


F. METELLI

o. Professor der Psychologie an der Universität Padova (Italien)

ZUR THEORIE DER OPTISCHEN BEWEGUNGSWAHRNEHMUNG

Unter den notwendigen Bedingungen der optischen Bewegungswahrnehmung scheint die Inhomogenität des optischen Feldes einer Analyse würdig zu sein.

Es ist eine übliche Behauptung, dass in einem vollständig homogenen optischen Felde keine Bewegungswahrnehmung stattfinden kann. Es genügt aber nicht, dass das optische Feld inhomogen sei, damit sich eine physische Bewegung (1) in eine optische Bewegungswahrnehmung umsetzt: eine Gruppe konzentrischer Kreise, ^{die sämtlich} deren ~~ein~~ ^{nicht} ~~jeder~~ vollkommen chromatisch homogen ^{ist}, und um das gemeinsame Zentrum ^{en Fig. 1} rotiert, kann keine Bewegungswahrnehmung verursachen; und das selbe gilt für einen Bündel paralleler Geraden, die das ganze Gesichtsfeld durchqueren, und sich in ^{der} Richtung ihrer Länge bewegen. ^(Fig. 2)

 Aus den vorher erwähnten Tatsachen kann es ^{ge-} ~~recht~~ ^{recht} gerechtfertigt erscheinen, folgende allgemeine Sätze abzuleiten:

1. Ein physisch bewegter Punkt, der ^{mit} ~~allen~~ ^{übereinstimmt} bewegten oder unbewegten Punkten seiner Bahn chromatisch ~~homogen~~ ist, kann nicht als bewegt wahrgenommen werden.

2. Ein physisch bewegter Punkt, der ^{mit} ~~nicht allen~~ ^{übereinstimmt} bewegten Punkten seiner Bahn chromatisch ~~homogen~~ ist, kann nicht fortwährend in Ruhe wahrgenommen werden.

Es ist aber leicht, Tatsachen zu finden, die beiden obigen Sätzen widersprechen: ein homogenes, um den ^{Schnittpunkt} ~~Treffpunkt~~ der Diagonalen mit nicht zu grosser ^{Fig. 3a} Geschwindigkeit rotierendes Quadrat, rotiert phänomenal als ganze Figur, obwohl die Punkte der vom Inkreis begrenz

(1) Wenn hier von physischer Bewegung gesprochen wird, werden nur solche Bewegungen in Erwägung gezogen, deren Geschwindigkeit sich innerhalb der Schwellen der Bewegungswahrnehmung befindet.

Fig. 3b
 ten Fläche den Bedingungen des Satzes 1 entsprechen; sämtliche Punkte eines farbig homogenen, von einem schmalen andersfarbigen Rechteck durchquerten, um seinen Zentralpunkt rotierenden Kreises ^{Fig. 4} werden als ruhend wahrgenommen, obwohl sie den Bedingungen des Satzes 2 entsprechen.

Es gibt nämlich keine Möglichkeit, allgemeine Sätze über phänomenale Ruhe und Bewegung ^{für} von einzelnen, physisch bewegten Punkten, zu formulieren: der einzelne Punkt folgt dem Schicksal des phänomenalen Ganzen, dem er ^{an} gehört, und es sind die figuralen Eigenschaften eines physisch bewegten Gegenstandes die entscheiden ob er bewegt oder ruhend wahrgenommen wird.

Die Resultate experimenteller Untersuchungen über Ruhe und Bewegung physisch bewegter Gegenstände ^{geben Anlass} veranlassen zu einer ganz ^{andersartigen} verschiedenen allgemeinen Formulierung, in der die wichtige Punkt-Bahn Beziehung ^{ihrer} seinen richtigen Platz findet. Ein physisch bewegter, optisch homogener Bereich, der ^{mit} den ^{an} grenzenden Teilen des optischen Feldes ^{übereinstimmt} nicht ~~homogen~~ ist, wird ^{je} nach den Eigenschaften seiner Grenzen bewegt oder ruhend wahrgenommen, und zwar:

1. Wenn der Rand der Bahn eines Punktes entspricht, wird der Bereich ruhend wahrgenommen
2. Wenn kein Teil des Randes, der Bahn eines Punktes entspricht, wird der Bereich bewegt wahrgenommen
3. Wenn ein Teil des Randes der Bahn eines Punktes entspricht, kann der Bereich entweder ruhend oder bewegt wahrgenommen werden; wird ^{er} ruhend wahrgenommen wenn, und nur wenn, der Teil des Randes der der Bahn eines Punktes nicht entspricht, phänomenal einem anderen ^(figuralen) Bereiche ^{an} gehört, der folglich notwendig bewegt wahrgenommen wird.

Zu weiteren theoretischen Klärung kommt man, wenn man die obigen Tatsachen durch Berücksichtigung der Reizungsbedingungen am Niveau des Sinnesorganes zu deuten versucht.

u.s.w. Die retinale Fläche die der Reizung des bewegten Gegenstandes entspricht, schrumpft von einer Seite und wächst von der anderen. Es ^{ihre} kann vorkommen dass die Form konstant bleibt, aber oft ändert sich auch die Form. Die Lage, die die verschiedenen Grenzen sukzessiv annehmen würde verschiedene statische Organisationen hervorbringen; ^{Es} aber in der zeitlichen Dimension unterscheiden sich stetig ruhende Grenzen (die sich doch auf der Retina ändern, in dem sie durch Deckung verschwinden oder neu entstehen) genau wie in den Fällen von "Scheinruhe" und wandernde, sich verlagernde Grenzen. Auch in diesem Fall trennen sich die heterogenen Grenzen und bildet sich, ^{genau wie in den früher analysierten Sonderfällen} auf Grund der Tendenz zur kinetischen Homogenität der Ränder, und der schon in Ruhewirkenden Wertheimerschen Gestaltfaktoren, die Einheit des sich bewegenden Gegenstandes.

Die Scheinruhe, die als interessante Merkwürdigkeiten der optischen Wahrnehmung gelten konnte, erscheint nun an ihrer richtigen Stelle als Spezialfall in allgemein wirksame Prozesse augenscheinlich werden, die gewöhnlich unbeachtet bleiben.

(X) Wenn man die ~~subjektiven~~ geographischen wie
 sie sich auf der Netzhaut
 In jedem Augenblick ist die Geographische
 graphie auf der Netzhaut verschieden und
 wenn man ~~die Topographie eines~~ ^{ne in jedem subjektiven Augenblicke}
~~darstellung in jedem subjektiven Augenblick~~
~~so~~ isoliert betrachtet, sieht man dass sie
 oft zu verschiedenen ^{statischen Organisationen} ~~physischen Punkten~~
 Gestaltungen mit sich bringen würde * Doch
 bleibt im Allgemeinen die optische Gestalt
 gleich und verändert sich die Lage eines
 Gegenstandes ~~gegen~~ auf andere stabilen Punkten.
~~Das ist die Grundbedeutung des Resultates in der Kartographie~~

Kann man in der Postkollation einen Grund für diese Erscheinung finden?

* Einmal haben sich die Grundr. so verhalten, als was
früher hinter war, herausspringt. ein anderes Mal fallen
die Grundr. die früher zwei verschiedenen Gebilden aufhörten
zusammen. dann entspricht ein isolierter Grundr. Stück einem
Teil eines ergänzungsbedürftigen regelmäßigen Gebilde, u. d. w.

Preparare il finale
Dove parlare di secheinruhe
Glossarium kultural
Teoria di Wort. - Pöhlert

F. METELLI (Padova)

ZUR THEORIE DER OPTISCHEN BEWEGUNSWAHRNEMUNG

Unter den notwendigen Bedingungen der optischen Bewegungswahrnehmung scheint die Inhomogenität des optischen Feldes einer Analyse würdig zu sein.

Es ist eine übliche Behauptung, dass in einem vollständig homogenen optischen Felde keine Bewegungswahrnehmung stattfinden kann. Es genügt aber nicht, dass das optische Feld inhomogen sei, damit sich eine physische Bewegung (1) in eine optische Bewegungswahrnehmung umsetzt: eine Gruppe konzentrischer Kreise, die sämtlich vollkommen chromatisch homogen sind, und um das gemeinsame Zentrum rotieren (Fig. 1), kann keine Bewegungswahrnehmung verursachen; und dasselbe gilt für ein Bündel paralleler Geraden, die das ganze Gesichtsfeld durchqueren und sich in der Richtung ihrer Länge bewegen (Fig. 2).

Die Inhomogenitätsbedingung, die für die optische Bewegungswahrnehmung notwendig erscheint, ^{betrifft} also die Punkt-Bahn Beziehung. Es kann ^{verhelfen} also gerechtfertigt erscheinen, folgende allgemeine Sätze abzuleiten:

1. Ein physisch bewegter Punkt, der mit allen, bewegten oder unbewegten Punkten seiner Bahn chromatisch übereinstimmt, kann nicht als bewegt wahrgenommen werden.
2. Ein physisch bewegter Punkt, der nicht mit allen, bewegten oder unbewegten Punkten seiner Bahn chromatisch übereinstimmt, kann nicht fortwährend in Ruhe wahrgenommen werden.

(1) Wenn hier von physischer Bewegung gesprochen wird, werden nur solche Bewegungen in Erwägung gezogen, deren Geschwindigkeit sich innerhalb der Schwellen der Bewegungswahrnehmung befindet.

Es ist aber leicht, Tatsachen zu finden, die beiden obigen Sätzen widersprechen: ein homogenes, um den Schnittpunkt der Diagonalen mit nicht zu grosser Geschwindigkeit rotierendes Quadrat (Fig. 3a), rotiert phänomenal als ganze Figur, obwohl die Punkte der vom Inkreis begrenzten Fläche (Fig. 3b) den Bedingungen des Satzes 1 entsprechen; sämtliche Punkte eines farbig homogenen, von einem schmalen andersfarbigen Rechteck durchquerten, um seinen Zentralpunkt rotierenden Kreises (Fig. 4) werden als ruhend wahrgenommen, obwohl sie den Bedingungen des Satzes 2 entsprechen.

Es gibt nämlich keine Möglichkeit, allgemeine Sätze über phänomenale Ruhe und Bewegung für einzelne, physisch bewegte Punkte, zu formulieren: der einzelne Punkt folgt dem Schicksal des phänomenalen Ganzen, dem er angehört, und es sind die figuralen Eigenschaften eines physisch bewegten Gegenstandes, die entscheiden, ob er bewegt oder ruhend wahrgenommen wird.

Die Resultate experimenteller Untersuchungen über Ruhe und Bewegung physisch bewegter Gegenstände geben Anlass zu einer ganz andersartigen allgemeinen Formulierung, in der die wichtige Punkt-Bahn-Beziehung ihren richtigen Platz findet. Ein physisch bewegter, optisch homogener Bereich, der mit den angrenzenden Teilen des optischen Feldes chromatisch nicht übereinstimmt, wird, je nach den Eigenschaften seiner Grenzen, bewegt oder ruhend wahrgenommen, und zwar:

1. Wenn der Rand der Bahn eines Punktes entspricht, wird der Bereich ruhend wahrgenommen;
2. Wenn kein Teil des Randes, der Bahn eines Punktes entspricht, wird der Bereich bewegt wahrgenommen;
3. Wenn ^{nur} ein Teil des Randes der Bahn eines Punktes entspricht, kann der Bereich entweder ruhend oder bewegt wahrgenommen werden;

er wird ruhend wahrgenommen, wenn, und nur wenn, der Teil des Randes, der der Bahn eines Punktes nicht entspricht, phänomenal einem anderen (figuralen) Bereich angehört, der folglich notwendig bewegt wahrgenommen wird.

Es ist vielleicht besser, den letzten Punkt mit einem Beispiel zu erklären. Fig. 5 wird gewöhnlich als einen schwarzen Streifen mit zwei darauf angebrachten weissen Kreissektoren beschrieben. Wenn man sie um den Mittelpunkt der beiden Kreisbogen der Sektoren langsam rotieren lässt, sieht man zwei keilartige Gebilde die auf einem ruhenden Kreis rotieren. Durch eine Umstrukturierung sind *also* neue Gebilde Zustände gekommen deren Ränder als Kinetisch homogen beschrieben werden können: da der Kreis um seinen Mittelpunkt (*physisch*) rotiert, entsprechen seine (modal *so gut wie* oder amodal wahrgenommene) Ränder der Bahn eines Punktes, während sämtliche Ränder der zwei keilartigen Gebilde der Bahn eines Punktes nicht entsprechen (1). Es liegt nahe die Hypothese einer Tendenz zur kinetischen Homogenität der Ränder aufzustellen, die eine ganze Klasse von Bewegungs wahrnehmungsphänomene zu erklären verspricht.

Wir wollen zuerst den Sinn des Begriffes der kinetischen Homogenität zu präzisieren versuchen.

Auf welchem Grund unterscheiden sich am Niveau des Sinnesorgans die der Bahn eines Punktes entsprechenden und nicht entsprechenden Ränder?

Es ist üblich, dass die physische Bewegung nicht direkt als Reiz wirksam ist, und dass die physisch bewegten Gegenstände nur

(1) Wenn die Vorlage anstatt rotieren sich in der Richtung ihrer Länge bewegt entsteht die in Fig. 5a angedeutete Umstrukturierung.

Reizungsänderungen bewirken können, die sich ~~nur~~ als Ausdehnungen oder Schrumpfungen quasihomogen gereizter Flächen geltend machen können. Diese durch physisch bewegten Gegenstände verursachte topographische Reizungsänderung kann auch als Verlagerung der Grenzen, und zwar der Reizungssprünge zwischen verschiedenen gereizten retinalen Flächen beschrieben werden.

Wenn wir uns nun, der in einem kurzen Bericht notwendigen Einfachheit halber, an dem künstlichen Fall einer einäugigen Beobachtung mit unbewegtem Auge beschränken, können wir gleich einsehen, wie sich die der Bahn eines Punktes entsprechenden, und nicht entsprechenden Ränder eines bewegten Gegenstandes am Niveau der Netzhaut unterscheiden: die ersten verlagern sich ganz einfach nicht, während sich die zweiten verlagern.

Der Unterschied bewährt sich also auch am Netzhautniveau. Man sieht aber gleich ein, dass man auf diesem Niveau keine Möglichkeit hat, die Reizung der, der Bahn eines Punktes entsprechenden Ränder eines bewegten Gegenstandes, von der Reizung der Ränder eines unbewegten Gegenstandes, zu unterscheiden; da die beiden Reizungen die selbe Wirkung ausüben. So bekommt die Hypothese der Tendenz zur Homogenität der Ränder eine erweiterte, viel allgemeinere Bedeutung. Nun wollen wir den Erklärungswert der Tendenz zur kinetischen Homogenität der Ränder an einige Beispiele demonstrieren.

Von den drei unterschiedenen Hauptfällen bieten die zwei ersten keine besondere Schwierigkeit, da in beiden Fällen (Fig. 1 und Fig. 6) die Ränder kinetisch homogen sind und deshalb keinen Anlass zu einer Umgestaltung geben.

Für den dritten wichtigen Hauptfall, wo nur ein Teil des Randes eines physisch bewegten, optisch homogenen Bereiches mit der Bahn eines Punktes (des selben Bereiches) übereinstimmt, ist es an

gemessen einige Spezialfälle zu untersuchen, und zwar

a) Fig. 7. In Ruhe bewirken die Reizungsbedingungen das Entstehen der Wahrnehmung einer zweifarbigen Figur oder zweier überlegten Figuren, und zwar eines durch einen Rechteck halb bedekten Kreises. Wenn aber der abgebildete Gegenstand um den Mittelpunkt des Kreisbogens rotiert, entsteht nach der Homogenitäts Hypothese Grenzenwettstreit, da während sich die Kreisförmige Grenze als Bahnhomogen auf der Netzhaut nicht verschiebt und keinen Wechsel in der Reiztopographie bewirkt, verschieben sich die geraden Grenzen fortwährend. So entsteht durch die Bewegung, infolge der Tendenz zur kinetischen Homogenität der Grenzen notwendig die Struktur 2, gleichfalls ob in Ruhe die erste oder die zweite Struktur entstanden war: im ersten Fall bildet sich die Wahrnehmungsstruktur um, im zweiten Fall findet keine Reorganisierung statt; nur der ergänzte Teil des Kreises, der in Ruhe das Charakter einer amodalen Ergänzung ^(im Sinne Michotte's) hatte, bekommt eine besondere Evidenz, da er durch die Bewegung des Rechtecks sukzessiv direkt sichtbar ~~erscheint~~ (zyklische Totalisierung).

b) Ein Beispiel der Trennung einer einheitlichen Figur infolge der Tendenz zur kinetischen Homogenität der Grenze bietet Fig. 8. In Ruhe nimmt man eine einheitliche Figur wahr; in Bewegung entstehen durch die kinetische Heterogenität der Grenzen zwei überlegte Figuren, ähnlich wie in Fig. 7. [In diesem Fall aber ist ausser der Ergänzung des Kreises auch die Ergänzung des Rechteckes notwendig.] (Infolge der notwendigen Kürze geben wir nur Beispiele der Erscheinungen die durch Rotationsbewegung entstehen).

c) Nun wollen wir einen Fall betrachten wo, trotz der kinetischen Heterogenität der Grenzen keine Reorganisierung stattfindet.

Wenn Vorlage 8 um den Mittelpunkt des Kreisbogens langsam rotiert, wird ganz einfach ein rotierender Halbkreis gesehen.

Es handelt sich nicht um einen Ausnahmefall, wo die Tendenz zur kinetischen Homogenität der Grenzen fehlen würde, sondern um einen Tatbestand wo die genannte Tendenz sich nicht durchzusetzen vermag, da sie Erfordernisse stellt die vom energetischen Standpunkt zu kostspielig sind. Eine Trennung der Grenze in zwei kinetisch homogenen Teilen würde die Ergänzung beider Teile fordern, deren der eine sich eines Bereiches des Grundes aneignen sollte, der bewegt wahrgenommen werden sollte. Dazu sollte sich diese Ergänzung auf einen Teil stützen, der Keineswegs die form der Ergänzungsfür bestimmen kann.

Die vorliegende Deutung findet eine Bestätigung in der Tatsache dass, wenn man die Vorlage so ändert, dass die ergänzungsbedürftige Kontur relativ kleiner und bestimmter wird (Fig. 9), oder so, dass man die kinetisch unwirksamen Grenzen, die sich von den kinetisch aktiven Grenzen zu trennen und sich zu ergänzen tendieren, vervielfacht (Fig. 10), setzt sich bei den meisten Versuchspersonen die Tendenz zur kinetischen Homogenität der Grenzen durch.

d) Als letzten Beispiel wählen wir eine Reizkonstellation die nicht dem künstlichen experimentellen Rustzeug gehört sondern sich den Tatbeständen des gewonlichen Lebens annähert. Ein Gegenstand bewegt sich in einem Felde von unregelmässigen und unregelmässig überlegten Dingen besetzt (Fig. 11). Auf der Netzhaut ändert sich durch die Verschiebung die Topographie der verschieden gereizten Flächen: einige wachsen, andere schrumpfen, andere schrumpfen zuerst und dann Wachsen, u.s.w.

Die retinale Fläche die der Reizung des bewegten Gegenstandes entspricht schrumpft von einer Seite und wächst von der anderen. Es kann vorkommen dass die Form konstant bleibt, aber oft ändert sich auch die Form. Die Lage, die die verschiedenen Grenzen sukzessiv annehmen, würde verschiedene statische Organisationen hervorbringen; aber in der zeitlichen Dimension unterscheiden sich stetig ruhende Grenzen (die sich doch auf der Retina ändern, in dem sie durch Deckung verschwinden oder neu entstehen, genau wie in den Fällen von "Scheinruhe") und Wandernde, sich verlagernde Grenzen. Auch in diesem Fall trennen sich die heterogenen Grenzen und bildet sich, auf Grund der Tendenz zur kinetischen Homogenität der Ränder, und der schon in Ruhe wirkenden Wertheimerschen Gestaltfaktoren, die Einheit des sich bewegenden Gegenstandes.

Die Scheinruhe, die als interessante Merkwürdigkeit der optischen Wahrnehmung gelten konnte, erscheint nun an ihrer richtigen Stelle als Spezialfall, in dem allgemein wirksame Prozesse augenscheinlich werden, die gewöhnlich unbeachtet bleiben.

BIBLIOGRAPHIE

- G. BEJOR - La totalizzazione percettiva in campo rotante, Contributi scientifici dell'Istituto di Psicologia dell'Università di Padova, Serie II, 1, 1947.
- F. METELLI - Ricerche sperimentali sulla percezione del movimento; Rivista di Psicologia, 36, 1940.
- Morfologia dei fenomeni di completamento nella percezione visiva, in "Gestalthaftes Sehen", Ergebnisse und Aufgaben der Morphologie, Zum hundertjährigen Geburtstag von Christian von Ehrenfels, Darmstadt, 1960.
 - Scheinruhe und Ergänzungserscheinungen Proceedings of the XVIth International Congress of Psychology, Bonn 1960.
 - Repos apparent et phénomènes de "totalisation cyclique" dans la perception visuelle, Journal de Psychologie normale et pathologique, vol. 61, 1964, pag.2-38.
- C.L.MUSATTI - Forma e movimento, Atti Istituto Veneto di SS.LL.AA. vol. 97, 1937.
- G. PETTER - Nuove ricerche sperimentali sulla totalizzazione percettiva, Rivista di Psicologia, 1956.
- O. PRATURLON - La quiete apparente nel movimento di traslazione, Contributi scientifici dell'Istituto di Psicologia dell'Università di Padova, Serie II, 1, 1947.
- H.WERNER und A.WILDHAGEN - Wahrnehmungsversuche, Fortschrittsberichte des psychologischen Institutes der Universität Hamburg, 1928.
- W. WITTMANN - Ueber das Sehen von Scheinbewegungen und Scheinkörpern, Leipzig, 1921.

Meine Damen und Herren,
um die theoretischen Erwägungen, die ich schier bringen
möchte, klarzustellen, scheint es mir angemessen, mit
einem Beispiel aufzufangen.

Wenn man die unbewegte Vorlage von Fig. 7 betrach-
tet, nimmt man gewöhnlich eine zweifarbige Figur
wahr, ~~oder manchmal auch zwei überlegte Figuren,~~
~~und zwar ^{einen} durch einen Rechteck, halb bedeckten Kreis.~~
Wenn ^{man} die erwähnte Vorlage um den Mittelpunkt des Kreis-
bogens langsam rotieren lässt, sieht man einen
Rechteck der auf einem ruhenden Kreis rotiert. Die Er-
scheinung, die ich schon vor vielen Jahren einer ersten
Untersuchung unterworfen habe, und die ich Scheinruhe
genannt habe wurde vor mir von Wittmann und
dann von Wiener und Wildhagen an der Maxwell
scheibe beobachtet. Um zu einer einigermaßen
befriedigenden Deutung zu kommen, soll man aber
von derartigen Vorlagen ausgehen.

Es ist klar, dass unsere Vorlage zwei ver-
schiedene Arten ^{Ränder} ~~Grenzen~~ hat: den kreisförmigen Rand
den ich, in Bezug auf die um den Mittelpunkt dieses Randes
~~ausgeführte~~ Rotationsbewegung, als Kinetisch unwirksam
nennen möchte, und den geraden, rechtwinklig geknickten
Rand, den ich Kinetisch wirksam nennen möchte. Ein einheitliches
farbhomogenes Gebilde, der ~~die erste Art~~ einen Rand erster Art hat,
(in unserem Fall, ein Kreis der um seinen Mittelpunkt ro-
tiert) wird ruhend wahrgenommen obwohl er sich physikalisch
bewegt. Während im Falle das das Gebilde einen Rand zweiter
Art hat, ~~wird~~ entspricht der physikalischen eine phänomenale Bewegung.
In unserem Fall ist die Grenze teilweise Kinetisch ^{unwirksam} ~~wirksam~~ ^{und wirkt auf} ~~unwirksam~~.

kinetisch wirksam

Teilerweise ~~homogen~~, also kinetisch heterogen, und was hat sich ereignet? Das ~~Gebilde~~ hat sich aus dem Gebilde und zwei Gebilde entstanden, deren ein jeder kinetisch homogen in ^{Ränder} gebildet besteht.

Da Vorlage 7 nur einer unter vielen Beispielen ist, liegt es nahe die Hypothese einer Tendenz zur kinetischen Homogenität der Ränder aufzustellen, die eine ganze Klasse von Bewegungswahrnehmungsercheinungen zu erklären vermag.



Es ist vielleicht besser, den letzten Punkt mit einem Beispiel zu erklären. ~~einen~~ Fig. 5 wird gewöhnlich als einen ~~schwarzen~~ Streifen mit zwei ~~darauf~~ angebrachten weissen Kreissektoren beschrieben. Wenn man sie um den Mittelpunkt der beiden Kreisbogen der Sektoren langsam rotieren lässt, sieht man zwei ~~keilartige~~ Gebilden die auf einem ruhenden Kreis rotieren. Durch eine Umstrukturierung sind neue Gebilde Zustände gekommen, deren Ränder als Kinetisch homogen beschrieben werden können: da der Kreis um seinen Mittelpunkt (physisch) rotiert, entsprechen seine (modal oder amodal wahrgenommene) Ränder der Bahn eines Punktes, während sämtliche Ränder der zwei Keilartigen Gebilden der Bahn eines Punktes nicht entsprechen. Es liegt nahe die Hypothese einer Tendenz zur kinetischen Homogenität der Ränder aufzustellen, die eine ganze Klasse von Bewegungswahrnehmungsphänomene zu erklären verspricht.

Wir wollen zuerst den Sinn des Begriffes der kinetischen Homogenität zu präzisieren versuchen.

~~Wie bewährt sich die Verschiedenheit~~ Auf welchem Grund unterscheiden sich am Niveau des Sinnesorganes die der Bahn eines Punktes entsprechenden und nicht entsprechenden Ränder?

Es ist üblich, dass die physische Bewegung nicht direkt als Reiz wirksam ist, und dass die physisch bewegten Gegenstände nur Reiz~~ungs~~änderungen bewirken können, die sich ~~nur~~ als Ausdehnungen oder Schrumpfungen quasihomogen gereizter Flächen geltend machen können. Diese durch physisch bewegten Gegenstände verursachte topografische Reiz~~ungs~~änderung kann auch als Verlagerung der Grenzen, und zwar der Reizungsprünge zwischen verschieden gereizten retinalen Flächen beschreiben werden.

Wenn wir uns nun, der in einem kurzen Bericht notwendigen Einfachheit halber, an dem künstlichen Falle einer einäugigen Beobachtung mit unbewegtem Auge beschränken, können wir gleich einsehen, wie ~~hoch~~ kinetisch unwirksam und die kinetisch wirksamen die der Bahn eines Punktes entsprechenden, und nicht entsprechenden

Ränder eines bewegten Gegenstande sich am Niveau der Netzhart unter scheiden: die ~~ersten~~ ersten verlagern sich ganz einfach nicht, während sich die zweiten verlagern.

Der Unterschied bewährt sich also auch am Netzhantniveau. Man ^{nicht} sieht aber gleich, ^{ein} dass man auf diesem Niveau keine Möglichkeit hat, die Reizung der, ^{kinetisch unvorstellbar} der Bahn eines Punktes entsprechenden Ränder eines bewegten Gegenstandes von der Reizung der Ränder eines unbewegten Gegenstandes, zu unterscheiden; da die beiden Reizungen die selbe Wirkung ausüben. So bekommt die Hypothese der Tendenz ^{zur} Homogenität der Ränder eine erweiterte, viel allgemeinere Bedeutung; ^{man will wir} den Erklärungs wert der Tendenz ~~zur kinetischen Homogenität der Ränder an~~ ~~einige Beispiele demonstrieren.~~

Von den drei unterschiedenen Hauptfällen ~~beten~~ die zwei ersten keine besondere Schwierigkeit;

[1. Im ersten Hauptfall, wo der ganze Rand eines physisch beweg ten, optisch homogenen Bereiches mit der Bahn eines Punktes überein stimmt, sind sämtliche Grenzen zwischen verschieden gereizten retinalen Flächen unbewegt im Phänomenalen. Da es keine Reizungsan derung gibt, gibt auch kein Grund für eine Bewegungswahrnehmung.

2. Im zweiten Hauptfall, wo kein Teil des Randes des bewegten Bereiches mit der Bahn eines Punktes übereinstimmt, verschieben sich sämtliche Grenzen zwischen den verschieden gereizten retinalen Flächen; ~~es~~ deshalb sind auch in diesem Fall sämtliche Grenzen kine tisch homogen und es gibt auch hier kein Grund für eine phänomenale Umbildung. Im Gegenteil haben wir in diesem Fall eine kontinuier liche Reizungsänderung, und deshalb, wenn die zeitlich Reizungsbedin gungen adäquat sind, folgt das ganze Bereich dem Schicksal seiner Grenzen, und es entsteht phänomenale Bewegung.]

3. Für den dritten wichtigen Hauptfall, wo nur ein Teil des Randes eines physisch bewegten, optisch homogenen Bereiches mit der

Nun sind wir im Stande, einige Spezialfälle einer Analyse zu unterwerfen.

In unserem Beispiel ^{Kann} ~~war eine~~ die Wirkung der Tendenz zur kinetischen Homoplasie der Ränder nicht ganz klar hervor, weil ~~erstens~~ die Figur schon von vornherein in zwei Unterganzen geteilt war, und einige Vermuchspersonen ~~letzte~~ ^{erste} ~~vielleicht~~ nahen auch bei unbewegter Vorlage einen ~~Voll~~ Rechteck halb bedeckten Vollkreis. ~~Für~~ Diese Vermuchspersonen erleben keine Umgestaltung: nur der ergänzte Teil des Kreises, der in Ruhe ruht. Dafter einer gewöhnlichen "amodalen" Ergänzung (im Sinne Michotte's) hat, bekommt eine besondere Evidenz, da er, durch die Schärfe, akzessiv direkt sichtbar scheint.

Bahn eines Punktes (des selben Bereiches) ~~ist~~ übereinstimmt, ist es angemessen einige Beispiele in Betracht zu ziehen, und zwar ^{Specialfälle zu untersuchen.}

a) Fig. 7. In Ruhe bewirken die Reizungsbedingungen das Entstehen der Wahrnehmung ~~(2)~~ einer zweifarbigen Figur oder ~~(2)~~ zweier überlagerten Figuren, ^{ersten} eines durch einen Rechteck halb bedeckten Kreises. Wenn aber der abgebildete Gegenstand um den Mittelpunkt des Kreisbogens rotiert, entsteht nach der Homogenitäts Hypothese ^{und zwar} ~~Grenzen~~ wettstreit, da während die Kreisförmige Grenze als Bahnhomogen sich auf der Netzhaut nicht verschiebt und keinen Wechsel in der Reiztopographie bewirkt, verschieben sich die geraden Grenzen fortwährend. So entsteht durch die Bewegung, infolge der Tendenz zur kinetischen Homogenität der Grenzen ^{zweite} notwendig die Struktur 2, gleichfalls ob in Ruhe die erste oder die zweite Struktur, entstanden war: im ersten ~~oder zweiten~~ Fall bildet sich die Wahrnehmungsstruktur um, im zweiten Fall ereignet sich keine Reorganisierung; nur der ergänzte Teil des Kreises, der in Ruhe das Charakter einer amodalen Ergänzung hatte, ^(analog im Sinne von Schott's) bekommt eine besondere Evidenz, da er durch die Bewegung des Rechtecks sukzessiv direkt sichtbar erscheint (zyklische Totalisierung)

b) Ein Beispiel der Trennung einer einheitlichen Figur infolge der Tendenz zur kinetischen Homogenität der Grenzen, bietet Fig. 8

Hier (In Ruhe nimmt man eine einheitliche Figur wahr; in Bewegung entstehen durch die kinetische Heterogenität der Grenzen zwei überlagerte Figuren, ähnlich wie im Fall a). In diesem Fall aber war ausser der Ergänzung des Kreises auch die Ergänzung des Rechteckes notwendig. (Infolge der notwendigen Kürze geben wir nur Beispiele der Erscheinungen, die durch Rotationsbewegung entstehen. ^{entsprechende} ~~derselben~~ Erscheinungen kann man aber mit translatorischer Bewegung demonstrieren. ^{erzeugen})

Es gibt aber auch Fälle, wo

~~Nun~~ wollen wir einen Fall betrachten wo, trotz der kinetischen Heterogenität der Grenzen keine Reorganisierung stattfindet.

Wenn Vorlage 9 um den Mittelpunkt des Kreisbogens langsam rotiert, wird ganz einfach ein rotieren der Halbkreis gesehen.

Ich behaupte ^{dass} Es ^{hier} handelt sich nicht um einen Ausnahmefall, ^{handelt} wo die Tendenz zur kinetischen Homogenität der Grenzen fehlen würde, sondern um einen Tatbestand wo die genannte Tendenz sich nicht durchzusetzen vermag, da sie ~~Erfordernisse~~ ^{stellt} die vom energetischen Standpunkt zu kostspielig sind. Ein ~~Trennung~~ ^{Erfordernis} der Grenze in zwei kinetisch homogener Teilen würde die Ergänzung beider Teilen ~~forderer~~ ^{fordern}, deren der eine sich eines Bereiches des Grundes aneignen sollte, der bewegt wahrgenommen werden sollte. Dazu sollte sich diese Ergänzung auf einen Teil stützen, der Keineswegs die ~~Form~~ ^{Form} der Ergänzungsfigur bestimmen kann.

Die vorliegende Deutung findet eine Bestätigung in der Tatsache dass, wenn man die Vorlage so ~~ändert~~ ^{ändert}, dass die ~~Ergänzungsbedürftige~~ ^{Ergänzungsbedürftige}

X = Kontur relativ kleiner und bestimmter wird, ^(Vorl. Figur 10) oder so, dass man die kinetisch unwirksamen Grenzen, die sich von den kinetisch aktiven Grenzen ^{und sich zur Ergänzung} zu trennen ^(Fig. 11) tendieren, vervielfacht, ^{die} setzt sich bei den meisten Versuchspersonen die Tendenz zur kinetischen Homogenität der Grenzen durch.

X ^{die Figuren} Als letzten Beispiel wählen wir eine Reizkonstellation die nicht dem künstlichen experimentellen Rustzeng gehört sondern sich den Tatbeständen des gewonlichen Lebens annähert. Ein Gegenstand bewegt sich ~~in~~ ⁱⁿ einem Felde von unregelmässigen und unregelmässig aufemandergelagerten Dingen besetzt. (Fig. 11). Auf der Netzhaut ändert sich durch die Verschiebung die Topographie der verschieden gereizten Flächen: einige wachsen, andere schrumpfen, andere schrumpfen zuerst und dann ⁱⁿ Wachsen, ^{u. s. w.}

er wird ruhend wahrgenommen, wenn, und nur wenn, der Teil des Ran des, der der Bahn eines Punktes nicht entspricht, phänomenal einem anderen (figuralen) Bereich angehört, der folglich notwendig bewegt wahrgenommen wird.

Es ist vielleicht besser, den letzten Punkt mit einem Beispiel zu erklären. Fig. 5 wird gewöhnlich als einen schwarzen Streifen mit zwei darauf angebrachten weissen Kreissektoren beschrieben. Wenn man sie um den Mittelpunkt der beiden Kreisbogen der Sektoren langsam rotieren lässt, sieht man zwei keilartige Gebilden die auf einem ruhenden Kreis rotieren. Durch eine Umstrukturierung sind neue Gebilde Zustände gekommen deren Ränder als Kinetisch homogen beschrieben werden können: da der Kreis um seinen Mittelpunkt (phy sisch) rotiert, entsprechen seine (modal oder amodal wahrgenommene) Ränder der Bahn eines Punktes, während sämtliche Ränder der zwei keilartigen Gebilden der Bahn eines Punktes nicht entsprechen (1). Es liegt nahe die Hypothese einer Tendenz zur kinetischen Homogenität der Ränder aufzustellen, die eine ganze Klasse von Bewegungs wahrnehmungsphänomene zu erklären verspricht.

Wir wollen zuerst den Sinn des Begriffes der kinetischen Homo genität zu präzisieren versuchen.

Auf welchem Grund unterscheiden sich am Niveau des Sinnesor- ganes die der Bahn eines Punktes entsprechenden und nicht entspre- chenden Ränder?

Es ist übliche, dass die physische Bewegung nicht direkt als Reiz wirksam ist, und dass die physisch bewegten Gegenstände nur

(1) Wenn die Vorlage anstatt rotieren sich in der Richtung ihrer Länge bewegt entsteht die in Fig. 5a angedeutete Umstrukturie- rung.

Reizungsänderungen bewirken können, die sich nur als Ausdehnungen oder Schrumpfungen quasihomogen gereizter Flächen geltend machen können. Diese durch physisch bewegten Gegenstände verursachte topographische Reizungsänderung kann auch als Verlagerung der Grenzen, und zwar der Reizungssprünge zwischen verschiedenen gereizten retinalen Flächen beschrieben werden.

Wenn wir uns nun, der in einem kurzen Bericht notwendigen Einfachheit halber, an dem künstlichen Fall einer einäugigen Beobachtung mit unbewegtem Auge beschränken, können wir gleich einsehen, wie sich die der Bahn eines Punktes entsprechenden, und nicht entsprechenden Ränder eines bewegten Gegenstandes am Niveau der Netzhaut unterscheiden: die ersten verlagern sich ganz einfach nicht, während sich die zweiten verlagern.

Der Unterschied bewährt sich also auch am Netzhautniveau. Man sieht aber gleich ein, dass man auf diesem Niveau keine Möglichkeit hat, die Reizung der, der Bahn eines Punktes entsprechenden Ränder eines bewegten Gegenstandes von der Reizung der Ränder eines unbewegten Gegenstandes, zu unterscheiden; da die beiden Reizungen die selbe Wirkung ausüben. So bekommt die Hypothese der Tendenz zur Homogenität der Ränder eine erweiterte, viel allgemeinere Bedeutung. Nun wollen wir den Erklärungswert der Tendenz zur kinetischen Homogenität der Ränder an einige Beispiele demonstrieren.

Von den drei unterschiedenen Hauptfällen bieten die zwei ersten keine besondere Schwierigkeit, da in beiden Fällen (Fig. 1 und Fig. 6) die Ränder kinetisch homogen sind und deshalb keinen Anlass zu einer Umgestaltung geben.

Für den dritten wichtigen Hauptfall, wo nur ein Teil des Randes eines physisch bewegten, optisch homogenen Bereiches mit der Bahn eines Punktes (des selben Bereiches) übereinstimmt, ist es an

gemessen einige Spezialfälle zu untersuchen, und zwar

a) Fig. 7. In Ruhe bewirken die Reizungsbedingungen das Entstehen der Wahrnehmung einer zweifarbigen Figur oder zweier überlegten Figuren, und zwar eines durch einen Rechteck halb bedekten Kreises. Wenn aber der abgebildete Gegenstand um den Mittelpunkt des Kreisbogens rotiert, entsteht nach der Homogenitäts Hypothese Grenzenwettstreit, da während sich die Kreisförmige Grenze als Bahnhomogen auf der Netzhaut nicht verschiebt und keinen Wechsel in der Reiztopographie bewirkt, verschieben sich die geraden Grenzen fortwährend. So entsteht durch die Bewegung, infolge der Tendenz zur kinetischen Homogenität der Grenzen notwendig die Struktur 2, gleichfalls ob in Ruhe die erste oder die zweite Struktur entstanden war: im ersten Fall bildet sich die Wahrnehmungsstruktur um, im zweiten Fall findet keine Reorganisierung statt; nur der ergänzte Teil des Kreises, der in Ruhe das Charakter einer amodalen Ergänzung hatte, bekommt eine besondere Evidenz, da er durch die Bewegung des Rechtecks sukzessiv direkt sichtbar erscheint (zyklische Totalisierung).

b) Ein Beispiel der Trennung einer einheitlichen Figur infolge der Tendenz zur kinetischen Homogenität der Grenze bietet Fig. 8. In Ruhe nimmt man eine einheitliche Figur wahr; in Bewegung entstehen durch die kinetische Heterogenität der Grenzen zwei überlegte Figuren, ähnlich wie in Fig. 7. In diesem Fall aber ist ausser der Ergänzung des Kreises auch die Ergänzung des Rechteckes notwendig. (Infolge der notwendigen Kürze geben wir nur Beispiele der Erscheinungen die durch Rotationsbewegung entstehen).

c) Nun wollen wir einen Fall betrachten wo, trotz der kinetischen Heterogenität der Grenzen keine Reorganisierung stattfindet.

Wenn Vorlage 8 um den Mittelpunkt des Kreisbogens langsam rotiert, wird ganz einfach ein rotierender Halbkreis gesehen.

Es handelt sich nicht um einen Ausnahmefall, wo die Tendenz zur kinetischen Homogenität der Grenzen fehlen würde, sondern um einen Tatbestand wo die genannte Tendenz sich nicht durchzusetzen vermag, da sie Erfordernisse stellt die vom energetischen Standpunkt zu kostspielig sind. Eine Trennung der Grenze in zwei kinetisch homogenen Teilen würde die Ergänzung beider Reilen fordern, deren der eine sich eines Bereiches des Grundes aneignen sollte, der bewegt wahrgenommen werden sollte. Dazu sollte sich diese Ergänzung auf einen Teil stützen, der Keineswegs die form der Ergänzungsfigur bestimmen kann.

Die vorliegende Beutung findet eine Bestätigung in der Tatsache dass, wenn man die Vorlage so ändert, dass die ergänzungsbedürftige Kontur relativ kleiner und bestimmter wird (Fig. 9), oder so, dass man die kinetisch unwirksamen Grenzen, die sich von den kinetisch aktiven Grenzen zu trennen und sich zu ergänzen/ tendieren, vervielfacht (Fig. 10), setzt sich bei den meisten Versuchspersonen die Tendenz zur kinetischen Homogenität der Grenzen durch.

d) Als letzten Beispiel wählen wir eine Reizkonstellation die nicht dem künstlichen experimentellen Rustzeug gehört sondern sich den Tatbeständen des gewonlichen Lebens annähert. Ein Gegenstand bewegt sich in einem Felde von unregelmässigen und unregelmässig überlegten Dingen besetzt (Fig. 11). Auf der Netzhaut ändert sich durch die Verschiebung die Topographie der verschieden gereizten Flächen: einige wachsen, andere schrumpfen, andere schrumpfen zuerst und dann Wachsen, u.s.w.

Die retinale Fläche die der Reizung des bewegten Gegenstandes entspricht schrumpft von einer Seite und wächst von der anderen. Es kann vorkommen dass die Form konstant bleibt, aber oft ändert sich auch die Form. Die Lage, die die verschiedenen Grenzen sukzessiv annehmen, würde verschiedene statische Organisationen hervorbringen; aber in der zeitlichen Dimension unterscheiden sich stetig ruhende Grenzen (die sich doch auf der Retina ändern, in dem sie durch Deckung verschwinden oder neu entstehen, genau wie in den Fällen von "Scheinruhe") und Wandernde, sich verlagernde Grenzen. Auch in diesem Fall trennen sich die heterogenen Grenzen und bildet sich, auf Grund der Tendenz zur kinetischen Homogenität der Ränder, und der schon in Ruhe wirkenden Wertheimerschen Gestaltfaktoren, die Einheit des sich bewegenden Gegenstandes.

Die Scheinruhe, die als interessante Merkwürdigkeit der optischen Wahrnehmung gelten konnte, erscheint nun an ihrer richtigen Stelle als Spezialfall, in dem allgemein wirksame Prozesse augenscheinlich werden, die gewöhnlich unbeachtet bleiben.

BIBLIOGRAPHIE

- G. BEJOR - La totalizzazione percettiva in campo rotante, Contributi scientifici dell'Istituto di Psicologia dell'Università di Padova, Serie II, 1, 1947.
- F. METELLI - Ricerche sperimentali sulla percezione del movimento; Rivista di Psicologia, 36, 1940.
- Morfologia dei fenomeni di completamento nella percezione visiva, in "Gestalthaftes Sehen", Ergebnisse und Aufgaben der Morphologie, Zum hundertjährigen Geburtstag von Christian von Ehrenfels, Darmstadt, 1960.
 - Scheinruhe und Ergänzungerscheinungen Proceedings of the XVIth International Congress of Psychology, Bonn 1960.
 - Repos apparent et phénomènes de "totalisation cyclique" dans la perception visuelle, Journal de Psychologie normale et pathologique, vol. 61, 1964, pag.2-38.
- C.L.MUSATTI - Forma e movimento, Atti Istituto Veneto di SS.LL.AA. vol. 97, 1937.
- G. PETTER - Nuove ricerche sperimentali sulla totalizzazione percettiva, Rivista di Psicologia, 1956.
- O. PRATURLON - La quiete apparente nel movimento di traslazione, Contributi scientifici dell'Istituto di Psicologia dell'Università di Padova, Serie II, 1, 1947.
- H.WERNER und A.WILDHAGEN - Wahrnehmungsversuche, Fortschrittsberichte des psychologischen Institutes der Universität Hamburg, 1928.
- W. WITTMANN - Ueber das Sehen von Scheinbewegungen und Scheinkörpern, Leipzig, 1921.

EXTRA STRONG

F. METELLI (Padova)

ZUR THEORIE DER OPTISCHEN BEWEGUNSWAHRNEMUNG

Unter den notwendigen Bedingungen der optischen Bewegungswahrnehmung scheint die Inhomogenität des optischen Feldes einer Analyse würdig zu sein.

Es ist eine übliche Behauptung, dass in einem vollständig homogenen optischen Felde keine Bewegungswahrnehmung stattfinden kann. Es genügt aber nicht, dass das optische Feld inhomogen sei, damit sich eine physische Bewegung (1) in eine optische Bewegungswahrnehmung umsetzt: eine Gruppe konzentrischer Kreise, die sämtlich vollkommen chromatisch homogen sind, und um das gemeinsame Zentrum rotieren (Fig. 1), kann keine Bewegungswahrnehmung verursachen; und dasselbe gilt für ein Bündel paralleler Geraden, die das ganze Gesichtsfeld durchqueren und sich in der Richtung ihrer Länge bewegen (Fig. 2).

Die Inhomogenitätsbedingung, die für die optische Bewegungswahrnehmung notwendig erscheint, ^{betrifft} also die Punkt-Bahn Beziehung. Es kann ^{restlos} also gerechtfertigt erscheinen, folgende allgemeine Sätze abzuleiten:

1. Ein physisch bewegter Punkt, der mit allen, bewegten oder unbewegten Punkten seiner Bahn chromatisch übereinstimmt, kann nicht als bewegt wahrgenommen werden.

2. Ein physisch bewegter Punkt, der nicht mit allen, bewegten oder unbewegten Punkten seiner Bahn chromatisch übereinstimmt, kann nicht fortwährend in Ruhe wahrgenommen werden.

(1) Wenn hier von physischer Bewegung gesprochen wird, werden nur solche Bewegungen in Erwägung gezogen, deren Geschwindigkeit sich innerhalb der Schwellen der Bewegungswahrnehmung befindet.

Es ist aber leicht, Tatsachen zu finden, die beiden obigen Sätzen widersprechen: ein homogenes, um den Schnittpunkt der Diagonalen mit nicht zu grosser Geschwindigkeit rotierendes Quadrat (Fig. 3a), rotiert phänomenal als ganze Figur, obwohl die Punkte der vom Inkreis begrenzten Fläche (Fig. 3b) den Bedingungen des Satzes 1 entsprechen; sämtliche Punkte eines farbig homogenen, von einem schmalen andersfarbigen Rechteck durchquerten, um seinen Zentralpunkt rotierenden Kreises (Fig. 4) werden als ruhend wahrgenommen, obwohl sie den Bedingungen des Satzes 2 entsprechen.

Es gibt nämlich keine Möglichkeit, allgemeine Sätze über phänomenale Ruhe und Bewegung für einzelne, physisch bewegte Punkte, zu formulieren: der einzelne Punkt folgt dem Schicksal des phänomenalen Ganzen, dem er angehört, und es sind die figuralen Eigenschaften eines physisch bewegten Gegenstandes, die entscheiden, ob er bewegt oder ruhend wahrgenommen wird.

Die Resultate experimenteller Untersuchungen über Ruhe und Bewegung physisch bewegter Gegenstände geben Anlass zu einer ganz andersartigen allgemeinen Formulierung, in der die wichtige Punkt-Bahn-Beziehung ihren richtigen Platz findet. Ein physisch bewegter, optisch homogener Bereich, der mit den angrenzenden Teilen des optischen Feldes chromatisch nicht übereinstimmt, wird, je nach den Eigenschaften seiner Grenzen, bewegt oder ruhend wahrgenommen, und zwar:

1. Wenn der Rand der Bahn eines Punktes entspricht, wird der Bereich ruhend wahrgenommen;
2. Wenn kein Teil des Randes, der Bahn eines Punktes entspricht, wird der Bereich bewegt wahrgenommen;
3. Wenn ein Teil des Randes der Bahn eines Punktes entspricht, kann der Bereich entweder ruhend oder bewegt wahrgenommen werden;

er wird ruhend wahrgenommen, wenn, und nur wenn, der Teil des Randes, der der Bahn eines Punktes nicht entspricht, phänomenal einem anderen (figuralen) Bereich angehört, der folglich notwendig bewegt wahrgenommen wird.

Es ist vielleicht besser, den letzten Punkt mit einem Beispiel zu erklären. Fig. 5 wird gewöhnlich als einen schwarzen Streifen mit zwei darauf angebrachten weissen Kreissektoren beschrieben. Wenn man sie um den Mittelpunkt der beiden Kreisbogen der Sektoren langsam rotieren lässt, sieht man zwei keilartige Gebilde die auf einem ruhenden Kreis rotieren. Durch eine Umstrukturierung sind *also* neue Gebilde Zustände gekommen deren Ränder als Kinetisch homogen beschrieben werden können: da der Kreis um seinen Mittelpunkt (physisch) rotiert, entsprechen seine (modal oder amodal wahrgenommene) Ränder der Bahn eines Punktes, während sämtliche Ränder der zwei keilartigen Gebilde der Bahn eines Punktes nicht entsprechen (1). Es liegt nahe die Hypothese einer Tendenz zur kinetischen Homogenität der Ränder aufzustellen, die eine ganze Klasse von Bewegungs wahrnehmungsphänomene zu erklären verspricht.

Wir wollen zuerst den Sinn des Begriffes der kinetischen Homogenität zu präzisieren versuchen.

Auf welchem Grund unterscheiden sich am Niveau des Sinnesorgans die der Bahn eines Punktes entsprechenden und nicht entsprechenden Ränder?

Es ist üblich, dass die physische Bewegung nicht direkt als Reiz wirksam ist, und dass die physisch bewegten Gegenstände nur

(1) Wenn die Vorlage anstatt rotieren sich in der Richtung ihrer Länge bewegt entsteht die in Fig. 5a angedeutete Umstrukturierung.

Reizungsänderungen bewirken können, die sich nur als Ausdehnungen oder Schrumpfungen quasihomogen gereizter Flächen geltend machen können. Diese durch physisch bewegten Gegenstände verursachte topographische Reizungsänderung kann auch als Verlagerung der Grenzen, und zwar der Reizungsprünge zwischen verschiedenen gereizten retinalen Flächen beschrieben werden.

Wenn wir uns nun, der in einem kurzen Bericht notwendigen Einfachheit halber, an dem künstlichen Fall einer einäugigen Beobachtung mit unbewegtem Auge beschränken, können wir gleich einsehen, wie sich die der Bahn eines Punktes entsprechenden, und nicht entsprechenden Ränder eines bewegten Gegenstandes am Niveau der Netzhaut unterscheiden: die ersten verlagern sich ganz einfach nicht, während sich die zweiten verlagern.

Der Unterschied bewährt sich also auch am Netzhautniveau. Man sieht aber gleich ein, dass man auf diesem Niveau keine Möglichkeit hat, die Reizung der, der Bahn eines Punktes entsprechenden Ränder eines bewegten Gegenstandes, von der Reizung der Ränder eines unbewegten Gegenstandes, zu unterscheiden; da die beiden Reizungen die selbe Wirkung ausüben. So bekommt die Hypothese der Tendenz zur Homogenität der Ränder eine erweiterte, viel allgemeinere Bedeutung. Nun wollen wir den Erklärungswert der Tendenz zur kinetischen Homogenität der Ränder an einige Beispiele demonstrieren.

Von den drei unterschiedenen Hauptfällen bieten die zwei ersten keine besondere Schwierigkeit, da in beiden Fällen (Fig. 1 und Fig. 6) die Ränder kinetisch homogen sind und deshalb keinen Anlass zu einer Umgestaltung geben.

Für den dritten wichtigen Hauptfall, wo nur ein Teil des Randes eines physisch bewegten, optisch homogenen Bereiches mit der Bahn eines Punktes (des selben Bereiches) übereinstimmt, ist es an

gemessen einige Spezialfälle zu untersuchen, und zwar

a) Fig. 7. In Ruhe bewirken die Reizungsbedingungen das Entstehen der Wahrnehmung einer zweifarbigen Figur oder zweier überlegten Figuren, und zwar eines durch einen Rechteck halb bedekten Kreises. Wenn aber der abgebildete Gegenstand um den Mittelpunkt des Kreisbogens rotiert, entsteht nach der Homogenitäts Hypothese Grenzenwettstreit, da während sich die Kreisförmige Grenze als Bahnhomogen auf der Netzhaut nicht verschiebt und keinen Wechsel in der Reiztopographie bewirkt, verschieben sich die geraden Grenzen fortwährend. So entsteht durch die Bewegung, infolge der Tendenz zur kinetischen Homogenität der Grenzen notwendig die Struktur 2, gleichfalls ob in Ruhe die erste oder die zweite Struktur entstanden war: im ersten Fall bildet sich die Wahrnehmungsstruktur um, im zweiten Fall findet keine Reorganisierung statt; nur der ergänzte Teil des Kreises, der in Ruhe das Charakter einer amodalen Ergänzung hatte, bekommt eine besondere Evidenz, da er durch die Bewegung des Rechtecks sukzessiv direkt sichtbar erscheint (zyklische Totalisierung).

b) Ein Beispiel der Trennung einer einheitlichen Figur infolge der Tendenz zur kinetischen Homogenität der Grenze bietet Fig. 8. In Ruhe nimmt man eine einheitliche Figur wahr; in Bewegung entstehen durch die kinetische Heterogenität der Grenzen zwei überlegte Figuren, ähnlich wie in Fig. 7. [In diesem Fall aber ist ausser der Ergänzung des Kreises auch die Ergänzung des Rechteckes notwendig.] (Infolge der notwendigen Kürze geben wir nur Beispiele der Erscheinungen die durch Rotationsbewegung entstehen).

c) Nun wollen wir einen Fall betrachten wo, trotz der kinetischen Heterogenität der Grenzen keine Reorganisierung stattfindet.

Wenn Vorlage 8 um den Mittelpunkt des Kreisbogens langsam rotiert, wird ganz einfach ein rotierender Halbkreis gesehen.

Es handelt sich nicht um einen Ausnahmefall, wo die Tendenz zur kinetischen Homogenität der Grenzen fehlen würde, sondern um einen Tatbestand wo die genannte Tendenz sich nicht durchzusetzen vermag, da sie Erfordernisse stellt die vom energetischen Standpunkt zu kostspielig sind. Eine Trennung der Grenze in zwei kinetisch homogenen Teilen würde die Ergänzung beider Reilen fordern, deren der eine sich eines Bereiches des Grundes aneignen sollte, der bewegt wahrgenommen werden sollte. Dazu sollte sich diese Ergänzung auf einen Teil stützen, der Keineswegs die form der Ergänzungsfigur bestimmen kann.

Die vorliegende Deutung findet eine Bestätigung in der Tatsache dass, wenn man die Vorlage so ändert, dass die ergänzungsbedürftige Kontur relativ kleiner und bestimmter wird (Fig. 9), oder so, dass man die kinetisch unwirksamen Grenzen, die sich von den kinetisch aktiven Grenzen zu trennen und sich zu ergänzen/ tendieren, vervielfacht (Fig. 10), setzt sich bei den meisten Versuchspersonen die Tendenz zur kinetischen Homogenität der Grenzen durch.

d) Als letzten Beispiel wählen wir eine Reizkonstellation die nicht dem künstlichen experimentellen Rustzeug gehört sondern sich den Tatbeständen des gewonlichen Lebens annähert. Ein Gegenstand bewegt sich in einem Felde von unregelmässigen und unregelmässig überlegten Dingen besetzt (Fig. 11). Auf der Netzhaut ändert sich durch die Verschiebung die Topographie der verschieden gereizten Flächen: einige wachsen, andere schrumpfen, andere schrumpfen zuerst und dann Wachsen, u.s.w.

Die retinale Fläche die der Reizung des bewegten Gegenstandes entspricht schrumpft von einer Seite und wächst von der anderen. Es kann vorkommen dass die Form konstant bleibt, aber oft ändert sich auch die Form. Die Lage, die die verschiedenen Grenzen sukzessiv annehmen, würde verschiedene statische Organisationen hervorbringen; aber in der zeitlichen Dimension unterscheiden sich stetig ruhende Grenzen (die sich doch auf der Retina ändern, in dem sie durch Deckung verschwinden oder neu entstehen, genau wie in den Fällen von "Scheinruhe") und Wandernde, sich verlagernde Grenzen. Auch in diesem Fall trennen sich die heterogenen Grenzen und bildet sich, auf Grund der Tendenz zur kinetischen Homogenität der Ränder, und der schon in Ruhe wirkenden Wertheimerschen Gestaltfaktoren, die Einheit des sich bewegenden Gegenstandes.

Die Scheinruhe, die als interessante Merkwürdigkeit der optischen Wahrnehmung gelten konnte, erscheint nun an ihrer richtigen Stelle als Spezialfall, in dem allgemein wirksame Prozesse augenscheinlich werden, die gewöhnlich unbeachtet bleiben.

F. METELLI (Padova)

ZUR THEORIE DER OPTISCHEN BEWEGUNGSWAHRNEHMUNG

Unter den notwendigen Bedingungen der optischen Bewegungswahrnehmung scheint die Inhomogenität des optischen Feldes einer Analyse würdig zu sein.

Es ist eine übliche Behauptung, dass in einem vollständig homogenen optischen Felde keine Bewegungswahrnehmung stattfinden kann. Es genügt aber nicht, dass das optische Feld inhomogen sei, damit sich eine physische Bewegung (1) in eine optische Bewegungswahrnehmung umsetzt: eine Gruppe konzentrischer Kreise, die sämtlich vollkommen chromatisch homogen sind, und um das gemeinsame Zentrum rotieren, ^{(Fig. 1) kann} ~~können~~ keine Bewegungswahrnehmung verursachen; und dasselbe gilt für ein Bündel paralleler Geraden, die das ganze Gesichtsfeld durchqueren und sich in der Richtung ihrer Länge bewegen. ^(Fig. 2)

* ~~Aus den vorher erwähnten Tatsachen kann es gerechtfertigt erscheinen,~~ folgende allgemeine Sätze abzuleiten:

1. Ein physisch bewegter Punkt, der mit allen, bewegten oder unbewegten Punkten seiner Bahn chromatisch übereinstimmt, kann nicht als bewegt wahrgenommen werden.

2. Ein physisch bewegter Punkt, der nicht mit allen, bewegten oder ~~unbewegten~~ Punkten seiner Bahn chromatisch übereinstimmt, kann nicht fortwährend in Ruhe wahrgenommen werden.

Es ist aber leicht, Tatsachen zu finden, die beiden obigen Sätzen widersprechen: ein homogenes, um den Schnittpunkt ~~der Schnittpunkt~~ der Diagonalen mit nicht zu grosser Geschwindigkeit rotierendes Quadrat, ^(Fig. 3a) ~~ro~~tiert phänomenal als ganze Figur, obwohl die Punkte der vom Inkreis

(1) Wenn hier von physischer Bewegung gesprochen wird, werden nur solche Bewegungen in Erwägung gezogen, deren Geschwindigkeit sich innerhalb der Schwellen der Bewegungswahrnehmung befindet.

(Fig. 3b)
 begrenzten Fläche den Bedingungen des Satzes 1 entsprechen; sämtliche Punkte eines farbig homogenen, von einem schmalen andersfarbigen Rechteck durchquerten, um seinen Zentralpunkt rotierenden Kreises ^(Fig. 4) werden als ruhend wahrgenommen, obwohl sie den Bedingungen des Satzes 2 entsprechen.

Es gibt nämlich keine Möglichkeit, allgemeine Sätze über phänomenale Ruhe und Bewegung für einzelne, physisch bewegte Punkte, zu formulieren: der einzelne Punkt folgt dem Schicksal des phänomenalen Ganzen, dem er angehört, und es sind die figuralen Eigenschaften eines physisch bewegten Gegenstandes, die entscheiden, ob er bewegt oder ruhend wahrgenommen wird.

Die Resultate experimenteller Untersuchungen über Ruhe und Bewegung physisch bewegter Gegenstände geben Anlass zu einer ganz andersartigen allgemeinen Formulierung, in der die wichtige Punkt-Bahn-Beziehung ihren richtigen Platz findet. Ein physisch bewegter, optisch homogener Bereich, der mit den angrenzenden Teilen des optischen Feldes chromatisch nicht übereinstimmt, wird, je nach den Eigenschaften seiner Grenzen, bewegt oder ruhend wahrgenommen, und zwar:

1. Wenn der Rand der Bahn eines Punktes entspricht, wird der Bereich ruhend wahrgenommen;
2. Wenn kein Teil des Randes, der Bahn eines Punktes entspricht, wird der Bereich bewegt wahrgenommen;
3. Wenn ein Teil des Randes der Bahn eines Punktes entspricht, kann der Bereich entweder ruhend oder bewegt wahrgenommen werden; er wird ruhend wahrgenommen, wenn, und nur wenn, der Teil des Randes, der der Bahn eines Punktes nicht entspricht, phänomenal einem anderen (figuralen) Bereich angehört, der folglich notwendig bewegt wahrgenommen wird.

Zur weiteren theoretischen Klärung kommt man, wenn man die obigen Tatsachen durch Berücksichtigung der Reizbedingungen am Niveau des Sinnersorganes zu deuten versucht.

Es ist vielleicht besser, den letzten Punkt mit einem Beispiel zu erklären. ~~einen~~ Fig. 5 wird gewöhnlich als einen *schwarzen* Streifen mit zwei *darauf* angebrachten weissen Kreissektoren beschrieben. Wenn man sie um den Mittelpunkt der beiden Kreisbogen der Sektoren langsam rotieren lässt, sieht man zwei ^(minuscule) Keilartige Gebilden die auf einem ruhenden Kreis rotieren. Durch eine Umstrukturierung sind neue Gebilde Zustände gekommen deren Ränder als Kinetisch homogen beschrieben werden können: da der Kreis um seinen Mittelpunkt (physisch) rotiert, entsprechen seine (modal oder amodal wahrgenommene) Ränder der Bahn eines Punktes, während ^{sämtliche} Ränder der zwei Keilartigen Gebilden der Bahn eines Punktes nicht entsprechen. ⁽¹⁾ Es liegt nahe die Hypothese einer Tendenz zur kinetischen Homogenität der Ränder auf- zu stellen, die eine ganze Klasse von Bewegungswahrnehmungsphänomene zu erklären verspricht.

Wir wollen zuerst den Sinn des Begriffes der kinetischen Homogenität zu *m* präzisieren versuchen.

~~Wie bewährt sich die Verschiedenheit~~ Auf welchem *m* Grund unterscheiden sich am Niveau des Sinnesorganes die der Bahn eines Punktes entsprechenden und nicht entsprechenden Ränder?

Es ist üblich, dass die physische Bewegung nicht direkt als Reiz wirksam ist, und dass die physisch bewegten Gegenstände nur Reizungsänderungen bewirken können, die sich ^{nur} ~~als~~ als Ausdehnungen oder Schrumpfungen quasihomogen gereizter Flächen geltend machen können. Diese durch physisch bewegten ^(Gegenstände) Gegenstände verursachte topografische Reizungsänderung kann auch als Verlagerung der Grenzen, und zwar der Reizungssprünge zwischen verschieden gereizten retinalen Flächen beschrieben werden.

Wenn wir uns nun, der in einem kurzen Bericht notwendigen Einfachheit halber, an dem künstlichen Fall einer ~~einmaligen~~ Beobachtung mit unbewegtem Auge beschränken, können wir gleich einsehen, wie *nich* die der Bahn eines Punktes entsprechenden, und nicht entsprechenden

(1) Wenn die Vorlage anstatt rotieren zu werden sich in der Richtung ihrer Länge bewegt entsteht die in Fig. 5a angewandete Uhr-
Uhrakurierung 34

Ränder eines bewegten Gegenstande ~~sich~~ am Niveau der Netzhaut unter scheiden: die ~~ersten~~ ersten verlagern sich ganz einfach nicht, während sich die zweiten verlagern.

Der Unterschied bewährt sich also auch am Netzhautniveau. Man ~~nicht~~ ^{nicht} aber gleich, ~~sein~~ ^{sein} dass man auf diesem Niveau keine Möglichkeit hat, die Reizung der, der Bahn eines Punktes entsprechenden Ränder eines bewegten Gegenstandes von der Reizung der Ränder eines unbewegten Gegenstandes, zu unterscheiden; da die beiden Reizungen die selbe Wirkung ausüben. So bekommt die Hypothese der Tendenz ^{zur} Homogenität der Ränder eine erweiterte, viel allgemeinere Bedeutung, ^{Nun wollen wir} den Erklärungs- ^{untersuchen} wert der Tendenz zur kinetischen Homogenität der Ränder an ~~a~~ einige Beispiele demonstrieren.

Von den drei unterschiedenen Hauptfällen ~~bieten~~ ^{haben} die zwei ersten keine besondere Schwierigkeit; ^{da in beiden Fällen (Fig. 1 und Fig. 6) die Ränder kinetisch homogen sind und deshalb keinen}

1. Im ersten Hauptfall, wo der ganze Rand eines physisch bewegten, optisch homogenen Bereiches mit der Bahn eines Punktes überein ^{stimmt} ~~stimmt~~, sind ~~sämtliche~~ ^{alle} Grenzen zwischen verschiedenen gereizten retinalen Flächen unbewegt im Phänomenalen. Da es keine Reizungsan ^{und es gibt kein Grund für eine Umbildung der Gestalt} derung gibt, gibt ^{es} auch kein Grund für eine Bewegungswahrnehmung. ^{Man stellt sich}

2. Im zweiten Hauptfall, wo kein Teil des Randes des bewegten Bereiches mit der Bahn eines Punktes ["] übereinstimmt, verschieben sich ^{entsprechend auf der Netzhaut} ~~sämtliche~~ Grenzen zwischen den verschieden gereizten retinalen Flächen; ~~a~~ deshalb sind auch in diesem Fall ~~sämtliche~~ ^{alle} Grenzen kinetisch homogen und es gibt auch hier kein Grund für eine phänomenale Umbildung. Im Gegenteil haben wir in diesem Fall eine kontinuierliche Reizungsänderung, und deshalb, wenn die zeitlichen Reizungsbedingungen adäquat sind, folgt das ganze Bereich dem Schicksal seiner Grenzen, und es entsteht phänomenale Bewegung. Fig. 6

3. Für den dritten wichtigen Hauptfall, wo nur ein Teil des Randes eines physisch bewegten, optisch homogenen Bereiches mit der

3

Bahn eines Punktes (des selben Bereiches) ~~xx~~ übereinstimmt, ist es angemessen einige ~~Beispiele in Betracht zu ziehen~~, und zwar

a) Fig. 7. In Ruhe bewirken die Reizungsbedingungen das Entstehen der Wahrnehmung (1) einer zweifarbigen Figur oder (2) zweier überlagerten Figuren, ~~ein~~ ^{gelegten} ~~und zwar nur~~ ^{und zwar nur} eines durch ein Rechteck halb bedeckten Kreises. Wenn aber der abgebildete Gegenstand um den Mittelpunkt des Kreisbogens rotiert, entsteht nach der Homogenitäts Hypothese ~~Grenzen~~ ^{nicht} wettstreit, da während die kreisförmige Grenze als Bahnhomogen ~~sich~~ auf der Netzhaut nicht verschiebt und keinen Wechsel in der Reiztopographie bewirkt, verschieben sich die geraden Grenzen fortwährend. So entsteht durch die Bewegung, infolge der Tendenz zur kinetischen Homogenität der Grenzen notwendig die Struktur 2, gleichfalls ob in Ruhe die erste oder die zweite Struktur entstanden war: im ersten ~~oder zweiten Fall~~ ^{findet} bildet sich die Wahrnehmungsstruktur um, im zweiten Fall ereignet sich keine Reorganisierung; nur der ergänzte Teil des Kreises, der in Ruhe das Charakter einer amodalen Ergänzung hatte, bekommt eine besondere Evidenz, da er durch die Bewegung des Rechtecks sukzessiv direkt sichtbar erscheint (zyklische Totalisierung)

b) Ein Beispiel der Trennung einer einheitlichen Figur infolge der Tendenz zur kinetischen Homogenität der Grenzen bietet Fig. 8. In Ruhe nimmt man eine einheitliche Figur wahr; in Bewegung entstehen durch die kinetische Heterogenität der Grenzen zwei überlagerte Figuren, ~~ähnlich wie in Fall a)~~ ^{im Fall a)}. In diesem Fall aber war ausser der Ergänzung des Kreises auch die Ergänzung des Rechteckes notwendig. (Infolge der notwendigen Kürze geben wir nur Beispiele der Erscheinungen die durch Rotationsbewegung entstehen).

36

c) Nun wollen wir einen Fall betrachten wo, trotz der kinetischen Heterogenität der Grenzen keine Reorganisierung stattfindet. Wenn Vorlage **8** um den Mittelpunkt des Kreisbogens langsam rotiert, wird ganz einfach ein rotieren der Halbkreis gesehen.

Es handelt sich nicht um einen Ausnahmefall, wo die Tendenz zur kinetischen Homogenität der Grenzen fehlen würde, sondern um einen Tatbestand wo die genannte Tendenz sich nicht durchzusetzen vermag, da sie Erfordernisse stellt die vom energetischen Standpunkt zu kostspielig sind. Eine Trennung der Grenze in zwei kinetisch homogenen Teilen würde die Ergänzung beider Teilen fordern, deren der eine sich eines Bereiches des Grundes aneignen sollte, der bewegt wahrgenommen werden sollte. Dazu sollte sich diese Ergänzung auf einen Teil stützen, der Keineswegs die form der Ergänznugsfigur bestimmen kann.

Die vorliegende Deutung findet eine Bestätigung in der Tatsache dass, wenn man die Vorlage so ändert, dass die ergänzungsbedürftige Kontur relativ kleiner und bestimmter wird, ^(Fig. 9) oder so, dass man die kinetisch unwirksamen Grenzen, die sich von den kinetisch aktiven Grenzen zu trennen ^{und sich zu ergänzen} tendieren, vervielfacht, ^(Fig. 10) setzt sich bei den meisten Versuchspersonen die Tendenz zur kinetischen Homogenität der Grenzen durch.

d) Als letzten Beispiel wählen wir eine Reizkonstellation die nicht dem künstlichen experimentellen Rustzeug gehört sondern sich den Tatbeständen des gewonlichen Lebens annähert. Ein Gegenstand bewegt sich in einem Felde von unregelmässigen und unregelmässig ^{überlagerten} aufeinandergelegten Dingen besetzt. (Fig. 11). Auf der Netzhaut ändert sich durch die Verschiebung die Topographie der verschieden gereizten Flächen: einige wachsen, andere schrumpfen, andere schrumpfen zuerst und dann Wachsen, u. s. w.

u. s. w. Die retinale Fläche die der Reizung des bewegten Gegenstandes entspricht schrumpft von einer Seite und wächst von der anderen. Es kann vorkommen dass die Form konstant bleibt, aber oft ändert sich auch die Form. Die Lage, die die verschiedenen Grenzen sukzessiv annehmen, würde verschiedene statische Organisationen hervorbringen; aber in der zeitlichen Dimension unterscheiden sich stetig ruhende Grenzen (die sich doch auf der Retina ändern, in dem sie durch Deckung verschwinden oder neu entstehen, genau wie in den Fällen von "Scheinruhe") und Wandernde, sich verlagernde Grenzen. Auch in diesem Fall trennen sich die heterogenen Grenzen und bildet sich, auf Grund der Tendenz zur kinetischen Homogenität der Ränder, und der schon in Ruhewirkenden Wertheimerschen Gestaltfaktoren, die Einheit des sich bewegenden Gegenstandes.

Die Scheinruhe, die als interessante Merkwürdigkeiten der optischen Wahrnehmung gelten konnte, erscheint nun an ihrer richtigen Stelle als Spezialfall, in allgemein wirksame Prozesse augenscheinlich werden, die gewöhnlich unbeachtet bleiben.

EXTRA STRONG

Fabio Metelli

A Contribution
to the Theory of Motion Perception

Among the conditions of optical motion perception it seems worth while to analyse the inhomogeneity of the optical field.

The assertion that in a completely homogeneous optical field no motion can be perceived is obvious enough. But inhomogeneity of the optical field is not a sufficient condition for a physical motion (1) to result in a perceptual one: a group of concentric circles, which are chromatically homogeneous and rotate around their common center cannot generate any perception of motion (Fig.1) and the same is true of a set of parallel straight lines which move across the entire visual field in the direction of their length (Fig.2)

Fig. 1

Fig. 2

Translated from

Fabio Metelli - ZUR THEORIE DER OPTISCHEN BEWEGUNGSWAHRNEHMUNG
in Bericht über den 24 Kongress der Deutschen Gesellschaft
für Psychologie (Wien 1964) Gottingen 1965.

2.

- (1) We are considering here - and wherever in this paper we speak of physical motion - motion whose speed is inside the limens of motion perception .

Thus inhomogeneity as ~~a necessary~~ ^{required} condition for motion perception seems to concern the point-trajectory relation; therefore the following general statement might be proposed to summarize the relation between physical and optical motion.

- 1) A physically moving point ^{which} is chromatically identical with all, moving or motionless, points of its trajectory cannot be perceived as moving.
- 2) A physically moving point, which is not chromatically equal to all points of its trajectory cannot be steadily perceived as at rest.

On the contrary, it is easy to find facts which contradict the above assertion. A homogeneous square rotating with moderate speed around the point of intersection of its diagonals (Fig. 3) rotates perceptually as a whole figure; nevertheless the points included on and within the largest circle which can be inscribed in the square (Fig. 3 a) correspond to the conditions of statement 1. And all the points included in the circular segments (that is in the dark regions) in Fig. 4 are perceived at rest when the whole figure rotates, although they all correspond to the condition of statement 2.

Fig. 3

Fig. 3 a

Fig. 4

In fact, it is not possible to formulate statements about visual perception of rest and motion in terms of physically moving points: every point follows the destiny of the perceptual unit to which it belongs. The figural properties of a physically moving object decide whether it will be perceived as moving or resting.

To throw some light on the above problem it is useful to analyse a typical phenomenon.

When ~~is~~ Fig. 5 is at rest, it is generally perceived as a bicolored figure. If it rotates slowly around the center of the half circle, a rectangle rotating upon a resting circle is perceived. This phenomenon, which I first analyzed many years ago calling it "apparent rest" was observed originally by Wittmann and then by Werner & Wildhagen^{on} on the Maxwell disk. Such a configuration, however, is not a good starting point for reaching a satisfactory interpretation of the phenomenon.

Fig. 5

Fig. 5 a

Fig. 5 b

(Fig. 5)
Our model has two types of borders: circular and rectilinear. The first corresponds to the trajectory of a point during rotation, while the second does not.

It is clear, that a chromatically homogeneous configuration, having a border of the first type (like a chromatically homogeneous circle rotating around its center), and configurations like Fig. 1 or 2) do not cause any change of stimulation on the retina and are perceived at rest, although physically moving. On the contrary, if the border of^a chromatically homogeneous configuration lacks this quality, motion is, as a rule perceived. We will call borders of the first type "kinetically inactive", and borders of the second type "kinetically active".

In our model (~~Fig. 5~~) one part of the border is "Kinetically active" and the other part "kinetically inactive"; it is therefore kinetically heterogeneous.

When a configuration of this type moves, it is perceptually restructured so that two figures are seen, each having a kinetically homogeneous border.

Fig. 6

Parallel phenomena can be obtained with translatory motion, as f.ex. in the situation described in Fig. 6 (1).

Here the borders coinciding with the trajectory of a point, and which are therefore kinetically inactive, are reatilinear and horizontal, and when the appropriate motion occurs the configuration splits again, into a resting strip and a moving hexagon.

-
- (1) The apparatus is outlined in the figure: a strip of paper running on two cylinders is observed by subjects through a window concealing the cylinders and the motor.

A capo Here too, from a configuration with kinetically heterogeneous borders, two figures have resulted, each of them with kinetically homogeneous borders. Such perceptual restructuring can often be observed (1) and suggests that a general tendency to kinetic homogeneity may be ^{at} work, a principle, which seems to offer the possibility of explaining a whole class of phenomena. But first of all let us try to develop more precisely this concept.

In what way do the kinetically inactive borders (that is borders corresponding to the trajectory of a point) differ from the kinetically active ones, at the level of proximal stimulation? It is a generally accepted notion that physical motion cannot act directly as a stimulus, and that physically moving objects produce only those stimulation changes which appear on the retinal projection as enlargements and contractions of quasi-homogeneously stimulated regions.

However this topographic change of stimulation caused by physical motion can also be described as displacement of borders, that is displacements of the sudden discontinuities of stimulation between differently stimulated regions.

(1) Another example of the same phenomenon is given in Fig. 4; a great number of others are described in (5).

Then, if we limit our discussion to the artificial case of monocular observation with fixation, we can easily see how at the retinal level the kinetically active borders differ from the kinetically inactive ones: the first ones are shifting while the second ones are not.

The difference then appears already at the proximal stimulation. But it is clear that at this level it is not possible to distinguish between the stimulation originated by the kinetically inactive borders of a moving object and the stimulation originated by the borders of resting object, because ^{produce the same effect} they ~~are~~ physically identical. So the distinction between active and inactive borders acquires ~~by definition~~ an extended and more general significance including also the stimulation provided by resting objects.

Now we are ready to analyze some special case. In Fig. 5 the tendency to the kinetic homogeneity of borders ^{may} does not appear with the same clarity for everybody, because the figure, being divided into two subunits, is seen by some subjects already at rest as a circle half covered by ^a rectangle.

For these persons there is not a perceptual restructuring in connection with motion. ~~Only in these cases, the "lacking" part of the circle takes~~
In fact, the hidden part of the circle has, when at rest, the character of an ordinary "amodal" completion (in Michotte's terms). ~~But~~ in motion it acquires a particular ^{perceptual evidence} ~~pregnanz~~ because, due to the apparent rest, the rectangle is perceived as moving in front of the circle, and the latter appears (successively) directly visible (cyclic totalisation, see ~~Fig.~~ 2,3,4,5,7).

Fig. 7

An example of the splitting of a unitary figure, as a consequence of the tendency to the kinetic homogeneity of borders is offered by Fig. 7. Here, at rest, a unitary figure is perceived; with motion, through kinetic inhomogeneity of borders, two superimposed figures appear (as in Fig. 5). ⁽⁴⁾

Fig. 8

There are however also cases where in spite of the kinetic heterogeneity of borders no restructuration takes place. When the model of Fig. 8 rotates slowly, only a rotating half-circle is perceived. I don't think of this as an exception, in which the tendency to kinetic homogeneity of borders is missing, but as a situation where the above tendency would require too much energy to give rise to two kinetically homogeneous figures. A scission of the contour into two kinetically homogeneous parts (circular arc and straight line) would require the completion of both parts; even the line would be required to complete itself as a figure ^(although there is little or no support for the completion of a line) making use of a part of the ground, which latter ought to be perceived in motion, ~~although~~ ^{there} figural

- (4) An analogous effect can be obtained with translatory motion [if two extensions of the same color and the shape of a half circle placed one in front of the other, are added to rectilinearly moving strip.] ₁₂

~~In addition there is little or no support for figural completion of a line.~~

The above interpretation is supported by the experiments outlined in Fig. 9 and 10. In fact, by modifying the model in such a way that either the relative size of the contour to be completed will be smaller and its form more determined (Fig. 9) or the kinetically inactive contours aiming to completion will be multiplied (Fig. 10), the tendency towards kinetic homogeneity of contours prevails.

Fig. 10

Finally it may be of some interest to consider a situation which is nearer to everyday life situations than are the above experimental situations.

An object is moving in a field which is occupied by irregularly shaped objects, some of which are juxtaposed *and* others partially superimposed, (as in Fig. 11). The topography of the differently stimulated areas changes steadily in the proximal stimulation, as the object moves across the field: some of them are increasing, some decreasing, others are *de*creasing at the beginning and then *in*creasing, and so on. The region corresponding to the stimulation originated by the moving object decreases on one side and increases on the other one; its form may keep constant or change.

Fig. 11

The topography of boundaries on the retinal projection changes from moment ^{to moment} and, considering it successively at different times, it seems clear that it could result in different static organization. The boundaries between different regions may shift in such a way that what was hidden becomes visible; or the boundaries which belonged to two different perceptual units come to coincide; or a piece of boundary becomes isolated and corresponds to a part of a regular figure which requires completion and so on.

But as a rule this geometrical caleidoscope does not give rise to actual perception. As a rule ^T the structure of the optical field remains stable and ~~in front of it~~ an object moving across the various regions is perceived. Is it possible to find ⁱⁿ the stimulation a condition responsible for this perceptual result? It is clear that across time there are boundaries which remain at rest, but whose retinal projection varies as they are progressively covered and uncovered (kinetically inactive borders) and boundaries which are shifting (kinetically active borders). In this case also, exactly as in the special cases which have been analyzed above, heterogeneous boundaries are separating perceptually and, on the basis of the tendency towards kinetic homogeneity of contours, the unity of the moving object is established.

The apparent rest which might have been considered an interesting peculiarity of optical perception appears, then, in its proper perspective as a special case in which commonly acting processes become more evident, ^{which} than under ordinary conditions. *remain unnoticed.*

Bibliography

- (1) BEJOR G.: La totalizzazione percettiva in campo rotante, Contrib. scient. Istit. Psicol. Univ. Padova, 1947, serie II, 1.
- (2) METELLI F.: Ricerche sperimentali sulla percezione del movimento. Riv. Psicol., 1940; 36, 319-370
- (3) METELLI F.: Morfologia dei fenomeni di completamento nella percezione visiva. In F. Weinhandl (Ed.) Gestalt-haftes sehen. Darmstadt: Wiss Buchgesellschaft, 1960, S 266-278.
- (4) METELLI F.: Scheinrube und Ergänzungserscheinungen, Proceed. XVth Int. Congr. of Psychol, Bonn, 1960. Amsterdam: North-Holland Publ. Comp., 1962, S 562.
- (5) METELLI F.: Repos apparent et phénomènes de "totalisation cyclique" dans la perception visuelle. Journal de Psychol. Normale et pathol. , 1964, 61, 2-38.
- (6) MUSATTI C.L.: Forma e movimento. Atti Istituto Veneto di SS.LL.AA., 1937, 97, 1-35.
- (7) PETTER G.: Nuove ricerche sperimentali sulla totalizzazione percettiva. Riv. Psicol., 1956, 52, 213-227.
- (8) PRATURLON O: La quiete apparente nel movimento di traslazione. Contrib. scient. Istit. Psicol. Univ. Padova, 1947, Serie II, 1.
- (9) WERNER H. & WILDHAGEN: Wahrnehmungsversuche. Fortschrittsberichte Psychol. Inst. Univ. Hamburg, 1928

- (10) WITTMANN W.: Über das Sehen von Scheinbewegungen und
Scheinkörpern. Leipzig: Barth, 1921.

o. Professor der Psychologie an der Universität Padova (Italien)
zur Theorie der optischen Bewegungswahrnehmung
von F. Metelli

Unter den notwendigen Bedingungen der optischen Bewegungswahrnehmung scheint die Inhomogenität des optischen Feldes einer Analyse würdig zu sein. Es ist eine übliche Behauptung, daß in einem vollständig homogenen optischen Felde keine Bewegungswahrnehmung stattfinden kann. Es genügt aber nicht, daß das optische Feld inhomogen sei, damit sich eine physische Bewegung⁽¹⁾ in eine optische Bewegungswahrnehmung umsetzt: eine Gruppe konzentrischer Kreise, deren ein jeder vollkommen homogen ist, und um das gemeinsame Zentrum rotiert, kann keine Bewegungswahrnehmung verursachen; und dasselbe gilt für einen Bündel paralleler Geraden, die das ganze Gesichtsfeld durchqueren, und sich in die Richtung ihrer Länge bewegen.

Aus den vorher erwähnten Tatsachen kann es recht fertig zu er-
scheinen, folgende allgemeine Sätze abzuleiten:

1. Ein physisch bewegter Punkt, der allen, bewegten oder unbewegten Punkten seiner Bahn chromatisch homogen ist, kann nicht als bewegt wahrgenommen werden.
2. Ein physisch bewegter Punkt, der nicht allen, bewegten oder unbewegten Punkten seiner Bahn chromatisch homogen ist, kann nicht fortwährend in Ruhe wahrgenommen werden.

Es ist aber leicht, Tatsachen zu finden, die ~~den~~ beiden obigen Sätzen widersprechen: ein homogenes, um den Treffpunkt der Diagonalen ^{mit nicht zu großer Geschwindigkeit} rotierendes Quadrat, rotiert phänomenal als ganze Figur, obwohl die vom ^{Phänomenal} Kreis begrenzten Fläche den Bedingungen des Satzes 1 entsprechen; sämtliche Punkte ~~des~~ Halbkreises der physisch rotierenden Figur ~~1~~ werden als ruhend wahrgenommen, obwohl sie den Bedingungen des Satzes 2 entsprechen.

1) Wenn hier von physischer Bewegung gesprochen wird, werden nur solche Bewegungen in Erwägung ^{genommen} gezogen, deren Geschwindigkeit sich innerhalb der Schwellen der Bewegungswahrnehmung befindet.

Ein farbig beschaffener
Kreis, ~~der~~ von einem ^{anderefarbig} schmalen
Rechtecken durchquert, der um seinen ^{h₂}
Zentrum rotiert

So
→ sämtliche Punkte eines farbig beschaffenen,
von einem schmalen andersfarbigen
Rechteck durchquerten, um seinen ^{Zen-}
trum ^{Trakt} rotierenden Kreises werden als
ruhend wahrgenommen etc.

^{nämlich}
Es gibt keine Möglichkeit, allgemeine Sätze über phänomenale Ruhe und Bewegung von einzelnen, physisch bewegten Punkten, zu formulieren: der einzelne Punkt folgt dem Schicksal des phänomenalen Ganzen dem er gehört, und es sind die figuralen Eigenschaften eines physisch bewegten Ganzen Gegenstandes die entscheiden ob er bewegt oder ruhend wahrgenommen wird.

Die Resultate über Ruhe und Bewegung physisch experimenteller Untersuchungen über Ruhe und Bewegung physisch bewegter Gegenstände ^{sich allgemein} können folgender Weise formuliert werden: Ein physisch bewegter, ^{optisch} homogener Bereich, der ~~nicht~~ den greifenden Teil des optischen Feldes nicht homogen ist, wird nach den Eigenschaften seiner ~~Ränder~~ Grenzen bewegt oder ruhend wahrgenommen, und zwar:

1. Wenn der Rand der Bahn eines Punktes entspricht, wird der Bereich ruhend wahrgenommen
2. Wenn kein Teil des Randes, der Bahn eines Punktes entspricht, wird der Bereich bewegt wahrgenommen
3. Wenn ein Teil des Randes der Bahn eines Punktes entspricht, kann der Bereich entweder ruhend oder bewegt wahrgenommen werden, ~~er~~ wird ruhend wahrgenommen wenn, und nur wenn, der Teil des Randes der der Bahn eines Punktes nicht entspricht, phänomenal einem anderen Bereiche gehört, der folglich notwendig bewegt wahrgenommen wird.

Zu weiteren theoretischen ^{Klärung} ~~Folgen~~ kommt man, wenn man die obigen Tatsachen durch Berücksichtigung der Reizungsbedingungen am Niveau des Sinnesorganes zu deuten versucht.

© veranlassen zu einer ganz ^{verschiedenen} allgemeinen Formulierung, in der die wichtige Punkt-Bahn Beziehung seinen richtigen Platz findet.

even Fall ~~contamination~~

ge) Nun wollen wir eine ^{Konstellations} Betrachtung betrachten so, obwohl trotz der ~~Anwesenheit~~ der ~~selben~~ kinetischen Heterogenität der Grenzen keine Reorganisation stattfindet. Wenn Vorlage - ~~in Bewegung~~ um den Mittelpunkt des Kreisbogens langsam rotiert, wird ganz einfach ein rotierender Kreisbogen gesehen.

Es handelt sich nicht um einen Ausnahmefall, wo die
hypothetische Tendenz zur kinetischen Homogenität der Grenzen
fehlen würde, sondern um einen Tatbestand wo die genannte
Tendenz sich nicht durchzusetzen vermag, da sie ^{Erfordernisse}
^{Anforderungen} stellt die vom energetischen Standpunkt zu kostspielig sind.
Ein Trennung der Grenze in zwei kinetisch heterogenen Teilen
würde die Ergänzung beider Teile, deren die eine sich eines Bereiches
des Grundes eignen sollte, der ^{nicht} in Bewegung geraten sollte.
Dazu sollte diese Ergänzung auf einem Teil stützen, der keines
wegs die Form der Ergänzungsfigur bestimmen kann.

Es handelt sich Die vorliegende Deutung findet eine Bestätigung in der Tatsache dass, wenn man die Vorlage so ändert, dass die ergänzungsbewürftige Kontur relativ kleiner und bestimmter wär, ~~zich bei dem setzt nicht bei~~, aber so, dass man die kinetisch unwirklichen Grenzen, die sich von den kinetisch aktiven Grenzen zu trennen tendieren, vervielfacht, ^{bei den meisten Vorzeichen vorhanden} setzt sich die Tendenz zur kinetischen Homogenität der Grenzen durch.

d) Als letztes Beispiel wählen wir eine Reizkonstellation, die nicht dem künstlichen experimentellen Reizungszustand ^{gehört}, sondern ~~einer~~ ^{nicht} den Tatsachen des gewöhnlichen Lebens ~~annähert~~. Ein Gegenstand bewegt sich in einem Felde von unregelmäßigen und unregelmäßig aufeinandergelegten Dingen besetzt. (Fig. 7)

Auf der Netzhaut ändert sich durch die Verschiebung die Topographie der verschiedenen gereizten Flächen: einige wachsen, andere schrumpfen ~~zuerst~~, andere schrumpfen ^{zuerst} und dann wachsen.

la legge riguarda i confini o i margini?

Fig. 9 & 10

Die Grenzen die ^{dem} ~~der~~ Bahn eines Punktes eines bewegten
gegen ~~gegen~~ Gegenstandes entsprechenden Punkte korrespondieren.

Die Richtungsgrünge

Wenn der

Auf Netzhautniveau hat man keine Möglichkeit die

4
nicht direkt als Reiz wirksam ist, und dass die physikalisch
bewegten Gegenstände nur Reizungsänderungen bewirken
können, die sich ^{nur} als Ausdehnungen oder Schrumpfen
unserer quantitativen erweiterten Flächen geltend
machen können. Diese topographische Reizungsänderung
mag & kann auch als Verlagerung der Grenzen ^{und zwar}
Reizungssprünge zwischen verschiedenen gereizten retinalen
Flächen beschrieben werden.

Wichtig ist ~~unser~~ besser dass wir uns ^{nur} der notwendigen, in
einem kurzen Bericht notwendigen Einfachheit halber, an
dem künstlichen Fall einer eincinigen Beobachtung
mit unbewegtem Auge beschränken können. Wir
gleich einsehen, wie sich am Niveau der Netzhaut die
der Bahn eines Punktes entsprechenden, mit nicht entspre-
chenden Ränder eines bewegten Gegenstandes unterscheiden.
Die ersten verlagern sich ganz einfach nicht, wäh-
rend sich die zweiten verlagern. (Die ersten bilden
sich als als sich nicht verlagern die Grenzen, während nicht
die zweiten ~~als~~ sich verlagern den Grenzen entsprechen / vor-
verwandten).

Der Unterschied bewahrt sich also auch am ~~Netzhaut~~
Reizungsniveau. Man sieht aber gleich, dass man von
diesem Standpunkt aus (der eigentlich der für die Wahrneh-
mungsanalyse angemessene Standpunkt ist) keine Möglich-
keit hat, die Reizung ^{von} der Ränder einer Punkt-Bahn
entsprechenden Ränder eines bewegten Gegenstandes ~~von~~
von der Reizung ^{der} von den Ränder eines unbewegten
Gegenstandes verursacht wird, zu unterscheiden.
Da die beiden Reizungen die selbe Wirkung
ausüben. So bekommt die Hg. Hypothese der Tendenz

Homogenität der Ränder eine ~~mit~~ erweiterte, viel
allgemeinere Bedeutung. Doch ~~ist sie nicht bedingt~~
falls der Wert seiner ~~den~~ Gesetze des gesamen
samen Schicksals sein.


Nun wollen wir durch einige Beispiele gehen, bis
zu welchen Punkte unseres ~~physiologischen~~ ^{physiologischen} Gesetzes, die ~~Er~~
~~erscheinungen~~ eine Gruppe von interessanter Erscheinungen
erklärt. ~~Den~~ ^{den} Erklärungs Wert ~~unseres~~ ^{unseres} ~~der~~ ^{der} ~~Tatsache~~
zwei knappen Homogenität der Ränder ~~konstatieren~~
demonstrieren.

Von den drei ~~erwähnten~~ ^{unterschiedenen} Hauptfällen bieten die zwei
ersten keine besondere Schwierigkeit: Ein bewegter ~~der~~
^{homogene Fläche} Gegenstand, deren Rand mit der Bahn eines Punktes vollkoma
nen übereinstimmt ~~bezieht~~ ^{bezieht} auf der Netzhaut ruhende
Spalten, ^{und}


1. Im ersten Hauptfall, wo der ganze Rand ^{eines} ~~des~~ physisch bewegt
ten, optisch homogenen Bereiches mit der Bahn eines Punktes
~~des bewegten Bereiches~~ übereinstimmt, sind ~~die~~ ^{punkte} ~~zwischen~~
verschieden gerasteten retinalen Flächen unbewegt, also kinetisch
homogen, und es gibt kein Grund für eine Umbildung im Phänome
nalen. Da es keine Reizungsänderung gibt, gibt es ^{auch} ~~es~~ ^{kein} Grund für
eine Bewegungswahrnehmung. ~~Es~~

2. Im zweiten Hauptfall, wo kein Teil des Randes des bewegten Be
reiches mit der Bahn eines Punktes ~~des Bereiches~~ übereinstimmt, verschie
ben sich sämtliche Punkte zwischen den verschieden gerasteten retinalen
Flächen; deshalb sind auch in diesem Fall sämtliche Punkte kin
etisch homogen und es gibt auch hier kein Grund für eine phä
nomenale Umbildung. Im Gegenteil haben wir in diesem Fall eine
kontinuierliche Reizungsänderung, und deshalb, wenn die zeitliche
Reizungsänderungen adäquat sind, folgt das ganze Bereich
des schakral seiner Grenzen, und es entsteht phänomenal
Bewegung. ~~Es~~

3. Den dritten ^{wichtigsten} Hauptfall, wo nur ein Teil des Randes ~~zu~~ eines physikalisch besetzten, optisch homogenen Bereiches mit der Bahn eines Punktes (des selben Bereiches) übereinstimmt, ^{ist es angemessen} ~~wollen~~ einige Beispiele in Betracht ^{zu} ziehen, und zwar

a) Fig. . In Ruhe bewirken die Berührungsbewegungen
gen das Entstehen einer der Wahrnehmung ¹ einer zweifarbigen
Figur ~~oder~~ zweier überlagerten Figuren, eines ~~klein~~ durch einen Kreis
als halb bedeckten Kreises. Wenn aber der abgebildete Gegenstand
um den Mittelpunkt des Kreisbogens rotiert, entsteht nach
der Homogenitätshypothese Grenzwellenbreit, da während der Kreis-
förmige Grenz ^{als Bahnspiegelungen, nicht auf der Netzhaut, nicht versch. d. d. umg.} Wechsel in der Peripherographie bewirkt,
verschieben sich die geraden Grenzen fortwährend. So bewirkt
entsteht ^(durch die Bewegung, infolge der Tendenz zur Peripherie der Homogenität der Netzhaut) infolge des Grenzwellenbreits notwendig die Organisations-
sachen.

2. β , gleichfalls ob in Ruhe die erste oder die zweite Feldstruktur entstanden war; im ersten Fall entsteht eine ~~to~~ bildet sich die Wahrnehmungsstruktur neu, im zweiten Fall ^{erzeugt sich} ~~hat man~~ keine Reorganisierung; nur der ergänzte Teil des Vorwissens, ~~der~~ in Ruhe das Charakter eines amoralen Ergänzung hatte, bekommt eine besondere Evidenz, da er durch die Bewegung des Rechteckes inkzessiv direkt sichtbar erscheint (zyklische Totalierung).

b) Ein Beispiel der Trennung einer einheitlichen Figur infolge der Tendenz zur kinematischen Homogenität der Grenzen bietet Figur ... . In Ruhe ~~entsteht durch~~ ^{nimmt man} die ~~Beziehungs~~ ^{Beziehungs} eine einheitliche Figur, wahr, in Bewegung entsteht durch die kinematische Heterogenität der Grenzen zwei überlagerte Figuren, ähnlich wie im Fall a). In diesem Fall aber war nicht nur die ~~Ergänzung des Kreises~~ ^{Ergänzung des Kreises} sondern auch die ~~Ergänzung des Rechtecks~~ ^{Ergänzung des Rechtecks} notwendig.

(Infolge der notwendigen Kräfte geben wir hier Beispiele der Erklärungen die durch die Rotationsbewegung entstehen).

Musati - Formae instrumento

Atti Mt. Ven. S L A Ann 1937-38 #Tom XCVII.

Nuove aperture (d'ene Einsicht) nella teoria della percezione del movimento si presentano quando si parte dalla considerazione teorica delle condizioni necessarie della percezione ^{visiva} del movimento di un oggetto fisicamente in movimento. Una importante condizione è l'isotropia. È chiaro infatti che in un campo visivo perfettamente omogeneo non vi può essere percezione di movimento. Ma non basta che il campo visivo non sia del tutto omogeneo perché si abbia percezione del movimento, infatti una serie di cerchi concentrici ~~perfetti~~, ciascuno perfettamente omogeneo e ruotanti intorno al loro centro, non possono determinare una percezione visiva di movimento; ed altrettanto vale per un fascio di rette parallele che si spostano nella direzione della loro lunghezza.

La condizione di isotropia necessaria per la percezione visiva del movimento riguarda dunque la relazione punto-traiettoria. Sembra dunque di poter giungere alla formulazione generale:

1. Un punto fisicamente in movimento, il quale sia cronometricamente omogeneo a tutti i punti della sua traiettoria (non questi in movimento o in quiete) non può essere percepito in movimento.

2. Un punto fisicamente in movimento, che non sia cronometricamente omogeneo a tutti i punti di uguale traiettoria, non può essere percepito costantemente in quiete.

3. Un punto fisicamente in movimento cessa di essere percepito in movimento quando ~~ad movimento la sua traiettoria~~ nel suo movimento incontra un tratto ad esso omogeneo; non è percepito in movimento per tutta la durata della traiettoria ad esso omogenea.

(1) Con velocità superiore alla soglia inferiore e inferiore alla soglia superiore di percezione del movimento

1. ~~Si dimostra~~ sperimentalmente che tutte e tre le proposizioni precedenti sono errate. non in quanto ~~non~~ ^{non} ~~esiste~~ il rendimento percettivo dei punti in movimento non corrisponda mai ad esse, ma in quanto in molte situazioni si ha un rendimento percettivo diverso da quello previsto dalle suddette proposizioni.

Non si è infatti la possibilità di formulare delle previsioni nei riguardi di un singolo punto; in quanto anche nella percezione del movimento il singolo punto segue il destino della figura alla quale appartiene. Solo tenendo conto delle proprietà figurative ~~si può~~ di una zona ^{derivare un comportamento continuo} precisamente in movimento si ~~potrebbe~~ prevedere più prevedere lo stato di quiete o di moto percettivo dei singoli punti che vi appartengono.

I risultati degli esperimenti portano alle seguenti conclusioni. Una regione omogenea cromaticamente ma non omogenea al retto del campo, precisamente in movimento, è percepita in movimento o in quiete a seconda delle caratteristiche dei suoi margini, e cioè:

1. Se il margine corrisponde alla traiettoria di un punto, la zona è percepita in quiete
2. Se i margini non corrispondono ^{per nessuna parte} alla traiettoria di un punto, la zona è percepita in movimento
3. Se parte del margine corrisponde alla traiettoria di un punto, la zona può essere percepita in quiete o in movimento. Essa è percepita in quiete se la parte del margine

* in quanto

ad 1

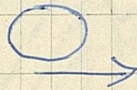
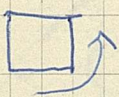
ad 2

che non corrisponde alla traiettoria di un punto, viene ad appartenere propriamente ad un'altra zona. (Tale nel non dei margini in movimento sembra piuttosto in base ad una tendenza all'omogeneità anche dei margini).

Traducendo le ~~indotte~~ condizioni della percezione del movimento in termini di localizzazione proximale si ottiene il terzioro Einricht nella natura del fenomeno. Movimento di un oggetto e quindi degli oggetti contigui si traducono infatti in una scelta fra costanza della localizzazione ~~contorsione~~ e costanza della forma con cambiamento della localizzazione e la soluzione ad come secondo il principio della massima semplicità. Nelle situazioni in cui il margine è parzialmente omogeneo alla traiettoria si ha amplificazione di stimolazione e la soluzione avviene nel senso

Punto 1 Nessun cambiamento di stimolazione

2.



parte interna

Processo non periferico
uguale la stimolazione
interna assente o temporaneamente
assente

Wahre Nahere Klarung erreicht man, wenn man die Bedingung Beschreibung der Phänomene in terms der proximalen Reizung umsetzt.

Bei der Bedingung der proximalen Reizung

Si analizza il fenomeno prendendo in considerazione le condizioni della stimolazione al livello dell'org. di senso

Wenn man das Phänomen durch Berücksichtigung der Bedingungen am Niveau des Sinnesorgans analysiert.

Considerando quanto avviene al livello dell'organo di senso
differendo ipoteticamente ai processi psicofisici ^{quelli per effetto della}
~~stimolazione in periferico~~ nel settore ottico del sistema nervoso ^{che sempre} ~~quali sulla base~~
della stimolazione ^{percettiva} costituiscono il fondamento del dato fisico
mentale.

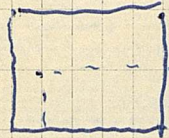
Per ridurre la complicazione partiamo da un modello
ma modello artificiale: un muscolo ed eccito in
mobilità dell'occhio.

~~Chiediamo quanto avviene nella retina. Partiamo da una descrizione~~
~~per quanto è possibile obiettiva di quanto avviene nella retina.~~

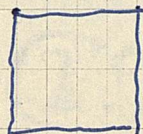
Quanto avviene nella retina si può obiettivamente descrivere in
termini di dimensioni della stimolazione (intensità, frequenza, comparsa
della onde luminose) distribuzione ^{topografia} della stimolazione retinica e
modificazioni della stimolazione. Quest'ultimo aspetto si deve tenere pre-
sente quando si considera la dimensione temporale: la distribuzione
topografica della stimolazione può mantenersi costante o mutare; e può mu-
tare solo o in una o più dimensioni; ^{il mutamento può avvenire} ~~la stimolazione o anche rimanen-~~
do costante la topografia o può ^{implicare} ~~determinare~~ una ^{trasformazione della} ~~mutamento~~ top-
grafia della stimolazione retinica.

Le modificazioni della stimolazione che investono la topografia
della stimolazione retinica sono per lo più dovute causate dal
movimento fisico di oggetti, ~~ma si tratta di azione indiretta~~, il cui
risultato è effetto consiste in ampliamento o riduzione di zone stimola-
te in modo relativamente uniforme, accompagnato da cambiamenti quan-
titativi e qualitativi della stimolazione entro a singole zone. Una
descrizione del tipo "L'immagine dell'oggetto A si muove verso destra"
è inadeguata e deriva da un ~~indebita~~ ^{inadeguato} uso metodico di una
descrizione percettiva al posto di una descrizione fisica. Sulla retina non
ci sono oggetti fisici che si spostano, ma zone diversamente stimolate. ^{Si vede nel}
il caso non comune di una modificazione topografica di una zona stimolata
con conservazione della forma e delle dimensioni della stimolazione ^{non}
~~intensità ecc.~~

è giustificato parlare di un movimento della zona (o dell'immagine) sulla retina, perché all'interno della zona vi sono delle cellule (o dei punti) che non hanno unitato stimolazione, e per i quali, dal punto di vista fisico non è avvenuto nulla.



E comunque, anche se la modificazione topografica è tale da non lasciare alcuna cellula senza cambiamento di stimolazione, il mutamento di stimolazione del gruppo di cellule non è simultaneo, ma successivo, per cui mentre un gruppo di cellule unita di stimolazione, il resto rimane inattivo e non subisce mutamento; e quindi il primo gruppo di cellule non subisce più mutamento di stimolazione, lo subisce un altro gruppo.



Quindi l'"immagine in movimento" è una descrizione creata di un fenomeno fisico, che viene descritto ^{in termini precisi, cioè} come se venisse percepito da un qualche osservatore. C'è tuttavia qualche cosa che si può descrivere in termini di movimento fisico: il salto di stimolazione, cioè il limite fra due zone diversamente e quasi uniformemente stimulate nel caso di modificazione topografica della stimolazione. Il limite fra due zone diversamente stimulate, o una parte di esso, può veramente apparire come un oggetto fisico, ed è esso stesso un'entità ripartita in continui fini.

~~Abbiamo dunque constatato che i fenomeni fisici al livello dell'attività al livello dell'organo di senso va dunque descritti in termini fini, in termini di dimensioni, di topografia, di modificazioni topografiche contenute in spostamenti dei limiti fra zone diversamente stimulate. Tuttavia in questi termini, l'ipotesi della tendenza alla~~
~~queste e margini corrispondenti alla traiettoria di un punto sono di un oggetto in movimento e i margini non corrispondenti alla traiettoria di un punto di un oggetto in movimento, si riduce alla ricerca nella contrapposizione fra limiti in quiete (o nei limiti che non presentano spostamenti di stimolazione).~~

Di conseguenza, non è lecito riferirsi a margini corrispondenti alla traiettoria di un punto di un oggetto in movimento, 63

non enumerarsi ma di distinguersi, al livello dell'organo visivo, tra limiti immutabili perché corrispondenti ad oggetti immutabili e limiti mutabili perché corrispondenti ad oggetti ^{in movimento} cui margini hanno la forma della traiettoria descritta da un punto dell'oggetto stesso. E siccome i salti di stimolazione (cioè i limiti fra zone retiniche diversamente stimolate) determinano i contorni degli oggetti percettivi, la formulazione dell'ipotesi della tendenza all'omogeneità cinetica dei margini deve assumere una forma più generale, distinguendo ^{soltanto} fra margini in quiete ~~o~~ (corrispondenti sia ad oggetti fissi in quiete sia ad oggetti fissi in movimento, ma concaratterizzati tali da non determinare mutamenti di stimolazione nella retina) ~~o~~ e margini in movimento.

Vediamo ora di applicare l'ipotesi così generalizzata ad alcune situazioni sperimentali.

2) ~~Fig. 2~~ la situazione di Fig. 1, in lento movimento rotatorio



a) Nella situazione descritta al punto 1 (margini corrispondenti alla traiettoria di un punto dell'oggetto in movimento, Fig. 1 e 2) il limite fra le zone diversamente stimulate è inmutabile, non vi è cambiamento di stimolazione e quindi non vi può essere movimento.

b) Nella situazione descritta al punto 2 (nessuna parte del margine dell'oggetto in movimento corrisponde alla traiettoria di un punto, Fig. 3) ~~tutti i limiti fra le due zone~~



~~diversamente stimulate si spostano e sono perciò omogenee dal punto di vista cinetico~~ in quiete le condizioni della stimolazione retinica sono tali da determinare la percezione di una figura regolare ^{ovvero} in uno sfondo omogeneo chiaro. ^{quando l'oggetto è} In movimento, tutti i limiti fra le due zone diversamente stimulate si spostano, essendo ~~omogenee dal punto~~ quindi cineticamente omogenee ~~non c'è~~ la struttura dei margini non cambia, e se le condizioni temporali della stimolazione sono adeguate, la forma segue il dettato dei suoi margini e la figura è percepita in movimento. ^(parti del margine dell'oggetto in movimento, corrispondenti alla traiettoria di un punto)

c) Per la ~~situazione~~ ^{configurazione} descritta al punto 3) dobbiamo prendere in considerazione diversi casi e precisamente:

1) Fig. 4

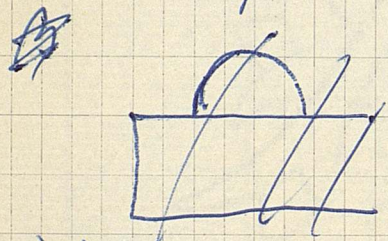


In quiete le condizioni della stimolazione sono tali da produrre la percezione di una figura a due colori, oppure

2) due figure, ^{sovrapposte} un cerchio ricoperto per metà da un rettangolo. Quando l'oggetto ruota intorno al centro dell'arco di cerchio, il ^{limite} ~~limite~~ ^{zone circolari} non produce mutamento nella topografia della stimolazione.

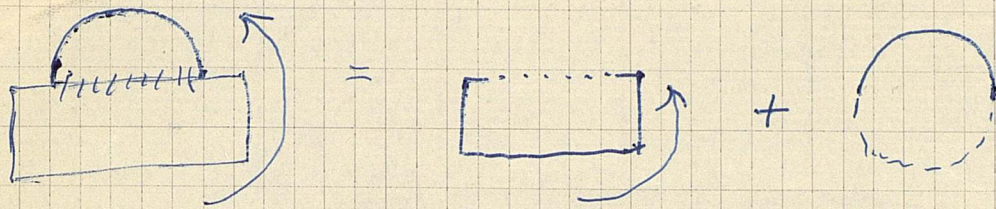
mentre i ^{limiti} ~~margini~~ rettilinei si spostano continuamente sulla retina. Ci troviamo dunque di fronte a un caso di eterogeneità cinetica dei margini prodotti dalla stimolazione. Se prima dell'inizio del movimento si era prodotta l'organizzazione percettiva (2), essa si conserva anche in movimento, in quanto la segmentazione in un ~~cercio~~ rettangolo più un cerchio realizza la separazione dei margini secondo omogeneità cinetica (in quanto il rettangolo non ha nessuna parte di margine immobile, e il cerchio non ha nessuna parte di margine in movimento). ~~La sola causa del carattere che si appropria~~ Il movimento non determina in questo caso una riorganizzazione; ^{soltanto} ~~ma~~ la parte circolata del cerchio, che in questo aveva il carattere di un completamente amovibile acquista particolare evidenza in quanto appare ~~rapporti~~ necessariamente allo scoperto.

Se invece in quiete si era prodotta l'organizzazione percettiva (1), si determina in movimento, per effetto della tendenza all'omogeneità cinetica dei margini una visione fra la parte circolare e la parte non circolare del margine, e la parte circolare del margine si completa in un cerchio prominentemente immobile.

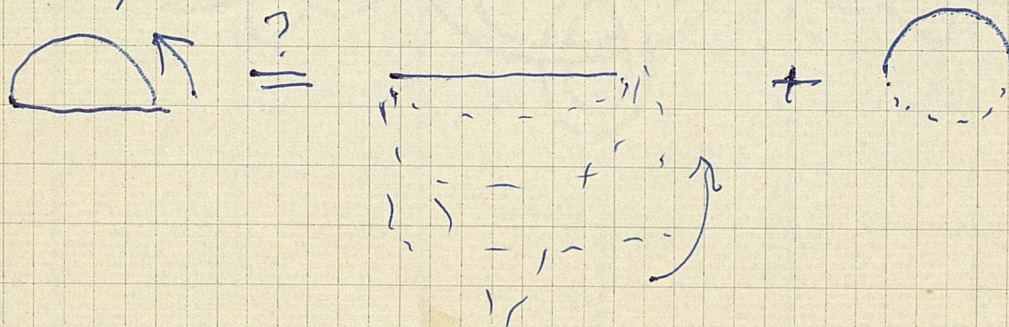


β) Il prodursi ~~della~~ di una visione in una figura unitaria per effetto della tendenza all'omogeneità cinetica dei margini risulta evidente nella situazione di Fig. --. In quiete la ~~stessa~~ distribuzione della stimolazione determina l'organizzazione di una figura unitaria. In movimento si ha, analoga per effetto dell'eterogeneità cinetica dei margini, la costituzione di due figure sovrapposte, ma in questo caso oltre al completamente

del margine arcuolare ~~non~~ è necessario anche il comple-
tamento del margine rettilineo.

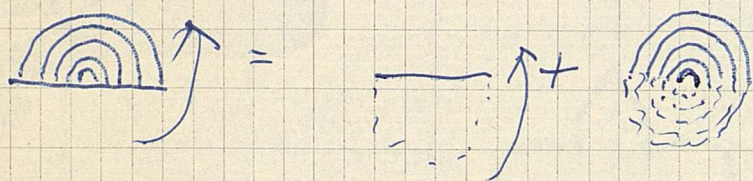
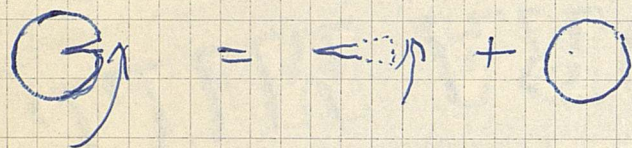


γ) ~~La situazione di Fig. 1~~ presenta ~~intrinsecamente~~ perché
È opportuno analizzare la situazione di Fig. 1 la quale
pur presentando gli stessi caratteri di eterogeneità cinetica dei mar-
gini, ~~si tratta~~ non si ricompierà in movimento. Infatti, la stessa
figura che si percepisce in quiete si percepisce
in movimento. Non si tratta di un'eccezione
alla tendenza all'omogeneità cinetica dei
margini, ma di un caso in cui tale tendenza non riesce
ad affermarsi in quanto pone delle esigenze eccessivamente
dispendiose dal punto di vista energetico. Infatti una migra-
zione del margine nelle due parti necessiterebbe eterogenee
esigerebbe il completamento di tutte e due le parti; e il
completamento del margine in movimento dovrebbe
avvenire sulla base di una parte relativamente
piccola, e tale da non determinarne ^{in alcun modo} l'aumento (Fig.)



La suddetta interpretazione trova una conferma
nel fatto che quando variando le condizioni in modo
da diminuire il ^{potenziale} dispendio di energia riducendo ~~la~~ ^{la} ~~base~~ ^{base}

parte di margine da completare, o aumentando i margini
 inattivamente inattivi che tendano a ridursi, i margini in
 movimento attivi e a completarsi in cerchi si ottiene la
 organizzazione percettiva secondo una successione di
 margini.



1) Consideriamo ora ^{che cosa avviene} al livello retinico quando un og-
 getto viene portato in un campo occupato da altri og-
 getti. Si tratta di una insieme di oggetti irregolari ed
 irregolarmente sovrapposti. (Fig.) Sulla retina la topogra-
 fia delle zone riversamente stimulate si modifica per effetto dello
 spostamento; alcune zone si allargano, altre si restringono, altre si
 restringono e poi si allargano e viceversa. La zona corrispondente
 all'oggetto in movimento si restringe da una parte e si allarga dall'
 l'altra; può conservare la sua forma o modificarla. Se si consideri
 la posizione dei margini in vari momenti, si possono in momenti
 successivi più corrispondere a organizzazioni statiche reversibili,
 ma in movimento nella dimensione temporale si distinguono ^{nettamente} margini
 in statici (che tuttavia al livello retinico si modificano, in quanto
 vengono "cancellati" per ricopertura o proprietà, esattamente come avviene
 nei casi di quiete apparente. Ricorda alle lettere α, β, γ) e margini in
 movimento; ed anche qui si determina una separazione degli uni
 dagli altri, e si costituiscono di un e più altri in due super-
 unità suddivise alla loro volta nelle varie unità costituite dai

diversi aspetti in quiete e in movimento.

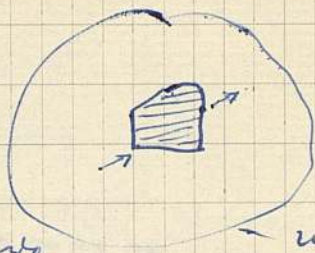
7^o fenomeni si quiete apparente ^{cappruntum} ~~Ad~~ dunque dei casi speciali
che mettono in evidenza ~~quanto~~ i meccanismi che agiscono in
modo meno evidente nelle situazioni comuni.

~~Il concetto di~~ Il concetto di traiettoria non ha senso e non può
più essere impiegato fra i termini del problema; e ~~lo stesso non~~
~~appare corretto apporre l'aggiunta del termine al termine~~
"margine" può essere usato soltanto nel senso di limite
confine fra due zone diversamente ma ciascuna uniformemente
stimolate (valto di stimolazione).

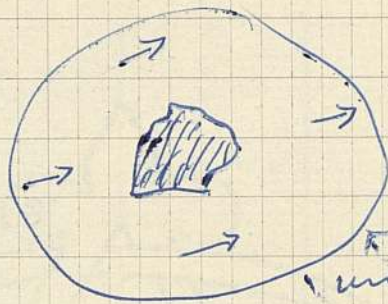
La retina non c'è "movimento", solo cambiamento di stile
 anolipione

1. Con particolarmente semplici

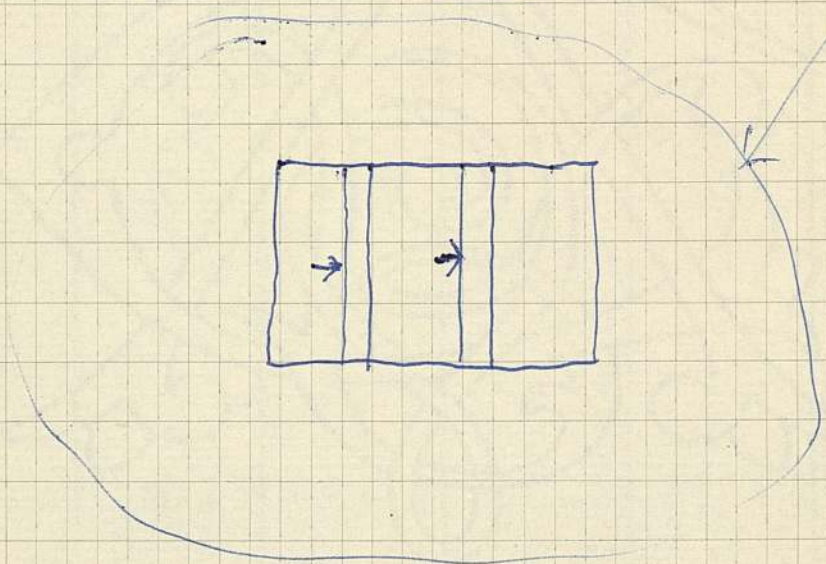
parte inclinata: come a ~~monte~~
 SO e rimonta a NE, parte
 inclusa, viceversa, ma conservando
 la forma.



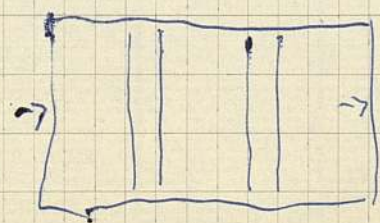
2. La terra

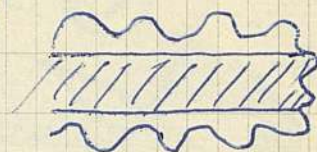
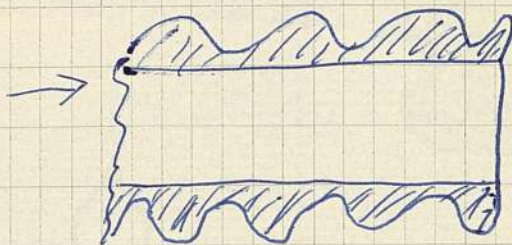
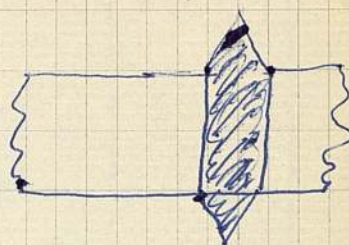
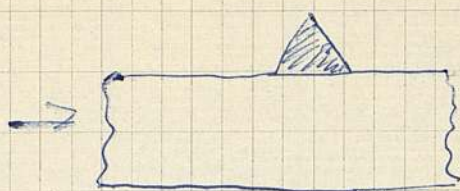


3.



4.

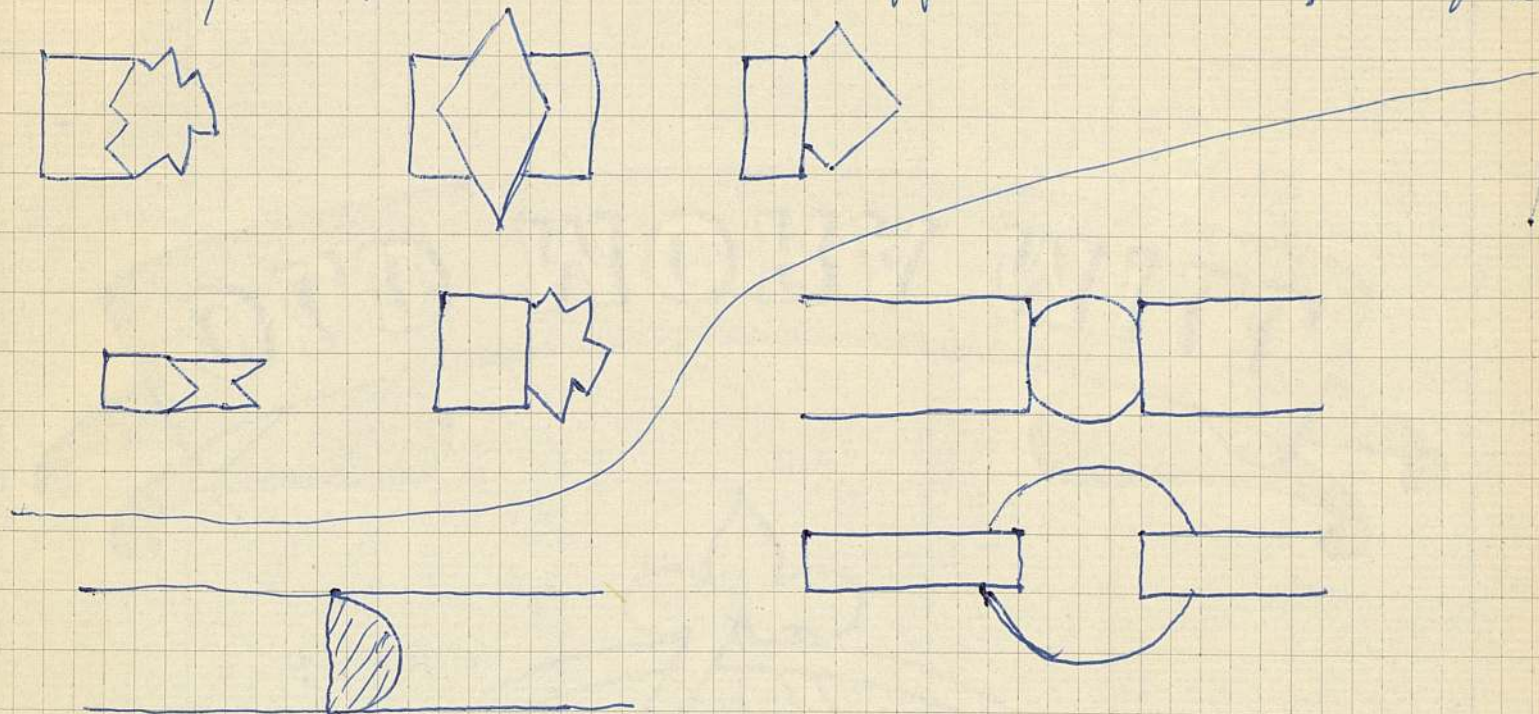




Le "Mastriani" hanno, come sempre, la funzione di resistere
al frutt. normale della percezione

Q che cosa determina questa visione dei margini

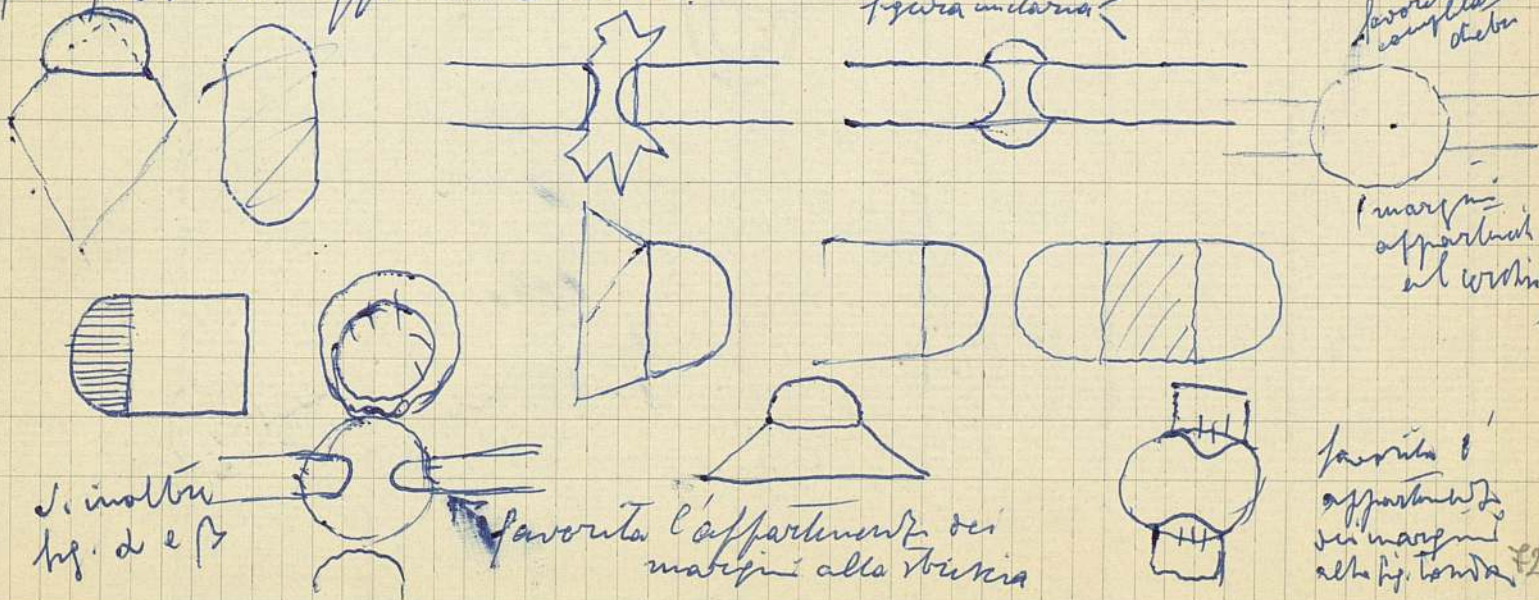
a) composizioni che determinano l'appartenenza dei margini ai gruppi



Problemi: a quale di due figure contigue appartiene una parte di margine, e perché?

2) Se esiste una tendenza alla unione - visione dei margini secondo affinità - rafforziata cinetica, si possono poter creare coesioni in cui in quiete si hanno soluzioni e in movimento un'altra*. E' più anche stabilire e quando le convergenze della struttura di quiete non più forti dell'affinità cinetica.

* In 3 dei casi in 4 (visione, figura unitaria)



favorita l'appartenenza al dentro

margini appartengono al dentro

di molto fig. di e B

favorita l'appartenenza dei margini alla sinistra

favorita l'appartenenza dei margini alla fig. tonda #2

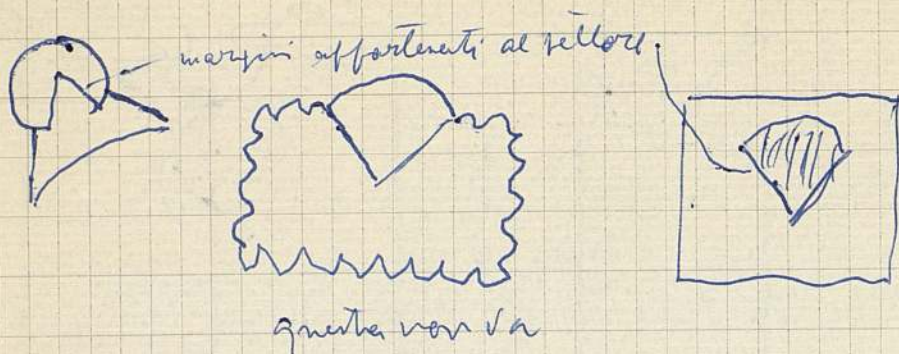


Figure frame

- 1) Figura ovale in 2 zone - margini comuni determinati da un'area di simulazione
- 2) come sopra: margini comuni non determinati da un'area di simulazione
- 3) Figura in 2 zone
 - a) per un per caso
 - b) per un per effetto

Condizioni generali della percezione del movimento: cambiamenti di velocità o di direzione quindi spostamenti come condizioni del movimento; una vi' è spostamento sulla movimento e viceversa

Forse spostamenti di un processo. Dove? (movimenti oculari).

Ma quali sono le condizioni che determinano lo spostamento del processo?

Manifrazione di una parte della stimolazione (mov. oculari, tutta). \uparrow \downarrow Cambierà tutto non c'è termine di riferimento se non l'io — o una parte dell'io — possibilità di interpretare i mov. oculari come dal p. di vista di Duncker

Quali possibilità di manifrazione in ton?

Intensità (rapida, lenta); "spostamenti". Continua —

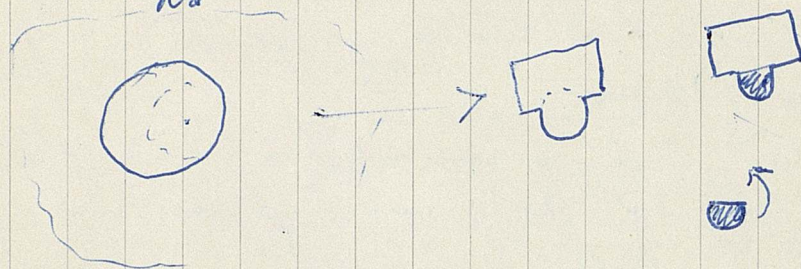
Traduzione in termini di movimento. problema
delle controazioni punto - traiettoria

omogeneità assoluta non mov.

omogeneità punto-tronettoni¹⁰

omogeneità punto-tronettoni: mov.

No



punti retina



→ non ha senso di parlare di omogeneità:
la condizione è il cambiamento di stimolazione
brutto?

dove c'è cambiamento di stimolazione c'è movimento.

dove non c'è cambio di stimolazione non c'è movimento.

~~un punto della retina~~ ma il cambio di stimolazione di un punto della retina del movimento movimento corrispondenti a quel punto. No

della percezione.
Le cause formali del movimento nella
muscolatura istintiva / Opportuno partire da questo
perché alla muscolatura esiste, come istinto
istintivo, il "movimento" finis.

- a) movimento in un campo omogeneo - no
- b) movimento in campo di un punto omogeneo
alla traiettoria
- c) movimento di un punto in omogeneo
- d) " " " " parzialmente
omogeneo

Nei due primi casi non c'è movimento
nel tutto, movimento, nel quarto, movimento
parziale.

Non è così

un punto omogeneo alla sua traiettoria può essere
percepito in movimento



così un punto omogeneo rispetto
alla sua traiettoria al punto immediatamente
vicino della sua traiettoria può essere
visto in quiete.

Quanto è visto in quiete e quanto in
movimento? dipende dalla ^{correlazione della regione} ~~della regione~~ a cui appartiene

Non si possono definire q. condizioni per la regione?

Trinittati degli esperimenti portano alle seg. conclusi.
Una regione omogenea in se non omogenea col resto del campo, principalmente in movimento è percepita in quadruplo o in quiete a seconda delle caratteristiche dei suoi margini.

1. Se i margini corrispondono alla traiettoria di un punto, la zona è percepita in quiete
2. Se i margini non corr. — è perc. in mov.
3. Se i margini corr. sp. parzialmente

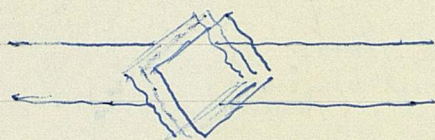
poi mov. perc. in quiete o in mov. a seconda

a) in quiete se la zona contigua al margine

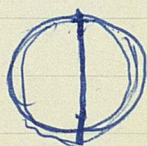
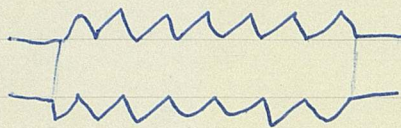
Da del rapporto fra il margine, la lunghezza del margine corr. alla traiettoria e la lunghezza fra del margine non corr. alla traiettoria ed anche in dipendenza da altre condizioni (importanza, esercizio, forza coazione, forma unitaria dei due tipi di margine, uniformità o non uniformità della zona, condizioni di quiete o di movimento della zona contigua al margine che non corrispondono alla traiettoria di un punto)

«graficamente p. affinità cinetica dei margini»

1) conservazione della forma
conservazione della posizione

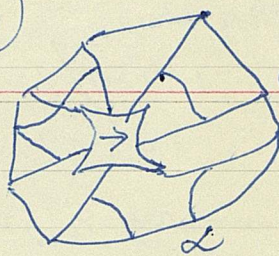


Non conservazione
locale dei margini
Conservazione
locale parziale
dei margini

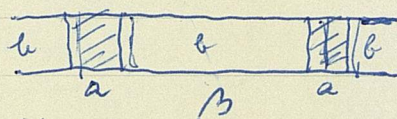


Teoria cristallina
al movimento nel piano?
Ent. III dimensionale

2)



→ cons. della forma
cambium. zona stimolata
cons. della posizione
cambium della forma



Stimolati. identici
ma che si muove a
b, oppure ab.

C'è può essere cambio di posizione
informazione a b e conservata di a



perché no?

perché in q. caso

i margini non mantengono

la posizione;

mentre parte dei margini

la mantengono nell'altra figura

Nell'altra figura la situazione è
pari a quella di fig. 1

3) In realtà una figura che
si sposta nel caso α differisce
da una figura che si sposta
nel caso β solo per le caratteristiche
dei margini. Una
parte dei punti interni sono inalterati
e due i casi parzialmente uniformi
con la traiettoria.

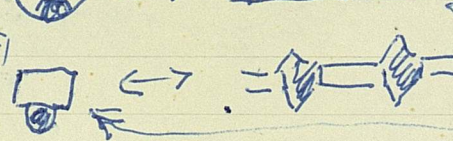
Situazioni da studiare

dal punto di vista della sim. probabile

Non si capisce contemporaneamente
l'acquisto da una parte e l'acquisto da un'altra

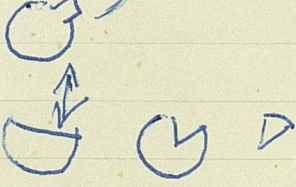


perché rapporti
fra margini
superiori
da acquistare
No

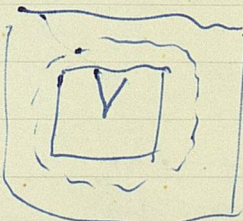
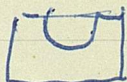


monocolori

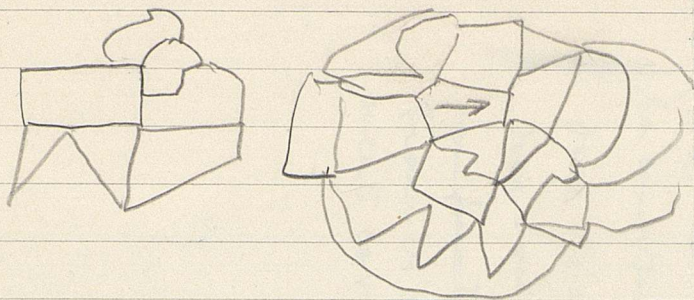
lo stesso



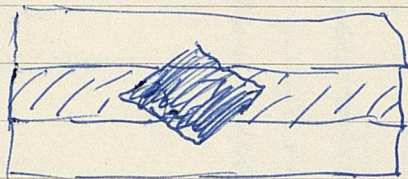
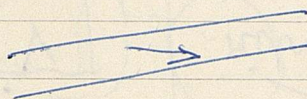
ipotesi: equilibrio
costo, in energie
di forma per
equilibrare



ritorno allo stesso

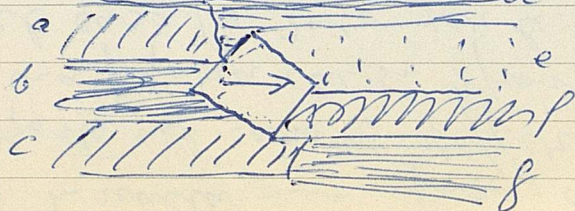


Considerare anche il caso della componente residua



non viene a destra
e dunque a sinistra.
all'atto il contrario avviene
per le due strisce centrali

Deformazione delle due strisce
lateralie d



identico nella striscia
prothorale, tra che si muove
la parte bianca e grigia
che sta ferma.

avente malterato
b e d. e poi finisce, così pure
e d.

e, f dunque con: poi a fine
tra nasce e' e f'

Enorme complicazione di q. derivazione. Costanza della loca-
lizzazione e variazioni degli appetiti. L'org. di fig. - sfondo al
proposito della semplicità. Movimento \neq costanza appetiti
e variazioni d. localizzazione.

NB Contingui in cui in luogo del movimento si ha un'impresione
di trasformazione.

NB In Fig. 1, in seguito al movim. si ha org. di fig. - sfondo?

NB Contingui dell'org. di fig. - sfondo. Appetiti regolari?

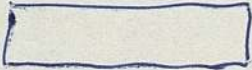
U. Fig. 1. Cioè, ci sono situazioni in cui non si costelmina
l'org. di fig. - sfondo in seguito all'irregolarità? e Quar'ca
callewhit


Quando c'è quel determinato cambio
di simulazione q.c. deve essere così.
Ma che cosa si muove

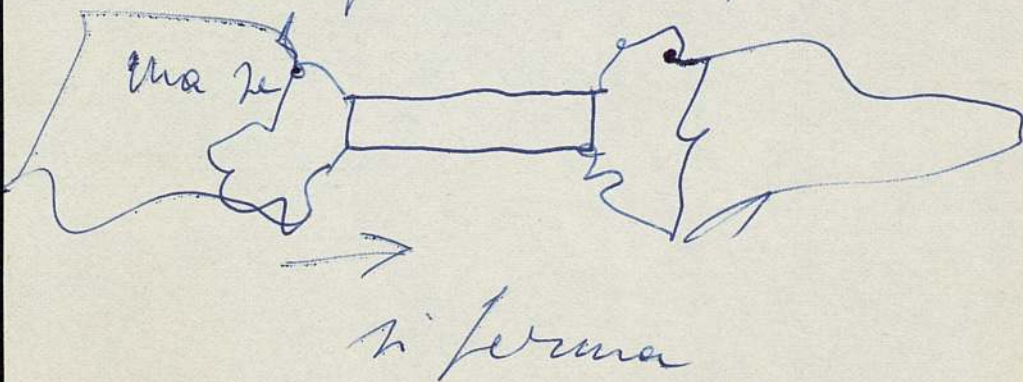
I atti di simulazione - anche

W W W

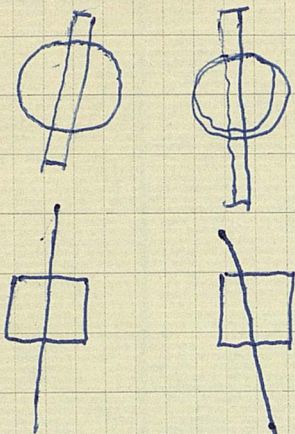
^{appena}
Così è ambiguo. Uno o l'altro,
ma se si muove il cranio, appena con
pare l'altro ambiguo in mano, si ferma
e si muove il uovo.

 perché non
si ferma?

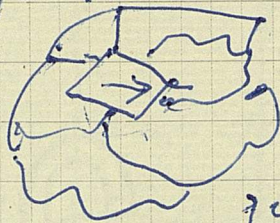
E infatti curvato, come 



Come negli oggetti immovibili

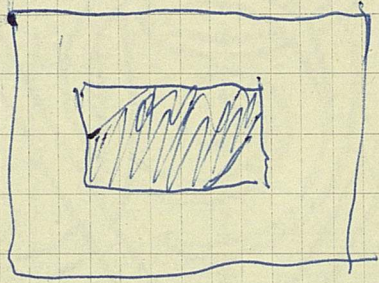
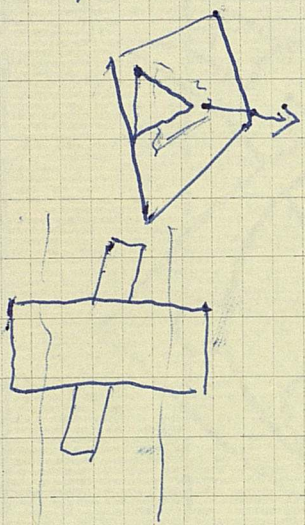


4. Anche gli oggetti fissi che stanno sotto a un oggetto in moto hanno i margini solo parzialmente non-muovibili. Cioè

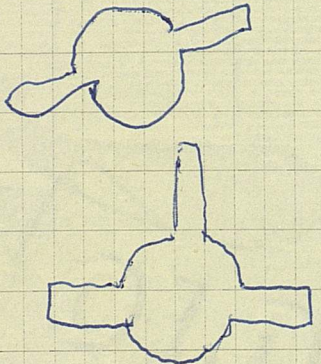


non solo una parte dei suoi
già stimola, una anche
la parte non-muovibile
che è solo temporaneamente.

però le leggi di sintesi per
comprendere tra loro margini muovibili
e non muovibili sono le leggi generali
di persist. del movimento



perché è più economica
il mov. proprio sotto
lo schermo?



1. La descrizione dell'oggetto in movimento col campo re-
stante è più economica

2. Relativamente il mov. di un oggetto non si distingue
dalla stimolazione, provocata da un oggetto a margini parziali-
omogenei alla Traiettorie

3. Omogeneità marg. traietto. = mancanza di stimolazione marginale

~~X~~

Analisi con componenti esatte

	A ₀	B ₀	C ₀	
1	701	-156	424	(1272)
2	482	-643	578	(1734)
3	643	-504	-339	(-1017)
4	636	188	-417	(-1251)
5	618	444	-134	(-402)
6	660	350	-264	(-792)
7	321	-252	-135	(-405)
8	589	-315	-517	(-1551)
9	737	265	414	(1252)
10	588	619	452	(1356)

643	424	339	468	
156	578	417	412	
504	134	264	440	
252	135	517	282	
315	1868	1806	1602	1552
1227				
1870				
2509				
-643				
1866				