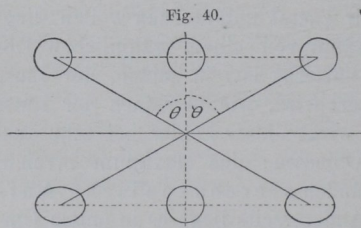


IV. Kapitel.

Perspectivische Anomalien.

Da wir jetzt sämtliche Bedingungen des Aplanatismus betrachtet haben, so müssen wir nun auf die Untersuchung anderer Fehler der Apparate übergehen, welche weder von der sphärischen Aberration, noch von der chromatischen, noch von den Anomalien abhängen; dennoch aber in der Photographie in Betracht kommen. Vor allen Dingen wollen wir die Verzeichnung untersuchen, welcher ein Apparat ausgesetzt ist, auch wenn er von allen oben behandelten Fehlern frei ist, und welche Prof. Vogel bereits in seinen Lehrbüchern besprochen hat. Für Abweichungen dieser Art möchte ich den Namen „Perspectivische Anomalien“ vorschlagen. Die Ursache der „Perspectivischen Anomalien“, welche wir zuerst untersuchen wollen, liegt einerseits darin, dass das Bild im Raum von einem räumlichen Object (wenn es nicht unendlich weit entfernt ist) in seinen, der Linse nähern Theilen stärker vergrößert wird, wie in seinen der Linse fernern Theilen. Besonders übel wirkt dieser Fehler bei sehr ausgedehnten, und der Linse nahen Objecten; das Maximum erreicht er jedoch, wenn unter solchen Umständen stereoskopische Aufnahmen gemacht werden sollen. Andererseits liegt es in einem Umstande, welcher allgemein noch nicht so recht zum klaren Bewusstsein gekommen zu sein scheint, obgleich Prof. Vogel demselben in seinem Lehrbuch den vortrefflichen Artikel III von der Perspective gewidmet hat. Wir müssen uns zuerst fragen, was wollen wir in der photographischen Aufnahme sehen? Ich glaube doch meistens wohl, dass wir den Gegenstand so zu sehen wünschen, wie wir ihn (in der entsprechenden Stellung des Auges) erblicken würden! Wir könnten allerdings noch wünschen, ihn so zu sehen, dass er sich mit der von unserer Phantasie gemachten Vorstellung decken sollte; doch das liegt jenseit des Feldes des Optikers, der wohl mit reellen und virtuellen, aber nicht mit Phantasiebildern zu thun hat! Halten wir die erstere Bedingung fest und untersuchen genauer, ob ein photographisches Linsensystem der bisherigen Constructionen dieser Bedingung genügt;

so müssen wir es ganz entschieden verneinen! Wenn wir aber die Frage stellen, sind wir denn überhaupt im Stande, photographische Linsensysteme zu construiren, welche solche Bilder hervorbringen, so kann ich es bejahen! Ob aber solche Linsensysteme Beifall in photographischen Kreisen finden würden, das vermag ich nicht zu entscheiden. Fragen wir uns, worin liegt der Unterschied beider? Vor Allem darin, dass der Photograph ein auf eine Ebene ausgestrecktes Bild der äussern Gegenstände darstellt, während die Augen das Bild der äussern Gegenstände auf einer Hohlkugel auffangen welche dem Radius der Aequivalentbrennweite desselben nahezu entspricht! Welchen Unterschied macht aber dieses? Das Auge und der photographische Apparat haben beide nur ein optisches Centrum, und üben deshalb Beide das Gesetz centraler Perspective; das Auge stellt aber in Folge der Constanz der Brennweite der schiefen Strahlenkegel die Randpartien ihrer Bilder genau in demselben Maassstab her, wie die Mittelpartien; bei den Linsensystemen dagegen steigt dieser Maassstab (wie ich bei Gelegenheit der Ebenheit des Bildes erwähnte) wie die Secante des halben Bildwinkels ϑ . In recht anschaulicher Weise stellt dieses Prof. Vogel durch die Aufnahme von einer Anzahl gleicher Kugeln dar. Während die in der Mitte des Bildes



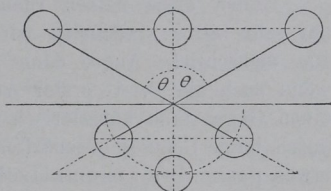
liegende Kugel auch als solche erscheint, erscheinen die Kugeln gegen den Rand des Bildes mehr und mehr elliptisch, da bei winkeltreuen Cardinalstrahlen die abzubildenden Kugeln als Kreise vom optischen Mittelpunkt aus erscheinen. Der schiefe Lichtkegel aber, welcher die Kugeln ausser der Mitte abbilden soll, wird von der matten Scheibe unter dem

halben Bildwinkel ϑ geschnitten, wie Fig. 40 zeigt. Hieraus ist aber das Verhältniss der grossen und kleinen Axe der Ellipse gegeben. Der besseren Uebersicht wegen mag daher folgende kleine Tabelle dienen:

Ganzes Sehfeld = 2ϑ	Halber Bildwinkel = ϑ	Verhältniss beider Axen der Ellipse 1:x
20°	10°	1 : 1,015
40°	20°	1 : 1,064
60°	30°	1 : 1,155
80°	40°	1 : 1,305
100°	50°	1 : 1,556
120°	60°	1 : 2,000
140°	70°	1 : 2,924.

Wie man aus dieser Tabelle ersieht, nimmt die Verzerrung der Kugel zum Ellipsoid erst langsam und dann immer schneller zu. Diese Werthe gelten natürlich für den entsprechenden Hauptschnitt und dem zugehörigen Winkel θ , mag dieser Hauptschnitt irgend welche Lage im Raum haben, ob horizontal, vertical, diagonal etc. Aus Fig. 41 ist leicht zu ersehen warum dieser Fehler der P. A. bei der Projection des Bildes in eine Hohlkugel von entsprechendem Radius wegfallen muss. Um noch einmal auf Petzval's Bemerkung bei Gelegenheit der Bildwölbung zurückzukommen, hat die Natur, wie leicht ersichtlich, auch zur Vermeidung dieses Fehlers, das Bild nicht auf eine Ebene, sondern in eine Kugelhaube projectirt!

Fig. 41.



Eine solche mag freilich für den Photographen recht unbequem sein.

Um alle Irrthümer in der Auffassung zu vermeiden, wiederhole ich noch einmal, dass dieser Fehler der P. A. selbst solchen Linsensystemen anhängt, welche von einem quadratischen Netz ein durchaus tadelloses Bild auf eine plane Platte entwerfen; so bald aber körperliche Abbildungen ausser der Axe in Betracht kommen, tritt der Fehler der P. A. ein. Ja, noch mehr als das, die Loch-camera ist mit demselben Uebel behaftet, wenn man eine ebene Platte zum Auffangen des Bildes benutzt. Wird statt dessen eine Kugelhaube, deren Centrum das Loch ist, benutzt, so ist diese P. A. gehoben. Die Kugel als Object ist ein höchst einfaches Beispiel des allgemeinen Falles körperlicher Objecte. Für das Portraitfach ist die Vermeidung, oder wenigstens Verminderung dieser Aberration von höchster Wichtigkeit, zumal bei Gruppen-Aufnahmen, da das menschliche Auge in Beurtheilung der Formenverhältnisse des menschlichen Körpers, besonders des Gesichtes, ein scharfer Kritiker ist. Man darf sich übrigens nicht dem Irrthum hingeben, als ob ein Linsensystem, dessen Bild auf der entsprechenden Kugelhöhlung liegt, mit einer ebenen Platte benutzt (die Personen in entsprechendem Kreise aufgestellt), in Bezug auf diesen Fehler viel besser sei, als ein anderes Linsensystem das ein ebenes Bild entwirft. Ersteres hat nur den Vortheil besserer Bilddefinition in den Randtheilen des Bildes. Man gewinnt nicht einmal in der gleichen Bildgrösse der Personen, da durch Aufstellen im Kreise die Personen des Bildrandes stärker vergrößert werden. Die zweite Anomalie mit der wir es zu thun

haben, besteht darin, dass es keineswegs gleichgültig, welche Dimension das abzubildende Linsensystem im Verhältniss zum abzubildenden Object hat. Diese Aberration zerfällt in zwei Theile, der erste Theil derselben ist abhängig von der Dimension der äquivalenten Brennweite, der zweite von der Dimension der Eintrittspupille.

Haben diese beiden Elemente dasselbe Grössenverhältniss (was nur sehr selten stattfinden wird) zum abzubildenden Gegenstand wie das menschliche Auge, dann ist auch die Abbildung getreu, zumal wenn noch die P. A. erster Art vermieden ist. Der Maler, welcher einen Gegenstand künstlerisch darstellt, übt einfach mit Hülfe seiner durch lange Uebung geschärften Fähigkeit im Allgemeinen nicht etwa etwas ganz Unmathematisches aus (wie wohl zuweilen behauptet wird), sondern er bestrebt sich, das optische Bild seines Auges auf eine Ebene so zu übertragen, dass es möglichst getreu der Wirklichkeit entspricht, d. h. also auch möglichst frei von perspectivischen Anomalien ist!

Um obige Bedingung zu erfüllen, sollte eigentlich das die Photographie betrachtende Auge dieselbe Distance von der Photographie haben, welche der optische Mittelpunkt des Apparates von dem Object hatte. Es wird sich dies wohl auch nur in den seltensten Fällen ausführen lassen, wenn man nicht etwa eigens dazu construirte Linsensysteme zur Betrachtung der Photographien verwenden will. Auf diesem Feld ist noch Viel zu thun übrig, ausser dem Stereoskop und dem Anschütz'schen Apparat (nach Art der stroboskopischen Scheiben) findet man höchstens schwache Lupen, welche meistens mehr unvortheilhaft als vortheilhaft wirken. Aus unserer Formel No. 19 kennen wir den Zusammenhang zwischen der Object- und Bildweite, und ausgerechnete Tabellen dafür befinden sich in fast allen photographischen Schriften, so dass wir an dieser Stelle wohl davon absehen können? Aus dieser Formel geht nun hervor, dass die Bildweite, wenn das Object sich der Aequivalentbrennweite nähert, unverhältnissmässig wächst. Da nun die Bildgrösse in directem Zusammenhang damit steht, so folgt daraus, dass Gegenstände, welche sich der Aequivalentbrennweite nähern, viel stärker vergrössert werden als weiter entfernte. Bei Vergleichung zweier Apparate sollte also die Entfernung des Objectes vom Linsensystem um so viel mal grösser sein, wie das Aequivalent dieses Linsensystems grösser ist, wie dasjenige des andern Systems!

Wendet man diesen Satz auf das menschliche Auge, an dessen äquivalente Brennweiten nach Helmholtz 20,7 und 15,5 mm sind, so wird man leicht sehen, dass sich im Atelier dieses Verhältniss in den wenigsten Fällen ganz realisiren lässt. Bei sehr nahen Gegen-

ständen ist diese Distance meist grösser wie das zehnfache Aequivalent des Auges, und bei fernen Gegenständen bereits so gross, dass dieser Fehler der P. A. praktisch verschwindet, da derselbe ja nach der Theorie bei unendlicher Distance = 0 wird! Denke man sich aber einen photographischen Apparat von nur 20 Centimeter Aequivalent, so sollten bereits alle Verhältnisse das Zehnfache, gegenüber dem menschlichen Auge, betragen. Auch hieraus ersieht man, wie weise die Natur gehandelt hat, dass sie die sämtlichen Geschöpfe mit Augen von kurzer Aequivalentbrennweite versehen hat! Zur bessern Uebersicht zwischen der Distance des Objectes und der conjugirten des Bildes, so wie des Verhältnisses der Bildgrössen sind noch nachstehende Relationen sehr zweckmässig. Nennt man die äquivalente Brennweite p ; und D die Distance des Objectes; d die conjugirte Distance des Bildes; m die Anzahl der Verkleinerung des Bildes und n die Anzahl wie viel mal die Brennweite in der Objectdistance enthalten ist, so hat man $n = \frac{D}{p}$ und ist $\frac{d}{p} = \frac{n}{n-1}$ und $m =$

$\frac{D}{d}$ setzt man hier $p = 1$, so giebt folgende kleine Tabelle eine rasche Uebersicht, aus welcher man durch Multiplication mit der Anzahl der zu Grunde gelegten Maasseinheiten der äquivalenten Brennweite leicht die gewünschten Daten erhalten kann. In diesem Fall ist

$D = n$	$d = \frac{n}{n-1}$	$m = n - 1$	$d - 1 = \delta$
1	∞	0	0
2	2	1	1
3	$3/2 = 1,5000$	2	0,5000
4	$4/3 = 1,3333$	3	0,3333
5	$5/4 = 1,2500$	4	0,2500
6	$6/5 = 1,2000$	5	0,2000
7	$7/6 = 1,1667$	6	0,1667
8	$8/7 = 1,1429$	7	0,1429
9	$9/8 = 1,1250$	8	0,1250
10	$10/9 = 1,1111$	9	0,1111
11	$11/10 = 1,1000$	10	0,1000
12	$12/11 = 1,0909$	11	0,0909
13	$13/12 = 1,0833$	12	0,0833
14	$14/13 = 1,0769$	13	0,0769
15	$15/14 = 1,0714$	14	0,0714
16	$16/15 = 1,0667$	15	0,0667
17	$17/16 = 1,0625$	16	0,0625
18	$18/17 = 1,0588$	17	0,0588
19	$19/18 = 1,0556$	18	0,0556
20	$20/19 = 1,0526$	19	0,0526
	$21/20 = 1,0500$	20	0,0500
22	$22/21 = 1,0476$	21	0,0476
23	$23/22 = 1,0455$	22	0,0455
24	$24/23 = 1,0435$	23	0,0435

$D = n$	$d = \frac{n}{n-1}$	$m = n - 1$	$d - 1 = \delta$
25	25/24 = 1,0417	24	0,0417
26	26/25 = 1,0400	25	0,0400
27	27/26 = 1,0385	26	0,0385
28	28/27 = 1,0370	27	0,0370
29	29/28 = 1,0357	28	0,0357
30	30/29 = 1,0345	29	0,0345
31	31/30 = 1,0333	30	0,0333
32	32/31 = 1,0323	31	0,0323
33	33/32 = 1,0313	32	0,0313
34	34/33 = 1,0303	33	0,0303
35	35/34 = 1,0294	34	0,0294
36	36/35 = 1,0286	35	0,0286
37	37/36 = 1,0278	36	0,0278
38	38/37 = 1,0270	37	0,0270
39	39/38 = 1,0263	38	0,0263
40	40/39 = 1,0256	39	0,0256
41	41/40 = 1,0250	40	0,0250
42	42/41 = 1,0244	41	0,0244
43	43/42 = 1,0238	42	0,0238
44	44/43 = 1,0233	43	0,0233
45	45/44 = 1,0227	44	0,0227
46	46/45 = 1,0222	45	0,0222
47	47/46 = 1,0217	46	0,0217
48	48/47 = 1,0213	47	0,0213
49	49/48 = 1,0208	48	0,0208
50	50/49 = 1,0204	49	0,0204
51	51/50 = 1,0200	50	0,0200

Diese vorstehende kleine Tabelle (die sich Jeder leicht selbst beliebig erweitern kann, da das Bildungsgesetz einfach ist) giebt eine leichte Uebersicht, wie sich die Gegenstände zu einander in der Bildgrösse verhalten, wenn man sie auf dieselbe Platte bringen will. Ausserdem kann man diese Tabelle auch zur Ausmittlung der Cameralänge, bei Aufnahmen und Vergrösserungen benutzen, man braucht nur jede der Ziffern mit der äquivalenten Brennweite des anzuwendenden Linsensystems zu multipliciren, und erhält dann: aus der ersten Reihe $D = n$ die Entfernung des Objectes, welche zur Bildweite $= d = \frac{n}{n-1}$ gehört (zweite Reihe). In der dritten Reihe findet man alsdann das Quantum der Verkleinerung des Objectes im Bilde durch m ausgedrückt und endlich in der vierten Reihe unter $d - 1$ das Quantum, um welches die Camera verlängert werden muss, wenn das betreffende Object eingestellt werden soll, und die Camera vorher auf $D = \infty$ eingestellt war.

Will man diese Tabelle für letzteren Zweck benutzen, so wird es erspriesslich sein, die niedrigen Verkleinerungs-, resp. Vergrösserungsziffern etwas ausführlicher in der folgenden Tabelle zu behandeln: Es ist demnach

$D = n$	$d = \frac{n}{n-1}$	$m = n - 1$	$d - 1$
2,00	2,00/1,00 = 2,0000	1,00	1,0000
2,05	2,05/1,05 = 1,9524	1,05	0,9524
2,10	2,10/1,10 = 1,9091	1,10	0,9091
2,15	2,15/1,15 = 1,8696	1,15	0,8696
2,20	2,20/1,20 = 1,8333	1,20	0,8333
2,25	2,25/1,25 = 1,8000	1,25	0,8000
2,30	2,30/1,30 = 1,7692	1,30	0,7692
2,35	2,35/1,35 = 1,7407	1,35	0,7407
2,40	2,40/1,40 = 1,7143	1,40	0,7143
2,45	2,45/1,45 = 1,6897	1,45	0,6897
2,50	2,50/1,50 = 1,6667	1,50	0,6667
2,55	2,55/1,55 = 1,6452	1,55	0,6452
2,60	2,60/1,60 = 1,6250	1,60	0,6250
2,65	2,65/1,65 = 1,6061	1,65	0,6061
2,70	2,70/1,70 = 1,5882	1,70	0,5882
2,75	2,75/1,75 = 1,5714	1,75	0,5714
2,80	2,80/1,80 = 1,5556	1,80	0,5556
2,85	2,85/1,85 = 1,5405	1,85	0,5405
2,90	2,90/1,90 = 1,5263	1,90	0,5263
2,95	2,95/1,95 = 1,5128	1,95	0,5128
3,00	3,00/2,00 = 1,5000	2,00	0,5000
3,1	3,1/2,1 = 1,4762	2,10	0,4762
3,2	3,2/2,2 = 1,4545	2,20	0,4545
3,3	3,3/2,3 = 1,4348	2,30	0,4348
3,4	3,4/2,4 = 1,4167	2,40	0,4167
3,5	3,5/2,5 = 1,4000	2,50	0,4000
3,6	3,6/2,6 = 1,3846	2,60	0,3846
3,7	3,7/2,7 = 1,3704	2,70	0,3704
3,8	3,8/2,8 = 1,3571	2,80	0,3571
3,9	3,9/2,9 = 1,3448	2,90	0,3448
4,0	4,0/3,0 = 1,3333	3,00	0,3333
4,1	4,1/3,1 = 1,3226	3,1	0,3226
4,2	4,2/3,2 = 1,3125	3,2	0,3125
4,3	4,3/3,3 = 1,3030	3,3	0,3030
4,4	4,4/3,4 = 1,2941	3,4	0,2941
4,5	4,5/3,5 = 1,2857	3,5	0,2857
4,6	4,6/3,6 = 1,2778	3,6	0,2778
4,7	4,7/3,7 = 1,2703	3,7	0,2703
4,8	4,8/3,8 = 1,2632	3,8	0,2632
4,9	4,9/3,9 = 1,2564	3,9	0,2564
5,0	5,0/4,0 = 1,2500	4,0	0,2500
5,2	5,2/4,2 = 1,2381	4,2	0,2381
5,4	5,4/4,4 = 1,2273	4,4	0,2273
5,6	5,6/4,6 = 1,2174	4,6	0,2174
5,8	5,8/4,8 = 1,2083	4,8	0,2083
6,0	6,0/5,0 = 1,2000	5,0	0,2000
6,2	6,2/5,2 = 1,1923	5,2	0,1923
6,4	6,4/5,4 = 1,1852	5,4	0,1852
6,6	6,6/5,6 = 1,1786	5,6	0,1786
6,8	6,8/5,8 = 1,1724	5,8	0,1724
7,0	7,0/6,0 = 1,1667	6,0	0,1667
7,2	7,2/6,2 = 1,1613	6,2	0,1613
7,4	7,4/6,4 = 1,1563	6,4	0,1563
7,6	7,6/6,6 = 1,1515	6,6	0,1515
7,8	7,8/6,8 = 1,1471	6,8	0,1471

$D = n$	$d = \frac{n}{n-1}$	$m = n - 1$	$d - 1$
8,0	8,0/7,0 = 1,1429	7,0	0,1429
8,2	8,2/7,2 = 1,1389	7,2	0,1389
8,4	8,4/7,4 = 1,1351	7,4	0,1351
8,6	8,6/7,6 = 1,1316	7,6	0,1316
8,8	8,8/7,8 = 1,1282	7,8	0,1282
9,0	9,0/8,0 = 1,1250	8,0	0,1250
9,2	9,2/8,2 = 1,1220	8,2	0,1220
9,4	9,4/8,4 = 1,1190	8,4	0,1190
9,6	9,6/8,6 = 1,1163	8,6	0,1163
9,8	9,8/8,8 = 1,1136	8,8	0,1136
10,0	10,0/9,0 = 1,1111	9,0	0,1111
10,2	10,2/9,2 = 1,1087	9,2	0,1087
10,4	10,4/9,4 = 1,1064	9,4	0,1064
10,6	10,6/9,6 = 1,1042	9,6	0,1042
10,8	10,8/9,8 = 1,1020	9,8	0,1020
11,0	11,0/10,0 = 1,1000	10,0	0,1000

Einige Beispiele mögen den Gebrauch dieser Tabelle erläutern. Es sei z. B. die äquivalente Brennweite eines Linsensystems = 5, man wünscht einen Gegenstand damit 50mal = m zu verkleinern, so giebt $5 \times D = 255$ die Distance des Gegenstandes vom ersten Cardinalpunkt des Linsensystems; die hierzu gehörige conjugirte Bildweite beträgt $5 \times d = 5,1$ und die Verlängerung der Camera (über den Focus hinaus) beträgt $5 \times 0,0200 = 0,1$. Man wünscht ferner zu wissen, wie gross wohl die Undeutlichkeit sein wird, welche dadurch entsteht, dass man nicht allein Gegenstände in der Entfernung $5 D = 255$, sondern auch Gegenstände am Horizonte oder Wolken abzubilden hätte. Beträgt das Oeffnungsverhältniss, das man dabei anwendet z. B. $F/10$, so hat man diese Grösse aus $\frac{1}{10} \times 5 \times 0,0200 = 0,01$; oder man wollte ausserdem noch einige nähere Gegenstände, z. B. in 200 Distance aufnehmen, so setzt man $200 = D \times 5$, woraus $D = 40$ in der Tabelle unter $d - 1 = 0,0256$ ergibt, hiervon hat man die entsprechende Ziffer für $D \times 5 = 255$, also 0,0200 abziehen, bleibt 0,0056 und dieses mit $\frac{1}{10} \times 5$ zu multipliciren, giebt 0,0028 als durch die Focustiefe hervorgebrachte Aberration, d. h. ein mathematischer Punkt im Object erscheint als Kreis von 0,0028 in der Photographie. Ein anderes Beispiel wäre, man hätte ein Portrait aufzunehmen und einen Raum von 10 Meter Länge zur Disposition, man wollte, dass das Bild 7 mal kleiner sein sollte wie das Object und wünschte die möglichst grösste äquivalente Brennweite des Linsensystems anzuwenden. Man sucht in der Tabelle zuerst unter $m = 7$ die Grösse $D = 8$ und $d = 1,1429$, so ist $\frac{1000 \text{ Centimeter}}{D + d} = 9,1429$ = der äquivalenten Brennweite p des Linsensystems = 109,4 Centimeter. Diese Linse hätte man nun in der Distance $D \times 109,4 = 8 \times 109,4 =$

875,2 Centimeter vom Apparat aufzustellen, und wäre das Quantum des Ausziehens $\delta = 0,143 \times 109 = 15,6$. Wäre ferner der zu photographirende Gegenstand 2 Meter = 200 Centimeter hoch, so müsste das Bildfeld dieser Linse mindestens $\frac{200}{m} = \frac{200}{7} = 28,6$ Centimeter im Diameter sein.

Ein Beispiel zur Vergrösserung eines Negativs mag diese Proben beschliessen. Es sei ein Linsensystem von 17 Centimeter äquivalentem Focus gegeben, man wollte ein Negativ von 15 Centimeter Seite auf 55,5 Centimeter vergrössern, man wünscht die Distance D und d kennen

zu lernen. Zuerst dividirt man $\frac{55,5}{15} = m = 3,7$, um die Vergrösserung

kennen zu lernen, alsdann sucht man unter m die Grössen D = 4,7 und d 1,2703 auf, und multiplicirt dieselben mit dem gegebenen Aequivalent 17. Sonach ist $4,7 \times 17 = 79,9$ und $1,2703 \times 17 = 23,995$, addirt man beide Grössen, so erhält man die Distance des Negativs von seiner Vergrösserung = 103,9 Centimeter. Man hat hier natürlich zu beachten, da es sich um eine Vergrösserung und nicht um eine Verkleinerung handelt, dass Object und Bild ihren Platz vertauschen, so dass das Negativ durch die Distance d und die Copie durch die Distance D bemessen wird. Bei allen diesen Angaben beziehen sich die Messungen immer auf den ersten und zweiten Cardinalpunkt der Linsensysteme, deren Lage zu finden, später gezeigt werden wird. Der bessern Uebersicht wegen folgt das hier durch Beispiele erläuterte

noch einmal in Formeln ausgedrückt. Es ist $d = \frac{D}{m}$; $p = 1$; $d -$

$p = \delta = d - 1$; $D = n = p(m + 1)$ und $d = \frac{n}{n-1} = \frac{n}{m}$; $m =$

$n - p = n - 1$. Die einzige Rechenoperation, welche dem Photographen bei Benutzung dieser Tabelle zufällt, ist die Multiplication aller Grössen mit der Anzahl der Einheiten, welche die äquivalente Linse des anzuwendenden Systems betrifft, welche natürlich ganz willkürlich gewählt sein kann, sei es Meter oder Zoll und Fussmaasse irgend welcher Art, man beachtet nur, dass man nur einerlei Maass zur Zeit anwenden darf und dass alle Grössen, welche man als Resultat erhält, dann in demselben Maasse ausgedrückt sind. Es ist vielleicht kein unzweckmässiger Vorschlag für ein photographisches Atelier, dass man im Fussboden des Ateliers einen Maassstab permanent aufträgt und gleiches mit allen Cameras macht. Man kann auf Papier gezogene sehr genaue Maassstäbe (die man nur aufzukleben braucht) zu einem sehr mässigen Preis von den Handlungen erhalten, die solche

für Feldmессzwecke durch Druck herstellen. Will man dann noch ein Uebriges thun, so bestimmt man zuerst die optischen Constanten der vorhandenen Linsensysteme und berechnet sich (durch einfache Multiplication aus dieser Tabelle) eine Tabelle für das Atelier, die sich nur auf die für das bestimmte Atelier auf die vorkommenden Fälle beschränkt und die hier gegebenen Decimalen so viel reducirt, wie es wünschenswerth erscheint. Diese Tabelle im Atelier an einer bequemen Stelle angebracht, lässt mit Hülfe der gedruckten Maassstäbe sofort jede verlangte Orientirung ohne Mühe, Zeitverlust und Unsicherheit zu! Will man noch die Personenhöhe in Anschlag bringen, so braucht man nur einen derartigen Maassstab senkrecht an einem passenden Platz im Atelier anzubringen (vielleicht am Eingang), so dass man beim Eintritt des Kunden sofort über die Höhe der Person orientirt ist. Sollte sich der Photograph am Anblick des auf dem Fussboden (an der Seite) befindlichen Maassstabes stossen, so kann man die Parquettirung des Fussbodens, Muster des Teppichs etc. so wählen, dass solches als Maassstab dienen kann.

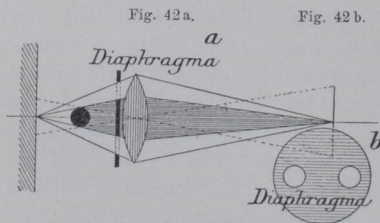
Nach obiger Tabelle vermag man immer dasselbe Verhältniss der Vergrösserung, resp. Verkleinerung der optischen Bilder des Objectes zu erreichen, wenn man das Aequivalent p ändert. Wächst dieses, so wachsen auch die Distancen D und d und das Resultat ist, dass man mit Linsensystemen von ganz verschiedener Brennweite eine ganze Reihe völlig gleich grosser Photographien herstellen kann. Man sollte nun wohl auf den ersten Blick glauben, dass (sofern alle Linsensysteme aplanatisch seien) die Qualität der so erhaltenen Photographien gleich seien. Dies ist jedoch keineswegs der Fall! Ich habe schon oben erwähnt, dass die Verhältnisse nur dann die ähnlichen zum menschlichen Auge sind, wenn die Verhältnisse der Linsenäquivalente und Distancen des photographischen Apparats (die meist unausführbaren) ähnlichen sind. Man muss indess suchen, sich diesen Verhältnissen nach Umständen zu nähern. Einen recht deutlichen Begriff kann man sich von diesem Einfluss machen, wenn man Abends im Atelier ein möglichst intensives Licht an den Ort des optischen Mittelpunktes des Linsensystems bringt und nun dies Licht frei beleuchtend nach allen Seiten (so weit es dem Bildwinkel des Apparats entspricht, was sich durch eine passend gestellte kreisförmige Pappblende erreichen lässt) und damit die zu photographirenden Objecte beleuchtet. Wenn man dann das Object betrachtet, so beachte man das Alles, was vom Object in den Schattenraum fällt, bei der Photographie nicht auf dem Negativ erscheint! Man sieht alsdann leicht, dass man um so weniger Schatten erhält, je weiter das Licht (also auch im Fall des Gebrauches der Camera statt des Lichtes) vom Object entfernt ist;

man erhält also in diesem Fall mehr von der Ansicht des Objectes auf dem Negativ, und je mehr man erhält, desto natürlicher wird das Negativ! Man kann nun durch Anbringen einer zweiten Lichtquelle (in einiger Distance von der ersten, je weiter ab, je effectvoller) die Schattenräume, welche die erste Lichtquelle erzeugt hat, durch die zweite beleuchten! Dieser Fall entspricht nun aber der gleichzeitigen Aufnahme ein und desselben Gegenstandes durch 2 identische Linsen, resp. Apparate, welche jeder sein eignes optisches Centrum besitzt und von denen jeder ein perspectivisch verschiedenes Bild desselben Gegenstandes erzeugt. Mit einem solchen optischen Apparat hat uns aber die Natur versehen, indem wir 2 Augen (jedes mit seinem eignen optischen Centrum versehen) erhielten, um mit Hülfe unserer Gehirnthatigkeit dieselbe in eins zu verschmelzen, um auf diese Weise die Schwierigkeit zu beseitigen, welche dadurch entsteht, dass das räumliche Bild eines körperlichen Gegenstandes auf einer Projectionsfläche aufgefangen wird (in diesem Fall die Retina unserer Augen). Wäre dies nicht der Fall, so würde man sich räumlich nur an, aus der Erfahrung bekannten Objecten und aus deren Beleuchtungsverschiedenheit orientiren können, aber nicht an unbekanntem Objecten. Wir nennen ein solches Sehen stereoskopisches Sehen, auf welches wir hier aber nicht weiter eingehen können, als zum Verständniss desselben eben nothwendig ist. Betrachtet man irgend einen Gegenstand mit einem Auge und der Gegenstand wird theilweise durch einen zweiten Gegenstand verdeckt, so verdeckt dieser zweite Gegenstand, wenn man ihn mit dem andern Auge betrachtet, einen andern Theil des ersten Gegenstandes. Aus diesem Grunde kann man also zum Theil hinter undurchsichtige Gegenstände sehen (wenn beide Augen zugleich thätig sind und ihre Bilder im Gehirn verschmelzen). Zum grossen Theil beruht nun auf diesem „Hinterherumsehen“ der stereoskopische Effect, der uns befähigt, aus zwei Bildern in einer Ebene uns richtige Begriffe von der Tiefendimension (welche im einzelnen Bilde = 0 ist) zu machen. Ist die Distance der Augen gross genug oder der verdeckende Gegenstand klein genug, so ist dieses „Hinterherumsehen“ vollständig, d. h. es bleibt uns kein Theil des für ein Auge verdeckten ersten Gegenstandes verborgen und wir haben die merkwürdige Erscheinung, als ob der verdeckende undurchsichtige Gegenstand durchsichtig wäre! Diese Erscheinung ist jedoch keineswegs an die Bedingung zweier optischer Centren gebunden, also auch nicht an die Bedingung zweier perspectivisch verschiedener Bilder! (Was nicht allgemein bekannt zu sein scheint.) Es kann nämlich auch der Fall sein, dass die Eintrittspupille eines Linsensystems gross genug oder der verdeckende Gegenstand klein genug, dass man voll-

ständig „hintenherumsieht“, d. h. dass der undurchsichtige Gegenstand uns durchsichtig erscheint, wir haben daher den Eindruck der Stereoskopie, weil wir unwillkürlich den richtigen Schluss ziehen, „der durchsichtig erscheinende Gegenstand liegt vor dem undurchsichtig erscheinenden Gegenstand“. Dass wir diese Erscheinung mit unsern Augen nicht so auffällig sehen, liegt nur an dem geringen Durchmesser der Pupillen unserer Augen! Durch das Verhalten einer feinen Nadel in passender Distance vor unser Auge können wir uns allerdings hiervon überzeugen. Prof. Vogel führt diese Erscheinung auf pag. 505 der dritten Auflage seines Buches an, indem er dies durchsichtig erscheinende Bild eines verdeckenden Gegenstandes mit einem Apparat (mit grosser Pupille, Vierzöller) aufnimmt. Es versteht sich nun von selbst, dass sich alle diese vorher auf das Auge bezogenen Verhältnisse (den Dimensionsverhältnissen der Apparate angepasst) für photographische Apparate gleiche Gültigkeit haben.

Je grösser nun aber im Verhältniss die Eintrittspupille eines Apparates zum Gegenstande ist und je näher die Gegenstände der Linse liegen, je auffälliger tritt diese „monoculare Stereoskopie“ hervor, also solche, bei welcher nur in Folge des „Hintenherumsehens“ dieser Effect hervorgebracht wird und nicht die additionelle Function der Vereinigung zweier perspectivisch verschiedener Bilder desselben Gegenstandes in Wirkung tritt. Von allen optischen Apparaten ist nun keiner mehr befähigt, diese Erscheinung auffällig zu zeigen, als unsere Mikroskope. Im Verhältniss zu den Objecten sind unsere Mikroskoplinsen wahre Giganten und ist es daher auch möglich, mit einem binocularen Mikroskop (bei welchem ein und dasselbe Bild in zwei identische Bilder zerlegt wird) aus diesem Grunde die Ob-

jecte vollständig stereoskopisch zu sehen, wozu die Gewohnheitstauschung (mit beiden Augen zugleich stereoskopisch zu sehen), vieles beiträgt. Dass dies aber keineswegs nothwendig ist, kann man leicht sehen, wenn man mit einem Auge unter schwacher Vergrösserung (z. B. unter der Beleuchtung des



trachtet. Fig. 42a stellt diesen Vorgang der monocularen Stereoskopie mit Hülfe einer Linse dar. Um beide Bilder recht scharf in der Photographie zu erhalten, thut man gut, ein Diaphragma (wie Fig. 42b) anzuwenden, um die nöthige Focustiefe zu erhalten, ohne den Effect der monocularen Stereoskopie zu verlieren.

Die Sache wird vielleicht noch verständlicher dadurch werden, wenn man sich die Linse in Fig. 43 a in ihrem optischen Mittelpunkt in zwei Theile durchschnitten denkt. Berühren sich diese beiden Theile, so hat die Linse nur einen optischen Mittelpunkt und man hat „monoculare Stereoskopie“. Zieht man aber beide Linsenhälften auseinander, wie Fig. 43 b zeigt, so hat man von dem Moment an, dass beide Linsenhälften nicht mehr demselben Rotationskörper angehören, „binoculare Stereoskopie“, d. h. man kann dann nicht allein „hintenherumsehen“, sondern vermag dieses mit Hülfe zweier von

Fig. 43 a.

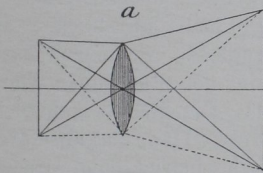
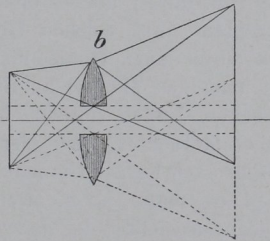


Fig. 43 b.



einander perspectivisch verschiedener Ansichten desselben Objectes. Als Beispiel der Anwendung dieses Principes mag das „Heliometer“ mit zerschnittenem Objectiv dienen, obgleich es sich bei demselben gar nicht um ein Hintenherumsehen eines Gegenstandes handelt, weil die Gegenstände fast unendlich weit von demselben liegen, aber durch die Verdoppelung seines optischen Centrums dient es als Doppelbildmessapparat. Will man also stereoskopische Aufnahmen machen, welche naturgetreu sein sollen, so darf man nicht aus den Augen lassen, dass der optische Apparat zur stereoskopischen Aufnahme zweier Photographien den Kopf eines idealen Geschöpfes (meist Riesen) darstellt, dessen Augenweite durch die Distance der beiden optischen Mittelpunkte der beiden Linsensysteme gegeben ist. Dass diese beiden Linsensysteme gleiche Aequivalentbrennweiten erfordern, da sich im Stereoskop nachher zwei ungleichgrosse Bilder nicht zur Deckung bringen lassen und dass man der Camera keine unnatürliche Lage gegen das Object geben darf, z. B. keine Froschperspective für einen Gegenstand gewöhnlicher Grösse, während die ideale Augen-distance die menschliche Augenweite vielleicht weit übertrifft oder ähnliches. Ferner darf man nicht vergessen, dass der Beschauer der Photographien unwillkürlich seine eigene Augenweite als Maassstab benutzt! Z. B. erscheinen die schönen Aufnahmen des Mondes von

Warren de la Rue, welche derselbe zu zwei verschiedenen Zeiten aufgenommen hat, um ein stereoskopisches Bild unseres treuen Begleiters im Weltraume zu erhalten, als ob der Mond nur die Grösse eines Spielzeuges hätte, da die ideale Augenweite Tausende von Meilen beträgt! Geschichtlich sei noch erwähnt, dass der berühmte Maler Leonardo da Vinci bereits bemerkte, dass die Abbildung eines Gegenstandes in einer Ebene (also ein Oelgemälde) nicht naturgetreu darstellen könnte, da, wie ich mich oben ausgedrückt habe, das „Hinterherumsehen“, die binoculare Stereoskopie fehlte! Die Malerei ist daher darauf angewiesen, durch den Effect von Licht und Schatten, von Luftperspective etc. diesen Mangel zu ersetzen; daher kommt es auch, dass diese Hilfsmittel um so besser wirken, wenn man nur ein Auge zum Betrachten eines solchen Gemäldes verwendet und ausserdem noch (etwa durch einen Hohlconus) alles fremde Licht ausschliesst. Indess fühlt man den Mangel an Stereoscopie sogleich, wenn man das Bild mit beiden Augen zugleich betrachtet, oder der Standpunkt, von dem man es betrachtet, nicht der richtige ist! Die Malerei könnte daher einen grossen Fortschritt machen, wenn sie wollte, und alles stereoskopisch malte, d. h. zwei perspectivisch, in richtigem Grade verschiedene Ansichten des darzustellenden Gegenstandes lieferte und diese, die eine, nur dem rechten Auge des Beschauers, die andere dem linken Auge zugänglich machte. Alsdann noch die dabei nöthige vortreffliche Beleuchtung der beiden Gemälde herstellend, müssten solche allerdings weit mühevoller herzustellenden Kunstwerke einen ganz überwältigenden Eindruck auf den Beschauer hervorbringen. Der Raum gestattet es hier nicht, auf diesen interessanten Gegenstand weiter einzugehen; für den sich dafür Interessirenden empfehle ich die angegebene Literatur hierüber, besonders aber den Brewster.

Es sei nur noch erwähnt, dass die ersten Kenntnisse über stereoskopisches Sehen sich bis Euclid über 2000 Jahre zurückdatiren und war es auch hier die Kugel, welche als Object zu genauerm Studium dieser Erscheinung aufforderte. Später hat sich auch Porta (der bekannte Erfinder der Camera obscura) damit beschäftigt „De Refractione Optices parte lib. V, p. 132 und 143—5, Neapel 1593“ und noch viele Andere bis Wheatstone 1838, das bekannte von ihm erfundene Stereoskop veröffentlichte und noch mehr durch Brewster's Stereoskop; von der Zeit an hat diese Sache allgemeineres Interesse erregt und ganz besonders, als noch zu der Zeit, wo nur Daguerreotype existirten, bereits die Anwendung der Photographie das Stereoskop zu dem schönen und weit verbreiteten Instrumente machten, als welches wir es jetzt kennen. Seinen Höhepunkt wird es wahrscheinlich erst erreichen, wenn wir es mit Photographien in natürlichen Farben versehen können.

Zu den Anomalien kann man auch noch den Fall rechnen, wenn man eine Camera benutzt mit *Cassette*, welche sich gegen die optische *Axe* neigen lässt, um unter Umständen die günstigste Schnittlage durch ein körperliches Bild (in Bezug auf gleichmässige Schärfe) zu erhalten. Man darf aber nicht dabei vergessen, dass ein solches Bild des Gegenstandes nicht identisch ist mit der Projection desselben senkrecht zur *Axe*, wie die gewöhnlichen Aufnahmen sind! Eben so wenig ist es zweckmässig, die ganze Camera zu neigen (selbst wenn die *Aplanasie* der Linsen, wie z. B. bei meiner concentrischen Linse es gestattet), denn man erhält immer die einem schiefen Schnitt durch den Bildkörper entsprechende *Perspective*.