Artefakt entlarven? Daß die Reaktionszeit von der Maskierung praktisch unberührt bleibt, ist nicht zu bestreiten. Aber wird der Testreiz in den Experimenten, die dies zeigen, wirklich vollständig maskiert? Glücklicherweise ist diese Frage, die leicht in das Gestrüpp einer unfruchtbaren Diskussion darüber führt, wie man die 'Unterschwelligkeit' eines Reizes sicherstellen kann (vgl. Henrich, 1977; Koepler, 1972), für unser Problem unerheblich. Der Sachverhalt dürfte der sein, daß eine unwissentliche Vp den Fehrer-Raab-Effekt zeigt, auch wenn sie nur auf den Maskierreiz zu reagieren vermeint und von der Darbietung des Testreizes gar nichts ahnt (Fehrer & Biederman, 1962); während andererseits die Diskriminationsleistung eines geübten Beobachters bei Verwendung der Signalentdeckungs-Methode unter denselben Bedingungen noch beträchtlich ist (Adler, 1979; Bernstein, Amundson & Schurman, 1973). Der maskierte Reiz ist also noch weitgehend entdeckbar; aber der Fehrer-Raab-Effekt hängt nicht daran, daß er auch von der Vp entdeckt wird. Ob man das als 'Unterschwelligkeit' bezeichnet oder nicht, ist eine terminologische Frage.

[Abbildung 1 hier einfügen](#)

Wir brauchen uns mit dieser Frage nicht zu befassen, weil es, wie gesagt, für den Fehrer-Raab-Effekt nicht wesentlich ist, ob die Vp noch verwertbare Spuren des Testreizes zu entdecken vermag, oder ob er total maskiert wird. Jedenfalls ist er, wie die gesamte Literatur zum Metakontrast zeigt, in seiner Sichtbarkeit aufs äußerste reduziert. Wenn die Reaktionszeit von der Maskierung dennoch unbeeinträchtigt bleibt, muß man schließen, daß die motorische Reaktion nicht durch diese allenfalls rudimentär vorhandene bewußte Repräsentation des Testreizes ausgelöst wird, sondern durch eine andere, von der Maskierung nicht betroffene Folge seiner Darbietung.

Das Problem ist, wie man sich diese Wirkung vorzustellen hat und ob sie im Sinne Münsterbergs zu dem Schluß zwingt, daß der Reiz eine Willkürbewegung auslöst, ohne bewußt repräsentiert zu sein.

Ein Erklärungsansatz

Es gibt eine logische Möglichkeit, den Fehler-Raab-Effekt ohne Rückgriff auf die Hypothese Münsterbergs zu erklären. Sie basiert auf dem Umstand, daß es ja auch unter Maskierbedingungen nicht an einem gut sichtbaren, im wesentlichen nicht in seiner visuellen Beschaffenheit beeinträchtigten Reiz fehlt: Der Maskierreiz unterscheidet sich bei Metakontrast nur unwesentlich vom Aussehen des entsprechenden Reizes bei Einzeldarbietung. Der naheliegenden Hypothese, daß die Reaktion beim Fehler-Raab-Effekt auf ihn und nicht auf den Testreiz hin erfolgt, scheinen allerdings zunächst die quantitativen Verhältnisse gegenüberzustehen: Außer bei den kürzesten SOAs ist die Reaktionszeit auf die Abfolge Testreiz-Maskierreiz eindeutig kürzer als auf den Maskierreiz allein (Abb. 1).

Damit wäre aber die Hypothese, daß die Vp auf den (bewußt repräsentierten) Maskierreiz und nicht auf den (weitgehend unsichtbaren) Testreiz reagiert, nur dann widerlegt, wenn man voraussetzt, daß die Zeit zwischen der Darbietung des Maskierreizes und seiner bewußten Wahrnehmung unabhängig davon ist, ob ihm ein Testreiz vorausgeht. Denkbar wäre ja, daß die Beschleunigung der Reaktion bei vorausgehendem Testreiz daran liegt, daß in diesem Fall der Maskierreiz schneller bewußt wahrgenommen und deshalb auch schneller motorisch beantwortet werden kann.

Dies muß zunächst als eine ad-hoc-Hypothese erscheinen. Das ist aber nicht der Fall. Die Möglichkeit einer derartigen Beschleunigung in der Verarbeitung des Maskierreizes hat sich im Gegenteil aus Experimenten ergeben, die mit dem Fehler-Raab-Effekt gar nichts zu tun hatten. Erst später hat sich gezeigt, daß hier auch eine Möglichkeit liegt, den Fehler-Raab-Effekt zu interpretieren. Die ursprünglichen Experimente sind an anderer Stelle beschrieben (Neumann, 1978, 1979) und sollen hier nur kurz skizziert werden.

[Hier Abbildung 2 einfügen](#)

Absicht dieser Experimente war es, die Komponenten des U-förmigen Verlaufs der Metakontrast-Maskierfunktion zu analysieren. Es zeigte sich, daß dabei der zeitlichen Auflösung eine kritische Funktion zukommt: Die zunächst mit wachsendem SOA zunehmende Maskierung ist mit wahrgenommener Simultaneität von Test- und

Maskierreiz verbunden; die anschließende Abnahme der Maskierung bei weiter vergrößertem SOA geht hingegen mit zeitlicher Auflösung einher. Bei dem Versuch, diese beiden Komponenten funktional zu isolieren, haben wir u.a. untersucht, wie sich ein zusätzlicher („Distraktor“)-Reiz im Gesichtsfeld auf sie auswirkt. Die Maskieranordnung bestand aus einer Scheibe und einem sie umschließenden Ring; als Zusatzreiz wurde eine weitere Scheibe geboten, die in gleichem Abstand vom Fixationspunkt in der anderen Gesichtshälfte erschien.

Das Ergebnis war, wie Abb. 2 zeigt, eindeutig: Der Zusatzreiz verstärkt die Maskierwirkung; aber nur im Bereich der aufsteigenden Flanke, also nur dort, wo die Maskierung wieder im Abnehmen begriffen ist. Dort gibt es, wie gesagt, bereits zeitliche Auflösung; und die weiteren Analysen zeigten in der Tat, daß die Wirkung des Zusatzreizes ausschließlich darin besteht, die Schwelle für zeitliche Auflösung zu erhöhen, während er die wahrgenommene Helligkeit des Testreizes völlig unbeeinflusst läßt (Abb. 3 und 4).

[Hier Abbildungen 3 und 4 einfügen](#)

Zur Erklärung dieses Effekts sind wir damals auf eine Modellvorstellung gekommen, die u.a. die für die jetzigen Überlegungen relevante Annahme enthält, daß ein maskierter Reiz die Verarbeitung des zugehörigen Maskierreizes beschleunigt. Der Grundgedanke war der folgende: Damit die Vp einen Reiz bewußt wahrnehmen kann, muß sie ihre Aufmerksamkeit auf den entsprechenden Ort im Gesichtsfeld richten. Wir haben diesen Vorgang als das ‚Fokussieren‘ des Reizes bezeichnet; er entspricht ungefähr dem, was in der Literatur der 60er Jahre ‚Auslesen aus dem VIS‘ hieß. (Von den neueren Arbeiten aus dieser Forschungstradition sind z.B. die von Eriksen und Mitarbeitern (z.B. Eriksen & Eriksen, 1974; Eriksen & Hoffman, 1973; Eriksen & Schulz, 1979) zu nennen). In Teilberichtsexperimenten wird dieser Fokussiervorgang durch einen speziellen Indikatorreiz in Gestalt eines Pfeils o.ä. in Gang gesetzt. Was ist aber, wenn ein einziger Reiz geboten wird? Offenbar muß er dann selbst den Prozeß auslösen, durch den er fokussiert wird. Das klingt ein wenig nach Münchhausens Fähigkeit, sich am eigenen Zopf aus dem Sumpf zu ziehen; es ist aber, etwas genauer betrachtet, doch ein weniger bemerkenswertes Kunststück.

Wenn wir von ‚dem Reiz‘ sprechen, ist das ja eine verkürzte Redeweise, vor allem dann, wenn von seiner physiologischen Repräsentation die Rede ist. Die Darbietung eines visuellen Reizes löst, wie aus Arbeiten der letzten beiden Jahrzehnte bekannt ist (siehe z.B. Breitmeyer & Ganz, 1976; Cornsweet, 1970; Legge, 1978), Aktivität in unterschiedlichen neuronalen ‚Kanälen‘ aus, die u.a. hinsichtlich ihres räumlichen und zeitlichen Auslösungsvermögens spezialisiert sind, d.h. die unterschiedlich empfindlich für bestimmte zeitliche und räumliche Frequenzen sind. Es spricht nun vieles für die Existenz sogenannter phasischer (‚transient‘) Kanäle, die auf die Übertragung zeitlicher Veränderungen spezialisiert sind, aber im räumlichen Bereich nur niedrige Ortsfrequenzen übertragen. Eine zu dieser funktionalen Spezialisierung passende Eigenschaft dieser Kanäle besteht in ihrer Schnelligkeit; ihre Aktivität erreicht ca. 50-100 msec schneller das kortikale Niveau als die der ‚tonischen‘ (‚sustained‘), auf hohe Ortsfrequenzen spezialisierten Kanäle. Von ihrer Funktion her dürften die phasischen Kanäle u.a. die Aufgabe haben, die grobe Information über eine Änderung im Gesichtsfeld zu melden (‚blob detectors‘) und dadurch eine Zuwendung der Aufmerksamkeit zu dem betreffenden Ort auszulösen. Während des so in Gang gesetzten Fokussierprozesses würde, wie z.B. Breitmeyer & Ganz (1976) beschreiben, die Aktivität der langsameren hochfrequenzspezifischen Kanäle zum Abschluß kommen, so daß der Fokussiervorgang sozusagen ein fertiges Bild des Reizes vorfindet.

Mit einer Modellvorstellung dieser Art ließ sich unser Zusatzreiz-Effekt gut erklären. Die Annahme war, daß zwei simultan an verschiedenen Stellen im Gesichtsfeld erscheinende Reize zwei phasische Reaktionen und damit zwei konkurrierende Signale zur Aufmerksamkeitszuwendung auslösen, wodurch der Fokussiervorgang sich verzögert. Erst wenn er bewußt beachtet wurde, ist aber der Testreiz immun gegen Maskierung durch den nachfolgenden Maskierreiz. Verzögert sich durch den Zusatzreiz seine Beachtung, dann erweitert sich somit der zeitliche Bereich, in dem er maskierbar ist, um die gleiche Zeitspanne. Hieraus erklärt sich der Befund, daß der Zusatzreiz die aufsteigende Flanke der Maskierfunktion um einen konstanten Betrag verschiebt.

Soviel zum damaligen theoretischen und experimentellen Hintergrund. Für den Fehrer-Raab-Effekt ist diese Modellvorstellung deshalb einschlägig, weil sie implizit auch eine Annahme über die Wahrnehmungszeit für den Maskierreiz enthält. Wird der Maskierreiz allein geboten, dann wird der auf ihn gerichtete Fokussiervorgang

durch die Aktivität der phasischen Kanäle ausgelöst, die sein eigenes Erscheinen bewirkt. Geht ihm aber ein Testreiz voraus, dann beginnt der Fokussiervorgang ja schon mit dessen Erscheinen, er startet also um die Zeitdifferenz zwischen Test- und Maskierreiz (d.h. das SOA) früher. Tritt während dieses Vorgangs der Maskierreiz an die Stelle des Testreizes, dann müßte er also bereits früher bewußt repräsentiert sein als dann, wenn die Aufmerksamkeitszuwendung durch die von ihm selbst bewirkte phasische Aktivität in Gang gesetzt wird. Die Beschleunigung seiner Verarbeitung wäre exakt gleich dem SOA zwischen Test- und Maskierreiz, denn um diesen Betrag wäre ja der Fokussiervorgang früher ausgelöst worden.

Vielleicht kann die folgende Analogie diese Modellvorstellung verdeutlichen: Denken wir uns einen Wetterwart, der auf einer einsamen Station seine Instrumente überwacht. Er kann nicht allen gleichzeitig Beachtung schenken, was aber auch nicht nötig ist, weil nur von Zeit zu Zeit ein Instrument einen neuen Wert anzeigt. Damit dies unserem Wetterwart nicht entgeht, sind die Instrumente so eingerichtet, daß immer dann ein akustisches Signal ertönt, wenn sich ein angezeigter Wert ändert. Dieses Signal entspricht der phasischen Reaktion. Es vergeht dann eine gewisse Zeit, bis der Wetterwart den Kopf gewendet und seine Brille zurechtgerückt hat, um die neue Anzeige abzulesen. Dies wäre der Fokussiervorgang. Nun kann es aber passieren, daß ein Instrument seine Anzeige kurz nacheinander zweimal ändert. Dies wäre die Analogie zur Maskierung. Die erste Änderung löst das Tonsignal aus und setzt die Zuwendung zu dem entsprechenden Instrument in Gang; aber bevor der neue Wert abgelesen werden konnte, ist er schon wieder durch einen anderen ersetzt worden. Der erste geänderte Wert bleibt dem Wetterwart verborgen; er wurde ‚maskiert‘.

Nehmen wir weiter an, daß der Wetterwart nach der Ablesung sofort eine kurze Meldung in den Fernschreiber gibt; das soll unsere Analogie zur motorischen Reaktion sein. Normalerweise vergeht zwischen der Änderung der Anzeige und dem Zeitpunkt, zu dem der Fernschreiber betätigt wird, sagen wir, eine Minute. Sie setzt sich zusammen aus 30 Sekunden, die der Wetterwart braucht, um als Reaktion auf den Ton das entsprechende Instrument aufzusuchen, und 30 Sekunden für das Ablesen und die sonstigen Tätigkeiten, die bis zum Betätigen des Fernschreibers nötig sind. Angenommen nun, zwei Änderungen der Anzeige folgen im Abstand von 10 Sekunden aufeinander. Der Ton, der von der ersten Änderung ausgelöst wurde (= die phasische Reaktion) hat zur Folge, daß der Wetterwart 30 Sekunden später auf

die Anzeige blickt, die dann aber schon seit 20 Sekunden den erneut geänderten Wert zeigt. Auf diesen Wert (der für ihn ‚bewußt repräsentiert‘ ist!) reagiert der Wetterwart durch Betätigen des Fernschreibers; und von diesem an gerechnet beträgt seine ‚Reaktionszeit‘ nicht, wie üblich, eine Minute, sondern nur 50 Sekunden. Für den äußeren Beobachter sieht es also so aus, als habe der Wetterwart den Fernschreiber auf die erste Änderung der Anzeige hin betätigt; er selbst ist aber der Meinung, es auf die zweite hin getan zu haben. Das entspricht dem Fehrer-Raab-Effekt.

Wir haben diese Überlegung in einem kleinen Experiment zu überprüfen versucht.

Experiment 1

Zur Prüfung der Hypothese, das ein maskierter und selbst unsichtbarer Reiz den Zeitpunkt verschiebt, zu dem der Maskierreiz bewußt registriert wird, bietet sich dasselbe Verfahren an, mit dem in der Psychophysik optische Täuschungen vermessen werden: Man verwendet einen identischen, aber von der Täuschung nicht betroffenen Vergleichsreiz und bestimmt den Punkt subjektiver Gleichheit. So sind wir auch in diesem Experiment verfahren; die psychophysische Methode war das Konstanzverhalten.

Methode

Die Maskierung wurde mit der Scheibe-Ring-Anordnung herbeigeführt. Der Maskierreiz war ein Ring, der knapp 1° rechts vom Fixationspunkt erschien; der Testreiz eine ihm vorausgehende Scheibe, deren Durchmesser mit dem inneren Durchmesser des Rings übereinstimmt. Sie erschienen mit geringer Leuchtdichte (ca. $1,8 \text{ cd/m}^2$) auf dunklem Grund; die Expositionszeit des Maskierreizes betrug 10 msec, die des Testreizes 2 msec, das SOA 80 msec. Die weiteren Darbietungsbedingungen entsprachen den bei Neumann (1978) beschriebenen. Unter diesen Bedingungen war die Maskierung praktisch total, d.h. auch bei sorgfältiger Beobachtung war im Inneren des Rings keine Aufhellung zu entdecken, die auf den Testreiz hingewiesen hätte. (Daß ein geübter Beobachter in einer Signalentdeckungssituation nicht noch über Cues zur Diskrimination verfügt hätte,

soll damit nicht ausgeschlossen werden; es ist aber, wie oben (S. 5) erwähnt, nicht von wesentlicher Bedeutung.) Links vom Fixationspunkt erschien im gleichen Abstand von knapp 1° der Vergleichsreiz; ein mit dem Maskierreiz identischer Ring, dem aber kein Testreiz vorausging. Das SOA zwischen dem Maskierreiz und diesem Vergleichsreiz war die experimentelle Variable; es wurde im Bereich von -80 msec bis $+80$ msec in 20-msec-Schritten variiert. Bei der Hälfte der Darbietungen ging dem Maskierreiz der Testreiz voraus; in der anderen Hälfte wurde als Kontrollbedingung auch rechts nur der Ring geboten. In der experimentellen wie in der Kontrollbedingung wurde jedes der 9 SOAs 80 (Vp W.S.) bzw. 32 (Vp O.N.) mal geboten. Die Aufgabe des Beobachters war es, anzugeben, welcher der beiden Ringe als erster erschien.

Befunde und Diskussion

Das Ergebnis ist in Abb. 5 wiedergegeben. Wie man sieht, ist der vorhergesagte Effekt qualitativ eindeutig eingetreten. Es gibt eine scheinbare zeitliche Verschiebung des Maskierreizes, wenn ihm ein maskierter Reiz vorausgeht. Quantitativ ist der Befund aber nicht so befriedigend: Die Erwartung war, daß der Maskierreiz genau zu dem Zeitpunkt aufzublitzen scheint, zu dem in Wahrheit der Testreiz geboten wurde. Das ist nicht der Fall; das Ausmaß der Täuschung erreicht bei keinem der beiden Beobachter diesen Betrag. Statt 80 msec beträgt es bei W.S. etwa 45, bei O.N. etwa 40 msec. Hierfür gibt es eine Reihe möglicher Erklärungen. Am nächstliegenden ist vielleicht, daß es an den verwendeten Zeitparametern lag: Um einen deutlich meßbaren Effekt zu erhalten, hatten wir das sehr große SOA von 80 msec zwischen Test- und Maskierreiz verwendet. Damit nicht bereits zeitliche Auflösung einsetzte, mußte dann aber die Expositionszeit des Testreizes sehr kurz gewählt werden (2 msec). Sie betrug damit nur ein Fünftel der Expositionszeit des Maskierreizes; und es könnte sein, daß die Zeitdifferenz zwischen den beiden Expositionen zum Teil durch die langsamere Verarbeitung des Testreizes kompensiert wurde. Ein weiterer möglicher Grund dafür, daß der gemessene Betrag der Zeitverschiebung geringer als erwartet war, könnte in der Wahl der Vergleichsreize gelegen haben. Um nicht einen Bias zugunsten unserer Hypothese einzuführen, waren die SOAs von -80 msec bis $+80$ msec symmetrisch um den Punkt objektiver Gleichzeitigkeit verteilt. Bei einer Zeitverschiebung in der Größenordnung des Testreiz-Maskierreiz-SOAs von 80 msec hätte das bedeutet,

daß die Vp, entgegen der bekannten Tendenz zur Gleichverteilung der Urteile, in der experimentellen Bedingung fast stets das Urteil ‚rechts‘ hätte abgeben müssen.

[Hier Abb. 5 einfügen](#)

Hier weitere Klärung zu bringen, war u.a. die Absicht der beiden Experimente, über die ich nun berichten möchte. Hauptsächlich ging es aber darum, die Verbindung zum Fehrer-Raab-Effekt dadurch herzustellen, daß dieser und der Zeitverschiebungseffekt unter möglichst ähnlichen Bedingungen gemessen wurde.

Experiment 2

In diesem Experiment, das von Barbara Rosengärtner im Rahmen ihrer Diplomarbeit durchgeführt wurde (Rosengärtner, 1980), sollte der Fehrer-Raab-Effekt gemessen werden. Neben der Bereitstellung der Vergleichsdaten für das Zeitverschiebungsexperiment lag dem Experiment die folgende Versuchsidee zugrunde:

Wenn es stimmt, daß die Vp auch dann auf die bewußte Repräsentanz des Maskierreizes reagiert, wenn die Reaktionszeit scheinbar vom Testreiz an zu ‚laufen beginnt‘, dann müßten sich die Merkmale des Maskierreizes in der Reaktionszeit widerspiegeln. Präziser: Es ist bekannt, daß für einfache Reaktionszeiten im Bereich von bis zu etwa 10-20 msec das Bloch'sche Gesetz gilt: d.h. eine Verlängerung der Darbietungszeit führt zur selben Reaktionszeit-Verkürzung wie eine ihr energetisch entsprechende Erhöhung der Leuchtdichte (Hildreth, 1973). Somit müßte auch dann, wenn die Vp scheinbar auf den Testreiz reagiert, eine Expositionszeit-Verlängerung des Maskierreizes in diesem zeitlichen Bereich die Reaktionszeit reduzieren. Andererseits verstärkt sie natürlich die Maskierwirkung. Würde die Reaktion also durch eine irgendwie bewußte Repräsentation des Testreizes ausgelöst, dann müßte die umgekehrte Vorhersage zutreffen; die Reaktion müßte dann langsamer sein, wenn der Maskierreiz länger exponiert wird.

Vorversuch

Der Zweck des Vorversuchs war es, die Wirkung unterschiedlicher Maskierreize zu vergleichen. Wie in Experiment 1 bestand der Testreiz in einer kleinen kreisrunden Scheibe rechts vom Fixationspunkt. Im Unterschied zum ersten Experiment wurde sie nicht durch einen Ring, sondern durch eine größere kreisförmige Scheibe maskiert, die denselben Durchmesser hatte wie die Außenkontur des Rings in Experiment 1 (Abb. 6). Im übrigen entsprachen Reizanordnung und sonstige Versuchsbedingungen denen in Experiment 1. Die Leuchtdichte aller Reize betrug etwa 4 cd/m^2 . Der Testreiz wurde 5 msec exponiert. Die Expositionszeit des Maskierreizes konnte 5, 10 oder 15 msec betragen. Es gab die 8 SOAs 5, 15, 25, 35, 45, 65, 85 und 105 msec.

Die Maskierwirkung wurde mit Hilfe einer verbalen Beurteilungsmethode bestimmt. Wie schon beschrieben, ist es für die Maskierwirkung beim Metakontrast wesentlich, ob eine Sukzession von Test- und Maskierreiz wahrzunehmen ist. Dieser Dimension galt das eine Urteil des Beobachters: „1“, wenn nur ein zeitlich integrierter Reiz wahrzunehmen war, „2“, wenn Test- und Maskierreiz als aufeinanderfolgend wahrgenommen wurden. Der zweite wesentliche Cue für das Vorhandensein des Testreizes ist die Zahl der wahrgenommenen Konturen: Im Bereich stärkster Maskierung bei mittleren SOAs ist nur die äußere Kontur des Maskierreizes zu sehen; bei geringerer Maskierung sieht man in seinem Inneren eine mehr oder weniger deutliche zweite Kontur, die des Testreizes; so daß das Ganze wie eine Art Spiegelei aussieht. In einem früheren, noch unveröffentlichten Experiment haben wir festgestellt, daß diese beiden Cues ‚Sukzession‘ und ‚Kontur‘ die Detektionsleistung bei dieser Art von Maskierung gut vorhersagen. Wenigstens einer von Ihnen muß erkennbar sein, damit der Beobachter den Testreiz entdecken kann. Neben dem Urteil „1“ oder „2“ gab der Beobachter nach jeder Exposition ein auf diese Dimension bezogenes binäres Urteil ab („ja“ Vorhandensein, „nein“ bei Fehlen der inneren Kontur). Jede der 24 Kombinationen der 8 SOAs und 3 Expositionszeiten wurde von jedem der beiden Beobachter 12 mal beurteilt.

[Abb. 6 hier einfügen](#)

Die Daten der beiden Beobachter waren sehr ähnlich; sie wurden deshalb in Abb. 7 zusammengefaßt. In Übereinstimmung mit früheren Befunden (Neumann,

1978) hat die Expositionszeit des Maskierreizes nur geringen Einfluß auf die zeitliche Auflösung, beeinflusst aber massiv den Grad der Maskierung bei zeitlicher Integration von Test- und Maskierreiz. Bei 5 msec konnten die Beobachter in diesem Bereich bei allen SOAs noch Anzeichen einer Kontur des Testreizes erkennen. Bei 10 msec ist der Anteil der ‚ja‘-Urteile etwas reduziert; bei 15 msec liegt er nur noch zwischen knapp 50% (SOA 5 msec) und 25% (SOA 45 msec).

Methode

Anhand dieser Daten ließen sich die Bedingungen für den Hauptversuch wählen. Dabei haben wir die folgenden Gesichtspunkte berücksichtigt: Erstens sollte – dies war vor allem im Hinblick auf den Zeitverschiebungsversuch (Experiment 3) wichtig – die Vp stets nur einen einzigen, zeitlich integrierten Reiz wahrnehmen. Dies ist nach den Befunden des Vorversuchs (und in Übereinstimmung mit früheren Daten, vgl. Neumann, 1978) bis zum SOA von 45 msec zuverlässig der Fall. Für den Hauptversuch wurden die drei SOAs 5, 25 und 45 msec gewählt. Die Expositionszeit des Testreizes betrug, wie im Vorversuch, stets 5 msec; die ISIs waren somit 0, 20 und 40 msec. Zweitens sollten gemäß dem oben (S. 17) beschriebenen Rationale des Experiments zwei Expositionszeiten des Maskierreizes verglichen werden, von denen die längere (a) gemäß dem Bloch'schen Gesetz eine schnellere a-Reaktion auslöst und (b) eine stärkere Maskierwirkung hat als die kürzere. Die Daten des Vorversuchs zeigen im Bereich zeitlicher Integration einen ausgeprägten Unterschied in der Maskierwirkung zwischen den Maskierreiz-Expositionszeiten 5 und 15 msec. Diese Expositionszeiten erfüllen nach den Daten von Heldreth (1973) ebenfalls Bedingung (a). Sie wurden im Hauptversuch verwendet.

[Abb. 7 hier einfügen](#)

Der Versuchsplan umfaßte also 3 (SOAs) x 2 (Expositionszeiten) Maskierbedingungen. Hinzu kamen drei Kontrollbedingungen: Darbietung des Testreizes allein und des Maskierreizes allein mit den beiden Expositionszeiten. Es gab somit insgesamt 9 experimentelle Bedingungen.

Der Versuchsablauf war der folgende: Ein Durchgang begann mit einem akustischen Warnsignal. Nach 700 oder 850 msec erfolgte die Darbietung entweder der Testreiz-Maskierreiz-Abfolge oder eines dieser beiden Reize allein gemäß der

jeweiligen Versuchsbedingung. (Die beiden Vorperioden hatten eine zufällige Abfolge; jede der experimentellen Bedingungen war je zur Hälfte mit der kürzeren und mit der längeren Vorperiode kombiniert. Die Dauer der Vorperiode war stets das Intervall ‚Beginn Warnton – Beginn Testreiz‘. In den beiden Bedingungen, in denen der Maskierreiz allein erschien, wurde in der Versuchssteuerung das SOA 5 msec eingestellt, die Exposition des Testreizes aber durch Unterbrechung der Verbindung zum Tachistoskop verhindert. Hier war also die tatsächliche Vorperiode 5 msec länger als in den übrigen Bedingungen).

Versuchspersonen waren zwei geübte Beobachter (B.R., weibl.; H.C., männl.), die im Rahmen ihrer Diplomarbeiten die Experimente durchführten. Jede Vp absolvierte 15 Versuchssitzungen, in denen jede der Kombinationen von 9 experimentellen Bedingungen und 2 Vorperioden in zufälliger Abfolge jeweils 4 mal geboten wurde. Die Vp reagierte durch das Niederdrücken einer Morsetaste. Die Reaktionszeit wurde auf eine Millisekunde genau gemessen.

[Abb. 8 hier einfügen](#)

Befunde

Die Daten einer Sitzung wurden für jede der 9 experimentellen Bedingungen gemittelt. Die Mittelwerte über alle Sitzungen sind in Abb. 8 wiedergegeben. Die beiden wichtigsten Befunde lassen sich der Abbildung unmittelbar entnehmen: Erstens wurde der Fehrer-Raab-Effekt repliziert. Das Befundmuster entspricht für H.C. in allen Einzelheiten dem der in Abb. 1 analysierten früheren Experimente. Für B.R. gilt dies mit der Einschränkung, daß entgegen dem Regelbefund die Reaktionszeit für die Kombination von Test- und Maskierreiz bei den beiden längeren SOAs (25 und 45 msec) geringfügig (zwischen 1,2 und 3,9 msec) länger ist als auf den Testreiz allein. Der Fehrer-Raab-Effekt ist hier also nicht ganz perfekt eingetreten; aber er ist natürlich nicht ausgeblieben, denn die Zeiten liegen weit unter den Werten, die zu erwarten wären, wenn die Vp nur auf den Maskierreiz reagierte. Der zweite wesentliche Befund betrifft den Effekt der Maskierreiz-Expositionszeit: Die Reaktionszeit liegt, wie erwartet, gemäß dem Bloch'schen Gesetz bei der 15-msec-Exposition etwas niedriger als bei der 5-msec-Exposition. Das Bemerkenswerte ist,

daß dies nicht nur bei Darbietung des Maskierreizes allein gilt, sondern auch dann, wenn ihm ein Testreiz vorausgeht und der Fehrer-Raab-Effekt eintritt.

Zur statistischen Analyse wurden die Reaktionszeiten jeder Vp über jede Sitzung gemittelt, so daß in die Varianzanalysen jeweils 15 Werte pro Zelle von jeder Vp eingingen.

Die ersten Analysen sollten absichern, daß überhaupt der Fehrer-Raab-Effekt repliziert wurde; d.h. es war die Nullhypothese zu prüfen, daß die Reaktion in allen Bedingungen allein durch den Maskierreiz bestimmt wird. Hierzu wurden die Daten als ‚Reaktionszeit ab Maskierreiz‘ berechnet. Der Faktor ‚SOA‘ umfaßte die drei SOAs 5, 25 und 45 msec, sowie die Basisbedingung ‚Maskierreiz allein‘; der Faktor ‚Expositionszeit‘ und die beiden Werte 5 und 15 msec. Es ergab sich für beide Vpn ein sehr signifikanter Effekt des SOAs (H.C.: $F(3,42) = 744.23$, $p < .001$; B.R.: $F(3,42) = 429.23$, $p < .001$). Die Expositionszeit des Maskierreizes war bei H.C. ein signifikanter Faktor ($F(1,14) = 5.76$, $p < .05$), während bei B.R. ein Trend in dieselbe Richtung nicht Signifikanz erreichte ($F(1,14) = 2.11$, $.10 < p < .20$).

Bei beiden Einzelanalysen gab es keinerlei Andeutung einer Interaktion zwischen dem SOA und der Maskierreiz-Expositionszeit ($F < 1.0$), was den Eindruck eines annähernd parallelen Verlaufs der RZ-Kurven für 5 und 15 msec bestätigt (Abb. 8). Obwohl durch den vorausgehenden Testreiz die Reaktionszeit ‚ab Maskierreiz‘ massiv verkürzt wird, bleibt der Einfluß der Maskierreiz-Expositionszeit also unverändert erhalten.

Den nächsten Analysen wurden die Reaktionszeiten, berechnet vom Beginn des Testreizes an, zugrundegelegt.

Würde die Reaktionszeit ausschließlich durch den Testreiz bestimmt, dann wäre zu erwarten gewesen, daß die Maskierreiz-Expositionszeit sich in den Bedingungen, in denen diesem ein Testreiz vorausgeht, nicht auf die Reaktionszeit auswirkt. Nach der vorausgehenden Analyse scheint dies aber der Fall zu sein. Ebenso wenig dürfte die Reaktionszeit dann, gemessen ab Testreiz, vom SOA abhängen. Dies haben wir in der nächsten Analyse geprüft. In sie gingen nur die Bedingungen ein, in denen sowohl der Test- als auch der Maskierreiz geboten wurden; der Faktor ‚SOA‘ hatte hier also nur die drei Stufen 5 msec, 25 msec und 45 msec. Ansonsten entsprach das Verfahren dem oben beschriebenen. Die getrennten ANOVAs für die beiden Vpn erbrachten übereinstimmende Ergebnisse:

Das SOA hat einen sehr signifikanten Einfluß auf die RZ (H.C.: $F(2,28) = 12.95$, $p < .001$; B.R.: $F(2,28) = 6.28$, $p < .01$); die Expositionszeit des Maskierreizes erreicht nicht mehr Signifikanz (H.C.: $F(1,14) = 1.88$, $.10 < p < .20$; B.R.: $F(1,14) = 1.62$, $.20 < p < .25$).

Da es für die Existenz oder Nichtexistenz eines Effekts der Expositionszeit des Maskierreizes natürlich gleichgültig ist, ob man die Reaktionszeit ab Test- oder ab Maskierreiz mißt, und da die vorausgehenden Analysen unter Einbeziehung der Bedingung ‚Maskierreiz allein‘ ja einen signifikanten Effekt der Expositionszeit und keine Interaktion mit dem SOA ergeben hatten, wird man wohl dem knappen Verfehlen der Signifikanz in der jetzigen Analyse keine andere Deutung zu geben haben als die, daß die Zahl der Messungen hier zur eindeutigen Absicherung nicht ausreichte.

Der wichtigere Aspekt des Befundmusters ist der eindeutige Einfluß des SOAs auf die Reaktionszeit. Es ist offenkundig, daß die Reaktion ebensowenig nur vom Testreiz ausgelöst wird wie (gemäß der vorausgehenden Analyse) ausschließlich vom Maskierreiz. Die Reaktionszeit liegt beim SOA 5 msec am niedrigsten und steigt zu den beiden längeren SOAs hin an. Das beweist einen Einfluß des Maskierreizes. Einen Hinweis auf die Art dieses Einflusses geben die nächsten Analysen, in denen für jede der beiden Maskierreiz-Expositionszeiten und getrennt für die beiden Vpn eine einfaktorielle ANOVA gerechnet wurde, die die Bedingung ‚Testreiz allein‘ als vierte Stufe des Faktors ‚SOA‘ einbezog. Leider erreichte dieser Faktor hier nur noch für H.C. Signifikanz (Expositionszeit 5 msec: $F(3,42) = 3.66$, $p < .02$; Expositionszeit 15 msec: $F(3,42) = 4.92$, $p < .01$), während bei B.R., deren Daten insgesamt ‚verrauschter‘ sind, bei dieser Aufgliederung der Werte kein signifikanter Unterschied mehr erreicht wird. Für H.C. zeigt der anschließende Dunnett-Test mit der Bedingung ‚Testreiz allein‘ als der Kontrollbedingung als einzige signifikante Differenz eine erniedrigte Reaktionszeit beim SOA 5 msec (Expositionszeit 5 msec: $t(4,15) = 3.17$, $p < .02$; Expositionszeit 15 msec: $t(4,15) = 3.80$, $p < .01$, zweiseitig).

Diskussion

Das Experiment sollte erstens prüfen, ob sich unter unseren Bedingungen der Fehrer-Raab-Effekt replizieren läßt, und zweitens einen Hinweis auf den Effekt der Testreiz-Expositionszeit liefern. Die Replikation ist gelungen; bei beiden Vpn liegt die

Reaktionszeit auf einen Maskierreiz, dem ein Testreiz mit einem SOA von 25 oder 45 msec vorausgeht, weit unter der Latenz auf den Maskierreiz allein. Der Vergleich zwischen der Reaktionszeit auf den maskierten und auf den unmaskierten Testreiz zeigt für H.C. das charakteristische Befundmuster der früheren Untersuchungen: Bei kurzem SOA ist die Latenz auf den maskierten sogar noch niedriger als auf den nicht maskierten Testreiz, und mit zunehmendem SOA nähert sie sich dieser an. Bei B.R. sieht es so aus, als sei bei den beiden SOAs 25 msec und 45 msec die Reaktionszeit auf die Sukzession Test-Maskierreiz etwas länger als auf den Testreiz allein; eine Tendenz, die aber nicht Signifikanz erreicht. Was diesen Effekt, wenn er real sein sollte, bewirkt hat, ist unklar.

Daß die Latenz bei der Maskierreiz-Expositionszeit 15 msec durchweg etwas kürzer ist als bei 5 msec, beweist eindeutig, daß die Reaktion nicht durch eine bewußte Repräsentanz des Testreizes ausgelöst worden sein kann. Wie der Vorversuch gezeigt hat, ist bei 5 msec Expositionszeit und den hier benutzten SOAs ja fast stets noch eine Spur des Testreizes zu entdecken, während bei 15 msec in der Regel nichts mehr von ihm wahrzunehmen ist. Wenn dennoch im letzteren Fall die Reaktionszeit kürzer ist, kann das nur bedeuten, daß die motorische Reaktion nicht auf derjenigen Repräsentanz des Testreizes beruht, die dem Urteil des Beobachters über das wahrgenommene Aussehen des Reizes zugrundeliegt. Hätte die Maskierreiz-Expositionszeit bei vorausgehendem Testreiz überhaupt keinen Einfluß auf die Reaktionszeit, dann würde das für die Hypothese sprechen, als deren frühen Vertreter wir Münsterberg kennengelernt haben: Der Testreiz löst die Reaktion aus, bevor er noch bewußt werden konnte, und das Bewußtsein ist dabei nur ein interessanter Beobachter – aufgrund der Maskierung hier sozusagen ein Beobachter, dem die Sicht verdeckt ist. Aber ohne ihn geht es eben genauso gut, und mit ihm geht es nicht besser.

Nun finden wir aber, daß über alle SOAs hinweg der wirksamere Maskierreiz die Reaktionszeit nicht nur nicht verlängert, sondern sie sogar verkürzt. Bei Darbietung des Maskierreizes für sich allein war das aufgrund des Bloch'schen Gesetzes zu erwarten. Aber wie kann dieser Effekt erhalten bleiben, wenn ein Testreiz vorausgeht und dann, wie die Münsterberg-Hypothese annimmt, die Reaktion bereits längst durch ihn ausgelöst ist, wenn der Maskierreiz die Stufe bewußter Repräsentation erreicht? Es sieht auf den ersten Blick so aus, als hätten wir hier eine recht eindeutige Bestätigung der Hypothese, die ich als unsere

Ausgangsannahme skizziert habe. Wenn die Reaktion in Wahrheit auch unter Maskierbedingungen auf den bewußt repräsentierten Maskierreiz erfolgt, und die Wirkung des Testreizes lediglich darin besteht, den Zeitpunkt dieser bewußten Repräsentation vorzuverlegen, dann wäre es natürlich nicht verwunderlich, daß auch hier noch der längere und daher heller erscheinende Maskierreiz die kürzere Reaktionszeit hat.

Bei etwas genauerer Überlegung wird aber klar, daß der Befund zwar mit unseren Überlegungen recht schön übereinstimmt, aber doch keinen besonders eindrucksvollen Beleg für ihre Richtigkeit abgibt. Er zeigt, daß irgendeine Repräsentanz des Maskierreizes, die in dem hier variierten Bereich der Helligkeitssummation unterliegt, auf die Reaktionszeit fördernd Einfluß nimmt. Aber er beweist nicht, daß dies seine bewußte Repräsentation ist. Wenn der Testreiz eine Reaktion auslösen kann, ohne überhaupt bewußt zu werden, dann könnte der Maskierreiz diesen Vorgang ja auch unterstützen, noch bevor er bewußt geworden ist. Den eigentlichen Test für unsere Hypothese kann also dieser Befund noch nicht liefern; dies war auch nicht die Absicht von Experiment 2. Es sollte in Experiment 3 versucht werden. Es ist vom Versuchsaufbau her eine Wiederholung von Experiment 1, also eine psychophysische Bestimmung der wahrgenommenen zeitlichen Position des Maskierreizes; aber unter Bedingungen, die genau mit Experiment 2 übereinstimmen, so daß der direkte Vergleich mit den Reaktionszeitdaten möglich ist.

Experiment 3

Dieses Experiment wurde von Hans Cazin im Rahmen seiner Diplomarbeit durchgeführt (Cazin, 1981). Es war geplant gewesen, alle Bedingungen von Experiment 2 in Experiment 3 zu übernehmen. Die Vorversuche ließen aber ein weniger eindeutiges Befundmuster erwarten, als wir uns das gedacht hatten. Wir entschlossen uns deshalb, die Zahl der Bedingungskombinationen in jeder Bedingungskombination zu erhöhen, sowie das Experiment zusätzlich mit einer dritten, unwissentlichen Vp (M.M., männl.) durchzuführen.

Methode

Die Reduktion der Bedingungskombinationen wurde dadurch erreicht, daß nur eine Maskierreiz-Expositionszeit verwendet wurde, nämlich 5 msec. Die Versuchsfrage, ob die wahrgenommene zeitliche Position des Maskierreizes durch den vorausgehenden Testreiz um den gleichen Betrag verschoben wird, um den sich die Reaktionszeit verkürzt, kann beantwortet werden, ohne daß die Expositionszeit des Maskierreizes variiert wird. Weiterhin konnte auf die Bedingung ‚Testreiz allein‘ verzichtet werden, da der benötigte Kontrollwert durch die Bedingung ‚Maskierreiz allein‘ geliefert wurde. Es gab demnach die folgenden Maskierbedingungen: Maskierreiz allein, SOA 5 msec, 25 msec und 45 msec. Dabei wurden Test- und Maskierreiz jeweils für 5 msec exponiert. Figurale Beschaffenheit, Position und Leuchtdichte der Reize stimmten mit Experiment 2 überein. Zusätzlich erschien der Vergleichsreiz, der mit dem Maskierreiz identisch war, außer daß er – im gleichen Abstand – links statt rechts vom Fixationspunkt lokalisiert war. Als weitere experimentelle Variable wurde das SOA zwischen dem Maskier- und diesem Vergleichsreiz eingeführt. Es wurde in 20-msec-Schritten zwischen –80 msec (Vergleichsreiz geht voraus) und +80 msec (Maskierreiz geht voraus) variiert, also in 9 Stufen. (Im folgenden wird zur Vermeidung von Mißverständnissen das SOA zwischen Test- und Maskierreiz als SOA(M) (Maskier-SOA) bezeichnet, das SOA zwischen Maskier- und Vergleichsreiz als SOA(V) (Vergleichsreiz-SOA).

Alle 36 Kombinationen der 4 SOAs (M) und 9 SOAs (V) wurden in zufälliger Reihenfolge in jedem Versuchsblock von 288 Darbietungen 8 mal geboten. Es gab für jede der 3 Vpn 10 Versuchsblöcke, so daß die Auswertung sich auf insgesamt 8640 Einzelurteile stützt. Die Vp gab durch das Urteil ‚links‘ oder ‚rechts‘ an, welcher der beiden Reize – der Maskierreiz oder der Vergleichsreiz – als erster gesehen wurde. Da der Bereich der SOAs (M) unterhalb der Schwelle für zeitliche Auflösung blieb (siehe Vorversuch zu Experiment 2, S. 20), war diese Instruktion eindeutig. Auch wenn noch eine Spur des Testreizes zu sehen war, erschien diese simultan mit dem Maskierreiz. Das Urteil ‚gleichzeitig‘ war nicht zugelassen; im Zweifelsfall sollte die Vp raten. Wie in Experiment 2 ging jeder Darbietung ein akustisches Warnsignal voraus, mit einem Abstand von 700 msec, gerechnet vom Erscheinen des Testreizes. (Für die Bedingung ‚Maskierreiz allein‘ war die Schaltung wie oben (S. 22) für Experiment 2 beschrieben).

Befunde

Die Ergebnisse sind in Abb. 9 wiedergegeben. Sie zeigt die relative Häufigkeit des Urteils ‚rechts‘ (d.h.: Maskierreiz wird als erster gesehen) in Abhängigkeit vom SOA (V) – Abszisse – und vom SOA(M) – Kurvenparameter – für die drei Vpn und über sie gemittelt.

Eine statistische Analyse ist bei einem messenden psychophysischen Experiment dieser Art nicht sehr ergiebig. Der Vollständigkeit halber wurde für jede Vp eine Varianzanalyse gerechnet. Für jede der 36 Zellen des Versuchsplans (4 SOA(M) – Bedingungen einschließlich ‚Maskierreiz allein‘; 9 SOA(V) – Bedingungen) wurde die relative Häufigkeit des Urteils ‚rechts‘ aus jeder der 10 Versuchssitzungen bestimmt.

[Abb. 9 hier einfügen](#)

Diese Werte gingen nach arc-sin-Transformationen in die ANOVAs ein. Beide Faktoren hatten bei allen 3 Vpn einen hochsignifikanten Effekt (überall $p < .001$). Die Interaktion war bei H.C. und M.M. ebenfalls sehr signifikant ($p < .001$), während sie bei B.R. knapp Signifikanz auf dem 5%-Niveau verfehlte. Wie ein Blick auf Abb. 9 zeigt, ist diese Interaktion leicht zu erklären; sie drückt aus, daß der Bereich der SOAs(V) von -80 msec bis $+80$ msec etwas zu breit gewählt war, so daß die extremen SOAs außerhalb der Schwellenfunktionen lagen, d.h. unter allen Bedingungen 100% bzw. 0% ‚rechts‘-Urteile erbrachten. Daß sich das Urteil in Abhängigkeit vom SOA(V) änderte, ist natürlich ebenfalls trivial. Für die Versuchsfrage wesentlich ist allein der signifikante Effekt des Faktors SOA(M) (H.C.: $F(3,27) = 30.70$, $p < .001$; B.R.: $F(3,27) = 7.70$, $p < .001$; M.M.: $F(3,27) = 34.38$, $p < .001$).

Zweifellos hat also der dem Maskierreiz vorausgehende Testreiz dessen wahrgenommene zeitliche Position verschoben. Insofern wurde der Befund aus Experiment 1 repliziert. Die hauptsächliche Frage im jetzigen Experiment galt aber dem Betrag der Verschiebung: Liegt er in der Größenordnung, die nötig wäre, um den in Experiment 2 gemessenen Fehrer-Raab-Effekt auf diesen Zeitverschiebungseffekt zurückführen zu können?

Es war ursprünglich geplant gewesen, den Betrag der Zeitverschiebung durch eine exakte Schwellenberechnung zu bestimmen, d.h. den Punkt subjektiver Gleichzeitigkeit rechnerisch zu ermitteln. Voraussetzung hierfür wäre natürlich gewesen, daß wir uns auf eine normale psychometrische Funktion stützen können, daß die Daten also einer Normalogive folgen oder durch Transformation in eine solche überführbar sind. Wie Abb. 9 zeigt, ist das überraschenderweise nicht der Fall. Unterschiedlich deutlich bei den drei Vpn zeigt sich eine Abflachung im mittleren Abschnitt der Schwellenfunktionen, die eine exakte Bestimmung des Punktes subjektiver Gleichheit unmöglich macht. Wir haben uns deshalb auf die graphische Ermittlung eines Näherungswertes für den Betrag der Zeitverschiebung beschränkt. Die Kurven aus den drei experimentellen Bedingungen (Testreiz → Maskierreiz) wurden gegen die Kurve in der Vergleichsbedingung (Maskierreiz allein) horizontal verschoben, bis die beste Deckung erreicht und der Betrag der Verschiebung auf eine Millisekunde genau abgelesen war. Dies wurde für jede der drei Kurven jeder Vp 10 mal durchgeführt. Die Standardabweichung aus den 10 Bestimmungen lag zwischen 0.82 und 1.29 msec. Eine spätere Überprüfung durch einen zweiten Auswerter ergab ähnliche Werte (durchschnittliche Differenz zwischen den beiden Auswertern: 1.9 msec). Die so erhaltenen Schätzwerte für die Zeitverschiebung sind in Abb. 10 zusammen mit den Werten für den Fehrer-Raab-Effekt aufgetragen.

[Abb. 10 hier einfügen](#)

Diskussion

Die Daten sind, obwohl der erwartete Effekt sich im Prinzip eingestellt hat, in dreifacher Hinsicht auf den ersten Blick nicht sehr befriedigend: Erstens erreicht die Zeitverschiebung, wie Abb. 10 zeigt, mit Ausnahme des SOA (M) 5 msec nirgendwo den Betrag, den man aufgrund der Reaktionszeitdaten erwarten müßte, wenn unsere Hypothese richtig wäre. Zweitens zeigt die psychometrische Funktion einen atypischen Verlauf, und zwar mehr oder weniger ausgeprägt bei allen Vpn und unter allen Bedingungen. Und drittens gibt es deutliche Unterschiede zwischen den drei Versuchspersonen, sowohl was den Betrag der Zeitverschiebung als auch was die Abweichung der Kurven von der Form der Normalogive angeht.

Die folgenden Überlegungen bieten vielleicht eine Möglichkeit, dieses Befundmuster zu verstehen. Sie sind vorerst spekulativ und bedürfen der Überprüfung durch weitere Experimente. Wir fragen zuerst, wie es zu der Abweichung der psychometrischen Funktion von der Normallogive und zu den Unterschieden zwischen den Beobachtern gekommen sein könnte, und kehren dann zum Fehrer-Raab-Effekt zurück.

Die Aufgabe eines Beobachters, zu entscheiden, welcher von zwei aufeinanderfolgenden Reizen der erste war, ist der Aufgabe formal vergleichbar, zu beurteilen, welcher von zwei in einem dreidimensionalen Darbietungsfeld gebotenen Reizobjekten das räumlich nähere ist. In dieser letzteren Situation wird die Vp von Cues Gebrauch machen, wobei es von den jeweiligen Umständen abhängt, welche davon (z.B. die binokularen wie Querdissparation, Konvergenz und Akkommodation, oder die monokularen wie Überlappung und Linearperspektive) mit welchem Gewicht das schließende Urteil bestimmen. Nichts anderes haben wir zu erwarten, wenn wir einem Beobachter die Aufgabe stellen, die zeitliche Reihenfolge zweier Reize zu beurteilen.

Die zeitliche Abfolge ist so viel und so wenig ‚unmittelbar gegeben‘ wie die räumliche Anordnung: Sie ist es unter normalen Bedingungen in dem Sinn daß sie nicht das Ergebnis einer bewußten Konstruktion, sondern phänomenal einfach ‚da‘ ist; aber sie ist es keineswegs in dem Sinn, daß der Wahrnehmende sozusagen unmittelbar über sie Bescheid wüßte, ohne daß es einer diese Kenntnis vermittelnden kognitiven Verarbeitungsleistung bedürfte. Daß diese vielleicht bei der zeitlichen Anordnung nicht ganz so offensichtlich ist wie bei der räumlichen, hat wohl seine Ursache im vertrackten Doppelcharakter der Dimension ‚Zeit‘: Sie ist, wie u.a. der umgebende Raum, eine der kognitiven Ordnungsdimensionen; sie ist aber zugleich auch die Dimension, in der sich, für den äußeren Beobachter meßbar, die kognitiven Vorgänge abspielen. Daher kommt es leicht zur Verwechslung zwischen der Zeit der Wahrnehmung und der Wahrnehmung der Zeit (oder z.B. auch, in der Variante Efrons (1970), zwischen der Wahrnehmung der Dauer und der Dauer der Wahrnehmung: Die wahrgenommene Dauer, sagen wir, eines Lichtblitzes, ist etwas anderes als die Dauer der Wahrnehmung, deren Inhalt diese wahrgenommene Dauer ist. So wie – trotz Chomsky – die Idee des Grünen keine grüne Idee ist.)

Welches sind die Cues für die zeitliche Abfolge zweier Reize? Die Durchsicht der experimentellen Literatur zeigt zunächst einmal, daß sie auf vielfältige Weise selbst nichtzeitlicher Art sein können. Das offenkundigste – und in der Literatur zur Zeitdiskrimination häufig übersehene (siehe aber Sternberg & Knoll 1973) – Beispiel ist die phänomenale Lokalisation im Hörraum, die noch die Diskrimination kleinster zeitlicher Abfolgen von Tönen erlaubt. Bei visuellen und auditiven Reizen ist ein weiterer nichtzeitlicher Cue die wahrgenommene Deutlichkeit oder Intensität, vor allem bei enger räumlicher Nähe zwischen den beiden Reizen. Sie macht die Diskrimination der Abfolge noch bei SOAs von wenigen Millisekunden möglich (Efron, 1973; Yund & Efron, 1974).

In diesen Fällen ist ein zeitliches Merkmal der Stimulation repräsentiert, aber nicht als zeitlicher Aspekt der phänomenalen Repräsentation, sondern in Gestalt ihres räumlichen oder qualitativen Aspekts.

Aber auch dann, wenn die Diskrimination der Merkmalsdimension ‚Zeit‘ auch durch den zeitlichen Aspekt der phänomenalen Repräsentation vermittelt ist, stellt sich die Frage, welche Cues es der Vp ermöglichen, zwischen Simultaneität und Sukzession zu diskriminieren. Zeit wird ja nicht als solche wahrgenommen, sondern sie ist die Dimension, in der sich wahrgenommene Vorgänge abspielen. Zu klären ist also, welche Arten von Vorgängen an der wahrgenommenen Repräsentation der Reizfolge es der Versuchsperson ermöglichen, richtig zu beurteilen, welcher der beiden Reize der erste und welches der zweite war.

Ein Vorgang, der vor allem bei visuellen, an benachbarten Orten erscheinenden Reizen in Frage kommt, ist die Scheinbewegung (Thor, 1968, Robinson, 1968). Hier ist die zeitliche Sukzession räumlich als Richtung der Bewegung repräsentiert; es ist also offensichtlich, daß der Diskrimination nicht einfach die Wahrnehmung von ‚Zeit‘, sondern die eines (hier räumlich gerichteten) Vorgangs ‚in der Zeit‘ zugrundeliegt. In den nun zu besprechenden Fällen, in denen keine Scheinbewegung wahrgenommen werden kann, ist es nach meiner Auffassung im Prinzip nicht anders.

Welche Vorgänge wahrgenommen werden können, hängt natürlich von der raum-zeitlichen Struktur der Reizabfolge ab. Der vielleicht einfachste Fall ist der, daß die beiden zu diskriminierenden Ereignisse das Erscheinen und Verschwinden ein und desselben Wahrnehmungsobjektes sind. Werden sie als aufeinanderfolgend wahrgenommen, dann entsteht der Eindruck von ‚Dauer‘; fallen sie in der

phänomenalen Repräsentation des Reizes zeitlichen zusammen, dann sieht man ein ‚Aufblitzen‘ – das Reizobjekt verschwindet sozusagen im selben Augenblick wieder, in dem es erscheint.

Auf diesen qualitativen Unterschied in der Repräsentation eines kurzzeitigen visuellen Reizes hat schon vor mehr als 50 Jahren Piéron (1923) in seinem glänzenden Aufsatz über die Probleme der Zeitwahrnehmung hingewiesen. Wir haben in einem Praktikumsexperiment (Braukmann, Heinze & Richter, 1975) gefunden, daß sich die Schwelle für diesen Übergang recht zuverlässig bestimmen läßt; sie liegt bei etwa 60 msec. Inzwischen ist die Untersuchung von Servièrè, Miceli & Galifret (1977) erschienen, die diesen Wert bestätigt.

Liegen die beiden den zeitlichen Anfang und das Ende des Erscheinens eines Wahrnehmungsgegenstandes markierenden Transienten näher als etwa 60 msec zusammen, dann werden sie also nicht als getrennte Ereignisse wahrgenommen. Wie steht es nun bei zwei Transienten, die beide den Beginn je eines Wahrnehmungsgegenstandes am selben Ort markieren? Wir kennen bereits das Resultat: Dies ist ja die Situation, in welcher der zweite Reiz den ersten maskiert; und wie wir gesehen haben (Abb. 7), liegt hier die Schwelle für zeitliche Auflösung an derselben Stelle, also bei etwa 60 msec. Unterhalb dieser Schwelle wird wiederum ‚Aufblitzen‘ wahrgenommen, wobei die figuralen sowie die Helligkeits- und Farbmerkmale des wahrgenommenen Reizgegenstands das Ergebnis einer Integration von Test- und Maskierreiz sind (s.o. S. 8). Bei Überschreiten der Schwelle ist der die zeitliche Abfolge signalisierende wahrgenommene Vorgang jetzt aber nicht mehr Dauer, sondern Veränderung – z.B. bei der Metakontrast-Scheibe-Ring-Anordnung der Umschlag des Ringinneren von hell nach dunkel).

An diesem Punkt können wir zu unserem Problem zurückkehren, der eigenartigen Form der psychometrischen Funktion in unserem Experiment und den Unterschieden zwischen den Versuchspersonen. Welcher Verlauf der psychometrischen Funktion wäre zu erwarten, wenn sich die Versuchsperson ausschließlich des Cues ‚Veränderung‘ bedienen würde, um die Frage zu beantworten, welcher von zwei Reizen am selben Ort der erste war? Das Urteil müßte sich offenbar auf die Richtung der Veränderung stützen, also z.B. von hell nach dunkel oder von dunkel nach hell. Das setzt aber natürlich voraus, daß die Veränderung überhaupt wahrgenommen werden kann; und wie wir gesehen haben,

liegt die Schwelle für die Wahrnehmung dieses Vorgangs bei etwa 60 msec. Die Schwellenfunktion beginnt natürlich bereits vorher anzusteigen, aber wie sowohl unsere Daten als auch die von Servière et al. (1977) zeigen, ist die Wahrscheinlichkeit der Wahrnehmung bzw. Dauer unterhalb eines SOAs von 20-30 msec praktisch Null. Könnte sich die Vp ausschließlich dieses Cues bedienen, dann müßte sich bei einem kürzeren SOA also raten, welcher der beiden Reize der erste war. Dies gilt natürlich unabhängig davon, ob Reiz x oder y der erste ist. Die psychometrische Funktion müßte also im Bereich von minus 20 – 30 msec bis plus 20 – 30 msec flach verlaufen, wie in Abb. 11 a dargestellt. Das ist, nur viel stärker ausgeprägt – aber genau die Kurvenform, die wir in unserem Experiment gefunden haben!

[Abb. 11 hier einfügen](#)

Das Problem kehrt sich damit um: Erklärungsbedürftig ist eigentlich nicht mehr die Abweichung unserer psychometrischen Funktionen von der Normallogive, sondern das geringe Ausmaß dieser Abweichung. Offenbar muß in unserer Versuchsanordnung noch ein anderer Cue verfügbar sein als die bisher diskutierten.

Nun unterscheidet sich unsere Anordnung ja – wie die meisten Experimente zur Zeitdiskrimination – von den bisher besprochenen Fällen dadurch, daß die beiden Reize, deren Abfolge beurteilt werden soll, sich an unterschiedlichen Stellen im Gesichtsfeld befinden. Es liegt nahe, hier die Ursache für den Unterschied zu suchen. Aber worin besteht der zusätzliche Cue? Scheinbewegung scheidet aus, da sie ja sicher nicht für die Diskriminationsleistung unterhalb von 20 – 30 msec verantwortlich gemacht werden kann. Gibt es eine andere Form der Repräsentation von ‚Veränderung‘, die bei einem so niedrigen SOA genutzt werden kann, und zwar nur im Fall räumlicher Trennung der beiden Reize? Ich kann diese Möglichkeit nicht völlig ausschließen, aber sie ist unplausibel. Wenn das SOA so kurz ist, daß zwei Reize am selben Ort als ein einziger Vorgang des Aufblitzens repräsentiert sind, ist nicht zu sehen, wie bei getrennter Lokalisation ein Vorgang wahrgenommen werden soll, dessen Bestandteile sie sind. Hier kommt ja noch zusätzlich die Notwendigkeit einer räumlichen Verlagerung der Aufmerksamkeit hinzu.

Diese Folgerung scheint unsere Ausgangsannahme zu widerlegen, daß die Versuchsperson nur in dem Maß über Zeitinformation verfügt, in dem diese in einem

wahrgenommenen Vorgang kognitiv repräsentiert ist. Der Widerspruch verschwindet, wenn wir die bisher stillschweigend gemachte Annahme fallenlassen, daß in den die Reihenfolgen-Information enthaltenden Vorgang notwendig beide aufeinanderfolgenden Reize kognitiv integriert sein müssen, wie bei ‚Dauer‘, ‚Veränderung‘ und ‚Bewegung‘. Das ist aber gar nicht nötig, damit die Versuchsperson die Aufgabe lösen kann. Daß einer der beiden Reize der erste ist, kann ja auch als Merkmal seines Erscheinens selbst repräsentiert sein. Mit anderen Worten: Um ein richtiges Urteil abzugeben, genügt der Vp die Information, daß einer der beiden Reize – sagen wir, der rechte – der erste ist. Der kognitiv repräsentierte Vorgang kann dieses ‚Rechts – zuerst – Erscheinen‘ sein; er muß den zweiten Reiz überhaupt nicht mit einbeziehen.

Die Funktionsgrundlage für diesen Vorgang des ‚Zuerst-Erscheinens‘ könnte nun in einem Prozeß liegen, den ich eingangs mit dem Beispiel des Wetterwirts zu illustrieren versucht habe: der Zuwendung der Aufmerksamkeit zu dem Ort, an dem sich - signalisiert durch die Aktivität ‚transienter‘ neuronaler Kanäle – eine Veränderung abgespielt hat. Wir hatten uns dies so vorgestellt, daß der Wetterwart durch ein akustisches Signal über diese Veränderung informiert wird, und dann noch eine gewisse Zeit braucht, bis er das fragliche Meßinstrument ins Auge gefaßt hat. Ändert sich diese Anzeige erneut, während er sich dem Instrument zuwendet, dann bleibt ihm dies verborgen, und das Resultat der ersten Änderung wird ‚maskiert‘. Ebenso wollen wir annehmen, daß ein akustisches Signal von einem anderen Meßinstrument in diesem Zeitraum unentdeckt bleibt. (Obwohl es vielleicht später registriert werden kann, weil der Warnton noch andauert – dies wäre eine Versinnbildlichung eines Aspekts der ‚visuellen Persistenz‘). Wenn wir den Wetterwart nun fragen, welches der beiden Instrumente – das, dem er sich zugewandt hat, oder das andere – seine Anzeige als erstes geändert hat, dann wird er diese Frage gleichwohl richtig beantworten. Er wird sagen: Es muß wohl das gewesen sein, dem ich mich zugewandt habe; denn wäre es das andere gewesen, dann hätte ich mich ja zu diesem hingewandt.

Die Diskrimination der zeitlichen Abfolge nach diesem Modell müßte in einer psychometrischen Funktion von der Form einer Normalogive resultieren (Abb. 11b). Gäbe es überhaupt kein Rauschen bei der Verarbeitung der beiden Reize, dann müßte sie eine Stufenfunktion beim SOA Null sein, d.h. die Vp müßte immer die richtige Antwort geben. Tatsächlich werden die Verarbeitungszeiten für die beiden

Reize natürlich zwei Verteilungen bilden, die sich je nach ihrem zeitlichen Abstand mehr oder weniger stark überlappen, so daß die gleichen Bedingungen gegeben sind wie auch sonst, wenn die Schwellenfunktion die Normalform der Ogive aufweist.

Wir können mit Hilfe dieser Überlegungen die Formen der psychometrischen Funktion in unserem Experiment als eine Überlagerung der beiden idealtypischen Kurvenformen in Abb. 11 auffassen. Würde dem Reihenfolge-Urteil ausschließlich ein kognitiv repräsentierter Vorgang von der Art der ‚Veränderung‘ zugrundeliegen, der die beiden Reize raum-zeitlich miteinander integriert, dann müßte sich der in Abb. 11a wiedergegebene Verlauf finden. Wenn der Beobachter andererseits in der Lage wäre, sein Urteil ausschließlich darauf zu stützen, welcher der beiden Reize als erster die Aufmerksamkeit auf sich zieht, dann müßte der Verlauf der in Abb. 11b sein. Offenbar spielen beide Arten von Cues eine Rolle, und zwar mit von V_p zu V_p wechselnder Gewichtung, wie die individuellen Unterschiede in der Form der psychometrischen Funktion zeigen (Abb. 9).

Allgemeine Diskussion

Das Urteil des Beobachters darüber, welcher der beiden visuellen Reize ‚der erste‘ gewesen ist, spiegelt also nicht, wie wir vielleicht etwas naiv vorausgesetzt hatten, unmittelbar den zeitlichen Abstand zwischen den bewußten Repräsentationen der beiden Reize wider.

Dieser Zeitabstand ist – jedenfalls im Zusammenhang unserer Fragestellung, in der es um die Erklärung des Unterschieds zwischen Reaktionszeiten geht – im (physikalischen) Bezugssystem des äußeren Beobachters definiert. Die Zeitdifferenz, über die eine psychophysische Messung Auskunft geben kann, gehört aber zum Bezugssystem der psychologischen Zeit, in dem sich die für den Beobachter kognitiv repräsentierten Vorgänge abspielen.

Mehr noch: Der Beobachter gibt im psychophysischen Experiment ja prinzipiell gar nicht Auskunft über die zeitlichen oder sonstigen Merkmale seiner kognitiven Repräsentationen, sondern über Merkmale des von ihnen Repräsentierten. Der Zeitabstand zwischen zwei Repräsentationen, der uns im Kontext unserer Fragestellung interessiert hat, kann also überhaupt nicht Gegenstand seines Urteils sein. Vielmehr stützt sich sein Urteil selbst auf eine kognitive Repräsentation,

nämlich die eines Vorgangs, der unterschiedlich beschaffen sein und zu unterschiedlichen psychometrischen Funktionen führen kann.

Aus diesen Überlegungen folgt, daß eine psychophysische Messung, wie wir sie in Experiment 3 vorgenommen haben, keine so unmittelbare Überprüfung des Wetterwart-Modells als Erklärung des Fehrer-Raab-Effekts leisten kann, wie wir es erhofft hatten. Andererseits lassen sich aus den Befunden doch einige Vermutungen ableiten:

Nach dem Wetterwart-Modell reagiert die Vp in Experiment 2 auf den bewußt repräsentierten Maskierreiz, der aber durch den vorausgehenden Testreiz in der Zeit vorverlegt war, und zwar um den Betrag des SOA (M) (des SOA zwischen Test- und Maskierreiz). Ihr Urteil in Experiment 3 war nach unserer Vermutung von zwei Cues abhängig, nämlich der Wahrnehmung einer Sukzession zwischen Maskier- und Vergleichsreiz in der einen oder der anderen Richtung; und der bemerkten Richtung (zum Maskier- oder zum Vergleichsreiz), in die die Aufmerksamkeit durch den Beginn der Exposition als erstes gelenkt wurde.

Der zweite Cue wäre unter der Voraussetzung des Wetterwart-Modells allein durch das SOA zwischen dem Vergleichsreiz und dem Testreiz bestimmt, da der letztere der Annahme nach die Aufmerksamkeitszuwendung zu dem Ort auslöst, an dem anschließend der Maskierreiz fokussiert wird. Bei Verwendung dieses Cues müßte es also zu einer Verschiebung der psychometrischen Funktion um den vollen Betrag des SOA zwischen Test- und Maskierreiz kommen. Daß dies nicht der Fall war, könnte man damit erklären, daß dieser Cue nicht ausreichend benutzt wurde. Dafür könnte sprechen, daß Vp M.M., die (wie es bei Verwendung dieses Cues der Fall sein sollte) die geringste Abflachung in der Mitte der psychometrischen Funktion zeigte, auch eine deutlich stärkere Zeitverschiebung aufwies als die beiden anderen Beobachter.

Es müßte dann erklärt werden, warum die Verschiebung geringer ausfällt, wenn die Vp sich für ihr Urteil mehr des Cues „wahrgenommene Sukzession“ bedient. Grundsätzlich gilt hier, wie oben erörtert, daß eine Veränderung in der Zeit der Repräsentation (wie das Wetterwart-Modell sie annimmt) nicht zwingend zu einer genau entsprechenden Veränderung in der Repräsentation der Zeit (wie sie sich in der wahrgenommenen Sukzession äußert) führen muß. Dieser allgemeine

Sachverhalt könnte zur Erklärung unserer Daten in einer radikalen und einer weniger radikalen Variante ins Feld geführt werden.

Die weniger radikale nimmt an, daß die wahrgenommene Sukzession nicht allein vom Beginn, sondern auch vom Ende der Repräsentation des Maskierreizes in ihrer zeitlichen Relation zum Vergleichsreiz bestimmt wird. Nach dem Wetterwart-Modell wird der Beginn der bewußten Repräsentation des Maskierreizes durch den Testreiz in der Zeit vorverlegt, nicht hingegen ihr Ende. Der Maskierreiz müßte also in der Zeit verlängert erscheinen (was auch mit der Introspektion des Autors übereinstimmt). Würde der Beobachter beide Zeitpunkte für sein Urteil berücksichtigen, indem er die zeitliche Mitte zwischen Beginn und Ende der Repräsentation des Maskierreizes als Bezugswert benutzt, dann müßte sich der Zeitverschiebungseffekt gegenüber dem Fehrer-Raab-Effekt halbieren, was den Verhältnissen in Abb. 10 ungefähr entsprechen würde.

Die radikalere Annahme ist die, daß überhaupt die Wahrnehmung von Sukzession von den Aufmerksamkeitsverhältnissen unabhängig ist, wie sie das Wetterwart-Modell zum Gegenstand hat. Es liegt auf der Hand, daß nicht jede durch Aufmerksamkeitswechsel bedingte Änderung in der Zeit der Repräsentation sich auf die Repräsentation der Zeit auswirken kann; andernfalls müßte man ja z.B. beim Betrachten einer ruhenden Szene deren Elemente mit der Wanderung der Aufmerksamkeit sukzessiv erscheinen und verschwinden sehen.

Vielleicht wird also die Information, die als wahrgenommene Sukzession zeitlich repräsentiert wird, durch Übertragungskanäle vermittelt, die für Aufmerksamkeitseffekte ganz oder jedenfalls weitgehend unempfindlich sind. Daß sich der vorhergesagte Effekt in Experiment 3 überhaupt qualitativ eingestellt hat, würde dann daran liegen, daß alle Vpn auch den zweiten, von wahrgenommener Sukzession unabhängigen Cue mit benutzt haben. Ob eine dieser beiden Erklärungen zutreffend ist, müßte sich durch Experimente klären lassen, in denen diese vermuteten Cues als Beurteilungskriterien gezielt vorgegeben werden.

Unabhängig vom Ausgang solcher Experimente haben sich erhebliche logische Zweifel daran ergeben, daß sich unsere Ausgangsfrage durch einen Vergleich zwischen Reaktionszeit-Daten und Daten aus einem psychophysischen Schwellenversuch überhaupt beantworten läßt. Das Konstrukt ‚Zeit der Wahrnehmung‘ ist durch Verfahren, in denen die Wahrnehmung der Zeit untersucht

wird, nicht angemessen zu operationalisieren. Vielleicht ist es überhaupt mit psychologischen Methoden nicht operationalisierbar; vielleicht gibt es aber auch Möglichkeiten, die Schwierigkeiten zu umgehen, die unser Verfahren mit sich bringt. Hierzu wäre es erforderlich, Kriterien für den Zeitpunkt der bewußten Repräsentation zu finden, die nicht an ein Zeiturteil der Vp gebunden sind. Kann man z.B. unterstellen, daß eine Wahlreaktion erst ausgelöst werden kann, wenn der Reiz bewußt repräsentiert ist? Untersuchungen, die von Peter Wolff und Mitarbeitern gegenwärtig in Osnabrück durchgeführt werden (z.B. Brüggem, 1981), zeigen erfolgversprechende Ansatzpunkte für einen solchen methodischen Zugang.

Ein anderer Aspekt, der bei der Erörterung der eingangs gestellten Frage nicht vernachlässigt werden darf, ist der neuropsychologische. Hier gibt es sehr deutliche Hinweise darauf, daß visuelle Reize motorisch beantwortet werden können, auch wenn sie aufgrund neurologischer Ausfälle nicht mehr zur bewußten Repräsentation gelangen (Phänomen der ‚Blindsight‘; siehe z.B. Perenin & Jeannerod, 1978; Weiskrantz, Cowey & Passingham, 1977; Weiskrantz, Warrington, Sanders & Marshall, 1974).

In den letzten Jahren hat es in der Kognitionspsychologie ein Umdenken gegeben, was die Plausibilität von nicht bewußt repräsentierten kognitiven Prozessen angeht. Während die Forschung zur unterschweligen Wahrnehmung in den fünfziger und sechziger Jahren an der hartnäckigen Forderung scheiterte, die Existenz ihres Gegenstands überhaupt erst einmal zweifelsfrei nachzuweisen (siehe z.B. Eriksen, 1956 und die äußerst skeptische Beurteilung selbst bei Neisser, 1967), ist die Annahme bewußter kognitiver Prozesse inzwischen nachgerade selbstverständlich geworden. In vielen Informationsfluß-Modellen ist die bewußte Repräsentation in ein kleines Kästchen ganz rechts verbannt, das erst erreicht wird, wenn die Verarbeitung bereits an ihrem Ende angekommen ist.

Warum sollte nicht auch eine motorische Reaktion ohne Zurhilfenahme des Bewußtseins auslösbar sein? Diese Möglichkeit scheint noch auf ähnliche Vorbehalte zu stoßen, wie die, denen die Annahme unterschwelliger Wahrnehmung vor zwei Jahrzehnten ausgesetzt war. Der Grund dürfte, wie damals, ein phänomenologisch begründetes Vorurteil sein: Man erlebt sich als Herr seines willkürlichen Handelns und leitet daraus ab, dieses müsse auch durch einen bewußt repräsentierten ‚Fiat!‘ in Gang gesetzt werden. Ich habe diese Auffassung ebenfalls

vertreten (Neumann, 1980) und dabei übersehen, daß die Möglichkeit zur bewußten Unterbindung einer Reaktion nicht die Notwendigkeit ihrer bewußt vermittelten Auslösung impliziert. Eine a-Reaktion ist zweifellos nicht ‚automatisch‘ in dem Sinn, daß sie unabhängig von dem bewußt repräsentierten Handlungsplan der Person allein durch das Erscheinen des Reizes auslösbar wäre. Aber nicht alles, was zur Verwirklichung eines Handlungsplans geschieht, muß auch bewußt gesteuert werden.

Literatur

- Adler, A., Die Wirkung eines zusätzlichen Reizes im Gesichtsfeld auf den Verlauf der Metakontrast-Funktion: III. Ein Kontrollexperiment mit objektiven Leistungsmaßen. Unveröffentl. Diplomarbeit, Psychologisches Institut der Ruhr-Universität Bochum, 1979.
- Alpern, M., Metacontrast. *Journal of the Optical Society of America*, 1953, 43, 648 – 657.
- Bernstein, I.H., Amundson, V.E. & Schurman, D.L., Metacontrast inferred from reaction time and verbal report: Replication and comment on the Fehrer-Biederman experiment. *Journal of Experimental Psychology*, 1973, 100, 195 – 201.
- Braukmann, F., Heinze, E. & Richter, J., Versuch zur phänomen-deskriptiven Kategorisierung kurzer Lichtreize. Unveröffentl. Manuskript, Psychologisches Institut der Ruhr-Universität Bochum, 1975.
- Breitmeyer, B.G. & Ganz, L., Implications of sustained and transient channels for theories of visual pattern masking, saccadic suppression, and information processing. *Psychological Review*, 1976, 83, 1 – 36.
- Brüggen, W., Experimentelle Untersuchung zur Frage des Zeitpunkts der bewußten Repräsentation eines visuellen Reizes. Unveröffentl. Zulassungsarbeit, FB 8 der Universität Osnabrück, 1981.
- Cazin, H., Die Wirkung eines maskierten visuellen Reizes auf die zeitliche Verarbeitung des Maskierreizes; Psychophysische Messung. Unveröffentl. Diplomarbeit, Psychologisches Institut der Ruhr-Universität Bochum, 1981.
- Cornsweet, T., Visual perception. New York: Academic Press, 1970.
- Efron, R., The measurement of perceptual durations. *Studium Generale*, 1970, 23, 550 – 561.
- Efron, R., Conservation of temporal information by perceptual systems. *Perception and Psychophysics*, 1973, 14, 518 - 530.

- Eriksen, B.A. & Eriksen, C.W., Effects of noise letters upon identification of a target letter in a nonsearch task. Perception and Psychophysics, 1974, 16, 143-149.
- Eriksen, C.W., Subception: Fact or artifact? Psychological Review, 1956, 63, 74 – 80.
- Eriksen, C.W. & Hoffman, J.E., The extent of processing of noise elements during selective encoding from visual displays. Perception and Psychophysics, 1973, 14, 155 - 160.
- Eriksen, C.W. & Schultz, D.W., Information processing in visual search: A continuous flow conception and experimental results. Perception and Psychophysics, 1979, 25, 249-263.
- Fehrer, E. & Biederman, I., A comparison of reaction time and verbal report in the detection of masked stimuli. Journal of Experimental Psychology, 1962, 64, 126 - 130.
- Fehrer, E. & Raab, E., Reaction time to stimuli masked by metacontrast. Journal of Experimental Psychology, 1962, 63, 143 – 147.
- Henrich, W., Das Problem der 'unterschwelligen Wahrnehmung' beim Lesen und Benennen rückwirkend maskierter Reize. Unveröffentl. Diplomarbeit, Psychologisches Institut der Ruhr-Universität Bochum, 1977.
- Hildreth, J.D., Bloch's law and a temporal integration model for simple reaction time to light. Perception and Psychophysics, 1973, 14, 421-432.
- Koeppler, K., Unterschwellig wahrnehmen - unterschwellig lernen. Stuttgart: Kohlhammer, 1972.
- Lefton, L.A., Metacontrast: A review. Psychonomic Monograph Supplements, 1972, 4, No. 14 (Whole No. 62), 245-255.
- Legge, G., Sustained and transient mechanisms in human vision: Temporal and spatial properties. Vision Research, 1978, 18, 69-81.
- Münsterberg, H., Beiträge zur experimentellen Psychologie. Heft 1, Freiburg: Akademische Verlagsbuchhandlung Mohr, 1889.
- Neisser, U., Cognitive Psychology. New York: Appleton-Century-Crofts, 1967.
- Neumann, O., Visuelle Aufmerksamkeit und der Mechanismus des Metakontrasts. Bericht Nr. 6/1978, Psychologisches Institut der Ruhr-Universität Bochum, Arbeitseinheit Kognitionspsychologie.

- Neumann, O., Visuelle Aufmerksamkeit und der Mechanismus des Metakontrasts. In: L. Eckensberger (Hrsg.), Bericht über den 31. Kongreß der Deutschen Gesellschaft für Psychologie, Göttingen: Hogrefe, 1979.
- Perenin, M.F. & Jeannerod, M., Visual function within the hemianopic field following early cerebral hemidecortication in man - 1. spatial localization. Neuropsychologia, 1978, 16, 1-13.
- Piéron, H., Les problèmes psycho-physiologiques de la perception du temps. Année Psychologique, 1923, 24, 1-25.
- Robinson, D.N., Assessment of temporal discrimination in vision. Psychonomic Science, 1968, 13, 247.
- Rosengärtner, B., Die Wirkung eines maskierten visuellen Reizes auf die zeitliche Verarbeitung des Maskierreizes: Reaktionszeitmessung. Unveröffentl. Diplomarbeit, Psychologisches Institut der Ruhr-Universität Bochum, 1980.
- Schiller, P.H. & Smith, M.C., Detection in metacontrast. Journal of Experimental Psychology, 1966, 71, 32-39.
- Servière, J., Miceli, D. & Galifert, Y., A psychophysical study of the visual perception of 'instantaneous' and 'durable'. Vision Research, 1977, 17, 57 –64.
- Sternberg, S. & Knoll, R.L., The perception of temporal order: Fundamental issues and a general model. In: S. Kornblum (Hrsg.), Attention and Performance III. New York: Academic Press, 1973.
- Teichner, W.H. & Krebs, M.J., Laws of the simple visual reaction time. Psychological Review, 1972, 79, 344 – 358.
- Thor, D.H., Observer strategies in dichoptic viewing of successive stimuli. Psychonomic Science, 1968, 12, 41-42.
- Weiskrantz, L., Warrington, E.K., Sanders, M.D. & Marshall, J., Visual capacity in the hemianopic field following a restricted occipital ablation. Brain, 1974, 97, 709 - 728.
- Weiskrantz, L., Cowey, A. & Passingham, C., Spatial responses to brief stimuli by monkeys with striate cortex ablations. Brain, 1977, 100, 655 – 670.

Weisstein, N., Metacontrast. In J. Jameson & L.M. Hurvich (Hrsg.), Handbook of sensory physiology, Band VII/4; Visual psychophysics. Berlin etc.: Springer, 1972.

Wolff, P. & Tücke, M., Bericht über die 3. Osnabrücker Arbeitstagung Psychologie. Psychologische Forschungsberichte aus dem Fachbereich 3 der Universität Osnabrück, Nr. 16, 1980.

Yund, E.W. & Efron, R., Dichoptic and dichotic micropattern discrimination. Perception and Psychophysics, 1974, 15, 383 - 390.

Abbildungen

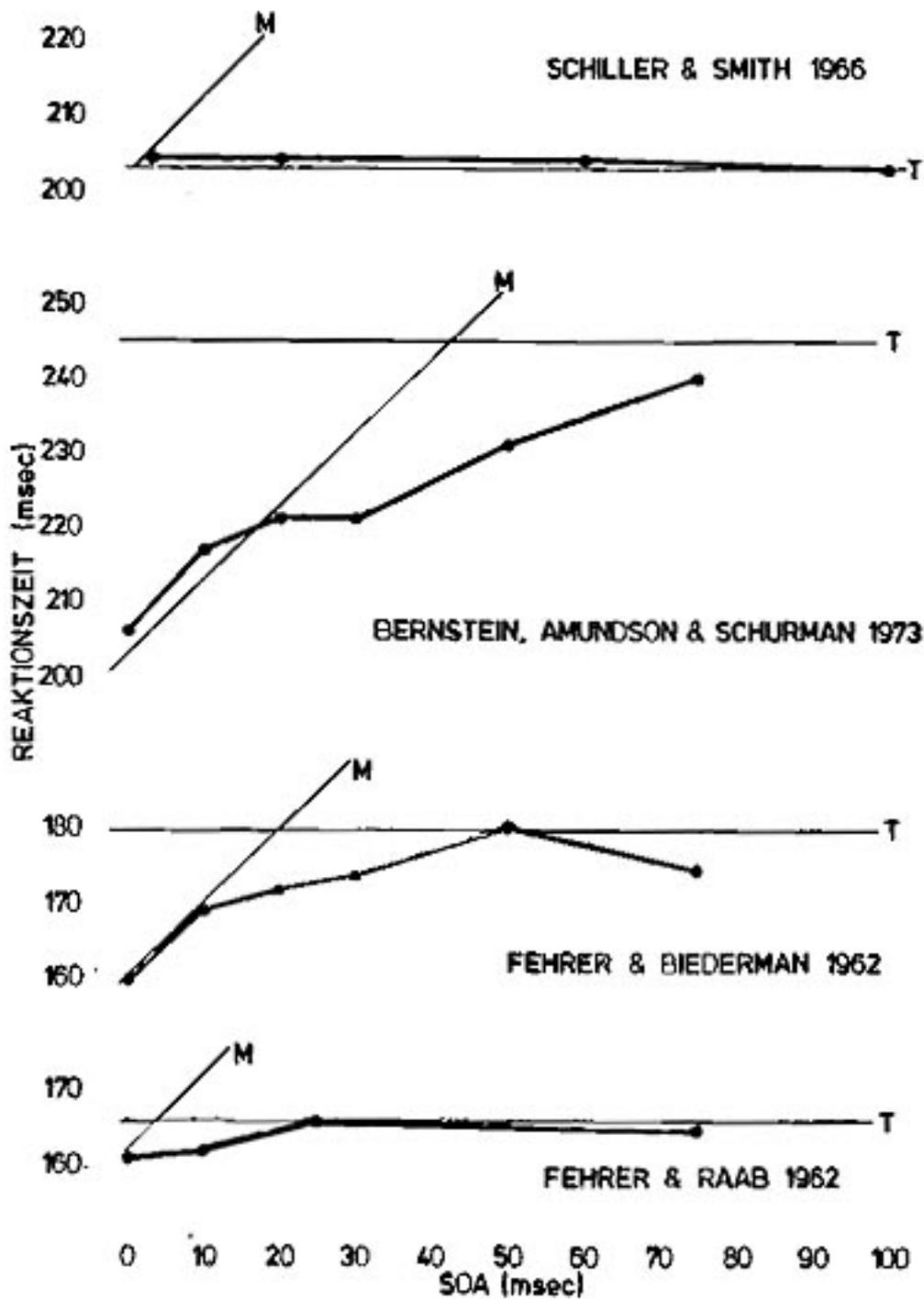


Abb. 1

Die Daten des Fehrer-Raab-Experiments und späterer Replikationen. Die dick ausgezogenen Kurven zeigen die Reaktionszeit auf die Abfolge S1 (Testreiz) – S2 (Maskierreiz), gemessen vom Beginn des Testreizes an. Die dünne Linie ‚T‘ zeigt die Reaktionszeit auf den Testreiz allein, die dünne Linie ‚M‘ die Zeit, die sich ergeben hätte, wenn die V_p nur auf den Maskierreiz reagiert hätte. Da auf der Ordinate die Reaktionszeit ab Testzeit aufgetragen ist, wächst der Wert ‚M‘ um den Betrag des

SOA. – Im Experiment von Schiller & Smith (1966) wurde die Reaktionszeit auf den Testreiz allein nicht unter denselben Bedingungen gemessen wie die übrigen Zeiten. Für ‚T‘ ist hier der Wert beim SOA 100 msec genommen worden, bei dem der Maskierreiz die Reaktion faktisch nicht mehr beeinflußt haben dürfte.

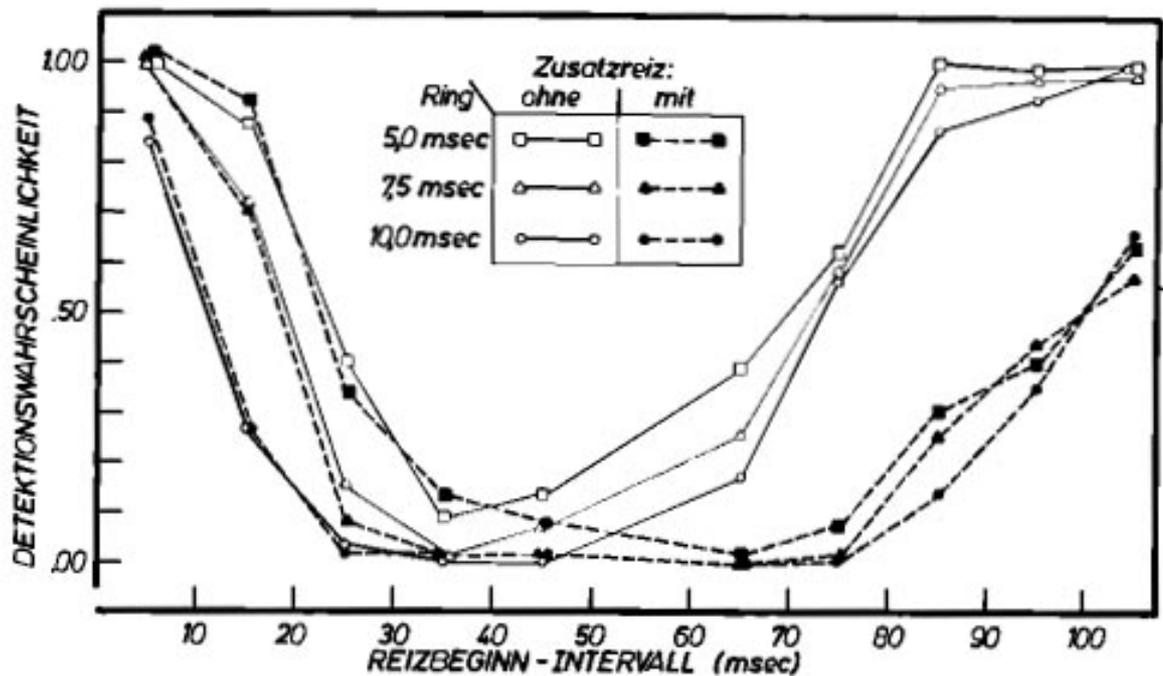


Abb. 2

Wahrscheinlichkeit der Entdeckung des Testreizes (Antwort ‚ja‘) in Abhängigkeit vom Reizbeginn-Intervall, der Expositionszeit des Maskierreizes und der Darbietung eines Zusatzreizes (einer mit dem Testreiz identischen Scheibe, die auf der anderen Seite des Fixationspunktes simultan mit ihm geboten wird; Expositionszeit von Test- und Zusatzreiz: 5 msec). Der im jetzigen Zusammenhang wesentliche Befund ist die Verschiebung der aufsteigenden Flanke der Maskierfunktion durch den Zusatzreiz, während die linke abfallende Flanke von ihm unbeeinflusst ist. – Daten von 3 Beobachtern gemittelt; pro Dateneinheit 60 Urteile (aus Neumann, 1978).

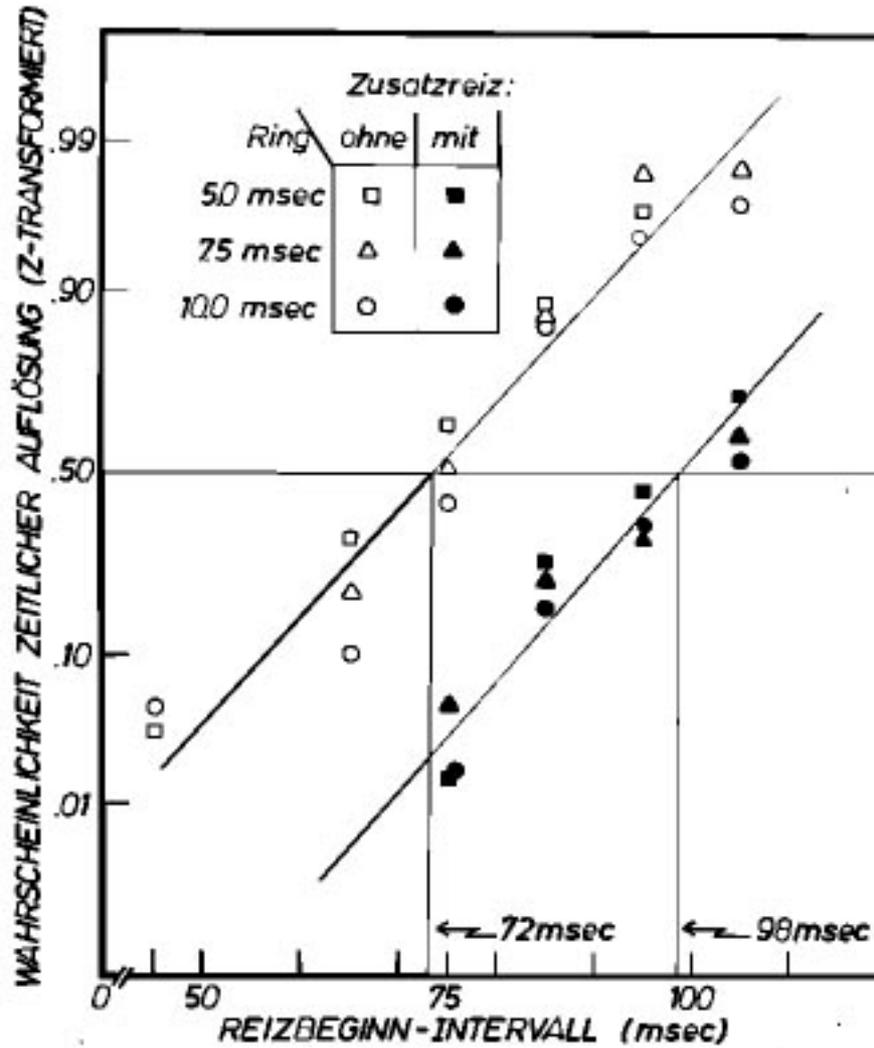


Abb. 3

Wirkung eines Zusatzreizes auf die zeitliche Auflösung. Die Darbietungsbedingungen waren wie in der Legende zu Abb. 2 beschrieben; doch hatte der Beobachter nach jeder Exposition ein Urteil über die zeitliche Auflösung abzugeben (‚eins‘ = Test- und Maskierreiz sind zeitlich integriert; ‚zwei‘ = der Testreiz geht dem Maskierreiz zeitlich voraus). Anschließend skalierte der Beobachter die Helligkeit (siehe Legende zu Abb. 4). – Daten von drei Beobachtern gemittelt; pro Datenpunkt 60 Urteile (aus Neumann, 1978).

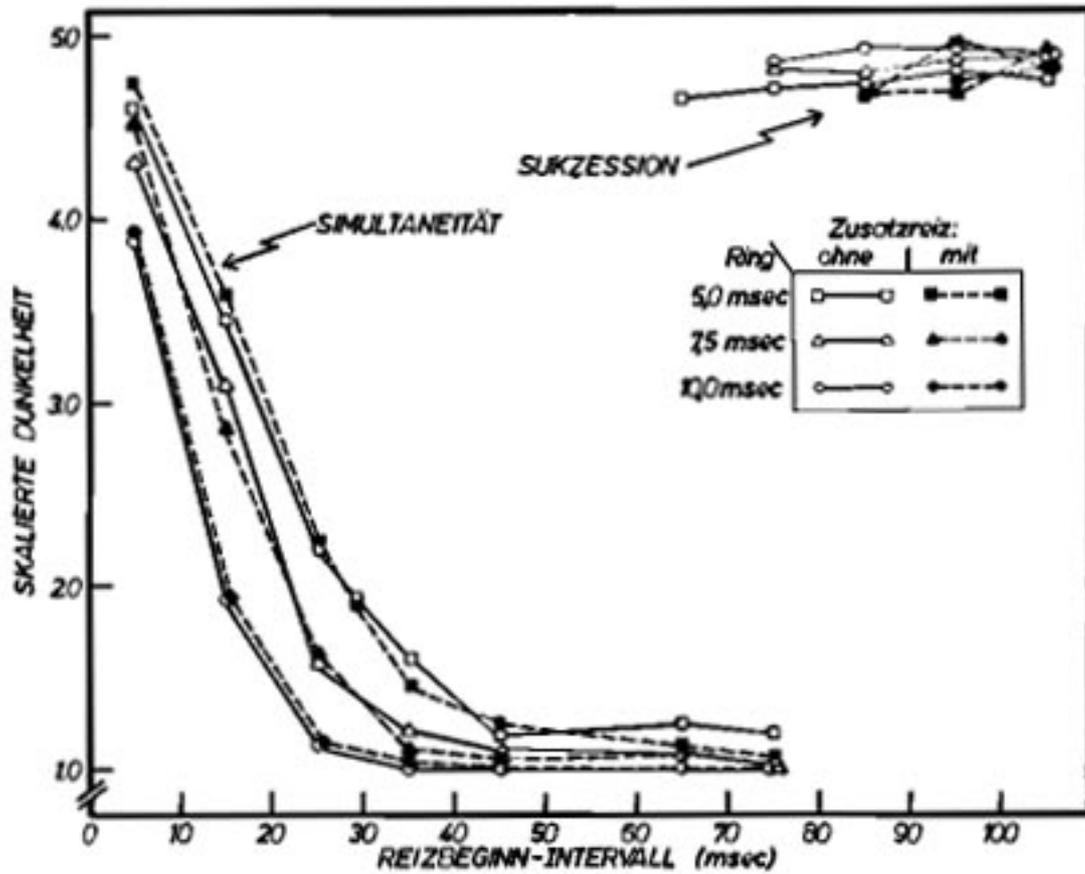


Abb. 4

Mittlere skalierte Dunkelheit des Ringinneren. Bei zeitlicher Auflösung war der erste Reiz maßgebend. (5-Punkte-Kategorienskala, wobei 1 = weiß und 5 = schwarz). Siehe auch Legende zu Abb. 3 (aus Neumann, 1978).

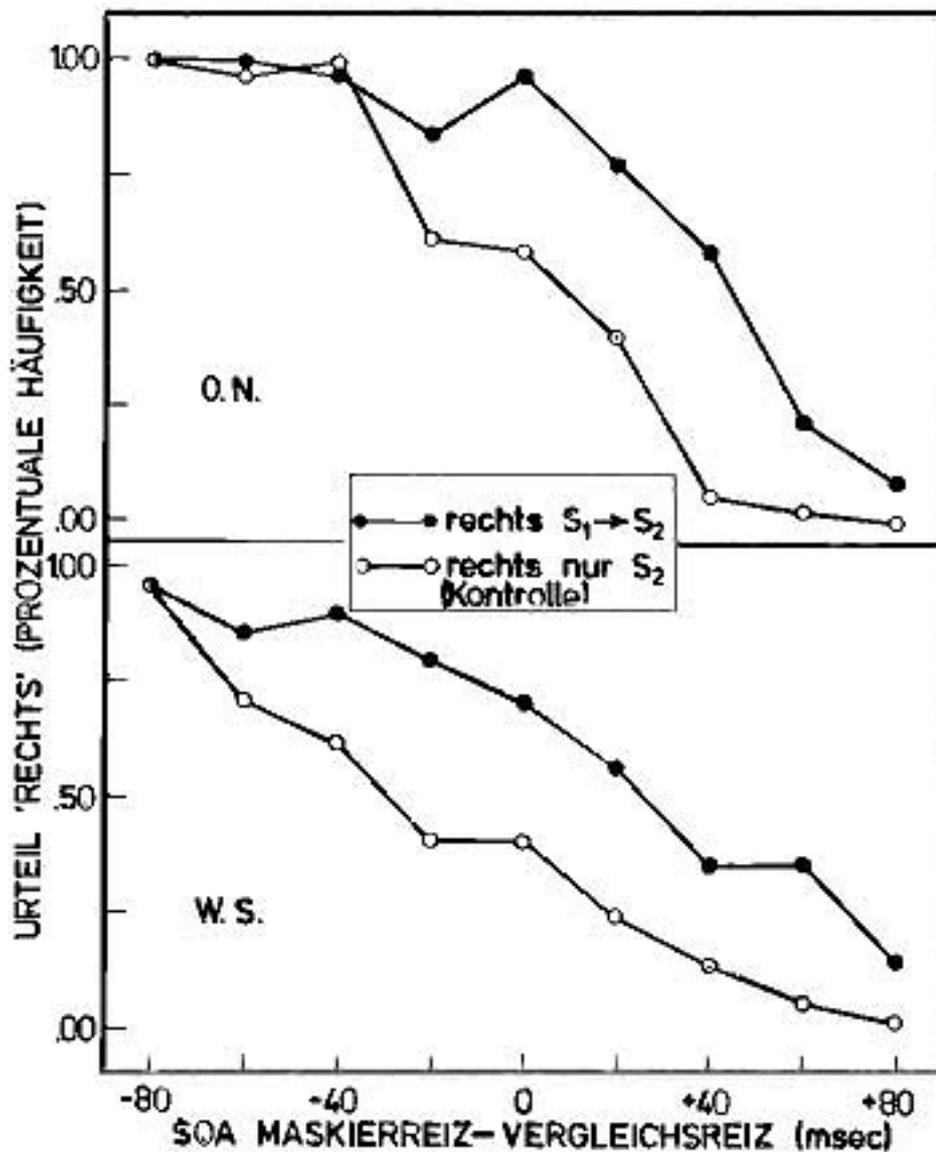


Abb. 5

Beurteilung der Abfolge von zwei Ringen in Abhängigkeit von der Darbietung einer dem rechten Ring vorausgehenden, maskierten Scheibe. In der Kontrollbedingung wurden nur die beiden Ringe geboten (offene Symbole). In der experimentellen Bedingung (ausgefüllte Symbole) ging dem rechten Ring mit einem SOA von 80 msec eine für 2 msec exponierte Scheibe voraus, die nicht zu sehen war. Negative SOAs = rechter Ring wird vor linkem Ring exponiert. Die Vp gab an, welchen Ring sie als ersten sah. Das Urteil ‚gleichzeitig‘ war nicht zugelassen.

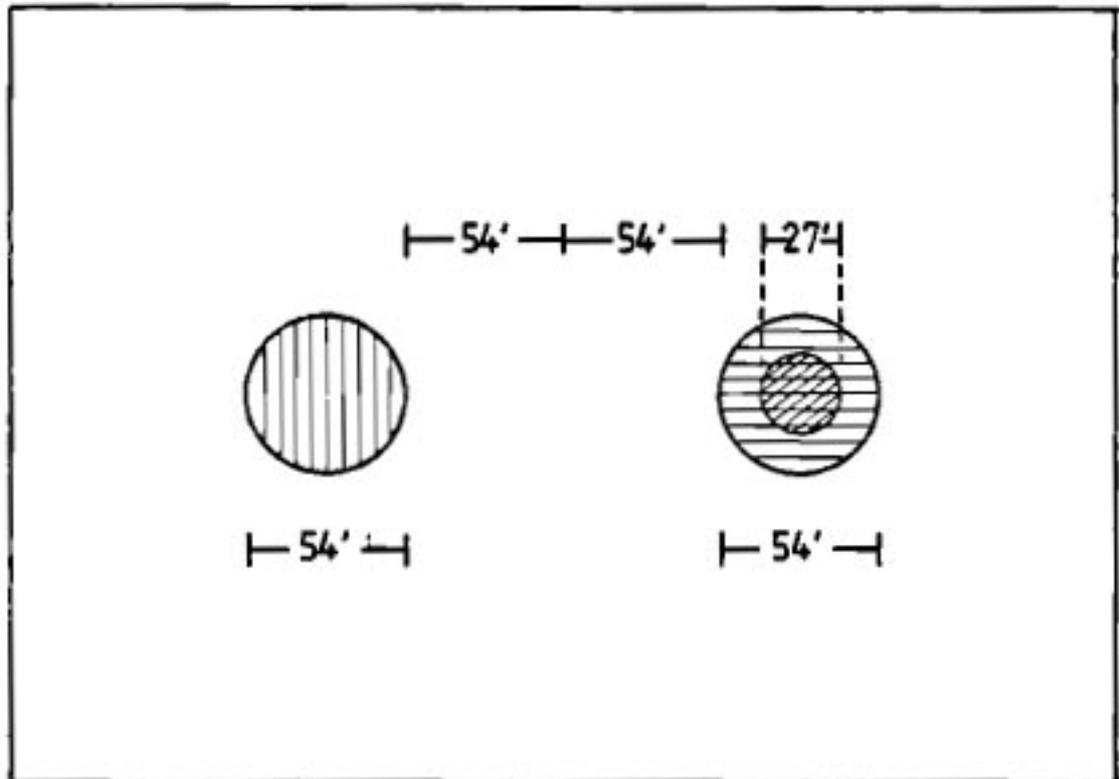


Abb. 6

Anordnung der Reize in Experiment 2 und Experiment 3. Die Reize erschienen hell auf schwarzem Grund. Horizontal schraffiert: Maskierreiz; vertikal schraffiert: Vergleichsreiz (nur Experiment 3); schräg schraffiert: Testreiz. In den Kontrollbedingungen wurden der Maskierreiz (Exp. 2 und 3) sowie der Testreiz (nur Exp. 2) allein geboten. Das SOA (M) zwischen Test- und Maskierreiz betrug 5, 25 oder 45 msec; das SOA (V) zwischen Maskier- und Vergleichsreiz variierte in 9 Stufen zwischen -80 und +80 msec.

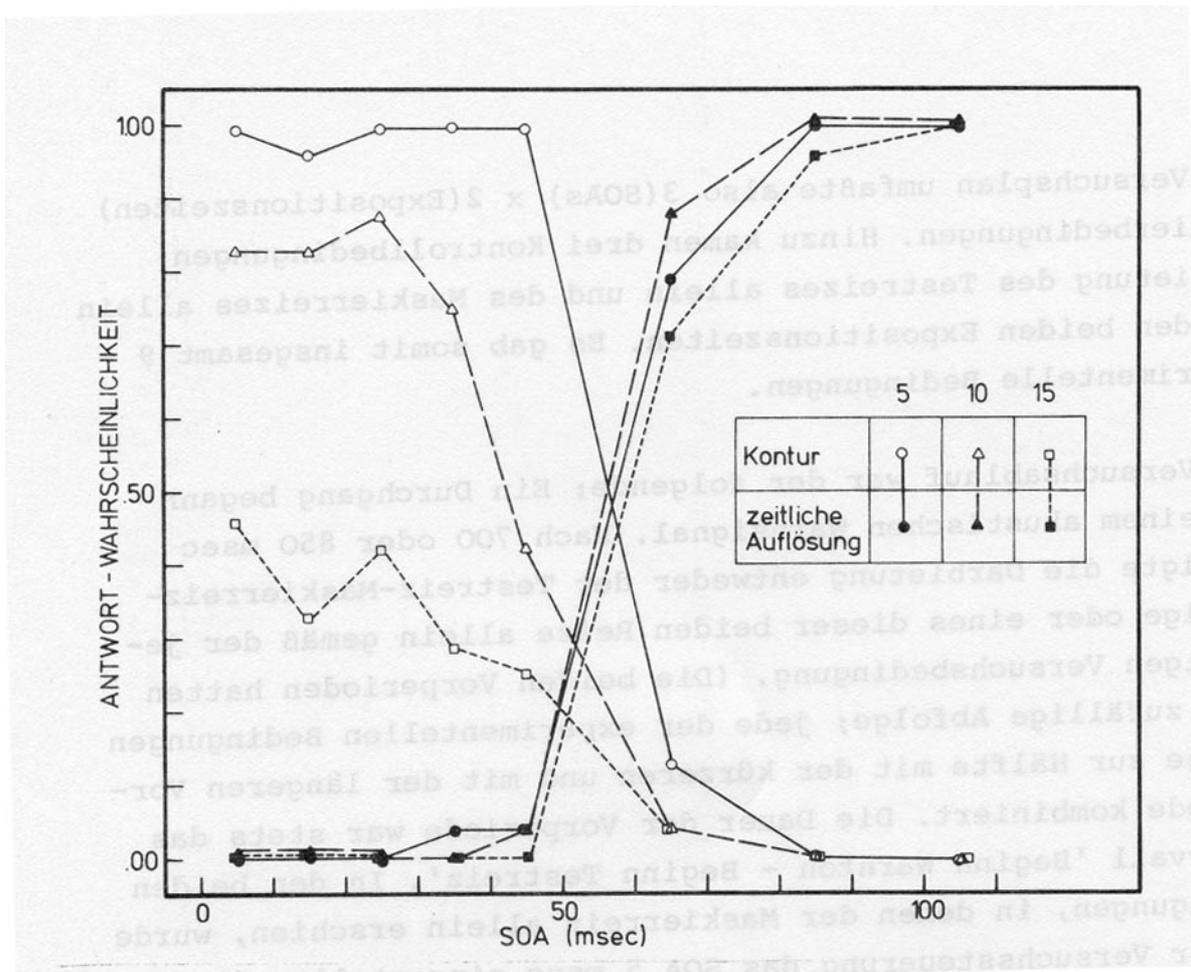


Abb. 7

Daten aus dem Vorversuch zu Experiment 2. Anordnung der Reize siehe Abb. 6; Expositionszeit des Testreizes 5 msec. Wie in dem früheren Versuch (siehe Legende zu Abb. 3) gab der Beobachter ein doppeltes Urteil ab; zunächst über die zeitliche Auflösung („eins“ oder „zwei“), dann über das Vorhandensein einer Kontur des Testreizes im Inneren des Maskierreizes („Spiegelei“ ja oder nein).

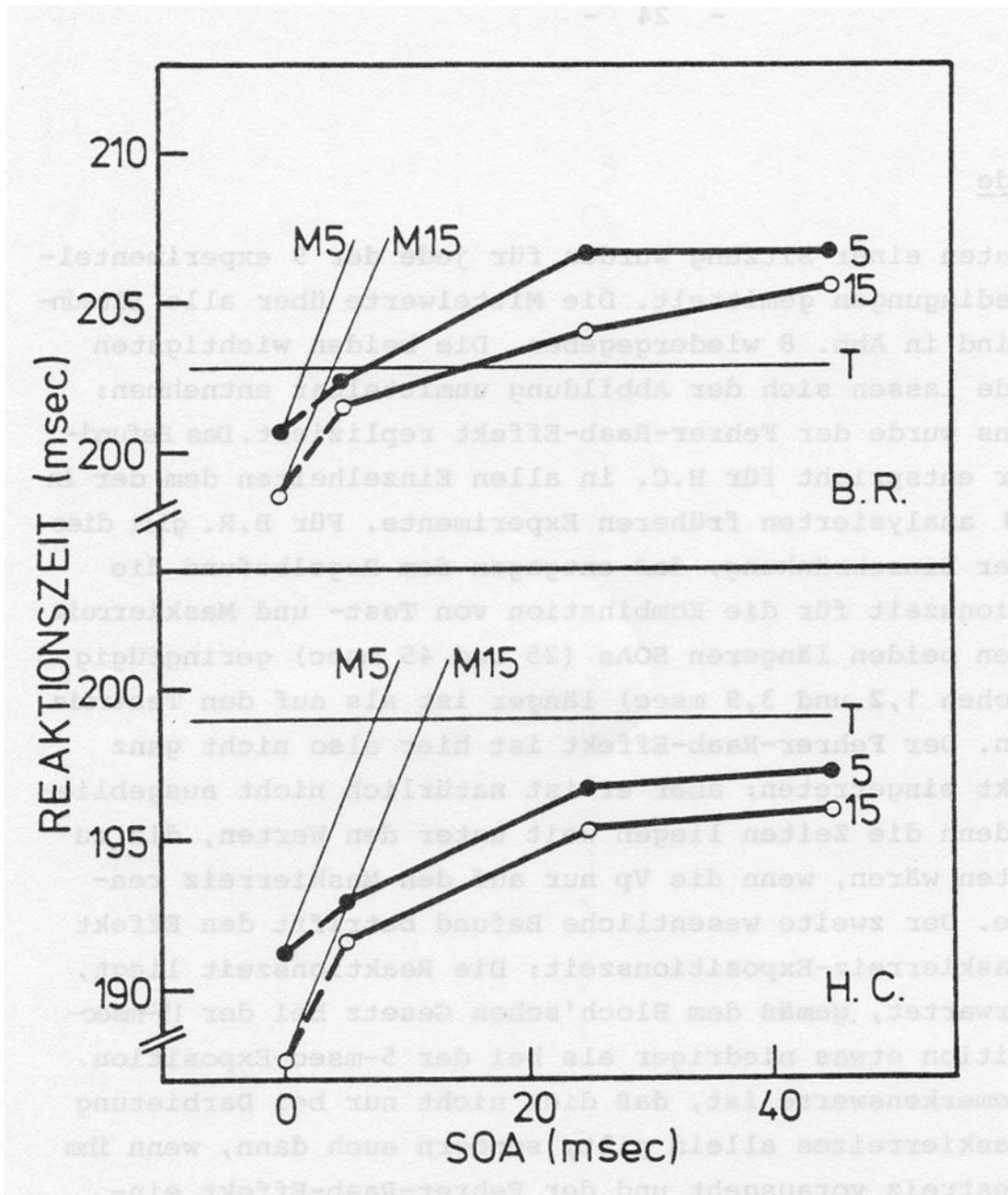


Abb. 8

Reaktionszeit der beiden Vpn in Experiment 2. Darstellung wie in Abb. 1. Die Werte 5 und 15 sind die Expositionszeiten des Maskierreizes.

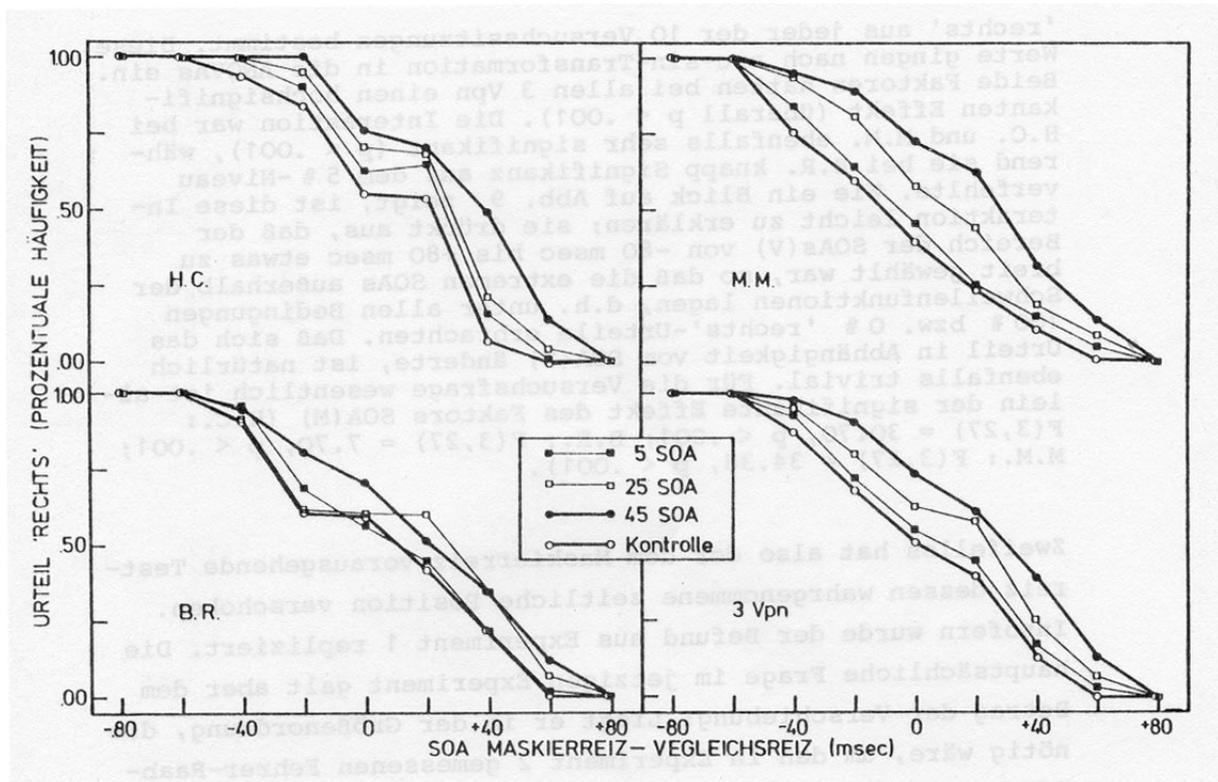


Abb. 9

Psychometrische Funktionen aus Experiment 3 für die drei Beobachter getrennt und (r.u.) über sie gemittelt. Expositionszeit von Test-, Maskier- und Vergleichsreiz: 5 msec; räumliche Anordnung wie in Abb. 6 wiedergegeben. Auf der Abszisse das SOA zwischen Maskier- und Vergleichsreiz (negative SOAs: der Maskierreiz geht voraus), auf der Ordinate die relative Häufigkeit des Urteils ‚rechts‘ (d.h. Maskierreiz vor Vergleichsreiz). Parameter ist das SOA zwischen Test- und Maskierreiz. In der Kontrollbedingung erschien der Maskierreiz ohne vorausgehenden Testreiz.

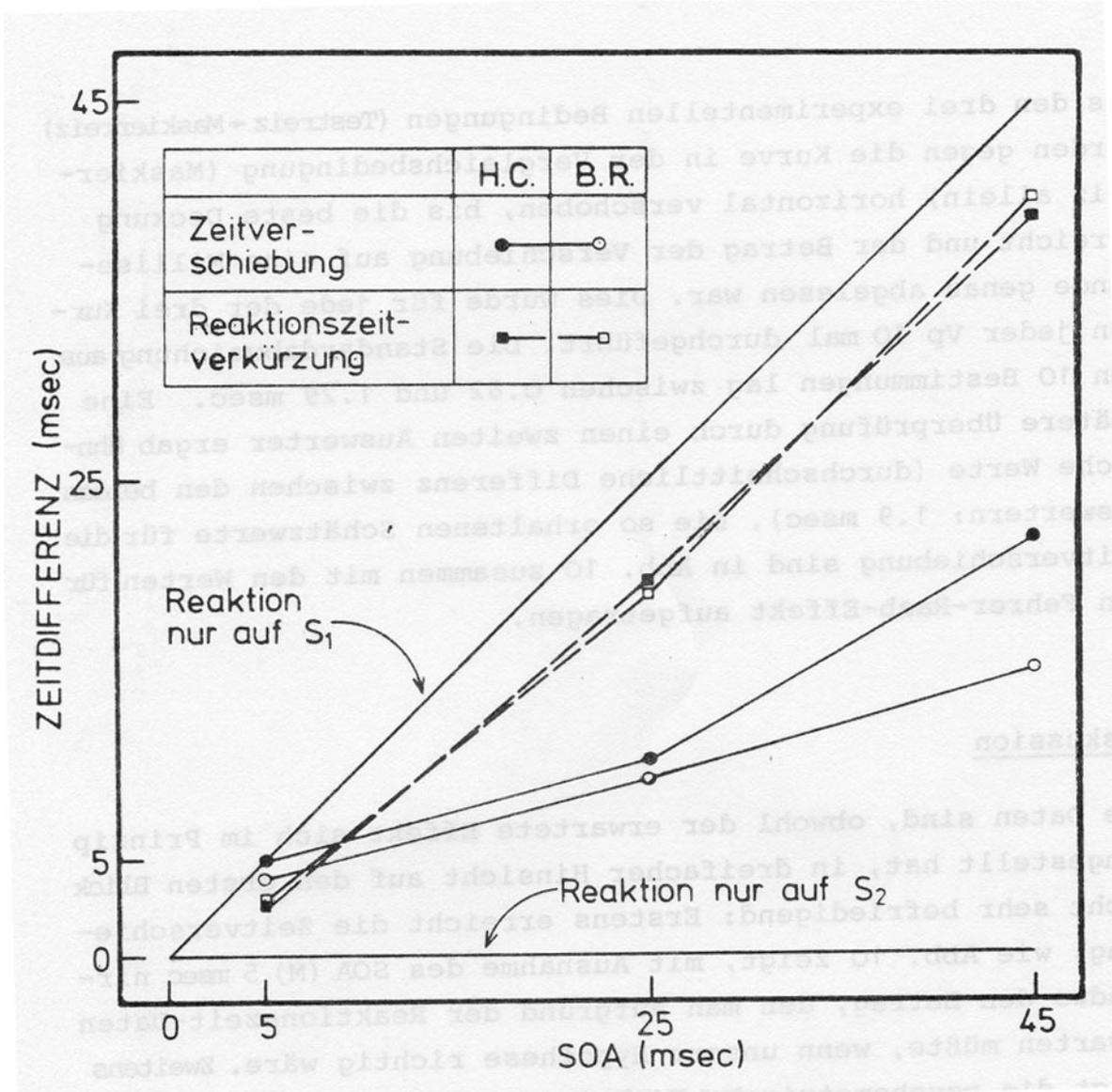


Abb. 10

Vergleich zwischen den Daten aus Experiment 2 und 3 für die Vpn H.C. und B.R. Auf der Ordinate ist als ‚Zeitdifferenz‘ aus Experiment 2 der Betrag aufgetragen, um den die Reaktionszeit durch den maskierten Reiz gegenüber der Reaktion auf den Maskierreiz allein verkürzt wurde (gestrichelte Linie). Entsprechend ist für Experiment 3 als ‚Zeitdifferenz‘ der Betrag aufgetragen, um den die psychometrische Funktion durch den vorausgehenden Reiz gegenüber der Kurve für den Maskierreiz allein verschoben wurde (durchgezogene Linie). Wegen der Abweichung der Schwellenfunktionen von der Normalogive konnte diese Differenz nicht exakt rechnerisch ermittelt werden. Sie wurde grafisch geschätzt, indem die Kurven gegeneinander so verschoben wurden, daß sie sich am besten deckten. Die eingetragenen Werte sind die Mittelwerte aus je 10 solchen Bestimmungen, deren

Standardabweichung in der Größenordnung von einer Millisekunde lag. Bei Reaktion nur auf den Maskierreiz (S_2) wäre die Differenz Null, bei Reaktion nur auf den maskierten Reiz (S_1) wäre sie mit dem SOA identisch. Diese Kurven sind zum Vergleich eingezeichnet.

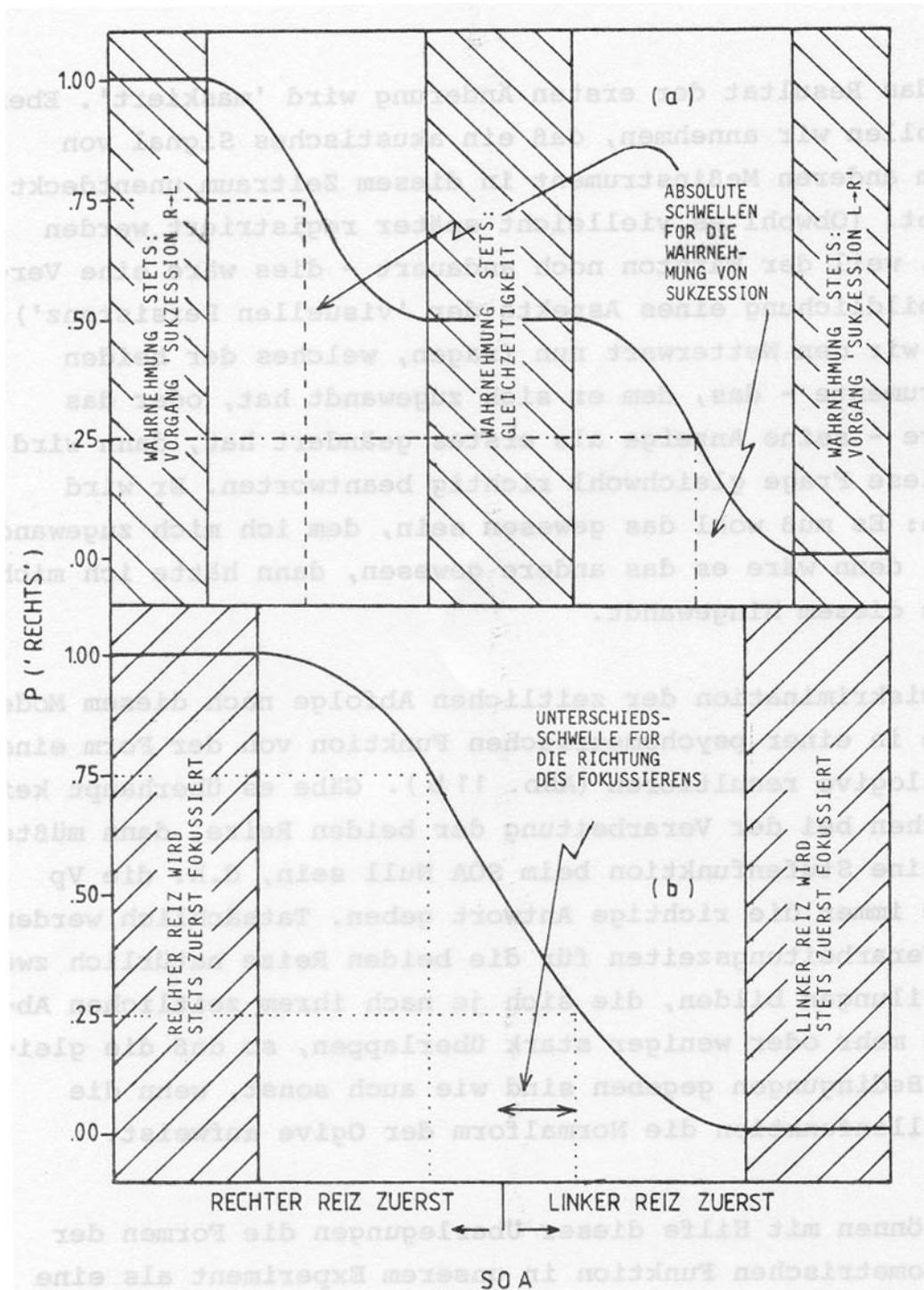


Abb. 11

Hypothetische psychometrische Funktionen für das zeitliche Reihenfolgenurteil. Im ersten Fall (Abb. 11a, oben) wird angenommen, daß der Beobachter sein Urteil auf die Wahrnehmung eines Vorgangs ‚Sukzession $R \rightarrow L$ ‘ (rechts \rightarrow links) oder ‚Sukzession $L \rightarrow R$ ‘ (links \rightarrow rechts) stützt. Für die Wahrnehmung eines Vorgangs gibt es eine absolute Schwelle. Die Schwellenfunktion wird begrenzt von Regionen,

in denen auf der einen Seite stets Gleichzeitigkeit und auf der anderen stets Sukzession in der einen oder anderen Richtung wahrgenommen wird. – Im zweiten Fall (Abb. 11b, unten) wird angenommen, daß der Beobachter denjenigen Reiz als den ersten bezeichnet, in dessen Richtung seine Aufmerksamkeit zuerst gelenkt wurde. Die Schwellenfunktion ist hier eine Ogive, die durch die Regionen begrenzt wird, in denen stets der rechte oder stets der linke Reiz die Aufmerksamkeit als erster auf sich zieht. Die Genauigkeit, mit der die vom Beobachter bemerkte Fokussierichtung mit der Lage des objektiv ersten Reizes übereinstimmt, drückt sich in der Unterschiedsschwelle aus.