

Paper-ID: VGI_192303



Grundlagen für einen Voranschlag der inneren Genauigkeit der Winkelmessung bei Theodoliten mit Ablesung durch Nonien, Strich- und Skalenmikroskope

Karl Lüdemann ¹

¹ *Freiberg in Sachsen*

Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen **21** (2), S. 26–30

1923

Bib_TE_X:

```
@ARTICLE{Luedemann_VGI_192303,  
Title = {Grundlagen f{"u}r einen Voranschlag der inneren Genauigkeit der  
Winkelmessung bei Theodoliten mit Ablesung durch Nonien, Strich- und  
Skalenmikroskope},  
Author = {L{"u}demann, Karl},  
Journal = {{{"0}sterreichische Zeitschrift f{"u}r Vermessungswesen},  
Pages = {26--30},  
Number = {2},  
Year = {1923},  
Volume = {21}  
}
```



Grundlagen für einen Voranschlag der inneren Genauigkeit der Winkelmessung bei Theodoliten mit Ablesung durch Nonien, Strich- und Skalenmikroskope.

Von Karl Lüdemann in Freiberg i. S.

1. Aufgabe.

Die Genauigkeit der Winkelmessung hängt im wesentlichen ab von

- a) der Genauigkeit der Kreisablesung,
- b) der Genauigkeit der Einstellung des Fernrohres auf das Ziel,
- c) der Genauigkeit der Zentrierung von Instrument und Ziel.

Der unter c) genannte Fehlereinfluß liegt ganz außerhalb des Instrumentes; er besitzt bei dem heutigen hohen Stand der geodätischen Instrumententechnik für die Genauigkeit der Kleindreiecksmessung, der Einzelpunkteinschaltung und der Zugmessung ganz besondere Bedeutung, ist aber durch geeignete Maßnahmen, insbesondere durch eine scharfe Zentrierung des Instrumentes, etwa mit Hilfe des optischen Abloters von Max Hildebrand, und durch eine mit großer Sorgfalt bewirkte zentrische Zielbezeichnung genügend klein zu halten.

Die unter b) angeführte Genauigkeit der Einstellung des Fernrohres eines Theodolits auf das Ziel wird bedingt durch die Abmessungen und die Leistungsfähigkeit der optischen Teile des Fernrohres. Neben diesen aus dem Instrument kommenden Einflüssen sind aber die Zielbezeichnung (körperhafte Erscheinung, einseitige Beleuchtung usw.) und der Zustand der Luftmasse zwischen Instrument und Ziel, also die sogenannten äußeren Einflüsse, von ausschlaggebender Bedeutung.

Die unter a), also an erster Stelle genannte Genauigkeit der Kreisablesung hängt am wenigsten von äußeren Verhältnissen ab. Zwar spielen Lufttemperatur, Wind, Lichtmangel in engen Grubenräumen und auf Türmen, schlechte Ablesemöglichkeit und die dadurch bedingte ungünstige Kopfhaltung und ähnliche Erschwerungen eine große Rolle. Aber der mittlere Ablesefehler für die Kreisteilung wird doch am meisten vom Instrument bedingt.

Als Grundlage eines Voranschlages der inneren Genauigkeit der Winkelmessung scheidet die Genauigkeit der Zentrierung von Instrument und Ziel völlig aus. Unsere Kenntnis von der Genauigkeit der Einstellung des Fernrohres auf das Ziel ist noch beschränkt, zumal nach noch nicht veröffentlichten Untersuchungen von Fr. Klempau die Ableitung des mittleren Zielfehlers aus Satzmessungen bei Nonientheodoliten ein nicht ganz einwandfreies Ergebnis liefert, insbesondere den mittleren Zielfehler zu groß erscheinen läßt.

Über den mittleren Ablesefehler m_a an einem Nonius, in einem Strich- oder Skalenmikroskop sind wir dagegen gut unterrichtet, da eine erhebliche Reihe von Untersuchungen hierzu vorliegt, die den mittleren Ablesefehler m_a auf dem Prüfstand ermitteln. Zwar wirkt die praktische Messung vergrößernd auf m_a ein, aber doch allgemein in einem gewissen, uns bekannten Vergrößerungsverhältnis.

Neben dem mittleren Ablesefehler m_a spielt der mittlere Teilungsfehler eines Striches eine Rolle. Wir wissen aber aus zahlreichen Untersuchungen, daß er in seiner Größenordnung gegenüber m_a klein ist. Da ferner sein regelmäßiger Bestandteil durch die Anordnung der Beobachtung ganz oder nahezu ganz ausgeschaltet werden kann, darf sein Einfluß bei einem Voranschlag unberücksichtigt bleiben.

Als Grundlage für einen Voranschlag der inneren Genauigkeit der Winkelmessung soll daher im Nachstehenden über den mittleren Ablesefehler bei denjenigen Theodoliten berichtet werden, die für die allgemeinen Zwecke der Feld- und Landmessung sowie des Markscheidewesens am meisten benutzt werden und mit Nonien, Strich- oder Skalenmikroskopen ausgestattet sind. Ich beschränke mich hierbei auf die Erzeugnisse der Werkstätten für wissenschaftliche Präzisionsinstrumente der Max Hildebrand G. m. b. H. in Freiberg in Sachsen, da ich diese in meiner früheren Praxis als Vermessungsingenieur am meisten verwendet habe und da sie mir in meiner jetzigen Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter der genannten Werkstätten am leichtesten zur Verfügung standen, und auf die Grund(Horizontal)kreise dieser Instrumente. Die von mir benutzten eigenen Untersuchungen sind am Schluß genannt.

Erwähnt sei noch, daß alle grundlegenden Beobachtungen auf dem Prüfstand und mit der Genauigkeit ausgeführt worden sind, die man bei praktischen Arbeiten anzuwenden pflegt.

2. Nonientheodolite.

Die Vergrößerung der Ableselupen war eine rd. 8 fache.

A. Teilung 360^0 . Sexagesimale Unterteilung.

Laufende Nr.	Konstruktions-Nr.	Durchmesser der Teilung <i>mm</i>	Teilungseinheit "	Noniusangabe "	m_a
					"
1	1	180	$\frac{1}{6}$	10	± 2.6
2	2	160	$\frac{1}{6}$	10	± 2.9
3	3	145	$\frac{1}{4}$	20	± 3.0
4	4	145	$\frac{1}{3}$	30	± 3.8
5	5	120	$\frac{1}{3}$	30	± 3.9
6	6	80	$\frac{1}{3}$	30	± 5.4
7	7	80	$\frac{1}{3}$	60	± 11.1

B. Teilung 360^0 . Dezimale Unterteilung.

Laufende Nr.	Konstruktions-Nr.	Durchmesser der Teilung <i>mm</i>	Teilungseinheit "	Noniusangabe "	m_a	
					$\frac{0}{1/1000}$	"
1	5	120	0.25	0.01	± 1.33	± 4.8
2	5	120	0.25	0.005	1.26	4.5

C. Teilung 400^g.

Laufende Nr.	Konstruktions-Nr.	Durchmesser der Teilung mm	Teilungseinheit g	Noniusangabe "	m_a "
1	1	180	$\frac{1}{5}$	20	± 6.4
2	2	160	$\frac{1}{5}$	50	10.8
3	4	145	$\frac{1}{2}$	100	11.9
4	5	120	$\frac{1}{2}$	100	12.2
5	6	80	$\frac{1}{2}$	100	24.7

3. Theodolite mit Strichmikroskopen.

Die Vergrößerung der Strichmikroskope war eine 50 fache.

A. Teilung 360^o. Sexagesimale und dezimale Unterteilung.

Laufende Nr.	Konstruktions-Nr.	Durchmesser der Teilung mm	Einheit der Kreisteilung o	m_a	
				p/100	"
1	6	80	$\frac{1}{6}$	± 2.14	± 12.8
2	6	80	$\frac{1}{10}$	1.76	6.3

B. Teilung 400^g.

Laufende Nr.	Konstruktions-Nr.	Durchmesser der Teilung mm	Einheit der Kreisteilung g	m_a	
				p/100	"
1	5	120	$\frac{1}{10}$	± 2.01	± 20.1
2	6	80	$\frac{1}{10}$	1.91	19.1

4. Theodolite mit Skalenmikroskopen.

Die Vergrößerung der Skalenmikroskope war eine 50 fache.

A. Teilung 360^o. Sexagesimale Unterteilung.

Laufende Nr.	Konstruktions-Nr.	Durchmesser der Teilung mm	Einheit der Kreisteilung o	Einheit p der Glas- teilung	Geschätzt auf		m_a	
					p/10	p 20	p/100	"
1	1	180	$\frac{1}{6}$	1	6	3	± 2.82	± 1.7
2	2	160	$\frac{1}{6}$	1	6	3	2.94	1.8
3	3	145	$\frac{1}{6}$	1	6	3	3.26	2.0
4	4	145	$\frac{1}{3}$	2	12	6	2.68	3.2
5	5	120	$\frac{1}{3}$	2	12	6	2.34	2.8
6	6	80	$\frac{1}{3}$	2	12	6	3.42	4.1

B. Teilung 400^g.

Lau- fende Nr.	Kon- struk- tions- Nr.	Durch- messer der Teilung mm	Einheit der Kreis- teilung g	Einheit p der Glas- teilung	Geschätzt auf		m_a	
					p/10 "	p/20 "	p/100	"
1	2	160	$\frac{1}{5}$	2	20	10	± 3.36	± 6.7
2	3	145	$\frac{1}{5}$	2	20	10	3.52	7.0

5. Optische Fernrohrabmessungen.

Die maßgebenden optischen Abmessungen der verwendeten Fernrohre sind in der nachstehenden Tafel zusammengestellt. Sie lassen den mittleren Ziel- oder Einstellfehler m_e aus der Beziehung

$$m_e = \frac{c}{\sqrt{v}},$$

in der c eine je nach den örtlichen und äußeren Verhältnissen zu wählende und veränderliche, für alle Umstände im voraus nicht bestimmbar Konstante bildet, errechnen.

Lau- fende Nr.	Verwendet für Kon- struktions- Nr.	Des Objektivs		Ver- größerung v	Austritts- pupille mm	Relative Helligkeit	Gesichts- feld σ
		Öffnung mm	Brennweite mm				
1	1	30	320	28.3	1.06	1.12	1.3
2	2	27	270	23.9	1.13	1.28	1.6
3	3.4	27	250	22.1	1.22	1.49	1.7
4	5	25	210	18.6	1.34	1.80	1.8
5	6.7	20	120	10.6	1.89	3.57	2.6

6. Ergebnis.

Die mitgeteilten Zahlentafeln lassen erkennen, welcher Theodolit bei Neuanschaffungen für allgemeine oder besondere Vermessungsarbeiten in Frage kommt. Sie ermöglichen es, im einzelnen Fall die bei einer Messung mit dem Gewicht 1 zu erwartende Genauigkeit oder bei vorgeschriebener Genauigkeit den erforderlichen Messungsaufwand im voraus mit einer für praktische Zwecke stets ausreichenden Genauigkeit zu bestimmen.

Sie zeigen weiter, daß Theodolite mit Nonien und Strichmikroskopen in der Regel als Repetitionstheodolite zu bauen, Skalennikroskoptheodolite dagegen zweckmäßig mit verdrehbarem Grundkreis auszustatten sind.

Freiberg i. S., 1922. November 9.

Benutzte eigene Veröffentlichungen.

- a) Untersuchung eines Repetitionstheodoliten. Zeitschr. f. Vermw. 36. (1907), S. 345—359.
- b) Über den Ablesefehler bei Nonientheodoliten. Zeitschr. f. Vermw. 37. (1908), S. 817—826.
Berichtigung dazu Zeitschr. f. Vermw. 39. (1910), S. 963—964.
- c) Über die Genauigkeit neuzeitlicher Nonientheodolite. Der Landmesser 1. (1913), S. 97—100, 109—112, 121—125, 136—140.
- d) Der 8 cm-Nonientheodolit von M. Hildebrand. Mitt. a. d. Markscheidew. 1914. S. 3—13, 62—69.
- e) Über die Genauigkeit von Nonientheodoliten mit 12 cm-Durchmesser des Grundkreises aus Reihenerzeugung. Zeitschr. f. Instrumentenkde. 40. (1910), S. 49—56.
- f) Über den Gebrauchswert eines 16 cm-Nonientheodolits. Allg. Verm. Nachr. 33. (1921), S. 45—49, 61—67.
- g) Die kleinsten Hildebrand-Nonientheodolite. Von der Schriftleitung der Allg. Verm. Nachr. zum Abdruck angenommen.
- h) Der Nutzwert kleiner Theodolite für die Winkelmessung. Von der Schriftleitung der Allg. Verm. Nachr. zum Abdruck angenommen.
- i) Nonientheodolite mit dezimaler Unterteilung des Grades. Von der Schriftleitung der Allg. Verm. Nachr. zum Abdruck angenommen.
- k) Ergebnisse der Prüfung einiger Nonientheodolite mit zentesimaler Teilung. Von der Schriftleitung der Zeitschrift für Feinmechanik zum Abdruck angenommen.
- l) Der Ablesefehler bei Nonientheodoliten mit zentesimaler Teilung. Von der Schriftleitung der Schweizerischen Zeitschrift für Vermessungswesen zum Abdruck angenommen.
- m) Die kleinsten, mit Strichmikroskopen ausgestatteten Hildebrand-Theodolite. Mitt. a. d. Markscheidew. 1921. S. 19—33.
- n) Versuche zur Feststellung der Größe und des Verlaufes des regelmäßigen Teiles des Schätzungsfehlers bei Strichmikroskopen. Allg. Verm. Nachr. 34. (1922), S. 551—560.
- o) Der unregelmäßige Schätzungsfehler bei Strichmikroskopen. Von der Schriftleitung der Zeitschr. f. Instrumentenkde. zum Abdruck angenommen.
- p) Der Ablesefehler bei Theodoliten mit Skalenmikroskopen. Zeitschr. f. Instrumentenkde. 42 (1922), S. 285—300.

Literaturbericht.

1. Bücherbesprechungen.

Zur Rezension gelangen nur Bücher, welche der Redaktion der Österr. Zeitschrift für Vermessungswesen zugesendet werden.

Bibliotheks-Nr. 643. Tafeln für Berechnungen in konformen, Gaußschen Meridianstreifen mit Benützung der Rechenmaschine ($\varphi = 30^{\circ} - 60^{\circ}$, $\Delta \lambda$ bis $2^{\circ}50'$) [dezimale Teilung des Nonagesimalgrades]. 1920. Herausgegeben vom Bundesvermessungsamt.

Diese Tabellen sind in neuer Teilung verfaßt und ihr Erscheinen auf die bei Besprechung des Werkes Bibliotheks-Nr. 641 erwähnten Vereinbarungen über die Vereinheitlichung des Vermessungswesens zurückzuführen. Die Tabellen sind für geographische Breiten von $30^{\circ} - 60^{\circ}$ gerechnet, also weit über die Grenzen von Mitteleuropa, bei einem Geltungsbereich von $2\frac{1}{2}$ Graden beiderseits des Bezugsmeridians. Es ist somit mit ihrer Hilfe möglich, eine Triangulierung, die sich über ein Gebiet von fünf Längengraden erstreckt, in einem System berechnen zu können.