

# Der nichthorizontaler Lage der Querlatte auf die Resultate der optischen Distanzmessung mit Doppelbilddistanzmessern

Autor(en): **Trüeb, E.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Zeitschrift für Vermessung, Kulturtechnik und Photogrammetrie = Revue technique suisse des mensurations, du génie rural et de la photogrammétrie**

Band (Jahr): **49 (1951)**

Heft 7

PDF erstellt am: **28.06.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-208344>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

SCHWEIZERISCHE ZEITSCHRIFT FÜR

# VERMESSUNG UND KULTURTECHNIK

Revue technique Suisse des Mensurations et du Génie rural

Herausgeber: Schweiz. Verein für Vermessungswesen und Kulturtechnik. Offiz. Organ der Schweiz. Gesellschaft f. Photogrammetrie

Editeur: Société Suisse de Mensuration et du Génie rural. Organe officiel de la Société Suisse de Photogrammétrie

REDAKTION: Dr. h. c. C. F. BAESCHLIN, Professor, Zollikon (Zürich)

Redaktionsschluß: Am 1. jeden Monats

Expedition, Administration und Inseratenannahme:

BUCHDRUCKEREI WINTERTHUR AG., Telephon (052) 2 22 52

Schluß der Inseratenannahme am 6. jeden Monats

NR. 7 • II. JAHRGANG

der „Schweizerischen Geometer-Zeitung“  
Erscheinend am 2. Dienstag jeden Monats

10. JULI 1951

INSERATE: 25 Rp. per einspalt. mm-Zeile.  
Bei Wiederholungen Rabatt gemäß spez. Tarif

ABONNEMENTE:

Schweiz Fr. 15.—, Ausland Fr. 20.— jährlich

Für Mitglieder der Schweiz. Gesellschaft für  
Photogrammetrie Fr. 10.— jährlich

## Der Einfluß nichthorizontaler Lage der Querlatte auf die Resultate der optischen Distanzmessung mit Doppelbilddistanzmessern

Von E. Trüeb, Elgg

### Problemstellung:

Nachdem es sich herausgestellt hat, daß die von R. Boßhardt in seinem Buche: «Optische Distanzmessung und Polarkoordinatenmethode», auf Seite 61 dargestellte Formel für den Distanzfehler infolge nichthorizontaler Lage der Querlatte nicht den tatsächlichen, dadurch verursachten Fehlern entspricht und auch die Fehlerformeln anderer Autoren nicht zu den in Wirklichkeit auftretenden Fehlern führen, scheint es angezeigt, diesem Problem vermehrte Aufmerksamkeit zu schenken.

*I. Der Distanzfehler bei schiefer Querlatte und Instrumenten, bei denen die Doppelbildablesung im Schnitt der Lattenebene mit einer gemeinsamen Visurebene erfolgt.*

In den nachfolgenden Abbildungen bedeuten:

$D/100$  die Soll-Ablesung =  $\frac{1}{100}$  der Horizontalabstand

$a$  die effektive Lattenablesung

$A$  die mit dem Distanzfehler behaftete Messung (Horizontalabstand)  
=  $100 a$

$\alpha$  der Neigungswinkel der Querlatte gegenüber der Horizontalen, nach rechts unten negativ, nach rechts oben positiv.

Wesentlich für die folgenden Betrachtungen ist die Tatsache, daß die Doppelbildablesung bei solchen Instrumenten im Schnitt der horizontalen Ebene durch die Zielachse mit der zur Visur senkrechten Ebene der Querlatte erfolgt. (Voraussetzung: horizontale Visur.) Schief ist dabei nur die Teilung der Querlatte, der Schnitt der beiden Ebenen dagegen ist eine Horizontale. Alles weitere folgt aus der Abbildung 1.

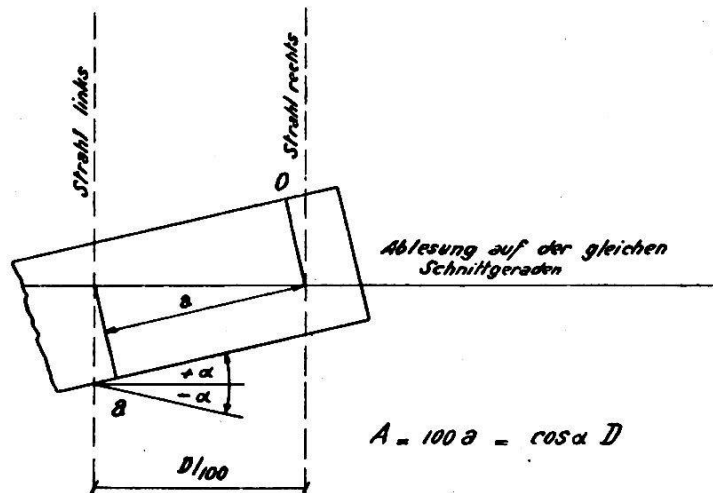


Abb. 1

$$A = D \cos \alpha \quad (I)$$

$$\Delta D = D (1 - \cos \alpha)$$

$$\Delta D = 2 D \sin^2 \frac{\alpha}{2} \quad (II)$$

Die Ablesung wird demnach für aufwärts und abwärts geneigte Querlatte zu klein. Daß solche Fehler nur auftreten können bei Distanzlatten, bei denen ein Übergriff von Nonius und Teilung vorhanden ist, bedarf keiner weiteren Erläuterung. Wäre dies nicht der Fall, so könnte gar keine Ablesung mehr erzielt werden, da eine Klaffe zwischen Nonius und Lattenteilung auftritt bei nach rechts oben geneigter Latte mit Teilung wachsend von links nach rechts und Nonius unten oder Teilung wachsend von rechts nach links mit Nonius oben und bei nach rechts unten geneigter Querlatte mit Teilung von links nach rechts wachsend mit Nonius oben oder Teilung von rechts nach links wachsend mit Nonius unten.

Bei geneigter Visur wird die Ablesung  $A' = \frac{A}{\cos \beta}$ , wenn  $\beta$  der

Höhenwinkel bedeutet. Die Ablesung ist bekanntlich mit  $\cos \beta$  zu reduzieren. Der Fehler, herrührend von der Neigung der Querlatte, wird damit ebenfalls reduziert, so daß nach der Reduktion der gleiche Endfehler verbleibt wie bei horizontaler Zielung.

II. Der Distanzfehler bei schiefer Querlatte und Instrumenten, bei denen die Doppelbildablesung in zwei zueinander parallel verschobenen Schnittgeraden erfolgt. (Boßhardt-Zeißs, Wild-RDH usw.)

Obwohl bei solchen Instrumenten nur eine recht bescheidene Verschiebung der beiden Strahlengänge auftritt, hat der Betrag dieser Verschiebung entscheidenden Einfluß auf den Distanzfehler bei schiefer Querlatte. Zur Vereinfachung soll vorläufig nur der Distanzfehler bei horizontaler Visur untersucht werden.

Für die folgenden Ableitungen wird vorausgesetzt, daß der untere Strahlengang nach links abgelenkt werde. Diese Voraussetzung ist prinzipiell belanglos, indem bei einer Verschiebung des unteren Strahlenganges nach rechts nur der Term  $\delta \operatorname{tg} \alpha$  in den folgenden Formeln das Vorzeichen wechselt.

A) Querlatte nach rechts unten geneigt:

Teilung von links nach rechts wachsend, Nonius unten oder  
Teilung von rechts nach links wachsend, Nonius oben.

Wesentlich für diese Betrachtungen ist die Tatsache, daß die Doppelbildablesung in zwei horizontalen Schnitten mit der Querlatte erfolgt, die um den Betrag  $\delta$  gegen einander verschoben sind. Alles weitere folgt aus den Abbildungen 2 und 3.

Demnach wird als Resultat der Ablesung A erhalten:

$$A = 100 a = 100 \cos \alpha \left( \frac{D}{100} - \delta \operatorname{tg} \alpha \right) \quad \text{(III)}$$

Anmerkung: Dieses Resultat wird auch erhalten bei einer nach rechts unten geneigten Latte und einer von links nach rechts wachsenden Teilung mit Nonius oben oder einer von rechts nach links wachsenden Teilung mit Nonius unten.

Die Abbildungen 2 und 3 sowie die folgenden zwei Abbildungen stellen nicht das Lattenbild dar, wie es sich dem Beobachter durch das Instrument bietet, sondern sie zeigen den eigentlichen Meßvorgang, d. h. die Schnitte der entsprechenden Strahlen mit der Meßplatte.

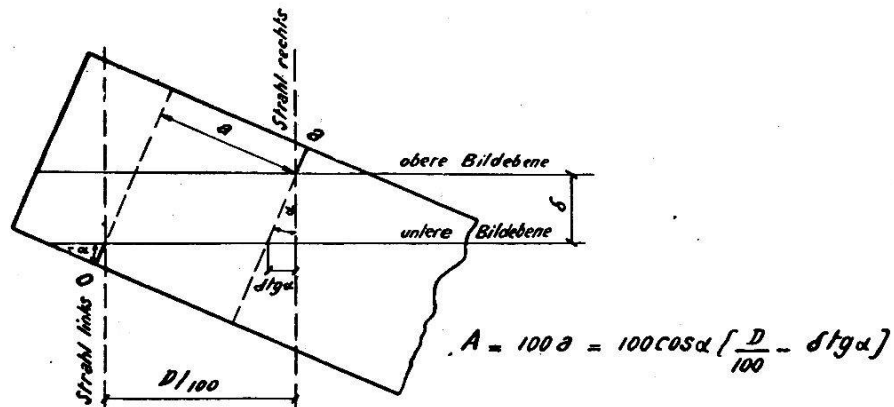


Abb. 2

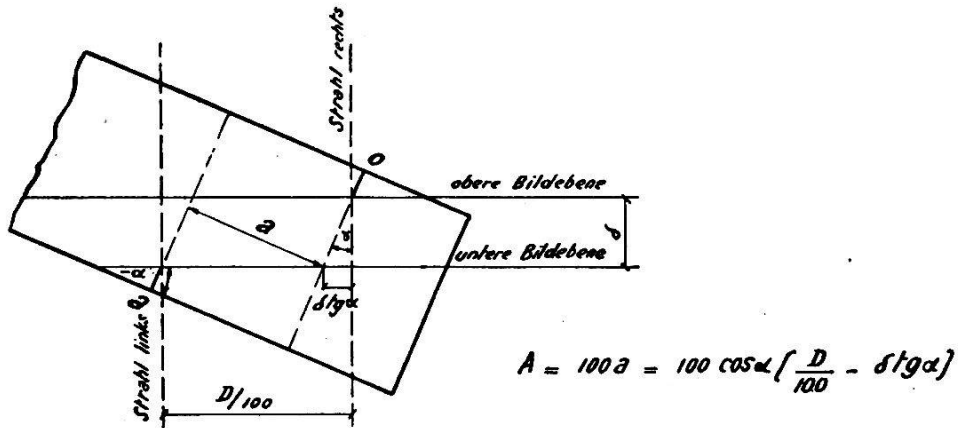


Abb. 3

B) Querlatte nach rechts oben geneigt:

Teilung von links nach rechts wachsend, Nonius unten oder Teilung von rechts nach links wachsend, Nonius oben.

*Anmerkung:* Zum gleichen Resultat gelangt man auch bei einer nach rechts oben geneigten Querlatte und einer von links nach rechts wachsenden Teilung mit Nonius oben oder bei einer von rechts nach links wachsenden Teilung mit Nonius unten.

Durch Betrachtung der Abbildungen 4 und 5 findet man

$$A = 100 \cos \alpha \left( \frac{D}{100} + \delta \operatorname{tg} \alpha \right) \quad (\text{IV})$$

Unter Beachtung der bereits eingeführten Konvention, Neigung der Querlatte nach rechts oben  $\alpha$  positiv, Neigung der Querlatte nach rechts unten  $\alpha$  negativ, lassen sich die Formeln (III) und (IV) zusammenfassen zu

$$A = 100 \cos \alpha \left( \frac{D}{100} \pm \delta \operatorname{tg} \alpha \right) \quad (\text{V})$$

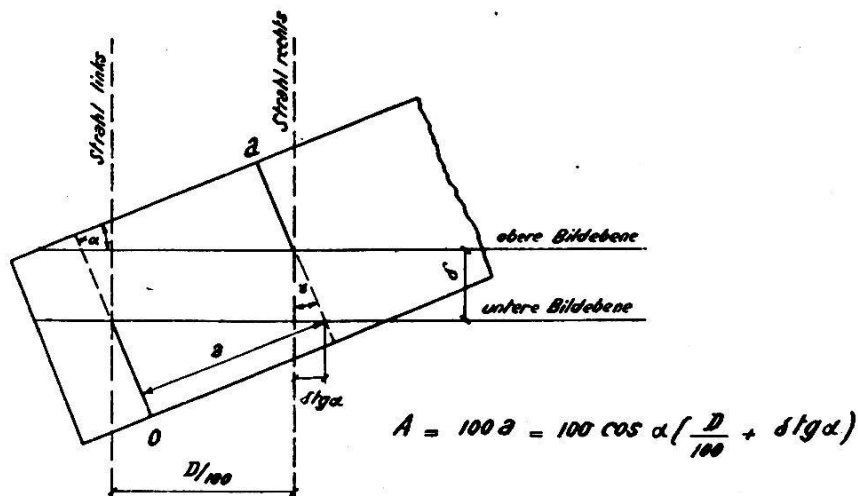
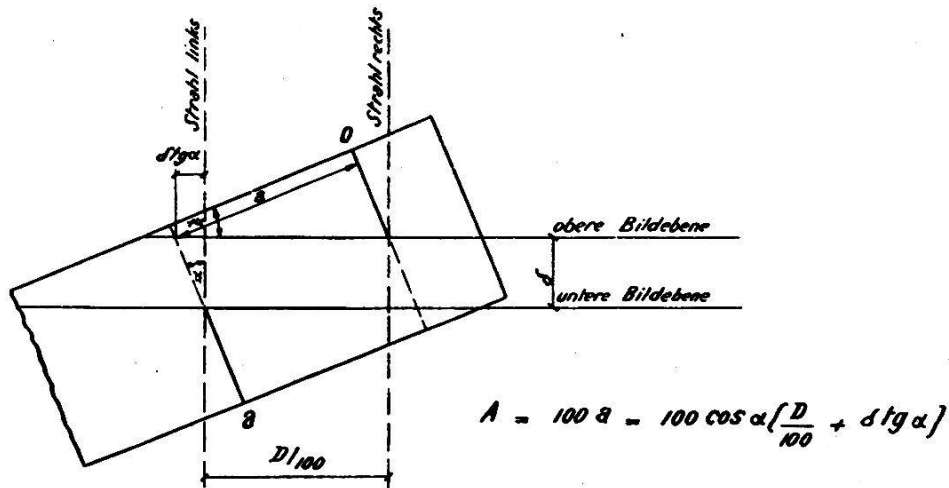


Abb. 4



$$A = 100 a = 100 \cos \alpha \left[ \frac{D}{100} + \delta \operatorname{tg} \alpha \right]$$

Abb. 5

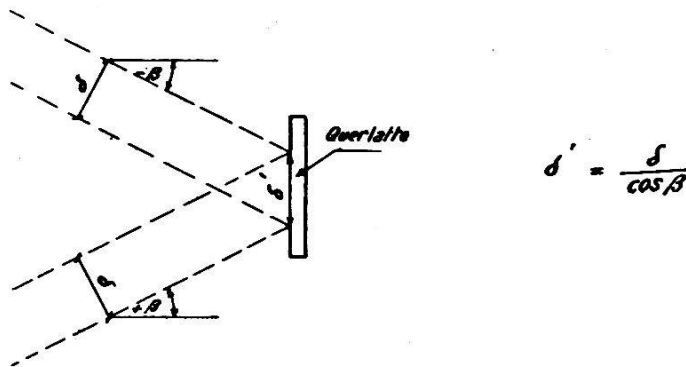
Für den Fehler der Distanzmessung folgt aus Gl. (V)

$$A + \Delta D = D \quad \Delta D = D - A \quad (\text{VI})$$

$$\Delta D = D (1 - \cos \alpha) \mp 100 \delta \sin \alpha$$

$$\Delta D = 2 D \sin^2 \frac{\alpha}{2} \mp 100 \delta \sin \alpha \quad (\text{V}^*)$$

Es muß an dieser Stelle noch auf den Einfluß der Neigung der Visur auf den Fehler, verursacht durch eine nichthorizontale Lage der Querlatte, aufmerksam gemacht werden, da sich dieser nicht auf eine derart einfache Weise reduzieren läßt wie im Falle (I).



$$\delta' = \frac{\delta}{\cos \beta}$$

Abb. 6

Wie aus der Abbildung 6 hervorgeht, wird bei geneigter Visur

$$\delta' = \frac{\delta}{\cos \beta} \quad (\text{VII})$$

Damit geht Gl. (V) über in

$$A = 100 \cos \alpha \left( \frac{D}{100} \mp \frac{\delta}{\cos \beta} \operatorname{tg} \alpha \right) \quad (\text{V}')$$

Für Gl. (V\*) kann geschrieben werden

$$\Delta D = 2 D \sin^2 \frac{\alpha}{2} \pm 100 \frac{\delta}{\cos \beta} \sin \alpha \quad (\text{V}^*)$$

### III. Diskussion des Resultates der Gleichung (V\*').

#### A) Überprüfung der Richtigkeit der abgeleiteten Formel:

Die Richtigkeit der Fehlerformel (V\*') wurde durch Messungen mit der Boßhardt-Zeiß-Ausrüstung bei nichthorizontaler Lage der Querlatte und horizontaler Visur überprüft. Dabei wurden Latten verwendet, wie sie für den Wild-RDH hergestellt werden. Diese Messungen sind in Tabelle I aufgeführt, ebenso die Fehler, die einerseits aus den Beobachtungen ermittelt wurden und andererseits mit Hilfe der Formel (V\*') berechnet wurden. Die Übereinstimmung der entsprechenden Werte ist überall hinreichend, wenn man berücksichtigt, daß die Ermittlung der Neigung der Querlatte nur durch Messung der Abweichung des Lattenendes von der Horizontalen mit dem Doppelmeter und die Ermittlung des Betrages der Verschiebung  $\delta$  durch Ablesungen an einem Maßstab mit Millimeterteilung erfolgte.

Wie unsere Beobachtungen ergeben haben, ist aber der Betrag der Verschiebung  $\delta$  der beiden Bildebenen nicht konstant. Sie variiert nach unseren Messungen bei Distanzen von zirka 3,50—55,0 m zwischen zirka 21 und 16 mm. Die Erklärung für diese Konvergenz ist in der minimalen Ablenkung durch den Vorsatzkeil zur Korrektur der Multiplikationskonstanten zu suchen.

Allgemein kann Gl. (V') demnach geschrieben werden

$$A = 100 \cos \alpha \left( \frac{D}{100} \pm \frac{\delta - \frac{D}{\cos \beta} \operatorname{tg} \gamma}{\cos \beta} \operatorname{tg} \alpha \right) \quad (\text{V}'')$$

und analog

$$\Delta D = 2 D \sin^2 \frac{\alpha}{2} \mp 100 \frac{\delta - \frac{D}{\cos \beta} \operatorname{tg} \gamma}{\cos \beta} \sin \alpha \quad (\text{V}''')$$

Dabei bedeutet  $\gamma$  die Ablenkung des unteren Strahlenganges, verursacht durch den erwähnten Vorsatzkeil. Es ist zu beachten, daß für die Reduktion der Verschiebung  $\delta$  die tatsächliche Distanz  $D' = \frac{D}{\cos \beta}$  maßgebend ist.

$$\text{Überprüfung der Formeln } A = 100 \cos \alpha \left( \frac{D}{100} \pm \delta \operatorname{tg} \alpha \right)$$

$$\text{und } \Delta D = 2 D \sin^2 \frac{\alpha}{2} \mp 100 \delta \sin \alpha$$

mit Hilfe von Ablesungsergebnissen bei schiefer Querlatte.

Instrument: Boßhardt-Zeiß-Reduktionstachymeter Nr. Redta III 36748

Tabelle Nr. 1

<i>D</i>	$\delta$ gemessen	$\alpha$	$2 D \sin^2 \frac{\alpha}{2}$	$100 \delta \sin \alpha$	$\Delta D$	<i>A</i> gerechnet	<i>A</i> gemessen	Bemerkung
cm	cm	g	cm	cm	cm	cm	cm	
364	2,1	— 7 50	+ 2,5	+24,7	+27,2	337	337	
		—15 12	+10,2	+49,4	+59,6	304	303	
		+ 7 50	+ 2,5	—24,7	—22,2	386	385	
		+15 12	+10,2	—49,4	—39,2	403	402	
452	2,1	— 9 80	+ 5,3	+32,1	+37,4	415	416	
		+22 20	+27,0	—71,6	—44,6	497	496	
562	2,0	— 9 00	+ 5,6	+28,2	+33,8	528	528	
		—17 42	+20,5	+54,1	+74,6	487	484	
		+11 30	+ 9,0	—35,7	—26,7	589	589	
		+18 21	+22,9	—56,5	—33,6	596	597	
1552	1,9	— 7 50	+10,8	+22,4	+33,2	1519	1520	
		+ 3 75	+ 2,7	—11,2	— 8,5	1561	1562	
		+ 7 50	+10,8	—22,4	—11,6	1564	1564	
5526	1,6	— 3 75	+ 9,6	+ 9,4	+19,0	5507	5509	
		+ 2 26	+ 3,5	— 5,6	— 2,1	5528	5527	

Wie leicht ersichtlich ist, wird der Betrag von  $\gamma$  durch die jeweilige Stellung des Vorsatzkeiles bestimmt, er ist deshalb von Instrument zu Instrument etwas verschieden.

Nach Angaben der Verkaufs-AG. Hch. Wilds geod. Instrumente beträgt diese Konvergenz beim Wild-RDH  $\sim 10''$ . Für das Instrument Boßhardt-Zeiß Redta III Nr. 36748, mit dem unsere Beobachtungen durchgeführt wurden, betrug  $\gamma \sim 20''$  bei der damaligen Stellung des Vorsatzkeiles.

#### B) Allgemeine Diskussion der Formel (V'')

Zur Vereinfachung werden die nachfolgenden Untersuchungen nur noch für das Instrument Wild RDH durchgeführt unter der Vorausset-



zung  $\delta = 23$  mm und  $\gamma = 10''$  ( $\text{tg } \gamma \sim 0,000048$ ). Damit beträgt für eine Distanz von 100 m  $\delta^*$  noch  $\sim 23 - 5$  mm  $\sim 18$  mm, so daß näherungsweise die Werte von  $\delta$  nach den Angaben in Tabelle 2 eingeführt werden können.

Tabelle 2

D	$\delta^*$
in m	in mm
0	23
20	22
40	21
60	20
80	19
100	18
150	15,5

a) Nach rechts unten geneigte Querlatte:

$$\Delta D = 2 D \sin^2 \frac{\alpha}{2} + 100 \delta^* \sin \alpha \quad (\text{VIII})$$

$$\gamma^* = \frac{\delta - \frac{D}{\cos \beta} \text{tg } \gamma}{\cos \beta} \quad (\text{VIII}^*)$$

Wie man durch Betrachtung von Gl. (VIII) leicht feststellt, werden bei einer nach rechts unten geneigten Querlatte durchwegs zu kleine Ablesungen erhalten. Da alle anderen Einflüsse, wie Latte schief zur Visur, asymmetrische Stellung der Latte, Latte nach vorn oder hinten durchgebogen, zu große Ablesungen ergeben (mit Ausnahme des Fehlers, verursacht durch eine dejustierte Reduktionsvorrichtung), wird durch eine nach rechts unten geneigte Querlatte eine gewisse Kompensation der Fehlereinflüsse erreicht. Trotzdem ist aber diesen Fehlern volle Aufmerksamkeit zu schenken, da diese sehr beträchtliche Beträge erreichen können, was aus der Abbildung 7 hervorgeht. In dieser Abbildung und den Abbildungen 8a und 8b sind die Resultate der Formel (V\*'') für die in der Tabelle 3 angegebenen Neigungen dargestellt. Damit man sich von der Neigung der Querlatte ein besseres Bild machen kann, ist neben der Angabe des Winkels auch die Abweichung des Lattenendes von der Horizontalen aufgeführt. (Halbe Lattenlänge = 85 cm).

Tabelle 3

Neigung der Querlatte in cm/85 cm	Neigung der Querlatte in g
0,5	0,375
1,0	0,75
2,0	1,50
5,0	3,75
10,0	7,50

Betrachtet man in Abb. 7 die Kurve für  $\alpha = 0,375^\circ$  (Schiefe der Querlatte 0,5 cm/85 cm), so stellt man fest, daß die Werte von  $\Delta D$  mit zunehmender Distanz leicht abnehmen. Die Beträge des ersten Terms der Formel (VIII) sind in diesem Falle noch so unbedeutend, daß sich zur Hauptsache nur der zweite,  $\delta^* \sin \alpha$  auswirkt, so daß sich die Werte entsprechend der Abnahme von  $\delta^*$  mit wachsender

Distanz verhalten. Für  $\alpha = 0,75^\circ$  (Schiefe 1 cm/85 cm) bleibt  $\Delta D$  ungefähr konstant, um bei stärkeren Neigungen mit zunehmender Distanz beträchtlich anzuwachsen. Für geneigte Visuren sind die Distanzfehler nur unwesentlich größer als bei horizontaler Visur.

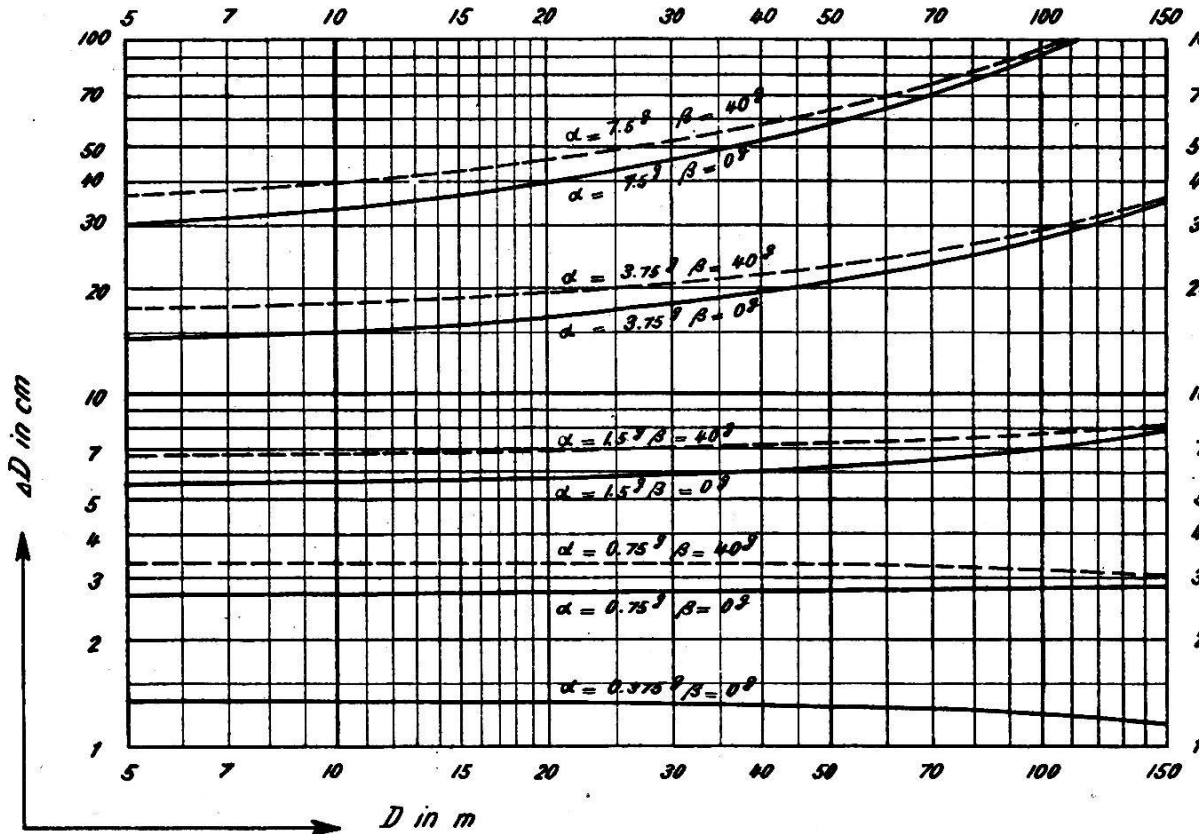


Abb. 7 Darstellung der Formel  $\Delta D = 2 D \sin^2 \frac{\alpha}{2} + \frac{\delta - \frac{D}{\cos \beta} \operatorname{tg} \gamma}{\cos \beta} \sin \alpha$   
für:  $\delta = 23 \text{ mm}$  und  $\gamma = 10''$

b) Nach rechts oben geneigte Querlatte:

$$\Delta D = 2 D \sin^2 \frac{\alpha}{2} - 100 \delta^* \sin \alpha \quad (\text{IX})$$

$$\delta^* = \frac{\delta - \frac{D}{\cos \beta} \operatorname{tg} \gamma}{\cos \beta} \quad (\text{VIII}^*)$$

Wie aus Gl. (IX) leicht ersichtlich ist, werden bei einer nach rechts oben geneigten Querlatte sowohl zu große als auch zu kleine Ablesungen erhalten, je nach den Beträgen von  $\alpha$  und  $D$ . Wesentlich ist, daß für kleine Werte von  $\alpha$ , die vor allem praktisch von Bedeutung sind, zu große Ablesungen erhalten werden. Dieser Distanzfehler hat in diesem Falle das gleiche Vorzeichen wie alle andern in Abschnitt III. B/a aufgeführten, so daß diesem Fehler volle Beachtung zu schenken ist. Bei geneigter Visur unterscheiden sich auch hier die Distanzfehler nur unwesentlich von denjenigen bei horizontaler Visur.

(Schluß folgt.)