

Ueber die scheinbare Grösse der Gegenstände und ihre Beziehung zur Grösse der Netzhautbilder.

Von

Dr. Götz Martius

in Bonn.

I.

Der Gesichtswinkel gilt im allgemeinen als Maß der Größe eines Gegenstandes, d. h. der Winkel, welchen seine Visirlinien mit einander bilden. Gegenstände, die unter gleichem Gesichtswinkel gesehen werden, erzeugen auf der Netzhaut Bilder von gleicher Größe, haben also gleiche Richtungsstrahlen. Es würde demnach der Satz gelten:

Gegenstände mit gleichem Gesichtswinkel erscheinen gleich groß; die scheinbare Größe von Gegenständen, die unter verschiedenem Gesichtswinkel gesehen werden, wächst und nimmt ab im geraden Verhältniss zum Wachsen und Abnehmen des Gesichtswinkels derselben.

Es ist aber längst bekannt, dass dieser Satz nur gültig ist, wenn die Entfernung der Gegenstände vom Auge die gleiche bleibt, und auch unter dieser Bedingung ist seine Gültigkeit nur eine annähernde. Denn die Zunahme des Gesichtswinkels findet um ein wenig langsamer statt, als die der Gegenstände, jedoch in einer Weise, dass dieser Unterschied vernachlässigt werden kann. Will man zwei verschiedene Größen mit einander vergleichen, so ist unter diesen Umständen nur dann ein zuverlässiges Resultat zu erwarten, wenn die Größen in gleicher Entfernung sich befinden. Weitere Bedingungen sind, dass die Größen gleiche Richtung haben,

sowie dass sie beide entweder in der Form einer geraden Linie oder als Punktdistanzen gegeben sind (vergl. Wundt, Phys. Psych. Bd. II, S. 116). Denn von der Richtung wie von der Form der Größen hängt die Größenvorstellung ebenfalls in gewisser Weise ab. Es kann überhaupt nicht zweifelhaft sein, dass die Möglichkeit der Vergleichung von Größen abhängt von den Größenvorstellungen, mögen diese zu Stande kommen wie sie wollen.

Auch die Vergleichung von Größen in verschiedenen Entfernungen wird möglich sein, falls wir nur bestimmte entsprechende Größenvorstellungen besitzen. Es liegen hierüber meines Wissens bisher nur die von Fechner in den Elementen der Psychophysik (Bd. II, S. 312) erwähnten Versuche vor. Fechner sagt: »Man halte einen Zirkel, am besten Stangenzirkel (um nicht Winkelschätzung mit einzumengen), mit einer gemessenen Distanz der Spitzen, Normaldistanz, vor die Augen, einen anderen ganz gleichen in etwa halb so großer oder doppelt so großer Entfernung so, dass beider Projectionen auf den Hintergrund nebeneinander fallen, und suche die Spitzendistanz des zweiten, Fehldistanz, nach dem Augenmaße der Normaldistanz gleich zu machen. Ungeachtet nun die Fehldistanz bei gleicher Größe mit der Normaldistanz in Betracht ihrer andern Entfernung ein doppelt so großes oder nur halb so großes Bild im Auge gibt, als die Normaldistanz, macht man sie doch derselben bis auf einen kleinen variablen und constanten Fehler gleich; und zwar ist der constante Fehler bei mir der Art, dass ich die Fehldistanz, wenn sie entfernter als die Normaldistanz ist, immer ein wenig zu klein, wenn sie näher ist, ein wenig zu groß mache, was den von der verschiedenen Entfernung abhängigen Unterschied zwischen der Größe der Distanzbilder nur noch vermehrt. Hingegen machte eine andere Person die Fehldistanz, sowohl wenn sie die nähere, als wenn sie die entferntere war, immer ein wenig zu groß, eine dritte die nähere ein wenig zu klein, die entferntere ein wenig zu groß«. Fechner folgert mit Recht, dass die Netzhautbildgrößen nicht die alleinige Ursache unserer Größenvorstellungen sein können, und glaubt, dass es die Erziehung durch die Erfahrung ist, welche die der Wahrheit so nahe kommende Gleichschätzung der Bilder hier ermöglicht.

Das Letztere sei dahingestellt; jedenfalls liegt es auf der Hand,

dass diese Versuche ein deutliches Bild von dem untersuchten Vorgange zu geben nicht im Stande sind. Der Widerspruch im Resultate bei den drei Beobachtern beweist, dass die Methode nicht geeignet war, die doch auch hier von vornherein anzunehmende Gesetzmäßigkeit der Vorgänge aufzufinden. Jedenfalls besagen die Versuche nichts für die Größenvorstellungen. Denn wenn die Aufgabe gestellt wird, die beiden Größen gleich zu machen, so wird von vornherein an die Erfahrung appellirt, und die Unsicherheit, mit welcher die Aufgabe gelöst wurde, zeigt uns, dass die Erfahrung nicht mit gleicher Sicherheit und Uebung in den drei Fällen zu Werke ging, was nichts auffallendes hat.

Die folgenden gleich mitzutheilenden Versuche zeigen, dass eine Vergleichung von Größen in verschiedener Entfernung wohl möglich ist, und lassen auch den Grad der Genauigkeit dieser Vergleichung und das Verhältniss der scheinbaren Größen zu den objectiven wirklichen Größen erkennen.

Die Frage, wie sie zuerst gestellt wurde, lautete: welche Größe erscheint einer in constanter Nähe gegebenen Normalgröße bei verschiedenen Entfernungen gleich?

Da nach der bestehenden Theorie die Erfahrung und die Bekanntschaft mit der Größe der Gegenstände auf die Größenvorstellungen den bestimmendsten Einfluss hat, war es nöthig, vor allen Dingen Gegenstände zur Vergleichung zu bringen, die abgesehen von der Größe keine sonstigen erkennbaren Unterschiede darboten. Ich ließ mir daher regelmäßige, rechtwinklige Stäbe aus trockenem Ahornholz, das sich nicht verzog, schneiden. Als Normalgröße wurden 20, 50 und 100 cm gewählt, von diesen also zwei Exemplare angefertigt. Zu jeder Normalgröße gehörte eine entsprechende Anzahl kleinerer und größerer Stäbe, die je um 1 cm, bei der ersten Normalgröße = 20 cm um $\frac{1}{2}$ cm von einander verschieden waren. Die Seite der quadratischen Grundfläche der Stäbe erster Größe betrug 4 mm, die der übrigen 5 mm.

Schon die ersten Probeversuche zeigten, dass die Befestigung der Stäbe und der Hintergrund von großem Einfluss auf die Schätzung war. Sobald man der Versuchsperson einen Stab mit der Hand entgegenhielt, zeigte sich die Wahrnehmung der Größe durch die Unterbrechung der Hand getrübt, die Frage nach der Gleich-

heit und Ungleichheit mit der Normalgröße schwer beantwortbar. Es wurden daher in die Enden der Stäbe kleine Nägel eingeschlagen, die nur ca. 1 mm aus dem Stabe hervorsahen; an diesen Nägeln wurde ein schwarzer Faden befestigt, mit dessen Hülfe der Stab so gehalten werden konnte, dass gerade nur der Stab selbst sich von dem Hintergrunde abhob.

Die weitere Anordnung ergab sich von selbst. Die Versuchsperson setzte sich auf einen niedrigen Schemel. In ihrer Nähe befand sich ein Schirm, vor welchem der Normalstab, auch an einem Faden hängend, sichtbar war. In der entsprechenden, wechselnden Entfernung war ein zweiter größerer Wandschirm aufgestellt, vor welchem der Versuchsperson die zu vergleichende Stabgröße gezeigt werden konnte. Die beiden Schirme hatten eine völlig gleiche, aus einem indifferent braunen Tuche hergestellte Farbe. Der Normalstab war so vor dem Beschauer aufgehängt, dass der Blick in der Primärlage ungefähr auf die Mitte des Stabes fiel. Durch ein Nachbild ließ sich die richtige Stellung des Kopfes vor jeder Versuchsreihe leicht controliren. Der Vergleichsstab wurde in der dem Normalstab entsprechenden Höhe auf der zweiten Wand dargeboten. Die beiden Schirme waren so voreinander gerichtet und der Vergleichsstab wurde so hingehalten, dass der Blick des Beobachters durch eine bloße Seitenwendung von dem einen Stabe auf den anderen übergehen konnte, ohne eine Kopfbewegung zu erfordern, und dass ein Wechsel des Hintergrundes hierbei nicht stattfand, insofern der nähere Hintergrund ohne Lücke in den entfernteren überging. Das Bewusstsein der größern Entfernung des letzteren ließ sich natürlich nicht ausschließen.

Als Methode der Untersuchung bot sich sowohl die Methode der Minimaländerungen, als die der r. und f. Fälle unmittelbar als gleich möglich dar. Es wurde die erste Methode bevorzugt, die geeignet war, über die gesammten Vorgänge, um die es sich handelt, zunächst am leichtesten Licht zu verbreiten; für die endgiltige Feststellung der Zahlen mag die Methode der r. und f. Fälle sich schließlich als gleich werthvoll erweisen, was späteren Versuchen überlassen bleiben muss. Es lag in der Natur des angewandten Verfahrens, dass die »Minimaländerungen« ihrer Größe nach an die einmal gegebenen Größenunterschiede der Stäbe ge-

bunden waren, ein Umstand, welcher das Resultat nicht wesentlich beeinflussen dürfte.

Jede Versuchsreihe wurde aufsteigend und absteigend direct hintereinander gemacht. Das Verfahren war unbewusst; die schätzende Person wusste weder, mit welcher Größe der Experimentator seine Fragen begann, noch ob er in stetiger Folge oder mit Ueberschlagung einiger oder mehrerer Größen die Stäbe dem Auge darbot. In der Nähe der Gleichschätzung musste selbstverständlich jede vorhandene Größe gezeigt werden, um möglichst genaue Resultate zu erhalten. Auch die Zahlen der ersten (etwa absteigenden) Reihenhälfte wurden nicht mitgeteilt, bis auch die zweite (aufsteigende) Hälfte vollendet war. Diese Ungewissheit des Schätzenden ist für die Versuche von größter und wesentlicher Bedeutung. Sie allein bewirkt es, die anfänglich vorhandene Neigung des Beobachtenden, über die wirkliche Größe des Vergleichsstabes im Verhältniss zum Normalstabe zu reflectiren, zu beseitigen. Diese Neigung, die auch Fechner's Versuche beeinflusste und gegenstandslos machte, stammt aus der Praxis des täglichen Lebens und seinen Bedürfnissen. Es hat für uns in der Regel nur die Frage nach der wirklichen Größe eines Gegenstandes Interesse, indem wir unter der wirklichen Größe zumeist diejenige verstehen, wie der Gegenstand uns in der Weite des deutlichsten Sehens oder in »handlicher« Entfernung erscheinen würde; von den Größen dieser Entfernung pflegen wir zugleich mehr oder minder deutliche Maßvorstellungen zu besitzen, je nachdem wir in der praktischen oder vorstellungsmäßigen Anwendung eines Maßsystems geübt sind. Aus diesen Gründen erscheint es natürlich, dass im Anfang jede von mir herangezogene Versuchsperson ihren Zweifel ausdrückte, ob sie die an sie gerichtete Frage beantworten könne, die Frage nämlich, ob die Vergleichsgröße größer oder kleiner als die Normalgröße sei, indem sie hierbei an die wirkliche Größe dachten und unwillkürlich die Unmöglichkeit, bei verschiedenen Entfernungen objectiv genau zu vergleichen, in Rechnung zogen. Es bedurfte einer jedesmaligen Aufklärung, dass es sich nicht um das größer Sein, sondern um das größer oder kleiner Scheinen handele. Und es gibt ein sicheres Mittel, den Sinn der gemeinten Frage Jedem klarzustellen, darin bestehend, dass man dem Gefragten eine sehr viel

kleinere oder sehr viel größere Stabgröße, als die zu vergleichende, entgegenhält. Alsdann erfolgt die Antwort »kleiner« oder »größer« sehr rasch, und es wird dem Beobachter sogleich innerlich klar, dass wir eine deutliche unmittelbare Auffassung für Größenunterschiede, auch bei Vergleichung verschieden entfernter Gegenstände, besitzen.

Und doch stellten sich bei den anfänglichen Versuchen die Bedenken wieder ein, sobald die Vergleichsgrößen in der Schätzung den Normalgrößen nahe kamen und nur wenig sich von ihnen zu unterscheiden schienen. Es lag das, wie sich bald herausstellte, an der ursprünglichen Fragestellung. Es zeigte sich, dass mehrere Stäbchen dem Normalstabe gleich, und wiederum mehrere ihm nahezu gleich erscheinen konnten, dass also ein sicheres Gefühl der Gleichheit in einem einzelnen Falle sich überhaupt nicht einstellte. Während daher im Anfang die Absicht gewesen war, eine bestimmte, der Normalgröße gleich erscheinende Stabgröße zu finden, musste infolge der gemachten Erfahrung die Frage verändert und die Reihe von Größen aufgesucht werden, innerhalb welcher das deutliche Gefühl des Größenunterschiedes verschwunden ist. Gleichheit ist eben nichts anderes als Mangel des Unterschieds. So war bei einer Vergleichung mit einer Normalgröße von 50 cm in einem der Vorversuche das Urtheil einer aufsteigenden Versuchsreihe schwankend von 51 cm bis 57 cm, in einer andern, ebenfalls aufsteigenden Reihe wurde von 53 cm bis 56 cm »gleich« geantwortet. Entsprechend diesen Erfahrungen mussten auch für die Antworten weitere und unbestimmtere Ausdrücke gewählt werden; es wurde festgesetzt, dass »größer« (gr.) oder »kleiner« (kl.) im Fall des deutlichen Unterschiedes, dagegen »etwas größer« (e. gr.) oder »etwas kleiner« (e. kl.) im Falle nicht unbedingter Gewissheit geantwortet werden sollte; war dagegen nach vorhandener Gleichheitsempfindung die Neigung vorhanden, auch noch weitere Größen für gleich mit der Normalgröße zu halten, jedoch ebenfalls mit Unsicherheit und Schwanken des Urtheils, so wurden die Ausdrücke »gleich nach oben« (gl. n. o.) und »gleich nach unten« (gl. n. u.) vorgezogen. Die letzteren Ausdrücke unterscheiden sich also von den oben genannten »e. gr.« und »e. kl.« nur dadurch, dass bei jenen die Gleichheit, bei diesen der Unterschied im Vorder-

grunde des Bewusstseins sind, sie stimmen überein in der mangelnden Sicherheit der Entscheidung.

Es folgen die Versuchsreihen.

Ng. ist die Normalgröße des constanten Stabes. E. ist die Entfernung der beiden Stäbe von einander, Ae. ist die Entfernung des Auges des Beobachters von dem ersten Stabe, E. + Ae. also die Entfernung des Vergleichsstabes vom Auge des Beobachters. Die Versuche waren sämtlich zweiflüchtig. Die beiden Versuchspersonen, deren Zahlen mitgeteilt sind, sind mit G. M. und M. M. bezeichnet.

I. E. = 5,25 m. Ae. = 50 cm.

1. Ng. = 20 cm.		2. Ng. = 50 cm.		3. Ng. = 100 cm.	
Aufst.	Abst.	Aufst.	Abst.	Aufst.	Abst.
M. M.		M. M.		M. M.	
19,5 e. kl.	24,5 gr.	52 e. kl.	62 e. gr.	103 e. kl.	110 e. gr.
21 gl.	24 e. gr.	55 e. kl.	61 e. gr.	105 gl.	109 gl.
22 e. gr.	23,5 gl.	56 gl.	60 gl.	107 e. gr.	107 e. kl.
22,5 gr.	22 gl. n. u.	58 gl.	57 gl.	109 gr.	103 kl.
	21,5 e. kl.	59 e. gr.	56 e. kl.		
	19,5 kl.	62 gr.	54 kl.		
G. M.		G. M.		G. M.	
20,5 e. kl.	24,5 e. gr.	55 e. kl.	64 e. gr.	105 gl.	115 e. gr.
21 gl.	23 gl. n. o.	57 gl.	61 gl.	106 kl.	111 gl. n. o.
21,5 gl.	22,5 gl.	60 e. gr.	57 e. kl.	107 gl.	110 gl.
22,5 e. gr.	21 gl. n. u.	61 e. gr.	56 kl.	113 e. gr.	108 e. kl.
23 gr.	20,5 e. kl.	62 gr.		115 e. gr.	105 kl.
	20 kl.				

II. E. = 2,50 m. Ae. = 50 cm.

1. Ng. = 20 cm.		2. Ng. = 50 cm.		3. Ng. = 100 cm.	
Aufst.	Abst.	Aufst.	Abst.	Aufst.	Abst.
M. M.		M. M.		M. M.	
19 gl. n. u.	22,5 e. gr.	49 e. kl.	59 e. gr.	101 e. kl.	112 e. gr.
20 gl.	22 gl. n. o.	51 gl. n. u.	57 gl. n. o.	104 gl. n. u.	111 gl. n. o.
21 e. gr.	21,5 gl.	53 gl.	55 gl.	106 gl. n. o.	110 gl. n. u.
21,5 gr.	20 e. kl.	55 gl. n. o.	53 gl.	108 e. gr.	108 e. kl.
	19,5 kl.	57 gr.	52 e. kl.	110 gr.	107 kl.
			51 kl.		
G. M.		G. M.		G. M.	
19,5 kl.	24 e. gr.	52 e. kl.	61 e. gr.	103 e. kl.	114 gr.
20 gl.	23,5 gl. n. o.	54 gl. n. u.	60 gl. n. o.	105 gl.	112 gl. n. o.
21 u.	23 gl.	55 gl. n. o.	58 gl.	108 e. gr.	111 gl. n. u.
21,5 gl. n. o.	22 gl. n. u.	56 gl. n. o.	56 gl. n. u.	114 gr.	110 e. kl.
22,5 gr.	21 e. kl.	57 e. gr.	55 e. kl.		108 kl.
	20,5 kl.	61 gr.	54 kl.		

Von den gefundenen Zahlen wurden die Durchschnittswerthe berechnet, indem von jeder Reihe je vier Zahlen passend ausgewählt wurden nach dem Schema der ersten Zahlenreihe. Das Ergebniss ist nicht wesentlich anders, wenn man alle Zahlen berücksichtigt.

Es ergibt sich:

I. E. = 5,25 m.

	1. Ng. = 20 cm.		2. Ng. = 50 cm.		3. Ng. = 100 cm.	
	M. M.	G. M.	M. M.	G. M.	M. M.	G. M.
Aufst.	21,25	21,75	57,25	58,5	106	110
Abst.	22,10	22,10	58,0	59,5	107,25	110

II. E. = 2,50 m.

Aufst.	20,37	21	53,5	56,25	106	107,5
Abst.	20,87	22,25	54,25	56,62	109,5	110,75

Und als Endresultat bei der Berechnung der Mittelwerthe der aufsteigenden und absteigenden Reihe:

	I. E. = 5,25 m.			II. E. = 2,50 m.		
Ng.	20	50	100	20	50	100
M. M.	21,67	57,62	106,62	20,62	53,87	107,75
G. M.	21,92	59	110	21,62	56,62	109,25

Bei Betrachtung der Zahlen tritt Folgendes heraus:

1. Die absteigende Reihe weist durchweg größere Zahlen auf, als die aufsteigende, und zwar bei beiden Beobachtern.

2. Für den zweiten Beobachter (G. M.) haben sich überall größere Zahlenwerthe ergeben, als für den ersten. Es bestehen also auch hier individuelle Verschiedenheiten. Dieselben werden weniger auf Verschiedenheiten der Empfindungsweisen, als auf Verschiedenheiten in der Vergleichung zu setzen sein.

3. Die Zahlen für E. = 2,50 sind überall kleiner, als die für E. = 5,25.

4. Der gefundene objective Unterschied zwischen der Ng. und der Vergleichsgröße ist bei den verschiedenen Normalgrößen, absolut betrachtet, verschieden. Er beträgt in cm:

	I. E. = 5,25 m.			II. E. = 2,50 m.		
Ng.	20	50	100	20	50	100
M. M.	1,67	7,62	6,62	0,62	3,87	7,75
G. M.	1,92	9	10	1,62	6,62	9,25

Es ist zu vermuthen, dass der relative Größenunterschied für die verschiedenen Normalgrößen in derselben Entfernung gleich ist, während für jede Entfernung dieser Werth wieder verschieden ausfallen muss. Die vorliegenden Zahlen reichen nicht aus, diese Vermuthung zu bestätigen. Es müsste eine bedeutend größere Anzahl von Normalgrößen in Rechnung gezogen werden. Die Zahlen in der unter Ng. = 100 bezeichneten Rubrik scheinen sogar direct zu widersprechen. Allein diese Zahlen sind überhaupt mit Vorsicht zu benutzen. Die angewandte Normalgröße von 1 m ist so groß, dass es bei der Augenentfernung von 50 cm nicht möglich ist, dieselbe mit einem Blicke zu übersehen. Es mussten hier also Augenbewegungen nach oben und unten in ausgiebiger Weise gemacht werden, um einen deutlichen Eindruck des ganzen Stabes zu erhalten. Dass dieser Umstand das Resultat beeinflussen muss, liegt auf der Hand. Die Unsicherheit der Schätzung war denn auch hier bei weitem größer, und die erhaltenen Zahlen zeigen die Eigenthümlichkeiten der anderen Rubriken nicht annähernd gleich deutlich. Um so bemerkenswerther ist es, dass eine Vergleichung trotzdem möglich war. Das unmittelbare Ergebniss, wie es in den Zahlen liegt, lässt sich folgendermaßen aussprechen:

Die Vergleichsgröße, welche einer gegebenen Größe bei verschiedenen Entfernungen gleich erscheint, wächst mit der Entfernung stetig, aber sehr langsam. Und: Mit der Größe der Normalgröße wächst der absolute Unterschied der ihr bei einer gegebenen Entfernung gleich erscheinenden Vergleichsgröße. Es ist zu vermuthen, dass der relative Unterschied bei derselben Entfernung annähernd constant bleibt.

Es liegt hierin zugleich ein anderes Ergebniss. Die Größe der Gegenstände war allgemein eine directe Function der Netzhautbildgrößen. Es liegt aber auf der Hand, dass die Abnahme der scheinbaren Größe eines Gegenstandes bei wachsender Entfernung nicht ebenfalls eine Function der entsprechenden Abnahme der Netzhautbildgrößen sein kann. Denn die erstere erfolgt bedeutend langsamer als die letztere. Während diese proportional der Entfernung sich vermindert, also z. B. bei doppelter Entfernung um die Hälfte, vermindert sich die scheinbare Größe eines Stabes in einem obigen

Beispiele bei fünffacher Entfernung um $\frac{1}{40}$. Die Laternen in einer Straße nehmen in ihrer scheinbaren Größe nur allmählich ab, die Gesichtswinkel dagegen nehmen sehr schnell ab, wie die perspektivische Vergleichung an einem Maßstabe Jedermann leicht deutlich macht. Die Abnahme der Größe sich entfernender Gegenstände hat also mit der Abnahme des Gesichtswinkels nichts zu thun.

II.

Das wichtigste Resultat der mitgetheilten Versuche sehe ich in der Bestätigung der Annahme, dass wir bestimmte und vergleichbare Größenvorstellungen auch von Gegenständen in verschiedenen Entfernungen besitzen. Unser Urtheil über die Gleichheit und Ungleichheit der verglichenen Größen hat genau die Sicherheit und subjective Bestimmtheit, wie die ähnlichen Urtheile über Intensitätsverhältnisse der Empfindungen. Diese Behauptung ist natürlich nur bei Wiederholung der Versuche selbst anfechtbar. Es widerspricht ihr auch nicht die zuzugebende Thatsache, dass bei Anwendung bekannter Gegenstände ein auffälliges Schwanken des Urtheils eintritt. Es ist mir nur schwer möglich anzugeben, welcher nahen Größe ich einen ca. 1000 m von mir entfernten hohen Fabrikschornstein gleich schätzen soll. Die Vorstellung der wirklichen Größe oder der aus der Nähe betrachteten Größe mischt sich mit solcher Energie ein, dass eine förmliche Uebung nöthig ist, von ihr zu abstrahiren. Wir übersetzen fortwährend die Ferne in die Nähe und benutzen dabei die uns geläufigen Vorstellungen als Maßstab. Wo die wirklichen Dimensionen dem nicht entsprechen, täuschen wir uns über die Entfernung (wie im Hochgebirge, wo uns alles näher erscheint, als es ist), oder sind überrascht, wenn wir aus der Nähe die wahren Dimensionen kennen lernen. Auch derartige Täuschungen wären nicht möglich, wenn wir nicht bestimmte und vergleichbare Eindrücke von den Größen der Gegenstände erhielten.

Bekanntlich stimmen die nativistische und empiristische Raumtheorie gerade in dem Punkte überein, dass die Größenvorstellungen bei verschieden entfernten Gegenständen auf Erfahrung beruhen. »Die Vorstellung der Größe setzt die Vorstellung der Entfernung voraus« (W und t, Ph. Psych. II, S. 92). Dieser Satz ist unter allen

Umständen richtig von der Vorstellung der wirklichen Größe eines Gegenstandes, soll aber auch gelten von den verschiedenen scheinbaren Größen der Gegenstände in wechselnden Entfernungen. Ebenso sagt Hering: »Das Größersehen des im Grunde gleich groß Empfundnen ist also im Vergleich zum ganz primitiven Raumsehen ein secundärer Process.« Erst durch das Beziehen der scheinbaren Lage der Anschauungsbilder auf das bekannte räumliche Ich werden nach diesem Autor die Sehrichtungen als divergent in den Raum ausstrahlend angenommen. »Der Maßstab, mit dem das Gesehene gleichsam abgeschätzt wird«, ist dann je nach der Entfernung ein anderer. Wunderbar ist es nur, dass wir dann die Gegenstände nicht in ihrer natürlichen Größe bei jeder Entfernung sehen, noch verwunderlicher, dass die scheinbaren Größen der Gegenstände bei wechselnder Entfernung eine solche Bestimmtheit besitzen, wie sie nur ursprünglichen Empfindungen eigen ist. Die empiristische Theorie ist hier entschieden überlegen, sie widerspricht sich selbst nicht.

Es ist das Größersehen entfernterer Gegenstände bei gleichbleibendem Gesichtswinkel, welches die Annahme eines derartigen Erfahrungseinflusses nöthig machte. Eine Linde vor mir in einiger Entfernung sehe ich ganz bedeutend größer als einen Bleistift nahe vor meinem Auge, und doch ist der Gesichtswinkel der gleiche. Es gibt jedoch eine Reihe von Thatsachen, welche die Annahme, dass es auch hier sich um Empfindungsvorgänge, nicht um secundäre Prozesse handelt, nicht nur nahe legen, sondern direct zu fordern scheinen. Dieselbe ist im Grunde schon eine nothwendige Folge unserer Versuche und der Erfahrungen, die sich bei ihnen machen ließen, nur dass wir bisher die Schwierigkeit der Netzhautbildverkleinerung bei zunehmender Entfernung außer Acht gelassen haben und uns nur um die Feststellung einer Thatsache des Bewusstseins, die Vergleichbarkeit von Größenvorstellungen verschieden entfernter Objecte kümmerten.

Ein in der Nähe entwickeltes und auf einer entfernteren Wand gesehenes Nachbild erscheint dort in einer der Entfernung entsprechenden Vergrößerung und umgekehrt. Man kann auch die allmähliche Vergrößerung des Nachbildes deutlich beobachten, wenn man einen Bogen Papier, der als Projectionsebene dient, bei unver-

ändertem Fixationspunkt langsam vor sich fortbewegt. Auch wenn man nach Entwicklung des Nachbildes in das Freie sieht, bemerkt man, ohne dass eine Projectionsfläche vorhanden ist, die stetige Zunahme des Nachbildes, je weiter man den Blick hinaussendet. Man Sorge nur für ruhige Fixirung je eines Punktes in der Luft. Man kann auf diese Weise leicht drei bis vier sehr verschiedene Größen des Nachbildes wahrnehmen. Bei der Schwierigkeit der ruhigen Blickrichtung ohne objectiven Fixationspunkt ist es mir noch nicht geglückt, die ruhige Zunahme der Nachbildgröße, wie im obigen Falle, zu beobachten. Bringt man zwei in geeigneter Weise vor die Augen gehaltene Stricknadeln in freier Stereoskopie zur Deckung und vergrößert allmählich die absolute Entfernung der Nadeln unter gleichzeitiger und übereinstimmender Verminderung der Convergenz der Blicklinien, so wächst das gemeinsame Bild der Nadeln, indem es zugleich in die jeweilige Ferne des Blickpunktes rückt, stetig an, bis es schließlich wie ein starker Mastbaum in den Himmel zu ragen scheint. (Vergl. hierüber und über das folgende Hering b. Hermann, Handb. d. Ph. III, 10. 431, Panum, Die scheinbare Größe der Objecte, Archiv für Ophth. Bd. V, u. Stumpf, Ueber d. ps. Ursprung d. R. S. 202 ff.) Hering sagt: »Bringt man dagegen beiderseits einen Zeigefinger auf je eine der parallel liegenden Gesichtslinien, so erscheint das aus der Verschmelzung der beiden inneren Trugbilder entstandene Bild des Fingers ungefähr in der Entfernung der beiden wirklichen Finger.« Das ist richtig; wenn man aber, von einer stärkern symmetrischen Convergenz der Blicklinien ausgehend, diese wie bei den Stricknadeln allmählich vermindert, so bemerkt man auch in diesem Falle deutlich die Vergrößerung des gemeinsamen Fingertrugbildes und sieht es an dem Orte des Fixationspunktes. Im Anfange scheint der Finger in unförmlicher Weise zu wachsen; bald sieht man jedoch an Stelle des Fingerbildes eine gleichförmige stangenartige Masse. Die Accommodation auf die Ferne lässt ein deutliches Wahrnehmen der Fingerumrisse nicht mehr zu. Hering sagt ferner: »Legt man auf den Tisch zwei gleiche Münzen oder Briefmarken mit einem gegenseitigen queren Abstände, der dem der Augen gleich, und richtet jede Gesichtslinie auf die Münze ihrer Seite, so sieht man drei Münzen auf dem Tisch, deren mittlere aus

der Verschmelzung der beiden Trugbilder entstanden ist. Aber diese Münze erscheint ebensowenig als der Tisch in jener großen Entfernung, in welcher der Blickpunkt liegt.« Auch hier gelingt es mir, das mittlere verschmolzene Trugbild bedeutend größer zu sehen, etwa wie ein Gypsrelief, wie man sie an die Wände zu hängen pflegt. Man muss nur von einer geringeren Entfernung ausgehen und die Thalerstücke nicht auf den Tisch, sondern auf eine Glasplatte nebeneinanderlegen, die man dann hochhalten kann, oder auch direct am Fenster in geeigneter Weise befestigen. Offenbar hat die Tischplatte auf die Accommodation und damit auf den ganzen Vorgang einen bestimmenden Einfluss. Schreibt man auf eine Glasplatte zwei leicht verschmelzende Buchstaben, z. B. zwei kleine o, so kann man deren Vergrößerung an dem Orte eines entfernten Fixationspunktes ebenfalls leicht beobachten; dasselbe geht bei zwei auf die Glasplatte geklebten Papierstückchen von übereinstimmender Form. (Vergl. dagegen Hering, Beitr. z. Physiol. S. 339.) Nur hört in diesen Fällen die Möglichkeit der Vergrößerung sehr bald auf, in Folge der eintretenden Verschwommenheit der Bilder. In allen diesen Fällen muss man das gemeinsame Trugbild scharf in's Auge fassen. Es hat dies auch sehr bald nicht die geringste Schwierigkeit mehr. Denn die Illusion, als ob ein wirkliches Object an der Stelle wäre, auf die wir den Blick lenken, ist so stark, dass man mit Leichtigkeit den Blick an dem Trugbild, wie an einem wirklichen Gegenstande, auf und ab gehen lassen kann. Auch die Seitenwendungen des Blickes in der imaginären Blickebene sind gestattet, ohne dass das Trugbild zerfällt. Die Eindrücke sind genau dieselben, als wenn ein wirkliches Object an jener Stelle sich befände. Am leichtesten lässt sich dies Alles beobachten, wenn man auf einer Glasplatte zwei verticale Striche zieht und dieselben zur Vereinigung bringt. Es existirt für diese Striche und die gleiche Haltung der Glasplatte natürlich immer nur eine entsprechende Blickebene und eine damit übereinstimmende Vergrößerung.

Bei einer solchen Anordnung gelingt es auch, die beiden Trugbilder in der Ebene des verschmolzenen zu sehen. In allen übrigen Fällen verharren die seitlichen Bilder in ihrer wirklichen Entfernung und Größe, wie es auch die uns umgebenden Gegenstände thun,

wenn unser Blick von ihnen zu entfernteren weiterschweift. Will es zuweilen scheinen, als ob ein solches seitliches Bild oder auch ein gewöhnliches Doppelbild in der ferner gelegenen Projectionsfläche mit entsprechender Vergrößerung zu sehen sei, so pflegt im Wettstreit sogleich die Projectionsfläche selbst hervorzutreten und das einseitige Bild entfällt der Apperception.

Bringt man zwei Zeichnungen eines abgestumpften Kegels, wie sie bei Wundt, Ph. Psych. II, S. 156, Fig. B abgebildet sind, zur Deckung, so gelingt es leicht, den Kegel durch willkürliches Hinaussehen in die Ferne größer zu sehen. Man kann sogar zwei Zeichnungen benutzen, denen wie in Fig. A a. a. O. die Contourlinien fehlen, nur dass hier das Urtheil in Betreff der Entfernung des kleineren und größeren Quadrates ein schwankenderes ist.

Auch beim einäugigen Sehen vergrößert sich in analoger Weise die scheinbare Größe des Gegenstandes trotz gleichen Sehwinkels, sobald der Blickpunkt in die Ferne rückt. Es gelingt hier, wo die Concurrrenz der Wahrnehmungen des zweiten Auges fortfällt, bedeutend leichter, einen näheren Gegenstand in einer entfernteren Fixationsebene vergrößert zu sehen. Auf dem Schreibtische vor mir befindet sich ein Leuchter. Fixire ich anhaltend die gegenüberliegende Wand so, dass der Leuchter nicht viel seitwärts von der Blicklinie sich befindet, so sehe ich denselben indirect sehr leicht wie einen großen Altarleuchter. Umgekehrt kann man einen vor dem Fenster befindlichen Baum, wenn man das Fensterkreuz fixirt, sehr wohl in der perspectivischen Verkürzung wahrnehmen. Das letztere gelingt auch im zweiäugigen Sehen, wenn auch nicht so sicher. Bei dem von mir oben geschilderten Versuchsverfahren hat man hinreichend Gelegenheit, die gleiche Beobachtung in voller Deutlichkeit zu machen. Sind die beiden in Vergleich zu bringenden Stäbe beide nahezu in der Medianebene aufgehängt, so dass bei Fixirung des näheren Stabes der entfernte nothwendig mitgesehen wird, so erscheint dieser zunächst regelmäßig in der perspectivischen Verkürzung, also bedeutend kleiner als er nachträglich geschätzt wird. Es ist dies so eindringlich und lästig, dass man gezwungen ist, die beiden Stäbe ein gut Theil nach beiden Seiten auseinanderzurücken, um die Eindrücke derselben unabhängig von einander zu machen. Bei jedem Visiren an einem verticalen Stabe nach einem fernerem

Gegenstände lässt sich dieselbe Sache beobachten. Es ist dies dieselbe Erscheinung wie die, welche Panum a. a. O. S. 15 im Auge hat. Und auch die von Hering (Beitr. z. Ph. S. 16 ff.) erwähnten Versuche lassen sich hierauf zurückführen. Man unterscheidet dabei die perspectivische Größe des weiteren Gegenstandes sehr wohl von seiner natürlichen Größe, wie sie uns erscheint, wenn wir auf ihn accommodiren. Wir sehen also thatsächlich dasselbe Ding in zwei sehr verschiedenen Größen, die beide von der sogenannten wirklichen Größe abweichen. Wem es zweifelhaft bleiben sollte, ob beide Größen wirklich empfunden sind, der wird jedenfalls zugeben, dass das unmittelbare Bewusstsein dafür spricht, den jedesmal fixirten Gegenstand in seiner scheinbaren Größe als wirklich empfunden anzusehen. Die Consequenz ist dann dieselbe, dass derselben Netzhautbildgröße in unmittelbarer Empfindung verschiedene und mit der Entfernung wachsende Raumbildgrößen entsprechen.

Fassen wir rein beschreibend alle genannten Beobachtungen zusammen, so lässt sich der folgende Satz aufstellen, der als nothwendige Ergänzung des im Anfang genannten ersten Hauptsatzes über die Größe der wahrgenommenen Gegenstände gelten kann:

Dasselbe Netzhautbild, in verschiedenen Entfernungen gesehen (in verschiedene Entfernungen projectirt), entspricht Raumbildern von verschiedener Größe, und zwar findet das Wachsen annähernd proportional der Entfernung statt.

Zu diesem Satze lässt sich, wie eine einfache Betrachtung der geometrischen Verhältnisse zeigt, der Zusatz machen, dass die verhältnissmäßige Vergrößerung des zu einem Netzhautbilde gehörigen Raumbildes beim Verlegen in eine um gleiche Strecken entfernte Projectionsebene mit Zunahme der Entfernung abnimmt.

Entfernt sich ein Gegenstand von uns, so nimmt seine Netzhautbildgröße ab, die scheinbare Größe, welche den abnehmenden Bildern entspricht, nimmt nach dem zweiten Hauptsatze zu. In diesem Falle wirken die beiden Functionen einander entgegen; der Gegenstand erscheint in seiner natürlichen Größe. Es ist dies bekanntlich annähernd der Fall. Der sich von uns entfernende Mensch wird nur sehr langsam etwas kleiner. Dass die Menschen, aus

großer Höhe betrachtet, so klein erscheinen, hat seinen Grund einfach in der starken Verkürzung, also in der beträchtlichen Verkleinerung des Gesichtswinkels. Es ist auffällig, dass dieser Umstand so oft verkannt ist und dass man psychische Ursachen, als Folge der veränderten Umstände, in Betracht ziehen zu müssen geglaubt hat. Um sofort von der Richtigkeit dieser Behauptung überzeugt zu sein, stelle man einen zur Erzeugung eines Nachbildes geeigneten Streifen weißen Papiers auf schwarzem Grunde auf die Erde, entwickle ein Nachbild und vergleiche die Größe desselben mit einem in der gewöhnlichen Lage entwickelten Nachbilde. Das ungewohnte Aussehen der Menschen von einem mehr oder weniger hohen Thurme aus hat also in rein physikalischen Verhältnissen seinen Grund.

Würden die beiden Functionen, von denen die scheinbare Größe der Gegenstände erfahrungsgemäß abhängt, genau proportional der Entfernung wirksam sein, so würden uns die Gegenstände offenbar in jeder Entfernung gleich groß erscheinen. Es ist dies aber nicht der Fall; unsere Versuche haben die langsame Abnahme der scheinbaren Größe eines Gegenstandes bei wachsender Entfernung bestätigt und zu zeigen gesucht, dass dies so ist nicht bloß in der Schätzung, sondern auch in der Empfindung. Es ist infolge dessen anzunehmen, dass der zweite Hauptsatz nicht genau, sondern nur annähernd giltig ist. Der Wahrnehmungsraum ist nicht gleichartig dem geometrischen Raum unseres Denkens und nicht gleichartig dem diesem entsprechenden wirklichen Raume. Wir sehen im Grunde kein Ding in seiner wirklichen Größe oder an seinem wirklichen Orte. Man kann sagen, dass der Wahrnehmungsraum, verglichen mit dem wirklichen Raume, ein in sich zusammengezogener ist; der Grad der Zusammenziehung wächst mit der Entfernung, aber nicht proportional derselben.

Noch wenige Bemerkungen zum Schluss. Wir haben uns absichtlich jeder theoretischen Erörterung enthalten, nur um Beschreibung von Bewusstseinsthatsachen war es zu thun. Dieselbe wich in manchen Punkten von herkömmlichen Anschauungen ab. Der auf genetischem Standpunkte stehende Psychologe wird mit ihnen leicht fertig werden. Das, was wir unmittelbare Größenempfindungen nennen, ist ihm etwas Gewordenes. Nur dies eine muss er zugehen, dass dies Gewordene die unveränderliche und sichere Be-

stimmtheit der Empfindungen besitzt. Es folgt dies aus den gesammten von uns erörterten Erscheinungen. An und für sich liegt aber in dieser ihrer Natur kein Grund, sie nicht aus elementareren Vorgängen entstanden zu denken. Größenvorstellungen können aus raumlosen Lichteindrücken durch psychische Prozesse hervorgehen. Die Entscheidung liegt in rückliegenden principiellen Grundfragen.

Es möge daher hier nur auf die Möglichkeit aufmerksam gemacht werden, dass die natürlichen Größenveränderungen der Raumbilder die lange gesuchten Localzeichen selbst seien; es sind dies wenigstens Veränderungen, die wirklich im Bewusstsein aufweisbar sind. Freilich scheint damit zunächst die Sache auf den Kopf gestellt, das zu Erklärende zum Mittel der Erklärung gemacht zu sein. Allein schon Lotze, der Erfinder der Localzeichen, gab zu, dass die eigentliche Natur der Raum- und Größenvorstellungen unerklärbar sei. Soweit ist auch jede genetische Theorie nativistisch. Die Vortheile aber der von uns angedeuteten Anschauung für die Frage der dritten Dimension und die nach der Orientirung im Raume liegen auf der Hand.
