ZEITSCHRIFT FÜR VERMESSUNGSWESEN.

Organ des Deutschen Geometervereins.

Herausgegeben von

Dr. C. Reinhertz, Professor in Hannover. und **C. Steppes,** Obersteuerrat in München.

1902. Heft 9. Band XXXI.

1. Mai.

Neue Hilfsmittel zur Berechnung des Netzes der Messungslinien.

Von *Johannes Schnöckel,* Landmesser der Generalkommission Düsseldorf.

Zur Berechnung des Messungsliniennetzes bedarf es zunächst eines einfachen Verfahrens, durch welches die kleine Differenz $d = S - s$ schnell und ohne Mühe ermittelt werden kann. Man bedient sich hierzu gewöhnlich der Quadrattafel, und diese Methode wird von manchen Rechnern selbst dann angewendet, wenn eine Rechenmaschine zur Hand ist. Eine ausgezeichnete Beschreibung des Rechnungsganges bei Benutzung einer Maschine findet der Leser in der Abhandlung von Friedrich Schuster, Jahrgang 1900, Seite 488 bis 491 dieser Zeitschrift. Wie die Erfahrung lehrt, führt die dort beschriebene Methode schneller zum Ziel, als dies mit der Quadrattafel möglich ist.

Als einen Nachteil aller dieser Berechnungsarten muss es in erster Linie angesehen werden, dass keine Kontrolle dafür vorhanden ist, ob d richtig berechnet wurde, zumal es nicht selten vorkommt, dass Fehler bei der Interpolation unterlaufen oder sonst ein Irrtum begangen wird. Die Thatsache aber, dass d, solange die erlaubte Differenz nicht überschritten wird, meist den Wert von 10 bis 40 cm besitzt, bekräftigt unsere Vermutung, es möchte vielleicht ein einfacheres Mittel geben, d ohne schriftliche oder Maschinenrechnung zu finden. Um auf ein ähnliches Beispiel aus der Trigonometrie zurückzugreifen: wem würde es einfallen, etwa die Differenz $\delta = \cos 30^0 00' 00'' - \cos 30^0 00' 00'',3$ mit Hilfe einer grossen logarithmisch-trigonometrischen Tafel zu berechnen? Die höhere Analysis lehrt uns, dass δ den Wert hat $\frac{0,3}{\varrho} \sin 30^0 = \frac{0,15}{206265} = 0,00000073.$

Nicht ganz so liegt der Fall hier, obgleich d ebenfalls die Differenz zweier grosser Zahlen ist, die sich wenig von einander unterscheiden.

Im folgenden betrachten wir zunächst ein Verfahren zur Berechnung des d, welchem die Voraussetzung zu Grunde liegt, dass die Faktoren o und a auf vier Stellen nach dem Komma genau berechnet sind. Wir verstehen darunter Zahlen, die das Verhältnis der Koordinatenunterschiede $y_e - y_a$ und $x_e - x_a$ zur gemessenen Strecke s ausdrücken. Weiterhin beschäftigt uns dann der Fall, dass die genannten Faktoren mit einem einfachen logarithmischen Rechenstab auf drei Stellen ermittelt sind, wodurch die Methode eine Abänderung erfährt.

Dass das Verfahren praktische Brauchbarkeit besitzt, ergab sich aus der Kleinpunktberechnung einer grösseren Zusammenlegungssache, die in dieser Weise ausgeführt wurde. Das Ergebnis derselben war eine nicht unerhebliche Ersparnis an Zeit und Arbeitsaufwand.

An der Hand einiger Beispiele geben wir nun eine kurze Beschreibung und gehen dann zur Theorie über.

Nr.	$y = y_e - y_a$ $x = x_e - x_a$	$o = \frac{1}{s}\, y$ $a = \frac{1}{s}\, x$ d	s	y_a y_e	x_a x_e	P
1.	— 99,38	— 0,5647		+ 10465,44	+ 22388,13	⊙ 8
	+ 145,50	+ 0,8267	142,31			
		+ 20 cm.		+ 10385,08	+ 22505,78	45
			33,69			
			176,00	+ 10366,06	+ 22533,63	⊙ 7
				+ 16595,01	— 59024,83	48
2.	+ 202,70	+ 0,6557	204,63			
	— 233,57	— 0,7555		+ 16729,18	— 59179,43	82
		+ 11 cm.	104,52			
			309,15	+ 16797,71	— 59258,40	49

Die Rechnung im Formular beginnt mit der Bildung der Koordinatenunterschiede. Es folgt nun gleich die Ermittelung von o und a, denn wir setzen voraus, dass die Strecke s nicht nur auf ihre Richtigkeit geprüft werden soll, sondern dass auch mindestens ein Kleinpunkt auf dieser Linie nach Koordinaten zu bestimmen ist.

Erst nachdem die numerischen Beträge von o und a festgestellt sind, gehen wir zur Ableitung der Differenz $d = S - s$ über. Diese Grösse berechnen wir nicht aus der Differenz der Zahlen S und s sondern mit Hilfe einer graphischen Skalentabelle. Dieselbe ist in Figur 1 nur teilweise und zwar soweit wiedergegeben, als es zum Verständnis des hier beschriebenen Verfahrens nötig erscheint. Die Tafel besteht in ihrer ganzen Grösse aus sieben Vertikalspalten, von denen jede links eine Millimeterteilung, rechts eine Skalentabelle trägt.

In der Figur ist die erste Spalte ganz zur Darstellung gebracht, die zweite und dritte dagegen nur teilweise. Die vierte bis sechste Spalte fehlen. Von letzterer ist jedoch in Spalte 4 unserer Figur die Stelle

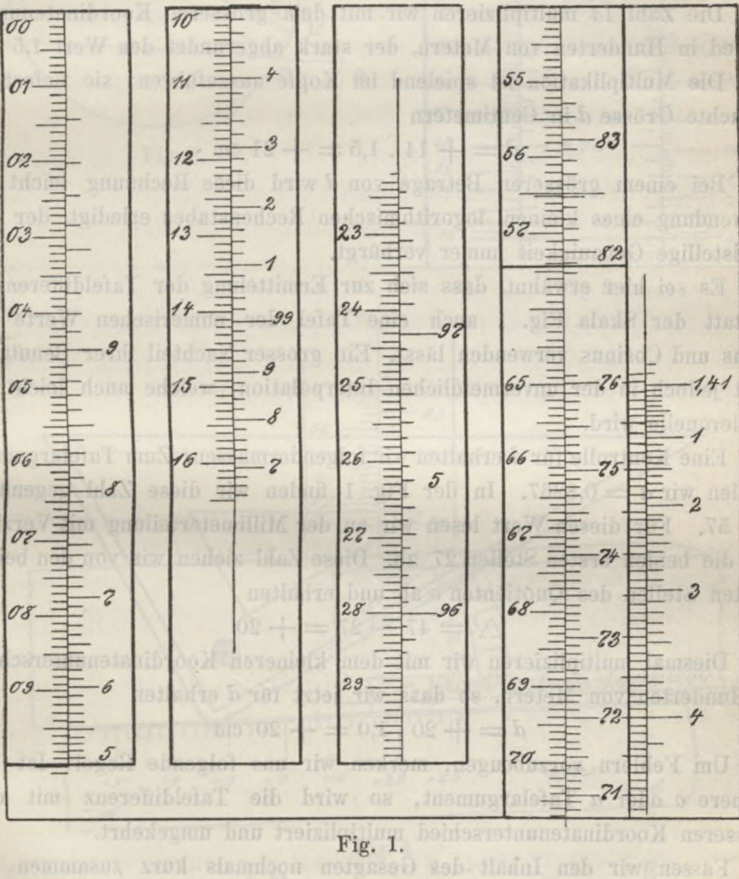


Fig. 1.

55 bis 57 gezeichnet, da sie auf das Beispiel 1 Bezug hat. Die letzte Spalte, welche mit 60 beginnt, ist von 65 ab zur Darstellung gebracht. Die Millimeterteilung endet bei 70 71 und findet ihre Fortsetzung in der Skalentabelle 71 bis 99.

In derselben Spalte befindet sich noch eine Teilung, die mit 1,4142 beginnt und bis 1,4100 dargestellt ist. Wir werden erst später auf sie zurückkommen, da wir ihrer im folgenden zunächst nicht bedürfen.

Bezugnehmend auf Beispiel 1 gehen wir mit $o = 0{,}5647$ in die Tafel Fig. 1 ein und finden diese Zahl im oberen Teile der letzten Spalte. Sie wird in der Skalentabelle am besten durch eine kleine Glasplatte mit Strich oder mit Hilfe eines durchsichtigen Celluloiddreiecks markiert. An der Skala lesen wir rechts 53 ab, wobei wir auf die beiden ersten Stellen der Ablesung verzichten, da sie eigentlich 0,8253 heisst.

Nun werfen wir einen Blick auf das Rechenformular und bilden den Unterschied zwischen 53 und den beiden letzten Stellen von a

$$\triangle = 67 - 53 = +14$$

Die Zahl 14 multiplizieren wir mit dem grösseren Koordinatenunterschied in Hunderten von Metern, der stark abgerundet den Wert 1,5 hat. Die Multiplikation ist spielend im Kopfe auszuführen; sie liefert die gesuchte Grösse d in Centimetern

$$d = +14 \,.\, 1{,}5 = +21 \text{ cm}$$

Bei einem grösseren Betrage von d wird diese Rechnung leicht mit Anwendung eines kleinen, logorithmischen Rechenstabes erledigt, der eine zweistellige Genauigkeit immer verbürgt.

Es sei hier erwähnt, dass sich zur Ermittelung der Tafeldifferenz 14 anstatt der Skala Fig. 1 auch eine Tafel der numerischen Werte der Sinus und Cosinus verwenden lässt. Ein grosser Nachteil ihrer Benutzung liegt jedoch in der unvermeidlichen Interpolation, welche auch leicht zur Fehlerquelle wird.

Eine Kontrolle für d erhalten wir folgendermassen: Zum Tafelargument wählen wir $a = 0{,}8267$. In der Fig. 1 finden wir diese Zahl gegenüber von 57. Für diesen Wert lesen wir an der Millimeterteilung mit Verzicht auf die beiden ersten Stellen 27 ab. Diese Zahl ziehen wir von den beiden letzten Stellen des Quotienten o ab und erhalten

$$\triangle' = 47 - 27 = +20$$

Diesmal multiplizieren wir mit dem kleineren Koordinatenunterschied in Hunderten von Metern, so dass wir jetzt für d erhalten

$$d = +20 \,.\, 1{,}0 = +20 \text{ cm}$$

Um Fehlern vorzubeugen, merken wir uns folgende Regel: Ist das kleinere o oder a Tafelargument, so wird die Tafeldifferenz mit dem grösseren Koordinatenunterschied multipliziert und umgekehrt.

Fassen wir den Inhalt des Gesagten nochmals kurz zusammen, so zerfällt das Verfahren in zwei Abschnitte:

1) Die Entnahme der Tafeldifferenz,
2) die Multiplikation im Kopfe oder auf graphischem Wege.

Zur Auffindung von d haben wir nur acht Ziffern nötig. In Beispiel 1 sind dies die folgenden 5647,67,15. Vier davon entfallen auf das Argument, zwei auf die letzten Stellen von a resp. o und die letzten beiden auf die ersten Stellen des entsprechenden Koordinatenunterschiedes.

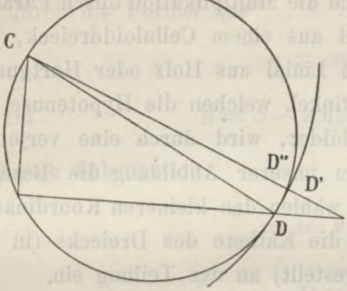


Fig. 2.

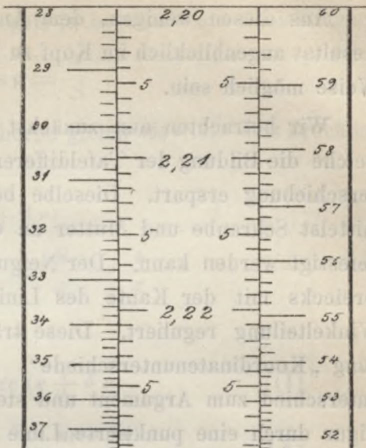


Fig. 3.

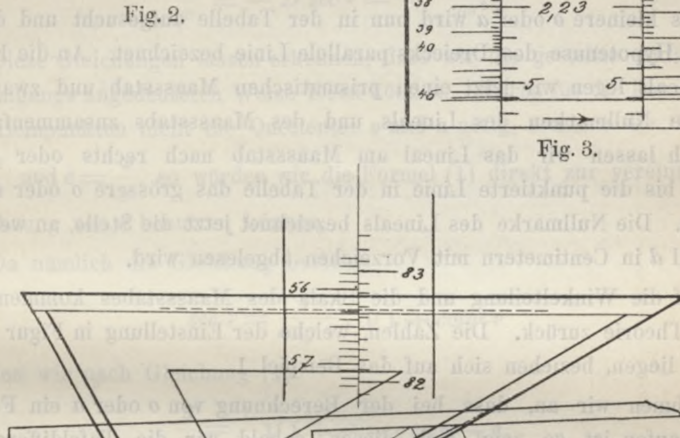


Fig. 4.

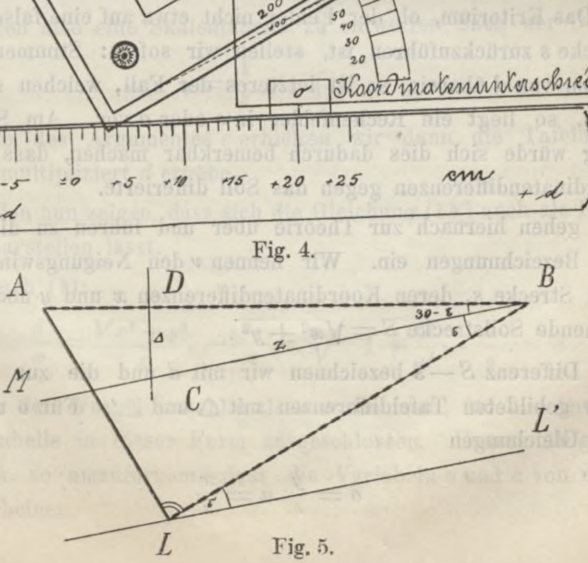


Fig. 5.

Aus diesen wenigen, dem Anschein nach unzulänglichen Daten, das Resultat augenblicklich im Kopf zu berechnen, möchte schwerlich auf andere Weise möglich sein.

Wir betrachten nun zunächst die in Fig. 4 abgebildete Vorrichtung, welche die Bildung der Tafeldifferenz und die Multiplikation durch Parallelverschiebung erspart. Dieselbe besteht aus einem Celluloiddreieck, das mittelst Schraube und Mutter an einem Linial aus Holz oder Hartgummi befestigt werden kann. Der Neigungswinkel, welchen die Hypotenuse des Dreiecks mit der Kante des Linials bildet, wird durch eine verjüngte Winkelteilung reguliert. Diese trägt in unserer Abbildung die Bezeichnung „Koordinatenunterschiede“. Wir wählen den kleineren Koordinatenunterschied zum Argument und stellen die Kathete des Dreiecks (in der Figur durch eine punktierte Linie dargestellt) an der Teilung ein.

Das kleinere o oder a wird nun in der Tabelle aufgesucht und durch die der Hypotenuse des Dreiecks parallele Linie bezeichnet. An die Kante des Lineals legen wir jetzt einen prismatischen Maassstab und zwar so, dass die Nullmarken des Lineals und des Maassstabs zusammenfallen. Hiernach lassen wir das Lineal am Maassstab nach rechts oder links gleiten, bis die punktierte Linie in der Tabelle das grössere o oder a bezeichnet. Die Nullmarke des Lineals bezeichnet jetzt die Stelle, an welcher die Zahl d in Centimetern mit Vorzeichen abgelesen wird.

Auf die Winkelteilung und die Skala des Maassstabes kommen wir in der Theorie zurück. Die Zahlen, welche der Einstellung in Figur 4 zu Grunde liegen, beziehen sich auf das Beispiel 1.

Nehmen wir an, dass bei der Berechnung von o oder a ein Fehler untergelaufen ist, so zeigt sich dieser, sobald wir die Tafeldifferenzen bilden. Das Kriterium, ob der Fehler nicht etwa auf eine falsche Messung der Strecke s zurückzuführen ist, stellen wir sofort: Stimmen beide Berechnungen von d überein, so ist letzteres der Fall, weichen sie von einander ab, so liegt ein Rechenfehler in o oder a vor. Am Schlusse der Rechnung würde sich dies dadurch bemerkbar machen, dass die Summe der Koordinatendifferenzen gegen das Soll differierte.

Wir gehen hiernach zur Theorie über und führen zu diesem Zweck folgende Bezeichnungen ein. Wir nennen ν den Neigungswinkel der gemessenen Strecke s, deren Koordinatendifferenzen x und y und die diesen entsprechende Sollstrecke $S = \sqrt{x^2 + y^2}$.

Die Differenz $S - s$ bezeichnen wir mit d und die zur Ermittelung derselben gebildeten Tafeldifferenzen mit $\triangle$ und $\triangle'$. Für o und a gelten dann die Gleichungen

$$o = \frac{y}{s} \quad a = \frac{x}{s}$$

Für den Neigungswinkel der Messungslinie bestehen die Gleichungen

$$\sin \nu = \frac{y}{S} \quad \cos \nu = \frac{x}{S}$$

Hieraus geht hervor, dass a nur annähernd gleich $\cos \nu$ ist. Wir drücken dies durch die Formel aus

$$a = \cos (\nu + \delta \nu)$$

Da $$d = S - s \text{ und } \frac{d}{x} = \frac{S}{x} - \frac{s}{x}$$

folgt auch Substitution

$$\frac{d}{x} = \sec \nu - \sec (\nu + \delta \nu) \tag{1}$$

oder $$\frac{d}{x} = - D \sec \nu = - \frac{\sin \nu \, \delta \nu}{\cos^2 \nu} \tag{1a}$$

Diese Gleichungen lassen erkennen, dass wir die gestellte Aufgabe in der eingangs angedeuteten Weise lösen können. Wären für die Berechnung von Kleinpunkten nicht die Quotienten o und a nötig, sondern die Grössen $c = \frac{s}{x}$ und $e = \frac{x}{y}$, so würden wir die Formel (1) direkt zur vereinfachten Berechnung von d benutzen können.

Da nämlich die Gleichung besteht:

$$\sec \nu = \frac{1}{\operatorname{cotg} \nu} \cdot \sqrt{1 + \operatorname{cotg}^2 \nu}$$

erhalten wir nach Gleichung (1)

$$\frac{d}{x} = \frac{1}{e} \sqrt{1 + e^2} - c = \eta - c$$

Wir hätten also eine Skalentabelle zu entwerfen nach der Gleichung

$$\eta = \frac{1}{\xi} \sqrt{1 + \xi^2}$$

Mit Hilfe des Argumentes e erhielten wir dann die Tafeldifferenz, welche mit x multipliziert d ergäbe.

Wir werden nun zeigen, dass sich die Gleichung (1a) auch als Funktion von o und a darstellen lässt.

Es ist nach (1):

$$\frac{d}{x} = \frac{\sqrt{x^2 + y^2}}{x} - \frac{s}{x} = \sqrt{1 + \frac{o^2}{a^2}} - \frac{1}{a}.$$

Da unter der Wurzel sowohl o als a vorkommen, ist die Anwendung einer Skalentabelle in dieser Form ausgeschlossen. Unsere Aufgabe ist, den Ausdruck so umzuformen, dass die Variabeln o und a von einander getrennt erscheinen.

Mit Rücksicht auf die Schwierigkeit einer allmählichen Umwandlung dieser Formel greifen wir auf das Resultat vor, um dessen Richtigkeit zu beweisen.

Es ist darzuthun, dass

$$\triangle = a - \sqrt{1 - o^2} = \frac{d}{x}.$$

Wir drücken die Verhältniszahlen o und a durch die Längen aus und erhalten

$$\triangle = \frac{x}{s} - \sqrt{1 - \frac{y^2}{s^2}} = \frac{1}{s}\left(x - \sqrt{s^2 - y^2}\right) \qquad (1\underline{{}^{b}})$$

Nach Elimination von y wird

$$\triangle = \frac{1}{s}\left(x - \sqrt{s^2 - S^2 + x^2}\right)$$

Mit Hilfe der Gleichung $d = S - s$ eliminieren wir S. Es ergiebt sich

$$\triangle = \frac{1}{s}\left(x - \sqrt{s^2 + x^2 - s^2 - 2\,sd - d^2}\right)$$

$$\triangle = \frac{1}{s}\left(x - \sqrt{x^2 - 2\,sd - d^2}\right) \qquad (2)$$

Es erhellt hieraus, dass $\triangle$ eine Wurzel folgender Gleichung ist:

$$\triangle^2 - 2\,\frac{x}{s}\,\triangle + \left(\frac{d}{s}\right)^2 + 2\,\frac{d}{s} = o.$$

Durch Vernachlässigung der Glieder zweiten Grades erhalten wir

$$-\,2\,\frac{x}{s}\,\triangle + 2\,\frac{d}{s} = o.$$

also $\qquad \dfrac{d}{x} = \triangle \quad$ oder $d = \triangle\, x. \qquad (3)$

Wir wissen nun, dass mit grosser Annäherung die Gleichung besteht

$$o^2 + a^2 = 1$$

da o näherungsweise dem Sinus und a dem Cosinus des Neigungswinkels v entspricht. Daher hat der Ausdruck

$$\triangle = a - \sqrt{1 - o^2}$$

stets einen sehr kleinen Wert. Es bedarf jetzt noch einer Untersuchung darüber, ob wir in Gleichung (3) die Glieder $\triangle^2$ und $\left(\frac{d}{s}\right)^2$ ohne weiteres unberücksichtigt lassen dürfen.

Wir gehen zu diesem Zweck wieder von der Gleichung (2) aus und ziehen x vor die Klammer

$$\triangle = \frac{x}{s}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2\,s\,d + d^2}{x^2}}\right)$$

Ferner setzen wir $\qquad z^2 = \dfrac{2\,s\,d + d^2}{x^2}.$

Wir verwandeln $\triangle$ in eine nach Potenzen von z^2 fortschreitende Reihe, indem wir uns dazu des binomischen Lehrsatzes für gebrochene Eponenten bedienen. Dieser lautet:

$$\left(1-z^2\right)^{\frac{m}{n}} = 1 - \frac{m}{n} z^2 + \frac{\frac{m}{n}\left(\frac{m}{n}-1\right)}{1 \,.\, 2} z^4 - + \ldots$$

Für $\triangle$ erhalten wir, wenn $\frac{m}{n} = \frac{1}{2}$ gesetzt wird

$$\triangle = \frac{x}{s}\left[1 - (1 - \frac{1}{2} z^2 - \frac{1}{8} z^4 - \ldots)\right]$$

Substituieren wir den Ausdruck für z^2 in diese Gleichung, so ergiebt sich

$$\varDelta = \frac{d\,(2\,s + d)}{2\,s\,x} + \frac{d^2\,(2\,s + d)^2}{8\,s\,x^3} - + \ldots$$

Die höheren Glieder von z^6 aufwärts vernachlässigen wir für die Fehlertheorie unseres Verfahrens, da die Reihe für $\varDelta$ stark konvergiert, solange d einen kleinen Wert hat. Die Gleichung nimmt nun die Form an

$$\varDelta = \frac{d}{x} + \frac{d^2}{2\,s\,x} + \frac{d^2 s}{2\,x^3} + \frac{d^3}{2\,x^3} + \frac{d^4}{8\,s\,x^3}$$

Multiplizieren wir beiderseits mit x und bezeichnen den Fehler von d mit v, so erhalten wir

$$d = \varDelta\,x - v$$

Hier hat v den Wert

$$v = \frac{d^2 s}{2x^2} + \frac{d^2}{2s} + \frac{d^3}{2\,x^2} + \frac{d^4}{8\,s\,x^2} \qquad (4)$$

Ueberschreitet d die erlaubte Differenz nicht, so ist laut Anweisung IX das Glied $\frac{d^2}{2s}$ kleiner als 0,021 cm, so dass es hier vernachlässigt werden darf. Umsomehr ist das bei $\frac{d^4}{8\,s\,x^2}$ der Fall. Somit reduziert sich Gleichung (4) wie folgt

$$v = \frac{d^2}{2\,x^2}\,(s + d)$$

und da d gegen s verschwindet, können wir schreiben

$$v = \frac{d^2 s}{2x^2} \qquad (4\,\mathrm{a})$$

Um einen Begriff von der Grösse dieses Ausdrucks zu bekommen, setzen wir zunächst den Fall, dass der Neigungswinkel 45 Grad betrage, so dass

$$\mathrm{x} = y = \frac{1}{2}\,s\sqrt{2}$$

Wir sehen, dass

$$v = \frac{d^2}{s} \leq 0{,}04 \text{ cm.}$$

Mit wachsendem Koordinatenunterschied nimmt der Fehler noch mehr ab und erreicht mit $x = s$ sein Minimum

$$v = \frac{d^2}{2\,s} \leqq 0{,}02 \text{ cm.}$$

Innerhalb dieser Grenzen ist der Fehler v ohne jeden schädlichen Einfluss auf das Resultat.

Vertauschen wir in den Gleichungen (3) und (4a) den Abscissen- mit dem Ordinatenunterschied, so erhalten wir eine zweite Gleichung für d und v

$$d' = \varDelta' y \qquad v' = \frac{d'^2\,s}{2\,y^2}$$

Nimmt x ab, so wächst v ebenso aber auch y, so dass, wie die letzte Gleichung besagt, v' abnimmt. Wählen wir zur Berechnung von d den grösseren Koordinatenunterschied, so bleibt der Fehler, wie oben gezeigt ist, immer kleiner als 0,04 cm. Er ist demnach nicht von Belang.

Durch eine kleine Umformung erhalten wir aus der Gleichung (4a)

$$a^2 = \cos^2 \nu = \frac{d^2}{2\,s\,v}$$

Für $v = 1$ cm ergiebt diese Formel unter Beibehaltung der gemachten Voraussetzungen

$$a = 0{,}14 \qquad \nu = 82^0.$$

Wählen wir also den kleineren Koordinatenunterschied zur Ermittelung von d, so ist ein bemerkenswerter Fehler in d erst vorhanden, wenn die Messungslinie einer der Achsen nahezu parallel ist und gleichzeitig d die erlaubte Differenz erreicht. Das zufällige Zusammentreffen dieser Fehlerquellen ist erfahrungsmässig sehr selten, da sich d meist innerhalb des dritten Teils der erlaubten Differenz bewegt und der Fehler dem Quadrat von d proportional ist.

In solchen Fällen, die sich zunächst dadurch zu erkennen geben, dass einer der Quotienten o oder a kleiner als 0,1 ist und ferner dadurch, dass d von d' abweicht haben wir das d als richtig anzusehen, welches mit dem grösseren Koordinatenunterschied ermittelt ist. Dieser Fall kommt nur äusserst selten vor.

Somit haben wir ganz allgemein bewiesen, dass

$$d = \varDelta\, x = \varDelta' y$$

ferner, dass

$$\varDelta = \sqrt{1 + \frac{o^2}{a^2}} - \frac{1}{a} = a - \sqrt{1 - o^2}$$

und

$$\varDelta' = \sqrt{1 + \frac{a^2}{o^2}} - \frac{1}{o} = o - \sqrt{1 - a^2}$$

Setzen wir $\sqrt{1 - o^2} = e$ so erhält $\varDelta$ die lineare Form

$$\varDelta = a - e\,.$$

Wir haben nun e aus einer Skalentabelle zu entnehmen, welche die Gleichung hat $\eta = \sqrt{1 - \xi^2}$.

Nach dieser Gleichung ist die Tafel Fig. 1 berechnet.

Da Δ den Wert von 100 Einheiten der vierten Stelle nicht erreicht, solange d klein ist, sind zu seiner Berechnung nur die dritte und vierte Stelle von a resp. o erforderlich. Der Einfachheit halber lassen wir bei Δ die Nullen der beiden ersten Stellen fort und geben die Tafeldifferenz in Einheiten der vierten Stelle an. Wir haben demnach Δ mit 10000 multipliziert. Um nun d in Centimetern zu erhalten, müssen wir den entsprechenden Koordinatenunterschied durch diese Zahl dividieren. Das heisst, wir nehmen x und y in Hunderten von Metern.

Die Formel (3) lässt folgende geometrische Deutung zu.

In Fig. 2 sei A ein rechter Winkel, dessen Schenkel CA und BA die Koordinatenunterschiede y und x bezeichnen mögen. Dann ist $BC = S$. Schlagen wir um C mit s einen Kreis, der BC und BA in D' und D scheidet, so wird $BD' = d$. Ferner ist ersichtlich, dass $BD = x - \sqrt{s^2 - y^2}$, und nach Gleichung ($1^b$) erhalten wir

$$BD = s\Delta$$

Fällen wir jetzt von D aus ein Lot auf BC, so trifft dies die Hypotenuse in einem Punkte D'', der D' sehr nahe liegt, so dass näherungsweise $D'D''$ gleich Null gesetzt werden kann.

Da A und D'' Rechte sind, liegen A, C, D und D'' auf einem Kreise mit dem Halbmesser CD. Nach einem bekannten Lehrsatz der Kreistheorie ist nun

$$BD'' . BC = BD . BA$$

oder

$$d\,(s + d) = \Delta s \,.\, x = ds + d^2$$

Dividieren wir durch s, so ergiebt sich

$$d = \Delta x - \frac{d^2}{s}$$

Da wir hinsichtlich der früheren Ausführungen das Glied zweiten Grades vernachlässigen können, nimmt das Resultat wieder die Form der Gleichung (3) an

$$d = \Delta x$$

Wir gehen hiernach zur Theorie des oben beschriebenen, in Fig. 4 abgebildeten Instruments über.

Die Möglichkeit, mit Hilfe dieser Vorrichtung d ganz ohne Zahlenrechnung zu erhalten, beruht darauf, dass sowohl die Bildung der Tafeldifferenz Δ als auch die Multiplikation Δx gleichzeitig graphisch zur Ausführung gelangen. Die erste Bedingung hierfür ist, dass die eine Seite der Skalentabelle proportional geteilt ist. In der graphischen Tafel ist nun die linke Seite eine Milimeterteilung. Stellen wir an dieser die punktierte Linie des Celluloiddreiecks auf den Quotienten a ein und verschieben das Lineal mit dem Dreieck seitlich, bis die Marke über o steht, so ist der von dieser Linie in vertikaler Richtung zurückgelegte Weg gleich der Differenz

$$\Delta = (a - \sqrt{1 - o^2}) \text{ mm}$$

In Figur 5 entsprechen AB und LB den punktierten Linien des Celluloiddreiecks. LL' bezeichnet eine Parallele zur Linealkante, welche mit LB den Winkel ε bildet. Auch durch B ziehen wir eine Parallele zur Kante des Lineals, so dass der Winkel, welchen diese Parallele BM mit BL bildet gleich $BLL' = \varepsilon$ wird. Da nun der Dreieckswinkel $ABL = 30^0$, erhalten wir für den Winkel ABM den Wert $30 - \varepsilon$.

Bezeichnen wir mit CD die Tafeldifferenz Δ, so ist $CB = z$ die Länge der seitlichen Verschiebung des Lineals, welche wir am Maassstab ablesen. Die in Fig. 4 dargestellte Winkelteilung wird durch die Gleichung

$$\varepsilon = 30^0 - arccosec\, Kx$$

ausgedrückt, worin K eine beliebige Konstante und x den Koordinatenunterschied bezeichnet. In Fig. 4 ist K die Zahl $\frac{3}{20}$. Wählen wir x zur abhängigen Variabeln, so lautet die Gleichung

$$Kx = cosec\,(30 - \varepsilon)$$

Für diese Funktion erhalten wir aus dem Dreieck DBC den Ausdruck

$$cosec\,(30 - \varepsilon) = \frac{z}{\Delta}$$

Durch Gleichsetzen ergiebt sich

$$z = K \Delta x$$

und mit Rücksicht auf Gleichung (3)

$$z = Kd$$

Die Formel (3) giebt d in Centimetern, wenn Δ in Einheiten der vierten Stelle ausgedrückt ist. Da aber im Dreieck BCD für Δ der Millimeter als Einheit gilt, müssen wir dieselbe auch für die Hypotenuse z beibehalten. Daraus folgt als Gleichung für z

$$z = 10\, Kd \text{ mm}$$

Für $K = \frac{3}{20}$ wird

$$z = 1{,}5\, d$$

Nach dieser Gleichung haben wir den Maassstab geteilt, an welchem die Nullmarke des Lineals entlang gleitet. Auf diese Weise lesen wir d mit Vorzeichen direkt vom Maassstab ab, und zwar als positiv, wenn eine

Verschiebung nach rechts als negativ, wenn dieselbe nach links stattgefunden hat.

Die Tafel ist so eingerichtet, dass die vierte Stelle des Arguments geschätzt werden muss, jedoch sind bei einiger Uebung im Einstellen Fehler von mehr als einer halben Einheit der vierten Stelle ausgeschlossen. Diese Genauigkeit reicht für unsere Zwecke vollkommen aus. Eine weitaus grössere Genauigkeit verbürgt die in der letzten Spalte der graphischen Tafel mit 1,41 bezeichneten Skala, ohne darum einen grösseren Flächenraum zu beanspruchen. Die Gleichung derselben ist

$$\eta = \xi + \sqrt{1 - \xi^2} \qquad (5)$$

Sie kann nur dann zur Anwendung kommen, wenn die Quotienten a und o innerhalb der Grenzen 0,6 und 0,8 liegen. Gehen wir mit a als Argument in diese Skala ein, so entnehmen wir rechts den Wert $\sigma = a + \sqrt{1 - a^2}$. Im Formular bilden wir die Summe $\sigma_o = a + o$, dann ist die Differenz

$$\sigma_0 - \sigma = o - \sqrt{1 - a^2} = \Delta'$$

Wir erhalten d nach der oben abgeleiteten Formel

$$d = \Delta' y$$

In der Rechnung verzichten wir bei σ und σ_o auf die beiden ersten Stellen, wie wir dies früher bei o und a gethan haben. Wie ersichtlich, ist für diese Gleichung die Teilungseinheit im Durchschnitt 10—15mal so gross, als die entsprechende für $\eta = \sqrt{1 - \xi^2}$.

Die Gleichung (5) stellt eine Ellipse dar, deren Hauptachse um einen Winkel von etwa 32^0 gegen die Ordinatenachse geneigt ist. Für $\xi = \frac{1}{2}\sqrt{2} = 0,7071$ erreicht η erreicht sein Maximum, während die Krümmung durch den Radius ϱ gemessen den Wert $\frac{1}{4}\sqrt{2} = 0,35$ hat.

Wir können hier den Satz anwenden, dass eine Skalentabelle, deren Gleichung $\eta = f(\xi)$ ist, überall dort die grösste Genauigkeit bietet, wo die erste Ableitung der Null nahe kommt und die zweite möglichst klein ist.

Für den Grenzwert $\xi = 0,8$ haben wir

$$f'(\xi) = -0,33 \text{ und } f''(\xi) = -4,6$$

In Figur 3 geben wir eine Skalentabelle, die nach der Gleichung

$$\eta = \xi + 2\sqrt{1 - \xi^2} \qquad (6)$$

konstruiert worden ist. Auch sie lässt sich in ähnlicher Weise zur Ermittelung von $\triangle$ benützen. Hier bilden wir die Summe

$$\sigma_o = o + 2\,a$$

Aus Figur 3 erhalten wir für das Argument σ

$$\sigma = o + 2\sqrt{1 - o^2}$$

Es folgt daraus

$$\sigma_o - \sigma = 2\left(a - \sqrt{1 - o^2}\right) = 2\triangle$$

$$2\,d = (\sigma_o - \sigma)\,x$$

Bei Benutzung der Vorrichtung Fig. 4 stellen wir die punktierte Linie des Celluloiddreiecks zunächst auf σ_o ein und verschieben das Dreieck, bis die Ablesung o links erscheint. Da die Einheit der mittleren Skala in Figur 3 zwei Millimeter beträgt, lesen wir am Maassstab $4d$ ab, wenn die Gleichung der Teilung $z = 1{,}5\,d$ ist. Wir erhalten d direkt, wenn wir einen Maassstab benutzen, welcher nach der Gleichung $z = 6\,d$ geteilt ist. In Gleichung (6), die ebenfalls eine Ellipse darstellt, erreicht η sein Maximum für $\xi = 0{,}4472$. Wenn wir 0,6 zum Grenzwert der Tabelle wählen, wird

$$f'\xi = -0{,}5 \text{ und } f''(\xi) = -3{,}9.$$

Hieraus geht hervor, dass die Genauigkeitsverhältnisse der nach (5) und (6) konstruierten Skalentabellen in der Umgebung ihrer Maximalwerte 0,72 und 0,45 die gleichen sind. Bei einer Teilungseinheit von zwei Millimetern umfasst die nur sieben Centimeter lange Tabelle Figur 3 die Tafelwerte 0,30 bis 0,60, welche in der Tafel Fig. 1 bei halber Genauigkeit den vierfachen Flächenraum einnehmen. Wählen wir zwischen 0,0 und 0,3 der Gleichung $\eta = \sqrt{1 - \xi^2}$, zwischen 0,3 und 0,6 die Gleichung $\eta = \xi + 2\sqrt{1 - \xi^2}$, und zwischen 0,6 und 0,72 die Gleichung $\eta = \xi + \sqrt{1 - \xi^2}$, so können wir eine aus drei Teilen zusammengesetzte Skala konstruieren, welche bei einer Länge von zehn Centimetern für unsere Zwecke hinreichend genau ist. Ein Nachteil dieses Verfahrens liegt allerdings in der Ermittellung von σ_o resp. der beiden letzten Stellen dieser Summe.

Wie wir bereits erkannt haben, sind die theoretischen Fehler, welche diesem Verfahren anhaften, soweit sie durch Vernachlässigung von Gliedern höherer Ordnung entstanden, für die Praxis ganz ohne Belang. Es bleibt uns nur noch übrig, eine Fehleruntersuchung darüber anzustellen, welchen Einfluss die Teilungsfehler der siebenspaltigen Tafel, die Einstellungs- und Ablesefehler und schliesslich die Abrundungsfehler der Quotienten o und a auf das Resultat d haben.

Wir gehen von der Gleichung (3) aus

$$d = \Delta\,x$$

Da wir zur Bestimmung von d den Koordinatenunterschied höchstens auf ganze Meter genau brauchen, können wir den mittleren Fehler von x zu Null annehmen. Die mittleren Fehler von d und Δ bezeichnen wir durch μ_d und μ_Δ und erhalten

$$\mu_d = \pm\,x\,\mu_\Delta \tag{7}$$

Mit Δ haben wir die Differenz

$$a - \sqrt{1 - o^2} = a - e$$

bezeichnet. Nach dem Hauptsatz der Fehlertheorie ist

$$\mu_\Delta^2 = \mu_a^2 + \mu_e^2 \tag{8}$$

Mit μ_a ist der mittlere Abrundungsfehler von a bezeichnet. Derselbe ist in des Verfassers Aufsatz Jahrgang 1900 dieser Zeitschrift, Seite 419 zu 0,29 Einheiten der vierten Stelle berechnet. Der Fehler μ_e setzt sich dagegen aus dem mittleren Abrundungsfehler von o und aus dem Einstellfehler ε_o, in welchem auch der mittlere Teilungsfehler τ der Tafel enthalten ist, ferner aus dem mittleren Ablesefehler α_e zusammen, welch' letzterer ebenfalls durch den Teilungsfehler beeinflusst wird. Bezeichnen wir den Einstell- und Ablesefehler, welcher vom Teilungsfehler frei ist, mit ε und α, so haben wir

$$\varepsilon_o^2 = \tau^2 + \varepsilon^2 \qquad \alpha_e^2 = \tau^2 + \alpha^2$$

Der Fehler des Arguments o, den wir mit ω bezeichnen wollen, entsteht folgendermassen aus der Zusammenwirkung des mittleren Abrundungsfehlers μ_o und ε_o

$$\omega^2 = \mu_o^2 + \tau^2 + \varepsilon^2 \tag{9}$$

Da nun die Gleichung zwischen e und o lautet

$$e = \sqrt{1 - o^2} = f(o)$$

so wird der mittlere Fehler

$$\mu_e^2 = \omega^2 . f'(o)^2 + \alpha_e^2$$

$$\mu_e = \pm \sqrt{\left[\frac{o\,\omega}{\sqrt{1 - o^2}}\right]^2 + \alpha^2 + \tau^2}$$

Durch Substitution in (8) erhalten wir

$$\mu_\Delta^2 = \mu_a^2 + \frac{o^2\,\omega^2}{e^2} + \alpha^2 + \tau^2$$

Ferner substituieren wir aus Gleichung (9) ω^2

$$\mu_\Delta^2 = \mu_a^2 + \alpha^2 + \tau^2 + \frac{o^2}{e^2}\left(\mu_o^2 + \tau^2 + \varepsilon^2\right)$$

Wir setzen die Abrundungsfehler einander gleich

$$\mu_a = \mu_o = \mu$$

ferner nehmen wir $\alpha = \varepsilon$ und erhalten

$$\mu_\Delta^2 = \mu^2\left(1 + \frac{o^2}{e^2}\right) + \left(\alpha^2 + \tau^2\right)\left(1 + \frac{o^2}{e^2}\right)$$

Näherungsweise können wir $e = a$ setzen, so dass

$$\mu_\Delta^2 = \left(\alpha^2 + \tau^2 + \mu^2\right)\left(\frac{a^2 + o^2}{a^2}\right)$$

Da $a^2 + o^2$ ungefähr den Wert 1 hat, ergiebt die Substitution in (7)

$$\mu_d = \pm \frac{x}{a} \sqrt{\alpha^2 + \tau^2 + \mu^2}$$

$$\mu_d = \pm s \sqrt{\alpha^2 + \tau^2 + \mu^2} \tag{10}$$

Die letzte Formel besagt, dass μ_d der Strecke s proportional ist. Da wir durch die Formel

$$d = \Delta' y$$

dasselbe Resultat für μ_d erhalten hätten, was daraus hervorgeht, dass weder x noch y in (10) vorkommen, können wir beide Berechnungsarten als gleich genau ansehen.

Setzen wir $\alpha = \tau = \mu = 0{,}29$ Einheiten der vierten Stelle, so ist

$$\mu_d = s \,.\, 0{,}29 \,.\, \sqrt{3} = 0{,}5\, s$$

Die Strecke s rechnen wir in Hunderten von Metern und μ_d in Centimetern. Für die Strecke von 100 m wäre nach dieser Annahme ein mittlerer Fehler von einem halben Centimeter zu erwarten.

Wir wollen dies Resultat durch einige der Praxis entnommene Beispiele begründen. (Siehe Tabelle Seite 261).

In Spalte 2 dieses Formulars finden wir die Längen s in Hunderten von Metern, in Spalte 3 die Abweichungen des nach unserer Methode erhaltenen d vom wahren Wert. Um die Fehler v nach ihrer Grösse vergleichen zu können, sind in Spalte 4 die auf hundert Meter Streckenlänge reduzierten Abweichungen gegeben, ein Vergehen, das nach Gleichung (10) durchaus gerechtfertigt ist. In Spalte 5 sind die letzteren zur Berechnung des mittleren Fehlers aus 15 Beobachtungen quadriert. Für $s = 100$ m ergiebt sich der mittlere Fehler von 0,32 cm. Die allgemeine Fehlerformel lautet hiernach

$$\mu_d = \pm\, 0{,}32\, s \text{ cm.} \tag{11}$$

Für die Strecke von 300 m ist also nur ein mittlerer Fehler von einem Centimeter zu befürchten.

Ist zur Ermittelung von d die in Figur 4 abgebildete Vorrichtung benutzt worden, so erfährt die Formel (10) keine Abänderung. Für diesen Fall ist α_e gleich Null zu setzen, während Gleichung (8) die Form annimmt

$$\mu_\Delta^2 = \mu_a^2 + \tau^2 + \varepsilon^2 + \mu_e^2$$

Die Glieder $\tau^2 + \varepsilon^2$ heben sich bei der Entwickelung von Formel (10)

1	2	3	4	5
Nro.	s	$v\,cm$	$\frac{1}{s}v$	$\left(\frac{1}{s}v\right)^2$
1	3,00	+ 1,0	+ 0,33	0,109
2	4,00	+ 1,9	+ 0,47	0,221
3	4,00	− 1,2	− 0,30	0,090
4	2,00	+ 1,1	+ 0,55	0,302
5	2,00	+ 0,3	+ 0,15	0,022
6	1,00	− 0,4	− 0,40	0,160
7	3,00	− 0,1	− 0,03	0,001
8	3,00	− 0,8	− 0,27	0,073
9	3,00	+ 0,3	+ 0,10	0,010
10	1,00	− 0,2	− 0,20	0,040
11	1,50	− 0,6	− 0,40	0,160
12	4,00	− 2,1	− 0,52	0,270
13	2,50	+ 0,0	+ 0,00	0,000
14	2,00	− 0,3	− 0,15	0,022
15	4,00	+ 1,1	+ 0,27	0,073

$$\left[\left(\frac{v}{s}\right)^2\right] = 1,553$$

$$\frac{1}{15} : 0,1035$$

$$\sqrt{\frac{1}{15}\left[\left(\frac{v}{s}\right)^2\right]} = \pm\, 0,32 \text{ cm.}$$

gegen $\alpha_e^2 = \tau^2 + \alpha^2$ auf. Die Gleichung (11) stützt sich auf die Benutzung dieser Vorrichtung.

Dass dieselbe auch zu anderweitigen graphischen Rechnungen verwendet werden kann, mag hier nur nebenbei erwähnt werden. Will man den Flächeninhalt eines Vierecks berechnen, so ermittelt man die Länge der Diagonale und stellt diese Zahl an der Winkelteilung des Lineals (Figur 4) ein. Das Instrument wird nun so auf die Vierecksfläche gelegt, dass die punktierte Linie des Celluloiddreiecks in der Diagonale liegt. Das Viereck zerfällt dadurch in zwei Dreiecke. Die punktierte Linie wird dann, während das Lineal am Maassstab entlang gleitet, um die Höhe des zu berechnenden Dreiecks parallel verschoben. Der Flächeninhalt wird am Maassstab abgelesen. Eine theoretische Begründung ist unnötig, da dieselbe eigentlich nur eine Wiederholung des oben Gesagten wäre.

Wer nicht im Besitz einer Rechenmaschine ist, wendet zur Berechnung des Netzes der Messungslinien mit Vorteil die Crelle'schen Rechentafeln an. Bei diesem Verfahren leistet ein Rechenstab von 25 cm Länge ebenfalls gute Dienste, da die Quotienten o und a nur dreistellig ermittelt werden. Die Produkte $o \, . \, \Delta s$ und $a \, \Delta s$ müssen jedoch mit der Tafel berechnet werden, da die Anwendung des Rechenschiebers hier von fehlerhaftem Einfluss auf das Resultat sein würde. Die Summe der Koordinatendifferenzen differiert nun gegen das Soll um einen kleinen Betrag, den wir mit δ_y und δ_x bezeichnen wollen. Diese Grössen werden mit Hilfe des Schiebers den Längen proportional auf die Koordinaten-Unterschiede verteilt.

Benennen wir die dreistelligen Quotienten mit o_0 und a_0 und deren Differenzen gegen das Soll mit η und ξ, so bestehen folgende Gleichungen

$$o = o_o + \eta \qquad a = a_o + \xi$$

Durch Multiplikation mit $s = [\Delta s]$ erhalten wir

$$os = o_o s + \eta s = o_o s + \delta y$$
$$as = a_o s + \xi s = a_o s + \delta x$$

daraus folgt, dass

$$\eta = \frac{1}{s} \delta y \qquad \xi = \frac{1}{s} \delta x$$

Um eine Formel zur Berechnung von $d = S - s$ zu finden, gehen wir von der früher bewiesenen Gleichung aus

$$\Delta = a - \sqrt{1 - o^2}.$$

Durch Substitution geht dieselbe über in

$$\Delta = a_o + \xi - \sqrt{1 - (o_o + \eta)^2}$$

Da η klein ist, können wir zur Entwickelung den Taylor'schen Lehrsatz anwenden und setzen

$$f(o_o + \eta) = \sqrt{1 - (o_o + \eta)^2} = f(o_o) + \eta f'(o_o) + \frac{\eta^2}{1 . 2} f''(o_o) + \ldots$$

Es ist
$$f(o) = \sqrt{1 - o^2}$$
$$f'(o) = -\frac{o}{\sqrt{1 - o^2}}$$
$$f''(o) = -\frac{1}{\sqrt{(1 - o^2)^3}}$$

So erhalten wir für Δ, jedoch mit Vernachlässigung der Glieder von höherer Ordnung

$$\Delta = a_o + \xi - \sqrt{1 - o_o^2} + \frac{o_o}{\sqrt{1 - o_o^2}} \eta$$

Wir setzen

$$\Delta_o = a_o - \sqrt{1 - o_o^2}$$

Dies ist die Tafeldifferenz, welche wir aus der graphischen Tafel, Figur 1, entnehmen. Bezeichnen wir auch hier die Koordinatenunterschiede mit x und y, so ist näherungsweise

$$\frac{o_o}{\sqrt{1-o_o^2}} = \frac{o}{a} = \frac{y}{x}.$$

Nun nimmt $\varDelta$ die Form an

$$\varDelta = \varDelta_o + \xi + \frac{y}{x}\eta$$

Für ξ und η substituieren wir die oben gefundenen Werte und haben nach Gleichung (3)

$$d = \varDelta_o x + \frac{\delta x}{s} x + \frac{\delta y}{s} y \tag{12}$$

Nach dieser Formel lässt sich d auf die einfachste Weise ermitteln, denn das Glied $\varDelta_o x$ erhalten wir bei Benützung der Vorrichtung Figur 4 ohne Rechnung, und die beiden letzten Glieder der Summe lesen wir am logarithmischen Rechenschieber ab, da $\frac{\delta x}{s}$ ued $\frac{\delta y}{s}$ ohnehin zur Koordinatenberechnung eingestellt werden. Es ist nur nötig den Läufer des Rechenstabes auf x und y zu bringen.

Die Kontrolformel von (12) lautet entsprechend

$$d = \varDelta'_o y + \frac{\delta y}{s} y + \frac{\delta x}{s} x$$

Die Grösse $d_o = \varDelta_o x = \varDelta'_o y$ ermitteln wir, sobald o_o und a_o gefunden sind, einerseits als Kontrole für die Richtigkeit dieser Quotienten, andererseits um von vornherein zu erkennen, ob ein grösserer, unzulässiger Fehler in s vorhanden ist, der die Koordinatenberechnung unmöglich macht

Karakteristisch für alle bisher zur Berechnung von d angestellten Betrachtungen war die Ermittelung der Tafeldifferenz $\varDelta$. Zwar beschäftigen wir uns in dem nun folgenden, letzten Abschnitt zunächst noch mit der Berechnung von d, doch liegt der Theorie hier ein anderer leitender Gedanke zu Grunde.

Dies Verfahren ist ein beschränktes und findet nur Anwendung auf die Nachrechnung von Polygonseiten, die zum Zwecke der Stückvermessung nachträglich gemessen wurden, gleichviel, ob ein zu berechnender Kleinpunkt auf der Linie liegt oder nicht. Es führt dagegen bei geringer Uebung sehr schnell und ohne schriftliche Rechnung zum Ziel.

Wir setzen voraus, dass die polygonometrischen Akten bei der Berechnung benutzt werden können und dass die darin enthaltenen Koordinatendifferenzen y_o und x_o durch eine Kontrolberechnung auf ihre absolute Richtigkeit geprüft sind. Die den Letzteren entsprechende, aus zwei Messungen gemittelte Polygonstrecke nennen wir S_o. Die verbesserten Koordinatenunterschiede x, y mögen nach folgenden Gleichungen aus y_o, x_o hervorgegangen sein

$$y = y_o + dy \qquad x = x_o + dx$$

Ferner besteht die Gleichung

$$S_o^2 = y_o^2 + x_o^2$$

Für die Sollstrecke S erhalten wir

$$S^2 = y^2 + x^2$$

Wenn wir nun setzen $S_o + ds = S$, so wird durch differenzieren

$$2\, S_o\, ds = 2\, y_o\, dy + 2\, x_o\, dx$$

Daraus ergiebt sich

$$ds = \left(\frac{y_o}{S_o}\right) dy + \left(\frac{x_o}{S_o}\right) dx \qquad (13)$$

Die Grössen dy und dx stehen in den polygonometrischen Akten über y_o und x_o und sind selten grösser als 4 cm.

Die Quotienten $\frac{y_o}{S_o}$ und $\frac{x_o}{S_o}$ werden im Augenblick zu $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ oder $\frac{3}{4}$ abgeschätzt und im Kopf mit dy und dx multipliziert. Als Vorzeichenregel merken wir uns leicht:

$$\left(\frac{y_o}{S_o}\right) dy \text{ oder } \left(\frac{x_o}{S_o}\right) dx$$

sind positiv, wenn das im Formular rechts stehende y oder x grösser als x_o oder y_o ist und umgekehrt.

Die Grösse ds zu S_o mit Beachtung des Vorzeichens hinzugefügt giebt S, und für d gilt die Formel

$$d = S_o + ds - s = S - s$$

Bezugnehmend auf den schon erwähnten Aufsatz in dieser Zeitschrift, Jahrg. 1900, S. 489, Nr. 5 und 6 mag hier noch ein vereinfachtes Verfahren zur Berechnung der Quotienten o und a mit der Maschine Erwähnung finden. Nach dem gewöhnlichen Verfahren wird die Division der Koordinatenunterschiede durch die Strecke dadurch ausgeführt, dass letztere am Stellwerk, erstere am Zifferlineal eingestellt werden und die Rechnung durch Linksdrehen der Kurbel erledigt wird.

An der Hand des Beispiel 1 geben wir nun eine Beschreibung der Rechnung bei Benutzung einer Rechenmaschine „Brunsviga“.

Wir bringen die Zahl $s = 176{,}00$ ins Stellwerk und merken uns den Zähler von $o = \frac{y}{s}$, hier die Zahl 99,38, im Kopfe. Nun drehen wir die Kurbel so oft (5mal) nach rechts herum bis am Zifferlineal 88,00 erscheint. Drehen wir weiter, so erscheint die Zahl 105,60. Diese Zahl ist grösser als $y = 99{,}38$; wir führen die Kurbel zurück, so dass im Zählwerk die erste Stelle von o 5 erscheint. Das Zifferlineal wird eine Stelle weiter nach links geschoben und die Kurbel wieder solange rechts herum gedreht, als die im Zifferlineal stehende Zahl kleiner als 99,38 bleibt. In dieser Weise fahren wir fort bis die Zahl 99,38 erreicht ist. Am Zählwerk lesen wir $o = 0{,}5647$ ab.

Zur Berechnung von a löschen wir nur die Zahlen o und y am Zifferlineal fort, während die Zahl $s = 176{,}00$ im Stellwerk unverändert bleibt. Die Division wird in gleicher Weise durch Rechtsdrehen der Kurbel ausgeführt. Sobald im Zifferlineal $x = 145{,}50$ erscheint, steht im Zählwerk $a = 0{,}8267$. Die Anzahl der Kurbeldrehungen kann dadurch leicht vermindert werden, dass die Ziffern decadisch ins Zählwerk gebracht werden.

Die Vorteile, welche so mit der Rechenmaschine „Brunsviga“ bei der Bildung der Quotienten o und a erreicht werden, gehen am deutlichsten aus folgender schematischen Zusammenstellung hervor.

Gewöhnliche Methode. Die Kurbel nach links drehen.	Die Kurbel nach rechts drehen.
1. Einstellen von y.	1. Einstellen von s.
2. Einmal die Kurbel drehen.	2. Dividieren.
3. Einstellen von s.	3. Löschen von o und y.
4. Dividieren.	4. Dividieren.
3. Löschen von o und dem Rest.	
6. Einstellen von x.	
7. Einmal die Kurbel drehen.	
8. Einstellen von s.	
9. Dividieren.	

Die Division durch Drehung der Kurbel nach links ist dagegen immer dann empfehlenswert, wenn der Zähler bereits im Zifferlineal eingestellt ist. Dieser Fall tritt beispielsweise ein, wenn wir $2\,d$ mit der Maschine berechnen. Hier wäre es ein Fehler, die Berechnung von $\frac{x^2 + y^2}{s}$ durch Rechtsdrehen der Kurbel ausführen zu wollen, da wir $x^2 + y^2$ unnötiger Weise löschen müssten.

Die Stuttgarter Stadterweiterung.

Unter diesem Titel hat das Stadtschultheissenamt Stuttgart vor kurzem ein Werk herausgegeben, welches die weitgehendste Beachtung aller, die je mit Stadterweiterungen zu thun haben, verdient, da es das Bestreben und die Ziele der modernen Stadterweiterungen, die sich zumeist unter einer gewissen einseitigen Baupolitik herausgebildet haben, von allen Seiten einer scharfen kritischen Beleuchtung unterzieht und die grossstädtischen Wohnungsfragen insbesondere auch vom volkswirtschaftlichen Standpunkte aus zu klären sucht.

In der Einleitung giebt Oberbürgermeister Gauss zunächst einen kurzen Rückblick über die Entstehungsart des heutigen Stuttgart, dessen monotones Strassenbild, hervorgerufen durch ein mit Zirkel und Lineal ohne Rücksicht auf die Geländeverhältnisse sauber konstruiertes Strassennetz und sehr rigorose Baubeschränkungen, zu bekannt ist, als dass es darüber längerer Ausführungen bedürfte. Für Nichtkenner der Haupt- und Residenzstadt Stuttgart sei nur bemerkt, dass ganze Strassen, ja ganze Gebiete einen gleichmässig breiten Bauwich haben, dass die Höhen der Gebäude ebenso gleichmässig auf bestimmte Stockwerkzahl beschränkt, dabei aber bis zum Dachfirst gemessen eine bestimmte Höhe (desgleichen eine bestimmte Länge) nicht überschreiten dürfen! Interessant ist übrigens die Mitteilung, dass der Bauwich, der bereits seit einem halben Jahrhundert die Stadt Stuttgart zu verschönern sucht, ursprünglich aus feuerpolizeilichen Gründen eingeführt wurde und dass sich erst später eine falsche Wohnungshygiene des Hausabstandes als eines angeblich vorzüglichen Mittels zur Gesundung der Grossstadtwohnungen bemächtigte. Da man mit dem Bauwich auch das Hinterland genügend zu durchlüften glaubte, so ist in Stuttgart bei tiefen Baublöcken eine sehr starke Ueberbauung des Hinterlandes gestattet worden, die weder besonders gesund noch schön genannt werden kann. Bedenkt man nun, dass die Stadtverwaltung mit der stückweisen Festsetzung von Strassenfluchtlinien, wie nicht anders zu erwarten war, recht ungünstige Erfahrungen sowohl in Rücksicht auf den Verkehr, wie auf die Entwicklung einer künstlerisch schönen Gesamtanlage gemacht hat, so ist es leicht erklärlich, dass sich ein starker Rückschlag geltend machen musste, als im Jahre 1895 das städtische Tiefbauamt mit einem Stadterweiterungsplan hervortrat, der zwar die ganze Feldmark mit einigen benachbarten Teilen umfasste, der aber die notwendigen Folgerungen aus der bisherigen Bebauungsnot nicht zu beachten schien, dem vielmehr als Ziel eine strenge Zoneneinteilung mit möglichst einheitlichen Bauvorschriften, die bis ins kleinste gehen und z. B. das Material für Einzäunungen vorschreiben wollten und denen eine ausserordentlich symmetrische Strassenanlage als Ideal der Schönheit vorschwebt. Um alte Fehler zu vermeiden, hat die Stadtverwaltung diesen Entwurf von verschiedenen Autoritäten auf dem Gebiete des modernen Städtebaues begutachten lassen. Diese Abhandlungen werden neben dem Erläuterungsbericht zum Entwurf und den Gegenäusserungen des Stadtbaurates Kölle (Verfasser des Entwurfs), in dem vorliegenden Werke veröffentlicht. Wenn dieselben in der Hauptsache auch für die besonderen Verhältnisse Stuttgarts zugeschnitten sind, so behandeln sie doch eine Reihe von praktischen und theoretischen Fragen des allgemeinen Städtebaues, dass eine eingehende Würdigung hier am Platze ist. Zum ersten Male greift hier auch ein Volkswirtschaftler, der Gemeinderat Dr. Rettich, der zugleich Vorsteher des Statistischen Amts der Stadt Stuttgart ist, mit umfangreichen Untersuchungen über die wirtschaftliche und soziale Wirkung des Entwurfs in den Gang der Verhandlungen ein, denen eine grosse Bedeutung nicht abgesprochen werden kann.

Zunächst weist Baurat Kölle in seinem Erläuterungsbericht nach, dass die dem Erweiterungsplan zu Grunde liegende Fläche das $2^1/_2$fache der bisher bekannten Fläche umfasse; er zieht hieraus den Schluss, dass auf dieser Fläche noch rund 250 Prozent der jetzigen Einwohnerzahl Stuttgarts Wohnung finden können, obgleich in der Altstadt eine geschlossene, bezw. die offene Bauweise mit 3 m breitem Bauwich besteht, während er für das neue Gebiet einen Hausabstand von 5 bezw. 14 m empfiehlt. Es ist daher für Dr. Rettich ein Leichtes, den Beweis zu führen, dass bei so „weiträumiger" Bebauung weniger die erschlossene Fläche als die neu geschaffenen Baufronten für die unterzubringende Bevölkerung von Bedeutung sind. Unter Berücksichtigung der derzeitigen Wohndichtigkeit berechnet er somit die auf der grossen Fläche unterzubringende Bevölkerung auf nur 75 Prozent der gegenwärtigen Einwohnerzahl Stuttgarts und kommt damit zu dem Schluss, dass, ein Anwachsen Stuttgarts wie in den letzten Jahren vorausgesetzt, das neue Bauland bereits im Jahre 1920 aufgebraucht sein würde, was er bei den örtlichen Schwierigkeiten als eine ausserordentliche Verschwendung bezeichnet. Wenn auch diesen Zahlen eine absolute Genauigkeit nicht zukommen kann, so zeigen sie doch, dass man in Gegenden mit beschränktem Baugebiete gar leicht auch mit sonst gut gemeinten Vorschlägen über das gebotene Maass haushälterischer Sparsamkeit hinausgehen kann.

Dr. Rettich, der den geschichtlichen Beruf der Grossstädte darin sieht, dass sie Kultur- und Industriecentren bilden sollen, schildert dann in ausführlicher Weise den Einfluss des vorliegenden Entwurfs auf die volkswirtschaftlichen und sozialen Verhältnisse, wobei er von der richtigen Voraussetzung ausgeht, dass die weitere Entwicklung Stuttgarts, welches jetzt überwiegend Industriestadt ist, nur stattfinden kann, wenn dem Handel und der Industrie nach Möglichkeit der Weg geebnet wird. Dieses kann aber in erster Linie nur durch eine milde, weitsichtige Wohnungspolitik geschehen, die vor allen Dingen für die erforderliche Anzahl billiger Wohnungen für die arbeitende Bevölkerung Sorge trägt. Diese billigen Wohnungen können niemals durch die vorgesehene „weiträumige“ Bebauung, die in Wirklichkeit keine „weiträumige“, sondern eine „weitläufige“ ist, geschaffen werden. Wenn auch bei dieser Bebauungsart der Bodenpreis einen mässigen Abschlag erfahren mag — und das ist thatsächlich selten oder nur in unbedeutender Weise der Fall, da der Bodenwert in den Städten nicht, wie die Verfechter der weitläufigen Bebauung annehmen, von der zulässigen Bebauungsfähigkeit allein, sondern vielmehr durch das Verhältnis zwischen Angebot und Nachfrage bedingt wird —, so wird dieser doch in reichlichem Maasse durch den grösseren Bedarf an Bauland und durch die zweifellos höheren Baukosten der alleinstehenden Häuser gegenüber den Häusern in der geschlossenen Baureihe mehr als ausgeglichen. Dazu kommt bei der weitläufigen Bauart der grössere Aufwand an Strassenbaukosten, die gewöhnlich nach der Frontlänge von den Anliegern aufgebracht werden müssen, für Wasser- und Gasleitungen und für Kanalisation. Indirekt wird auch die ganze steuerzahlende Einwohnerschaft durch die erhöhten Ausgaben für Beleuchtung, Reinigung und Bewachung der Strassen betroffen. Zieht man ferner in Betracht, dass alleinstehende Häuser ohne Frage kälter sein müssen, als die Häuser der geschlossenen Bauweise, so kann man sich der Einsicht nicht verschliessen, dass durch die weitläufige Bauweise billigere Mieten nicht erreicht werden können. Die in Stuttgart gesammelten Erfahrungen bestätigen diese theoretischen Erörterungen. Gehören doch gerade in Stuttgart die kleinen Wohnungen von 1—3 Zimmern nebst Küche zu den Teuersten in 29 Grossstädten des Reiches; ferner hat z. B. der Verein zur Errichtung von Arbeiterwohnungen in Stuttgart den Nachweis geführt, dass der Bau seiner Arbeiterhäuser abgesehen davon, dass das Baugelände durch die Hergabe von Strassenland um 50 Prozent verteuert ist, durch den Bauwich und die Beschränkung der Gebäudehöhe pp. um 33 Prozent teurer wurde, als wenn in geschlossener Reihe mit vierstöckigen Gebäuden hätte gebaut werden können. Auch wird durch ein reiches Zahlenmaterial bewiesen, dass unter Berücksichtigung der erweiterten Strassenlängen nebst der anzusiedelnden Bevölkerungszahl auch die einmaligen und dauernden Ausgaben der Stadt für Kanalisation, Beleuchtung, Reinigung und Bewachung auf den Kopf der Bevölkerung selbst bei nur gleichen Löhnen und gleicher Intensität wie bisher um fast 50 Prozent wachsen müssen, was auf den städtischen Haushalt, in dem der Ausgabeposten „Tiefbau“ bereits mehr als ein Viertel aller Ausgaben beansprucht, vom ungünstigsten Einfluss sein muss.

Die Einwände des Baurats Kölle gegen diese Darlegungen sind so wenig stichhaltig, dass sie füglich übergangen werden können. Wir wollen daraus hervorheben, dass er durch stärkere Ausnutzung des Hinterlandes und Einlegung vieler Nebenstrassen — zu bemerken ist, dass das entworfene Netz bereits engmaschiger ist, als in dem bisher bekannten Gebiete und dass in diesem die Ausnützung des Hinterlandes eine sehr starke ist — eine erheblich grössere Anzahl Menschen unterbringen zu können glaubte, eine Massnahme, durch die die Vorteile seiner „weitäufigen“ Bebauungsart doch grösstenteils illusorisch gemacht werden. Er meint ferner, dass der Preis des Grund und Bodens im Verhältnis zu den Baukosten von ganz untergeordneter Bedeutung sei, bekennt sich aber an anderer Stelle zu der Ansicht Eberhardt's, dass der Preis des Baulandes von der zulässigen Ueberbauungsdichtigkeit abhängig sei und dass die hohen Mietskasernen wesentlich infolge dieses Umstandes teure Mieten fordern!

Auch vom hygienischen Standpunkte aus kommt Dr. Rettich zu einem ungünstigen Urteile über den vorliegenden Entwurf, welcher 26 Prozent der neu geschaffenen Baufronten mit Bauverbot belegt, 25 Prozent mit Landhäusern besetzen will und nur 26 Prozent für diejenigen übrig lässt, die die hohen Mieten der Landhäuser nicht erschwingen können und die etwa 90 Prozent der Stuttgarter Bevölkerung ausmachen! In Wirklichkeit werden also die durch die weiträumige Bauweise bedingten höheren Mieten von den Minderbemittelten durch eine verstärkte Aftervermietung wieder ausgeglichen werden müssen, eine Folge, die der modernen Wohnungshygiene direkt ins Gesicht schlägt. Denn „der hygienische Sinn des weiträumigen Wohnens liegt nicht in dem Raum zwischen Himmel und Erde, sondern in dem Raum, der die Stätte unseres täglichen Lebens bildet und der unserm Klima entsprechend nun einmal mit Mauern umschlossen ist“.

Dr. Rettich kommt demnach zu dem Schluss, dass der Bauwich in dem grössten Teile des Stadterweiterungsgebietes fallen, dass höhere Gebäude zugelassen werden müssen, da das Wohnen im vierten Stock ebenso gesund ist wie im ersten Stock, und dass das für Landhäuser vorgesehene Gebiet auf den wirklichen Bedarf (etwa 20 Prozent der Fläche) zurückgeführt werden solle; ausserdem verlangt er die Errichtung eines städtischen Wohnungsamtes.

Die Stadtverwaltung hat dann über die hygienische Seite des Entwurfs den ersten Stadtarzt Dr. Knauss befragt. Dessen Aeusserung trägt aber einen so polemischen Charakter und bringt so wenig Neues zur Sache, dass man sich bewogen fühlte, über diese Frage noch das Gutachten eines Fachhygienikers, des Professors Dr. Nussbaum in Hannover, einzuholen. Dieser stellte zunächst als hauptsächlich zu beachtende Forderung für die gesamte Bebauung den Grundsatz auf, dass alle zum Wohnen bestimmten Räume einen Lichteinfallswinkel von etwa 60 Grad (gegen die Horizontale gemessen) bis zur Fensterunterkante haben sollen. Dass sich diese Forderung auch mit einer ziemlich starken Ausnützung des Hinterlandes vereinbaren lässt, weist er in einer grossen Anzahl lehrreicher Gebäudegrundrisse nach. Ausserdem zieht er die geschlossene Bauweise im allgemeinen dem Bauwich vor, wenn nur eine derartige Ausnützung des Platzes stattfindet, dass der erforderliche Lichteinfallswinkel gewährleistet wird. Denn die Luft bewegt sich nicht, wie die Verteidiger des Bauwichs annehmen, in der Hauptsache horizontal, — in diesem Falle würde durch den Hausabstand auch im wesentlichen der Strassenstaub, das grösste Uebel der Grossstadtluft, auf die Höfe getrieben werden —, sondern wellenförmig und senkt sich so in jeden oben offenen Raum hinab, wenn er nur gross genug ist. Professor Nussbaum verwirft daher die beliebten engen Licht- und Luftschachte, tritt vielmehr für möglichst ausgedehnte Vor- und Hofgärten ein. Handelt es sich um die Herstellung kleiner Wohnungen, so soll man für diese die Strassenbaukosten auf ein Mindestmaass herabzudrücken suchen, was vorteilhaft durch folgende Anordnung geschehen kann, bei der die hohen breiten Hofeingänge überbaut gedacht sind:

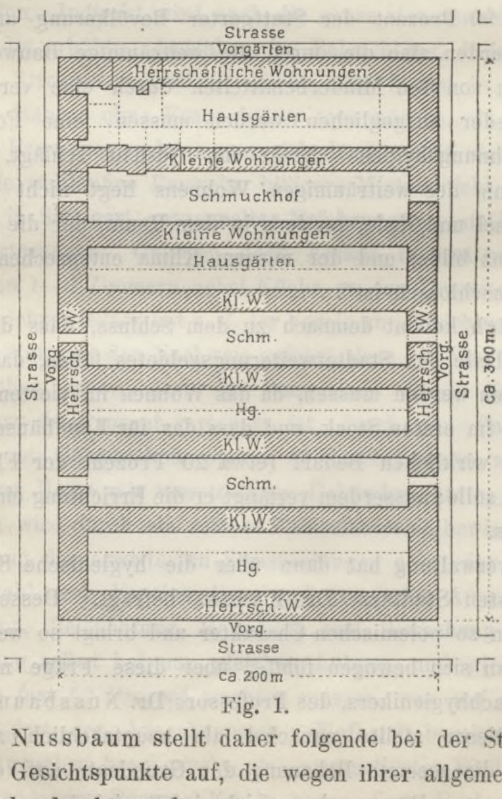


Fig. 1.

Professor Nussbaum stellt daher folgende bei der Stadterweiterung zu beachtende Gesichtspunkte auf, die wegen ihrer allgemeinen Gültigkeit hier wörtlich abgedruckt werden mögen:

1.) Geschäftsviertel, Industrieviertel und Landhausviertel sind völlig unabhängig von den Bebauungszonen zu behandeln, in welcher sie zufällig gelegen sind.

2.) Die Vorschläge des Herrn Baurats Kölle für Zone I sind beherzigenswert, soweit eigentliche Wohngebiete in Frage kommen. (Es handelt sich um baupolizeiliche Vorschriften über den Um- bezw. Neubau alter Häuser in der Altstadt.)

3. Für die noch völlig unbebauten Gelände der Zone II und III empfiehlt sich allerdings das Anstreben einer weiträumigen Bauweise. Aber es müssen hierdurch bedeutsame Errungenschaften für das Wohlbefinden und Wohlbehagen erzielt werden, um Eingriffe in die wirtschaftliche Lage der Grundbesitzer und der Mieter zu rechtfertigen. Das Einhalten eines schmalen (3,0 m) oder eines breiteren Wichs (5,0 m) erfüllt die hygienisch wünschenswerten Bedingungen für Wohlbefinden und Wohlbehagen nicht ohne weiteres, sondern pflegt ebenso grosse Nachteile als Vorteile im Gefolge zu haben. Eher sind jene Bedingungen zu erreichen bei dem Freigeben der geschlossenen Bauweise unter gleichzeitiger Aufstellung höherer Anforderungen an den Lichteinfallswinkel aller zu dauerndem Aufenthalt dienenden Räume.

4. Forderungen an weiträumigeres Wohnen sind weder in Zone II noch in Zone III zu erheben, sobald Gebäude oder Gebäudegruppen mit kleinen und kleinsten Wohnungen in Betracht kommen, um hierdurch der Bauspekulation Ansporn zu geben für deren Erstellen. Die Inhaber solcher Wohnungen pflegen auf weiträumiges Wohnen mit Recht weniger Wert zu legen, als auf eine geräumige Wohnung, und es ist hygienisch bedeutungsvoller, das Zusammenleben zweier oder mehrerer Familien in der gleichen Wohnung zu verhindern, als eine Freilage solcher Wohnungen zu erreichen.

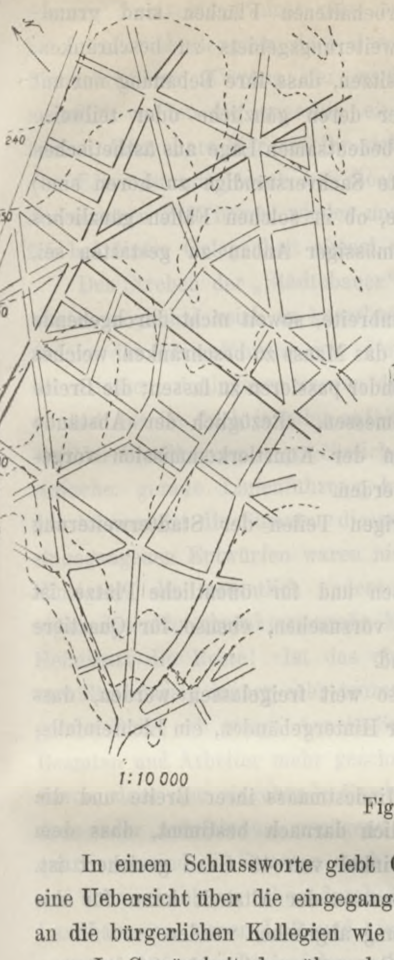
5. Für die Geschäftsviertel und die Industrieviertel sind alle nur denkbaren Erleichterungen zu schaffen, um Handel und Gewerbe jede irgend erreichbare Förderung angedeihen zu lassen und die Bodenwerte der dem Handel dienenden Stadtteile eher zu heben als künstlich niedrig zu halten. Fast alle dem Heben der Wohnform wie dem Streben nach gesundem Wohnen geltenden Bauerschwernisse können im Geschäftsviertel in Fortfall kommen oder doch sehr gemildert werden, weil das Geschäftshaus der Zukunft Wohnungen fast allgemein nur in den von Natur hygienisch begünstigten Obergeschossen enthält.

6. Im Landhausviertel sind die Bauvorschriften derart zu fassen, dass das Ausnützen der Besiedelungsfähigkeit des Geländes ohne Weiterungen in jedem Falle freisteht. Das Einhalten eines Wichs oder gar eines Wichs von stets gleicher Breite für jedes einzelne Gebäude hat mehr

Nachteile als Vorteile. Es muss auch in dieser Richtung der Gebäudegestaltung Rechnung getragen werden, und es muss das Errichten ausgedehnter Gebäudegruppen gestattet sein, soweit sie zur Förderung landwirtschaftlicher Reize beitragen oder dieselben wenigstens nicht schädigen. Die Geschosszahl ist zu begrenzen, nicht aber die Höhe des Gebäudes oder gar eine bestimmte Dachform vorzuschreiben, um an jedem Punkte einer Strasse freien Ausblick zu erhalten. Gerade im Landhausviertel und für das mit seinem Errichten angestrebte Erhalten und Fördern landschaftlicher Reize ist vollste Bewegungsfreiheit für den gestaltenden Künstler ein Erfordernis. Allerdings müssen der Baupolizei gegenüber dem Bauspekulanten weitgehende Rechte zustehen, in deren Handhaben ein Künstlerausschuss als Beirat der Baupolizei zur Seite stehen sollte.

7. Alle dem Erzielen des weiträumigeren Wohnens dienen sollenden Vorschriften werden am besten ganz allgemein gefasst, damit sie im besonders gelagerten Falle nicht zum Hemmnis zu werden vermögen für hygienische Bestrebungen, zu deren Förderung sie geschaffen wurden.

Schliesslich hat eine besondere Kommission, bestehend aus den Herren Oberbaurat v. Reinhardt, Baurat Eisenlohr, Professor Halmhuber und Professor R. Haug, den Entwurf vom künstlerischen Standpunkte aus begutachtet. Unter Beifügung einer Anzahl wohlgelungener Darstellungen des zukünftigen Zustandes äussert sich diese Kommission sehr absprechend über jede Schablonisierung des Landhausviertels im besonderen, aber auch über den gleichmässigen Hausabstand und die gleichmässige Firsthöhe der Gebäude im allgemeinen. Diesen grundsätzlichen Aeusserungen kann man nur beistimmen, wenn man nicht eine allgemeine Gleichmässigkeit und Symmetrie im Stadtbilde, wie es der Entwurf vielfach thut, mit Schönheit identifiziert. Z. B. sagt Baurat Kölle in seinem Begleitbericht, dass nach Möglichkeit die geradlinigen Strassen vermieden seien, — was keineswegs zutrifft —, dass sich der Terrainverhältnisse halber die Bebauung des südwestlichen Hanges des Thales leider nicht so einheitlich und harmonisch durchführen lasse wie diejenige des Nordosthanges, dass dort vielmehr eine klare und übersichtliche Gestaltung des Stadtbauplanes gehindert und ein wahres Chaos von durcheinander geschlungenen Strassen entstanden sei! Und gerade in diesem so verläumdeten Gebiete gehört das Strassenbild zu den schönsten des Entwurfs, an dem auch der Oberbaurat Professor Baumeister in Karlsruhe nichts wesentliches zu ändern fand. Im übrigen geben folgende beiden Skizzen, in denen die Hauptverkehrsstrassen mit stärkeren Linien ausgezogen sind, ein charakteristisches Bild von dem Erfolg, den eine Verwechslung von Schablone und Schönheit zeitigt:



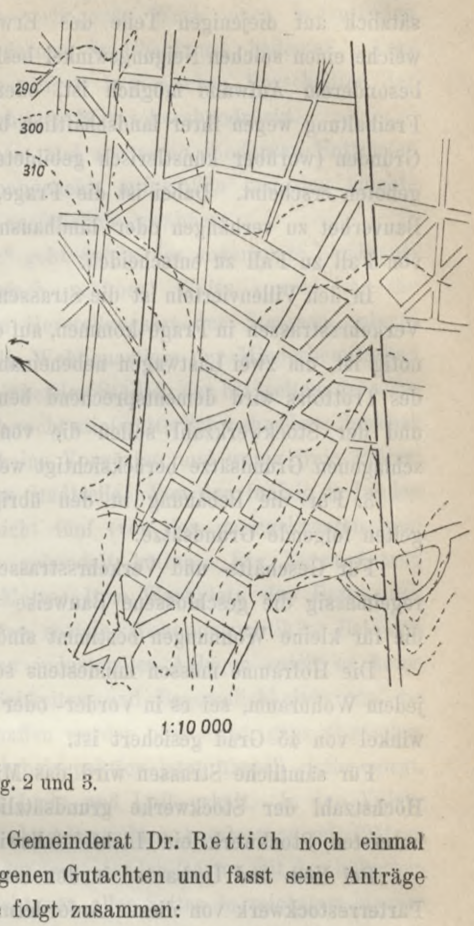


Fig. 2 und 3.

In einem Schlussworte giebt Gemeinderat Dr. Rettich noch einmal eine Uebersicht über die eingegangenen Gutachten und fasst seine Anträge an die bürgerlichen Kollegien wie folgt zusammen:

„In Gemässheit der über das Stadterweiterungsprojekt eingezogenen technischen, volkswirtschaftlichen, hygienischen und ästhetischen Gutachten können folgende prinzipiellen Vorschläge an die bürgerlichen Kollegien zur Gutheissung empfohlen werden, wobei zu bemerken ist, dass diese Sätze selbstverständlich die dem Stadterweiterungsplan zu Grunde zu legenden oder dabei zu berücksichtigenden Gesichtspunkte nicht erschöpfen, sondern bloss die wesentlichsten Resultate der Erörterung, soweit dies geboten erschien, übersichtlich zusammenfassen wollen.

1. Die in dem Erweiterungsplan des Tiefbauamts bezw. in den Abänderungsvorschlägen des Herrn Oberbaurats Baumeister vorgesehenen Strassenzüge erscheinen geeignet, als Grundlage des zukünftigen Strassennetzes zu dienen, insoweit nicht die Bearbeitung im einzelnen noch besonders zu beschliessende Abänderungen nötig macht.

2. Die in dem Projekt für Bauverbote und Villenviertel ortsstatutarisch

unter Ausschluss anderer Bauart vorbehaltenen Flächen sind grundsätzlich auf diejenigen Teile des Erweiterungsgebiets zu beschränken, welche einen solchen Neigungswinkel besitzen, dass ihre Bebauung nur mit besonderem Aufwand möglich ist, oder deren gänzliche oder teilweise Freihaltung wegen ihrer landschaftlich bedeutsamen Lage aus ästhetischen Gründen (worüber künstlerisch gebildete Sachverständige zu hören sind) geboten erscheint. Dabei ist die Frage, ob in solchen Fällen gänzliches Bauverbot zu verhängen oder landhausmässiger Anbau zu gestatten sei, von Fall zu Fall zu entscheiden.

In den Villenvierteln ist die Strassenbreite, soweit nicht durchgehende Verkehrsstrassen in Frage kommen, auf das Maass zu beschränken, welches nötig ist, um zwei Lastwagen nebeneinander passieren zu lassen; die Breite des Trottoirs wird dementsprechend bemessen. Bezüglich der Abstände und der Stockwerkzahl sollen die von der Künstlerkommission vorgeschlagenen Grundsätze berücksichtigt werden.

3. Für die Bebauung in den übrigen Teilen der Stadterweiterung gelten folgende Grundsätze:

Für Geschäfts- und Verkehrsstrassen und für öffentliche Plätze ist regelmässig die geschlossene Bauweise vorzusehen, ebenso für Quartiere die für kleine Wohnungen bestimmt sind.

Die Hofräume müssen mindestens so weit freigelassen werden, dass jedem Wohnraum, sei es in Vorder- oder Hintergebäuden, ein Lichteinfallswinkel von 45 Grad gesichert ist.

Für sämtliche Strassen wird das Mindestmaass ihrer Breite und die Höchstzahl der Stockwerke grundsätzlich darnach bestimmt, dass dem untersten Stockwerk ein Lichteinfallswinkel von 45 Grad gesichert ist.

Bei Neu- und Umbauten in den Strassen der Altstadt kann für das Parterrestockwerk von dieser Anforderung abgesehen werden.

Die Ausgestaltung der Dächer im Gesamtbaugebiete der Stadt unterliegt grundsätzlich nur den durch die Bauordnung und das Ortsbaustatut vorgesehenen Beschränkungen.

Beim Bau von Strassen ist, soweit ältere Verpflichtungen dem nicht entgegenstehen, die Reihenfolge zu beobachten, dass die Quartiere für bürgerliche und kleine Wohnungen den Villenquartieren vorangehen.

Gegen die in Stuttgart konstatierte Ueberfüllung der Wohnungen ist durch Einsetzung einer geordneten, den örtlichen Verhältnissen angepassten Wohnungsschau Vorkehrung zu treffen. Denn hierin ist eine notwendige Ergänzung der mit dem Stadterweiterungsplan anzustrebenden Verbesserung der hiesigen Wohnungsverhältnisse (Beschaffung billiger und gesunder Wohnungen) zu erblicken.“

Mag man nun Anhänger der amerikanischen Türme oder des englischen Einfamilienhauses sein, die beide unter Verhältnissen entstehen, die auf Deutschland nicht ohne weiteres übertragen werden können, so kann man nicht leugnen, dass das vorliegende Werk einen bedeutenden Fortschritt zur Klärung der modernen Stadtbaukunst bedeutet. Vornehmlich werden die immerhin einseitigen hygienischen Vorschriften der letzten Jahrzehnte hier auf ihr richtiges Maass herabgedrückt.

Eines ist mir jedoch bei diesem und mehreren modernen Entwürfen der neueren Zeit immer wieder unangenehm aufgefallen und das möchte ich bei dieser Gelegenheit einmal ausführlich erwähnen.

Das Streben der „Städtebauer" geht dahin, das sogenannte Landhausviertel möglichst reich in künstlerisch „schöner" Weise, sowohl was die Anlage der Linienführung wie die Herstellungsart der Strassen anlangt auszustatten; dahingegen werden die Wohnquartiere der Minderbemittelten — und das ist doch in allen aufblühenden Städten der bei weitem grössere Teil der Bevölkerung — gewöhnlich recht stiefmütterlich behandelt: denkbar einfache, gerade Linienführung, keine Vorgärten und wenig freie Plätze, das ist zumeist die Signatur dieser Stadtteile. Von den fünfzig in Linden eingegangenen Entwürfen waren nicht fünf (von den preisgekrönten kein Einziger), die wesentlich anders gehandelt hätten. Ein Entwurf trug sogar das sehr charakteristische Motto: Dem Werkplatz das Beste, der Heimstatt die Reste! Ist das eine soziale Wohnungspolitik? Bei den verhältnismässig immer sehr teuren industriellen Anlagen spielt es keine grosse Rolle, ob einige Annehmlichkeiten und Bequemlichkeiten für die Beamten und Arbeiter mehr geschaffen werden oder nicht, ganz abgesehen davon, dass eine eingehende Gewerbeinspektion jetzt überall dafür sorgt, dass jeder Arbeitsraum genügend Licht und Luft erhält. In den Villenquartieren sind die Strassen auch ohne besondere Ausstattung mit Plätzen und Schmuckanlagen schon durch die anstossenden Gärten mit den hübschen Landhäussern, denen Luft und Licht von allen Seiten in reichstem Maasse zuströmt, bei guter Linienführung für eine Stadt das denkbar Vollkommenste auf dem Gebiete der Aesthetik und der Hygiene. Nun sollte man aber weitergehen und auch dem Mittelstand und dem Arbeiter die Wohnstätte möglichst heimisch und angenehm zu machen suchen. Ich bin gewiss der Letzte, der einer übertriebenen Sozialpolitik huldigen oder dem Arbeiter alle mögliche Bildung und Liebe zu Kunst oder Aesthetik einpauken möchte, aber ich sehe nicht ein, weshalb man in diesem Wohnviertel nicht mit demselben Recht eine schöne Linienführung wählen soll, wenn's den Stadtsäckel nichts kostet. Vor allen Dingen sehe ich in einer guten Linienführung, der Anlage grösserer Plätze nebst ausgedehnten Vorgärten und geschmackvoller Strassenausstattung in diesen Quartieren ein nicht zu verachtendes Mittel zur Wiedererweckung eines engeren und weiteren Heimatsgefühls unserer arbeitenden Klassen. Wenn der Arbeiter nach vollbrachtem Tagewerk von seinen mit allen Errungenschaften moderner

Wissenschaft und Technik ausgestatteten Werkstatt abends nach Hause kommt, wobei er vielleicht Strassen des Villenviertels zu passieren hat, so soll er zunächst nicht die Empfindung mitnehmen, dass in seinem Wohnviertel bei der ganzen Strassenanlage zu Gunsten seiner vermögenden Mitbürger übermässig gespart ist. Ferner wird er wie die Familie, die den grössten Teil des Tages auf die Wohnung und ihre Umgebung angewiesen ist, sich in dem Heim erheblich wohler fühlen, wenn dasselbe in einer gartenreichen Gegend liegt und Ausblicke auf Blumen-, Rasen- oder Boskett-Anlagen bietet, als wenn es ringsum nur von öden Mauern umgeben ist, denn der Einfluss des „Grünen“ auf das menschliche Gemüt ist bekanntlich von grosser belebender und erziehlicher Wirkung. Dabei kann man die Wohnstrassen an und für sich wesentlich schmaler machen, als es jetzt gewöhnlich geschieht, um Raum für Vorgärten zu gewinnen. Befürchtet man eine schlechte Unterhaltung der Vorgärten durch die kleinen Besitzer, so lege man nur an derjenigen Strassenseite, die die meiste Sonne erhält, Vorgärten in doppelter Tiefe an, um sie dann als einen Bestandteil der Strasse durch die Stadtverwaltung zu unterhalten. In diesem Falle kann man an den Vorgärten das Trottoir als Fussweg in die Anpflanzungen verlegen, was sowohl hübsch wie zweckmässig ist. Die bei dem Ausbau der schmaleren Wohnstrassen und bei der Ausstattung der Villenviertel ersparten, auf diese Weise hier angelegten Summen werden jeder Stadt nur zum Segen gereichen. *rs.*

Hannoverscher Landmesser-Verein.

In der am 1. März d. J. stattgefundenen Hauptversammlung wurde der Vorstand wie folgt gewählt:

I. Vorsitzender: Herr Steuerinspektor Kortmann-Hannover. In der Steinriede 5.
II. „ Herr techn. Eisenbahnsekretär Hölscher.
I. Schriftführer: Herr städt. Landmesser Siedentopf-Hannover. Edenstrasse 58.
II. „ Herr Regierungslandmesser Grimm.
I. Kassenwart: Herr techn. Eisenbahnsekretär Umlauff-Hannover. Emilienstr. 19.
II. „ Herr Kgl. Landmesser Rheindorff.
Vergnügungs-Ausschuss: Herr Steuerinspektor Merbach, Herr Kgl. Landmesser Rheindorff, Herr städt. Landmesser Jordan.
Rechnungsprüfer: Herr Steuerinspektor Steinbrück.

Siedentopf, I. Schriftführer.

Inhalt.

Verlag von Konrad Wittwer in Stuttgart. — Druck von Carl Hammer in Stuttgart.