

Paper-ID: VGI\_195310



## Über den Satzschluß

Hans Rohrer <sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Technische Hochschule in Wien*

Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen **41** (3), S. 65–71

1953

Bib<sub>T</sub>E<sub>X</sub>:

```
@ARTICLE{Rohrer_VGI_195310,  
Title = {\U}ber den Satzschlu{\ss},  
Author = {Rohrer, Hans},  
Journal = {\O}sterreichische Zeitschrift f{\u}r Vermessungswesen},  
Pages = {65--71},  
Number = {3},  
Year = {1953},  
Volume = {41}  
}
```



# ÖSTERREICHISCHE ZEITSCHRIFT FÜR VERMESSUNGSWESEN

Herausgegeben vom  
ÖSTERREICHISCHEN VEREIN FÜR VERMESSUNGSWESEN

Offizielles Organ

des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen (Gruppe Vermessungswesen),  
der Österreichischen Kommission für Internationale Erdmessung und  
der Österreichischen Gesellschaft für Photogrammetrie

REDAKTION:

Hofrat Prof. Dr. h. c. mult. E. D o l e ž a l,  
Präsident i. R. Dipl.-Ing. K. L e g o und o. ö. Professor Dipl.-Ing. Dr. H. R o h r e r

---

Nr. 3

Baden bei Wien, Ende Juni 1953

XLI. Jg.

---

## Über den Satzschluß

Von H. R o h r e r

In keinem der bekannten Handbücher der Vermessungskunde findet man bei der Besprechung der Satzbeobachtung die Messung eines Satzschlusses erwähnt. Nach J o r d a n<sup>1)</sup> soll man zwar nicht so viel Zielpunkte in einem Satz zusammennehmen, nicht mehr als 6 und auf höheren Türmen oder Gerüsten nicht mehr als 4, weil das Instrument unmöglich sehr lange unverrückt bleiben kann. Die naheliegende Folgerung, den Satzschluß zu messen, um eine allfällige Verrückung festzustellen, wird nicht gemacht. F. G. G a u ß schreibt im § 67 seines Werkes: „Die trigonometrischen und polytechnischen Rechnungen in der Feldmeßkunst“:

...„bei der satzweisen Richtungsbeobachtung wird zuletzt zur Probe wieder die Anfangsrichtung eingestellt, bei der Mittelbildung werden aber diese Ablesungen am Schlusse des Satzes weggelassen. Im Feldbuch werden diese Ablesungen deshalb auch eingeklammert und gar nicht ihr Mittel gebildet“.

Die V e r m e s s u n g s a n w e i s u n g IX vom Jahre 1881 enthält die gleichen Angaben. Nach den Ergänzungsbestimmungen I. Teil zu den Anweisungen VIII, IX und X vom Jahre 1931 kann die nochmalige Einstellung des ersten Zieles nach Beobachtung aller Ziele in einer Fernrohranlage unterbleiben.

In der österreichischen *Polygonal-Instruktion* war im § 11, 4 die Messung des Satzschlusses angeordnet. Die Mittel aus allen Richtungen, einschließlich des Satzschlusses, sind in den aufgenommenen Beispielen gebildet, aber bei der nachfolgenden Orientierung der Richtungen ist der Satzschluß nicht berücksichtigt worden.

---

<sup>1)</sup> J o r d a n, Handbuch der Vermessungskunde. II. Band, 10. Auflage 1950. S. 428.

In der österreichischen „Dienstvorschrift für die Neutriangulierung“, Feldarbeiten, v. J. 1929 wird die Messung des Satzschlusses ausdrücklich vorgeschrieben und für die einzelnen Ordnungen sind die Höchstzahlen der Richtungen in den einzelnen Sätzen, sowie auch die einzuhaltenden Fehlergrenzen für den Satzschluß enthalten. Nach der Mittelbildung aller Richtungen wurde der auftretende Unterschied zwischen Anfangs- und Endlesung des Satzes proportional auf die einzelnen gemessenen Zwischenrichtungen aufgeteilt.

Die 2. Auflage derselben Dienstvorschrift v. J. 1935 enthält auf S. 111 und 112 die abgeänderte Bestimmung:

„Eine Aufteilung des Satzschlusses ist unzulässig. Die für die Einstellrichtung erhaltenen Beobachtungsergebnisse sind, da eine Doppelbeobachtung vorliegt, zu mitteln.“

Dagegen wird der Satzschluß eingehender in dem Werk von Tardieu Laclavère, *Traité de Géodésie*, Tome I, Fascicule I, Paris 1951 behandelt. In dem Kapitel Torsion (S. 268) wird dort ausgeführt: <sup>2)</sup>

„Die Messung eines Winkels ist nur dann fehlerfrei, wenn der Instrumentenstand im Laufe der Messung vollkommen fest geblieben ist. Die Bewegungen des Standes sind verhältnismäßig wenig bedeutend, wenn dieser Stand ein gemauerter Pfeiler ist, der direkt auf dem Erdboden steht, oder auf einem festen Gebäude erbaut ist. Es ist aber etwas anderes, wenn man auf einem erhöhten Gerüst steht, das aus Holz, aus Metall oder aus Beton erbaut sein möge. Die ungleichmäßige Erwärmung der verschiedenen Konstruktionsteile, die Feuchtigkeit, die Sonnenbestrahlung und der Einfluß des Windes haben Bewegungen der Spitze des Bauwerkes zur Folge.“

„Ähnliche Erscheinungen bestehen übrigens auch für die hölzernen oder metallenen Füße des Stativs, auf welchem man im allgemeinen das Beobachtungsinstrument bei Arbeiten niederer Ordnungen aufstellt. Es genügt in diesem Falle, das Instrument und seinen Stand dem direkten Einfluß der Sonne und des Windes zu entziehen, indem man es unter eine behelfsmäßige Baracke oder unter den Schutz eines Schirmes bringt.“

„Die Bewegung des Instrumentenstandes kann als Ergebnis des Zusammenwirkens einer Verschiebung, einer Drehung um eine vertikale Achse und einer Neigung angesehen werden. Diesem letzteren Einfluß wird Rechnung getragen, wenn man die Korrektion der Inklination der Hauptachse anbringt. Der Einfluß der Verschiebung ist im allgemeinen zu vernachlässigen; auf hohen Signalen kann man das aber nicht.“

„Wenn die Messungsdauer kurz und die Drehung des Gerüsts gering ist, kann sie proportional der Beobachtungsdauer angenommen werden. Man kann sich von ihr frei machen, wenn man die Winkel hintereinander zweimal im entgegengesetzten Sinne mißt. Jede der Messungen ist mit den gleichen Fehlern der Drehung aber von entgegengesetztem Vorzeichen behaftet, welche sich deshalb im Mittel eliminieren.“

---

<sup>2)</sup> Übersetzung.

„Wenn die verwendete Methode nicht genügend rasche Messungen gestattet, um eine gute Elimination zu erhalten und besonders, wenn das betreffende Gerüst unregelmäßige und bedeutende Drehungen ausführt, ist es notwendig, die Drehung zu messen.“

Im folgenden Kapitel des Werkes wird ein Instrument zur Messung der Drehung mittels eines zweiten Fernrohres näher beschrieben, das im Institut Géographique National in Paris verwendet wird. Hierauf wird die Satzbeobachtung besprochen:

„Die Methode besteht darin, alle von der Station ausgehenden Richtungen nacheinander in einem bestimmten Sinn anzuvisieren und sie auf eine Ausgangsrichtung, sei es auf eines der Satzziele, sei es auf ein Hilfssignal, welches die möglichst günstigen Bedingungen für Beleuchtung und für Sichtbarkeit aufweist und welches besonders frei von Phasenfehlern ist, zu beziehen.“

„Man beginnt und beendet einen Satz durch eine Visur nach der Einstellrichtung und die beiden Lesungen nach dieser müssen nahezu bis auf den zulässigen Visurfehler, welcher von dem verwendeten Instrument abhängt, übereinstimmen.“

„Wenn der Satzschluß annehmbar ist, nimmt man als Lesung des Einstellzieles das Mittel der beiden Ablesungen zu Beginn und am Ende des Satzes.“

„Die Methode ist nur anwendbar auf einem Pfeiler, der vollkommen von einer Drehung frei ist oder wenn die Drehung gemessen wird. In gewissen Fällen, bei Beobachtungen geringerer Genauigkeit, welche auf einem mit Torsion behafteten Stand ausgeführt werden, kann man den Schlußfehler proportional jener Zeit verteilen, nach deren Ablauf jede Visur, vom Einstellziel angefangen, gemacht worden ist.“

Ein wichtiger Beitrag zur Frage des Satzschlusses findet sich auch im Tome 7, Fascicule II der Travaux de la Section de Géodésie de l'Union géodésique et géophysique internationale, Rapport sur les travaux de triangulation poursuivis dans les états de Syrie, du Liban et des Alaouites (Période de 1923 à 1930). Dort heißt es:

„Der Schlußfehler eines Horizontalsatzes setzt sich gewöhnlich aus den Fehlern der Beobachtung nach den Bezugsvisuren, dem Mitnehmen des Limbus während der aufeinanderfolgenden Richtungsmessungen, der Drehung der Alhydade usw. zusammen; er ist immer von geringer Bedeutung, wenn das Instrument auf einem gemauerten Pfeiler aufgestellt ist. Wenn aber das Instrument auf einem Stativ aufsteht, wächst dieser Fehler als Funktion der Dauer der Horizontalsätze, als Folge der Verdrehung der Stütze, entsprechend den Temperaturänderungen. Die Verdrehung, obgleich sie sich stoßweise vollzieht, hat einen beinahe regelmäßigen Verlauf, wie es aus den, diesem Bericht hinzugefügten Diagrammen über die Wild-Theodolite hervorgeht. Es ist also logisch, in diesem Fall den Schlußfehler proportional der Zeit oder, was auf dasselbe hinauskommt, proportional der Anzahl der beobachteten Richtungen zu verteilen.“

Es wird dann weiters ausgeführt, daß die Stativdrehung nicht nur eine Funktion der Temperaturänderungen sondern auch der Feuchtigkeit ist. Besonders die plötzlichen Änderungen der Temperatur und der Feuchtigkeit bei Sonnenaufgang, wo sich eine starke Änderung des atmosphärischen Gleichgewichtes vollzieht, bewirkt bedeutende Verdrehungen.

Schließlich werden in diesem Bericht noch spezielle Vorsichtsmaßnahmen angegeben um die Wirkungen der Stativdrehungen möglichst auszuschalten.

Diese sind:

1. „Die Holzfüße häufig genug lackieren, damit sie sich nicht, oder nur wenig den Wirkungen der Luftfeuchtigkeit unterwerfen.“

2. „Niemals ein Stativ während der Nacht, in deren Verlauf die Kondensation der Luftfeuchtigkeit eine Veränderung der Füße und deren plötzliche Änderungen der Drehung bei Sonnenaufgang erzeugen kann, auf einer Station belassen. Die Stative müssen während der Nacht in ihren Stoffüberzug gegeben und in das Innere des Zelttes oder in ein Lokal gebacht werden.“

3. „Niemals die Justierung des Instrumentes und die Beobachtungen unmittelbar, nachdem das Stativ aufgestellt worden ist, beginnen; man muß wenigstens 10 bis 15 Minuten warten, d. i. die nötige Zeit, daß der Dreifuß sich stabilisiert, oder anders ausgedrückt, daß seine Temperatur mit der Umgebung übereinstimmt.“

4. „In allen Fällen das Stativ durch ein dichtes Tuch schützen, das rundherum gespannt ist (damit kein Sonnenstrahl die Füße treffen kann).“

5. „Die Füße des Dreifußes gründlich in den Stahlhülsen ihres Kopfes und in denen der Spitze, mit dem speziellen 6-kantigen Schlüssel festklemmen.“

6. „Das Stativ nach seiner Aufstellung gründlich mit den 3 unter dem Metallteller des Dreifußes gelegenen Schrauben festschrauben (um eine unbedingte Starrheit zu gewährleisten).“

7. „Vermeiden, Beobachtungen im Moment des Sonnenaufganges anzustellen, während welcher Zeit die Wirkungen der Refraktion am stärksten und die Verdrehung der Signale und des Stativs sprunghaft ist. Warten, bis die Temperatur ihre normale Höhe angenommen hat und das Gleichgewicht der Atmosphäre wieder hergestellt ist.“

8. „Vermeiden, Beobachtungen während der größten Hitze anzustellen. Die Beobachtungen müssen dann aufhören, wenn die Luftschwankungen beginnen.“

Obwohl sich naturgemäß diese in Syrien gewonnenen Erfahrungen über Stativdrehungen nicht ohne weiters auf mitteleuropäische Verhältnisse anwenden lassen, zeigen sie doch den großen Einfluß solcher Drehungen auf den erhaltenen Satzschlußfehler.

Ich habe ebenfalls praktische Versuche über Stativdrehungen durchgeführt, die schon längere Zeit zurückliegen, bisher aber noch nicht ausgewertet wurden.

Die Untersuchungen sind mit einem Wild-Universal-Theodolit T 2 mit einem Stativ mit festen Beinen (Länge 148 cm), teilweise auch mit einem 2''-Mikroskoptheodolit von Starke (Fußlänge 122 cm) und mit einem 4''-Mikroskoptheodolit derselben Firma (Fußlänge 127 cm) ausgeführt worden. Die Instrumente und die Stative standen dabei im Schatten dicht belaubter Bäume und waren außerdem noch mit je einem Schirm vollständig beschattet. Die Untersuchungen erfolgten an mehreren Tagen in verschiedenen Jahren. Ein gut sichtbares, im Horizont gelegenes Ziel wurde anvisiert, der Horizontalkreis und die Lufttemperatur (Schleuderthermometer) abgelesen und hierauf in Intervallen von einer halben Stunde die Einstellung und Ablesung neu durchgeführt. Die Ergebnisse der Untersuchungen ersieht man aus den Diagrammen der Beilage.

Es zeigt sich schon aus den wenigen Beispielen deutlich der Zusammenhang zwischen Drehung und Temperaturänderung, u. zwar verfließt eine gewisse Zeit, bis sich der Einfluß der Temperaturänderung durchzusetzen vermag. Eine Rechtsdrehung ist dabei in den Diagrammen als positiv eingetragen worden.

Die auf dem Wild-Stativ mit dem Universal-Theodolit durchgeführten Untersuchungen zeigen durchschnittliche maximale Stativdrehungen von 7'0'' innerhalb einer halben Stunde.

T a b e l l e I  
Stativdrehungen (Maxima)

A. Wild Theodolit T 2 Nr. 2015

Tag der Beobachtung	Zeit von bis	Maximale Drehung
28. Juni 1933	14.00—14.30 Uhr	7''6
25. Juni 1933	13.30—14.00 Uhr	9''7
26. Juni 1936	15.00—15.30 Uhr	8''4
17. Juni 1937	18.00—18.30 Uhr	3''6
22. Juni 1937	9.30—10.00 Uhr	6''7
24. Juni 1937	12.15—12.45 Uhr	6''1

B. 4''-Starke Theodolit Nr. 1047

Tag der Beobachtung	Zeit von bis	Maximale Drehung
20. Juni 1933	15.00—15.30 Uhr	13''2
20. Juni 1933	16.00—16.30 Uhr	12''2

C. 2''-Starke Theodolit Nr. 968

Tag der Beobachtung	Zeit von bis	Maximale Drehung
25. Juni 1936	15.00—15.30 Uhr	6''9

Je nach den Sichtverhältnissen und nach der Geschicklichkeit des Beobachters wird aber eine Satzbeobachtung mit 8—13 Richtungen, welche Anzahl nach der österreichischen Dienstanweisung für die Triangulierung je nach der Ordnung der betreffenden Richtungen zulässig erscheint, bei den modernen Triangulierungsinstrumenten etwa eine viertel- bis einehalbstündige Beobachtungszeit erfordern. Bei Benützung eines Schraubenmikroskoptheodolits wird infolge der langwierigen Ablesung der beiden Mikroskopen mit 2 Fadenpaaren unter sonst gleichen Verhältnissen ein ungefähr doppelt so großer Zeitaufwand für die Beobachtung benötigt werden.

Nun vollzieht sich die Stativdrehung innerhalb der Beobachtungszeit nicht vollkommen gleichmäßig, sondern sprunghaft. Dies zeigen u. a. meine Untersuchungen am 20. Juni 1933 mit dem Starke 4''-Theodolit Nr. 1047, wo außer den halbstündigen Beobachtungen auch noch solche in den dazwischenliegenden Viertelstunden ausgeführt wurden. Dabei sind zwischen aufeinanderfolgenden Viertelstunden in der Verdrehung Unterschiede bis zu 9'' festgestellt worden <sup>3)</sup>. Es verläuft daher die Drehung in den beiden Kreislagen nicht gleichmäßig und die zweite im entgegengesetzten Sinn ausgeführte Messung wird selbst bei Annahme ganz gleicher Beobachtungszeiten den Einfluß der Stativdrehung nur zum Teil ausschalten. Der verbleibende Restfehler kann unter Umständen die Größe des zugelassenen Satzschlusses (1'' in II. Ordnung, 2'' in III. Ordnung und 3'' in IV. und V. Ordnung) erreichen. Da die Beobachtungszeiten der beiden Kreislagen in der Regel auch etwas verschieden sein werden, so ist daraus ein weiterer ungünstiger Einfluß auf den Satzschluß zu erwarten. Außerdem wird es selten gelingen, bei praktischen Messungen im Gelände so ideale Beschattungsverhältnisse des Instrumentes und des Stativs zu erreichen, als das bei den ausgeführten Untersuchungen der Fall war. Werden die äußeren Verhältnisse aber ungünstiger, so sind unter Umständen noch größere Verdrehungen zu gewärtigen. Auch ist es vorstellbar, daß bei Satzbeobachtungen die Auslösung der Stativdrehung dann leichter erfolgen wird, wenn der Sinn der Messung mit dem Sinn der Drehung übereinstimmt, während im Gegenfall die Auslösung der Drehung eine Verzögerung erfahren wird.

Aus den vorgebrachten Gründen erscheint es nicht richtig, die zwei Lesungen der Einstellrichtung am Beginn und am Ende des Satzes zu mitteln, da die zweite Beobachtung neben den zufälligen Fehlern mit einem regelmäßigen Fehler behaftet ist, der einen größeren Betrag erreichen kann, als die erstgenannten Fehler. Die Mittelung der beiden Lesungen der Einstellrichtung ist auch deshalb nicht angezeigt, weil dadurch der Zusammenhang mit den benachbarten Richtungen mehr oder minder stark verändert wird. Größere Berechtigung hat m. E. in jenen Fällen, wo Richtungsbeobachtungen auf dem Stativ oder auf Hochstandspfeilern ausgeführt wurden, die Methode, den Satzschlußfehler auf alle im Satz gemessenen Richtungen gleichmäßig aufzuteilen.

Da mir gerade eine Neutriangulierung III. und IV. Ordnung (T 27) des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen aus einem anderen Anlaß zur Ver-

---

<sup>3)</sup> Im Diagramm nicht eingetragen.

fügung gestanden ist, habe ich die gemessenen Halbsätze einzeln näher untersucht. Die Beobachtungen sind mit einem Wild-Präzisions-Theodolit T 3 (Neugradteilung) von einem flinken Beobachter durchgeführt worden. Insgesamt wurden mit diesem Instrument 150 Sätze mit 4 bis 13 Richtungen gemessen. Ich habe die Satzschlußfehler der Halbsätze bestimmt und bei 28 Halbsätzen solche von  $10^{\text{e}}$  ( $3''2$  a. T.) und darüber, im Maximum  $51^{\text{e}}$  ( $16''5$  a. T.) festgestellt. Abweichungen von dieser Größe lassen sich nicht mehr durch Zusammenwirken der zufälligen Einstell- und Ablesefehler erklären, sondern nur durch Verdrehung der Unterlage. Man kann den Messungen auch entnehmen, daß die Drehung bei der Beobachtung in der zweiten Kreislage im selben Sinn ziemlich gleichmäßig fortgeschritten ist, so daß die Mittelwerte der Anfangs- und Endlesung aus beiden Kreislagen maximal um einen noch zulässigen Unterschied von  $10^{\text{e}}$  differieren. Das Ergebnis dieser Untersuchung ist ein weiterer Beweis für die Richtigkeit der Methode, den Satzschlußfehler auf alle Richtungen im Netze gleichmäßig aufzuteilen..

Auf Hochstandspfeilern ist der Betrag der Verdrehung naturgemäß noch viel größer, wie auf Stativen. Eine Satzbeobachtung ist in diesem Fall nur dann möglich, wenn sehr wenige Richtungen in dem Satz zusammengefaßt werden.

In der Regel wird man hier wegen der kürzeren Beobachtungszeit auf Winkelbeobachtungen übergangen. Über die Größe der Drehung von Beobachtungspfeilern liegen einige Angaben vor. Nach G i g a s <sup>4)</sup> beträgt die Drehung der Holzsignale im Maximum etwa  $0''2$  in der Zeitminute. B e c k <sup>5)</sup> gibt für 4 Hochstände im Badisch-Württembergischen Hauptdreiecksnetz  $0''29$ ,  $0''16$ ,  $0''16$  und  $0''07$  als Drehgeschwindigkeit während einer Zeitminute an. Meine Untersuchungen in dieser Richtung haben an dem vierseitigen Hochstand Hochschachen <sup>6)</sup> eine durchschnittliche Drehung von  $0''1$  bei einem maximalen Wert von  $0''2$  ergeben und auf dem dreiseitigen Hochstand Manhartsberg habe ich während mehrerer Tage den besonders hohen Durchschnittswert von  $0''4$  in der Zeitminute beobachtet. Bei derart großen Drehgeschwindigkeiten muß schon bei Winkelmessungen im Netz höherer Ordnung auf eine sehr gleichmäßige Dauer der Messung in den einzelnen Kreislagen gesehen werden, wenn gute Ergebnisse erzielt werden sollen. In solchen Fällen wäre es wünschenswert, den Wert der Verdrehung während der Messung festzustellen, um ihn berücksichtigen zu können. Ein hierzu geeignetes Instrument hat, wie schon früher erwähnt, das Institut Géographique National in Paris in Verwendung. Es gestattet mit Hilfe eines zweiten, mit Okularmikrometer versehenen Fernrohres die Verdrehung zu messen. Für Satzbeobachtungen in Netzen niederer Ordnung kommt aber ein derartiges Gerät kaum in Frage.

---

<sup>4)</sup> E. G i g a s, Aus der Praxis der Triangulierungsarbeiten I. Ordnung beim Reichsamt für Landesaufnahme. Z. f. V. 1936.

<sup>5)</sup> W. B e c k, Das Gruppenverfahren bei der Winkelmessung I. Ordnung 1952.

<sup>6)</sup> H. R o h r e r, Untersuchungen der Pfeilerdrehung von Hochständen, Manuskript.