

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

**Herausgeber:** Schweizerischer Verein für Vermessungswesen und Kulturtechnik = Société suisse de la mensuration et du génie rural

**Band:** 57 (1959)

**Heft:** 8

**Artikel:** Die Polygonierungsmethode Roche d'Or

**Autor:** Szczepanski, W.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-215248>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 19.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Die Polygonierungsmethode Roche d'Or

Von Dozent Dr. W. Szczepanski, dipl. Ing.,  
Technikum Winterthur

Auf Anregung von Herrn Prof. Dr.-Ing. E. h. F. Kobold habe ich meine Untersuchungen über die Auswertung von verknoteten Polygonzügen, die mit Zwangszentrierung gemessen worden sind, erweitert und versucht, auch die übrigen Auswirkungen der Zentrierstative auf die Polygonierung möglichst weitgehend zu erfassen.

Die Veränderungen, die diese neuartigen Stative hervorgerufen haben, finden ihren Niederschlag in der nachfolgend geschilderten Polygonierungsmethode «Roche d'Or».

Der Vorzug der Kern-Zentrierstative beruht zunächst auf wirtschaftlichen Überlegungen. Der in Kugelkalotten gelagerte Stativteller ist fest mit einem ausziehbaren Lotstab verbunden, der eine Dosenlibelle trägt, die es ermöglicht, durch Veränderung der Stativbeinlängen den Lotstab, der mit seiner ausgezogenen Spitze auf dem Bodenpunkt steht, vertikal zu stellen, wodurch der Stativteller gleichzeitig zentriert und horizontiert wird. Dadurch entsteht ein erheblicher Zeitgewinn, der noch erhöht wird, wenn man eine Ausrüstung mit drei Stativen benützt. Dann kann man nämlich die bei optischer Distanzmessung jeweils anzuzielende Horizontallatte im Wechsel auf den gleichen Stativen aufstellen wie den Theodolit und durch zweckmäßige Organisation der Tätigkeit zweier Meßgehilfen einen noch schnelleren Arbeitsfortschritt erreichen. Dabei transportieren die Meßgehilfen die Latten und Stative und stellen sie auch auf, während der Beobachter von Polygonpunkt zu Polygonpunkt den Theodolit ohne Stativ trägt und ihn jeweils auf das bereitstehende Stativ aufsetzt, dessen Stativteller schon horizontiert ist, so daß er nur noch die Feineinstellung nach den Instrumentenlibellen vorzunehmen braucht.

Die sich bei diesem Arbeitsverfahren ergebende Zeiteinsparung ist der ausschlaggebendste Gesichtspunkt für die Anschaffung einer solchen Einrichtung.

Wenn die Zentrierstativausrüstung auch zunächst nur wegen ihrer wirtschaftlichen Vorteile in der Arbeitszeiteinsparung gewählt wird, so darf man doch nicht vergessen, daß sie außerdem noch erhebliche technische Vorteile hinsichtlich der Genauigkeit bietet. Diese beruhen auf der Zwangszentrierung, die hierbei zur Anwendung kommt. Zielmarke und Latte kommen mit Zehntelmillimeter-Genauigkeit auf die Stelle, an der der Theodolit vorher stand beziehungsweise nachher stehen wird, was eine Genauigkeitssteigerung bei der Winkelmessung bewirkt.

Die Erfahrung bei der Messung von Polygonzügen hat gezeigt, daß Fehler bei der Winkelmessung fast ausschließlich von unregelmäßigem, also zufälligem Charakter sind. Der weitaus größte Anteil am Betrage dieses Fehlers rührt von den Ungenauigkeiten her, die bei der Aufstellung entstehen. Wenn das erste Ziel (beziehungsweise die erste Latte) mit

seinem Stativ, dann der Theodolit mit seinem Stativ und schließlich das dritte Stativ mit dem rückwärtigen Ziel (beziehungsweise der rückwärtigen Latte) über dem gleichen Punkte dreimal voneinander unabhängig aufgestellt werden, so entstehen zufällige Fehler von unregelmäßigem Charakter, die sich auf die gemessenen Brechungswinkel auswirken und vermittle der Fehlerfortpflanzung den ganzen Zug beeinflussen. Im Falle der Benutzung von Zentrierstativen oder anderen Zwangszentrierungseinrichtungen erfolgt die Aufstellung des Stativs über dem jeweiligen Polygonpunkt nicht genauer als bei gewöhnlichen Stativen. Da aber der Theodolit und die beiden Zielpunkte mit Zehntelmillimeter-Genauigkeit an die gleiche Stelle kommen, wirkt sich ein allfälliger Zentrierungsfehler bei der Aufstellung des Stativs nur auf die Koordinaten des jeweils betroffenen Polygonpunktes aus, ohne die Koordinaten der übrigen Punkte des gleichen Zuges zu beeinflussen. Die Winkel zwischen den Stativpunkten werden nämlich mit der vollen Genauigkeit des Theodolits gemessen, ohne daß die Aufstellungsfehler dessen hohe Genauigkeit unwirksam machen können. Dadurch wird die so gefährliche Fehlerfortpflanzung des Aufstellfehlers vermieden. Das wiederum bewirkt, daß die hohe Genauigkeit unserer modernen Theodolite voll zur Auswirkung gelangen kann.

Voraussetzung dabei ist natürlich, daß jeder einzelne Polygonzug in der Reihenfolge in einem durchgemessen wird, in der er gerechnet wird, ohne jede Unterbrechung und ohne jedes Stückeln, sonst gehen die Vorteile der Zwangszentrierung teilweise verloren.

Die Wirkungsweise der Zwangszentrierung kann man sich auch wie folgt klarmachen:

Durch mechanischen Zwang wird erreicht, daß ein Punkt sowohl als Vorblickzielpunkt als auch als Rückblickzielpunkt und darüber hinaus auch noch als Instrumentenstandpunkt sich mit Zehntelmillimeter-Genauigkeit an der selben Stelle befindet. Man mißt nun eben von Stativaufstellpunkt zu Stativaufstellpunkt und rechnet dann auch über diese Stativaufstellpunkte, wobei wegen des mechanischen Zwanges die Differenzen zwischen den drei Aufstellungen eines Punktes in der Größenordnung von Zehntelmillimetern gehalten werden können. Die Aufstell-differenzen wirken sich damit nicht auf den gemessenen Winkel aus und können daher auch keine Fehlerfortpflanzung hervorrufen. Gerade die Fortpflanzung der Winkelfehler im Polygonzuge, die die Azimute mit größerer Entfernung vom Ausgangspunkt immer unsicherer macht und wegen des immer länger werdenden Wirkungshebels immer größere Koordinatenfehler bewirkt, verursacht das lawinenartige Anwachsen der Abschlußfehler längerer Polygonzüge.

Diese Verbesserung der Genauigkeit der Winkelmessung beeinflusst aber auch das Gleichgewicht zwischen den Winkelmeßfehlern und den Streckenmeßfehlern, welches Voraussetzung für die üblichen Verfahren der Abschlußfehlerverteilung ist.

Wie Dr.-Ing. Eero Salonen aus Helsinki in der Zeitschrift «Maanmittaus» 1949, S. 18–24, und in der «Schweizerischen Zeitschrift für Ver-

messung und Kulturtechnik» 1950, S. 111–117, gezeigt hat, beträgt bei einem beiderseits koordinaten- und richtungsmäßig angeschlossenen Polygonzuge der mittlere Lagefehler  $M$  eines Punktes in der Mitte des Zuges (beziehungsweise dessen Quadrat) unter den dort angegebenen Bedingungen:

$$M = \pm \sqrt{nm_s^2 + \frac{n(n+1)(n+2)}{12} \cdot s^2 m_w^2} : \sqrt{2}$$

oder umgeformt mit  $n = \frac{k}{2}$

$$M^2 = \frac{k}{4} m_s^2 + \frac{k(k+2)(k+4)}{192} s^2 m_w^2$$

Darin bedeuten:

- $n$  = Anzahl der Polygonseiten vom Zugmittelpunkt bis zum Zuganfang oder Zugende,
- $k$  = Anzahl der Polygonseiten vom Zuganfang bis zum Zugende,
- $s$  = Polygonseitenlänge,
- $m_s$  = mittlerer Fehler der Polygonseitenlängen,
- $m_w$  = mittlerer Fehler der Polygonwinkel.

Der durch diese Salonen-Formel angegebene Lagefehler ist der Fehler an den Lagekoordinaten, nachdem Winkelabschlußfehler und Koordinatenabschlußfehler in der üblichen Weise verteilt und so Widerspruchsfreiheit und Eindeutigkeit hergestellt worden sind.

Wie Salonen ferner gezeigt hat, wirken sich bei Polygonseiten von 100 m Länge, deren mittlerer unregelmäßiger Fehler  $\pm 1,0$  cm beträgt, und bei gestreckten Polygonwinkeln, deren mittlerer Fehler  $\pm 30''$  beträgt, die Einflüsse der Streckenmeßfehler und die Einflüsse der Winkelmeßfehler ungefähr gleich stark aus, wenn die Gesamtzahl der Polygonseiten eines Zuges, wie es häufig vorkommt, zehn bis vierzehn beträgt. Dabei hat er den mittleren zu befürchtenden Lagefehler der Polygonpunkte betrachtet, der nach der üblichen Durchrechnung des Zuges und nach der üblichen Verteilung der Abschlußfehler verbleibt.

Handelt es sich um eine geringere Seitenzahl, so überwiegt der Einfluß der Längenmeßfehler, während bei größerer Seitenzahl der Fehler einfluß der Winkelmessung überwiegt.

Ein mittlerer Polygonwinkelfehler von  $\pm 0,3'' = \pm 30''$  entspricht einer Ablesegenauigkeit von Minute zu Minute, wenn das System der Zwangszentrierung zur Anwendung kommt, so daß keine Fehlereinflüsse aus der Ungenauigkeit der Ziel- und Instrumentenaufstellung sich auf den Polygonwinkel auswirken können.

Diesen Zusammenhang kann man leicht erkennen, wenn man annimmt, daß für die Anzahl der Zehntelminuten alle Ziffern gleich wahrscheinlich sind. Mittelt man nämlich die bei Rundung auf ganze Minuten

auftreffenden Fehlerquadrate für die Fehler von  $-4$  bis  $+5$  Zehntelminuten oder von  $-5$  bis  $+4$  Zehntelminuten, so ergibt sich als mittleres Fehlerquadrat der Wert 8,5, woraus sich der mittlere Fehler zu  $\pm \sqrt{8,5} \approx \pm 3$  Zehntelminuten ergibt. Allgemein kann man also sagen, daß der mittlere Ablesefehler etwa das 0,3fache des Ableseintervalles beträgt.

In der schweizerischen Geometerpraxis wird oft eine Ablesegenauigkeit von Halbminute zu Halbminute angewandt. Ihr entspricht bei Messung mit Zentrierstativen ein mittlerer Polygonwinkelfehler von  $\pm 0,15^{\circ} = \pm 15^{\text{cc}}$ . Wenn man nun fordert, daß die Polygonseitenfehler keinen größeren Einfluß auf den Lagefehler der berechneten Polygonpunkte in der Mitte des Zuges haben sollen als die Winkelfehler, so müßte man fordern, daß die Polygonseiten einen mittleren unregelmäßigen Fehler  $\pm 0,5$  cm haben dürfen, was einer Ableseeinheit von 1,7 cm zu 1,7 cm entsprechen würde, falls die Einstellgenauigkeit so hoch ist, daß sie keinen Einfluß auf die Streckenmessung ausübt. Wenn auch zum Beispiel der DKRT mit einer Ableseeinrichtung von cm zu cm versehen ist, auf der man theoretisch sogar mm schätzen kann, so muß man doch betonen, daß je nach den Witterungs- und Beleuchtungsverhältnissen die Einstellgenauigkeit nicht immer ausreicht, um auf 100 m Entfernung einen mittleren unregelmäßigen Einstell- und Ablesefehler von zusammen höchstens  $\pm 0,5$  cm zu garantieren, der einer Ableseeinheit von 1,7 cm zu 1,7 cm entspräche.

Die wirklichen Streckenfehler auf 100 m sind erfahrungsgemäß meist größer, wie die Koordinatenabschlußfehler der Polygonzüge erkennen lassen.

Wenn man mit der gleichen Instrumentenausrüstung kurz hintereinander mehrere gestreckte Polygonzüge mißt, so merkt man bei aufmerksamer Beobachtung, daß sie vor der Verteilung der Koordinatenabschlußfehler alle zu lang oder alle zu kurz ausfallen und daß außerdem alle um ungefähr den gleichen Prozentsatz ihrer Länge von der Soll-Länge abweichen.

Der über den obigen Einstell- und Ablesefehler hinausgehende Anteil am Streckenfehler ist also systematischer Natur und beruht bei optischer Distanzmessung hauptsächlich auf dem Restfehler der Justierung beziehungsweise auf Veränderungen des Justierungszustandes des Instrumentes.

Ein systematischer Fehler ist jedoch nicht den Fehlergesetzen des mittleren unregelmäßigen oder zufälligen Fehlers unterworfen. Er muß bei der Fehlerverteilung getrennt behandelt werden. Der systematische Fehler wird normalerweise dadurch eliminiert, daß man ihn seiner Größe nach bestimmt und dann die sich ergebende Korrektur an den gemessenen Polygonseiten anbringt. Zur Bestimmung des Prozentsatzes der systematischen Seitenkorrektur verwendet man am zweckmäßigsten einige gestreckte Polygonzüge. Der Längsfehler wird vor der Korrektur im allgemeinen den Querfehler erheblich übertreffen. Den systematischen Fehler erhält man aus der Bedingung, daß der Längsfehler jedes einzelnen

Zuges «null» werden sollte. Die Ergebnisse aus den «Test»-Zügen mittelt man, wobei man zweckmäßigerweise so rundet, daß sich für 100 m eine ganze Zahl von Zentimetern als Korrektur ergibt. Wenn die auf ganze cm pro 100 m gerundete Korrektur auf die «Test»-Polygonzüge angewandt wird, sollte sie restliche Längsfehler ergeben, die teils positiv, teils negativ sind und in ihrer Größenordnung nicht wesentlich von den Querfehlern abweichen.

Bei größeren Polygonierungsarbeiten ist jeder gemessene und gerechnete Zug als eine Kontrolle des systematischen Fehlers zu betrachten. Sobald sich, besonders bei vorwiegend gestreckten Zügen, nach Anbringung der Streckenkorrekturen noch systematische Einflüsse auf dem Koordinatenabschlußfehler erkennen lassen, sind sie durch Änderung des Korrekturbetrages zu eliminieren.

Der (proportionale) Korrekturbetrag, der ja nur einige cm auf 100 m beträgt, kann sehr leicht mit Hilfe des Rechenschiebers bestimmt werden.

Der dann noch verbleibende Rest der Streckenfehler dürfte zufälligen (unvermeidlichen) Charakters sein und seinem Betrage nach einen Einfluß von etwa gleicher Größenordnung auf die Koordinaten der Polygonpunkte ausüben wie die Winkelfehler.

Das übliche Verfahren für die Verteilung des Koordinatenabschlußfehlers besteht bekanntlich darin, seinen Abszissenanteil auf die berechneten Abszissendifferenzen der aufeinanderfolgenden Punkte proportional zu den dazwischenliegenden Polygonseiten zu verteilen und seinen Ordinatenanteil auf die berechneten Ordinatendifferenzen der aufeinanderfolgenden Punkte ebenfalls proportional zu den dazwischenliegenden Polygonseiten zu verteilen. Das bedeutet, daß ein Koordinatenunterschied, der außerordentlich klein ist (zum Beispiel 1 cm), eine Korrektur erhalten kann, die mehr als 100 % seiner eigenen Größe ausmacht, besonders dann, wenn die zugehörige Polygonseite sehr lang ist.

Dieses übliche Verfahren beruht auf zwei Voraussetzungen:

1. Die Winkel- und die Streckenmeßfehler sind von gleichem Charakter (also beide zufällige unregelmäßige Fehler).
2. Die Winkel- und die Streckenmeßfehler haben etwa gleich große Auswirkungen auf die Fehler der Koordinaten.

Diese Voraussetzungen sind aber bei der Messung von Polygonzügen mit Zwangszentrierung und optischer Distanzmessung nicht ohne weiteres erfüllt. Deshalb muß zunächst der systematische Anteil des Streckenmeßfehlers, der erfahrungsgemäß weit größer als der zufällige Anteil des Streckenmeßfehlers ist, durch eine lineare Korrektur beseitigt werden. Die so korrigierten Seiten werden für die Polygonzugberechnung verwendet und die dann noch auftretenden Restfehler in üblicher Weise verteilt, da sie die oben genannten Bedingungen 1. und 2. erfüllen.

So behandelte Züge weisen ständig auffallend geringe Abschlußfehler auf, die weit unter den Toleranzen liegen und nicht als Zufälle erklärt werden können.

Viel bedeutungsvoller als die Senkung der Abschlußfehler durch die Vorkorrektur des systematischen Streckenfehlers und durch die Vermeidung der Fehlerfortpflanzung bei der Winkelmessung mittels Zentrierstativen und optischer Distanzmessung ist die Auswirkung dieser instrumentellen Errungenschaft auf die Anlage und Projektierung von Polygonzügen und Polygonzugnetzen.

Die «klassischen» Regeln über die Anlage von Polygonzügen sind durch die Schaffung der Zentrierstative, die Präzision der heutigen Theodolite und die Einführung der optischen Distanzmessung weitgehend überholt. Es ist nicht mehr notwendig, darauf zu achten, daß alle Polygonseiten möglichst gleich lang sind, und insbesondere nicht mehr notwendig, zu verhüten, daß sehr lange und sehr kurze Seiten eines Zuges direkt aneinanderstoßen. Auch die Bedingung, daß alle Polygonwinkel nahezu zwei rechte Winkel betragen sollen, muß bei Anwendung dieser neuen Einrichtung nicht mehr erfüllt werden. Die mittleren Fehler der Winkelmessung sind nämlich bei der Benutzung von Zentrierstativen außerordentlich gering.

Da die modernen instrumentellen Ausrüstungen uns von vielen Fesseln in der Anlage von Polygonzügen befreien, können wir die Züge nun so anlegen, daß sie für die nachfolgende Detailaufnahme, möge sie mit Meßtisch, mit Polarkoordinaten oder mit Orthogonalkoordinaten erfolgen, möglichst günstige Ausgangspunkte liefern. Man scheue sich nicht, bei Meßtisch- und Polarkoordinatenaufnahmen in flächenfüllendem Sinne geeignete Aufnahmestandpunkte aneinanderzureihen und bei Orthogonalaufnahmen die Züge möglichst nahe, bequem und günstig an die einzelnen Details heranzuführen, auch dann, wenn der entstehende Roche-d'Or-Polygonzug alle möglichen ornamentalen Gestalten annimmt und keineswegs mehr der für frühere Instrumentenausrüstungen ohne Zwangszentrierung tatsächlich notwendigen «klassischen» Form eines Polygonzuges entspricht.

In diesem Zusammenhang sei noch erwähnt, daß auch das «Durchschlagen» des Fernrohres bei der heutigen Präzision unserer Theodolite nicht mehr eine absolute Notwendigkeit darstellt wie früher. Wenn man zum Beispiel bei einem Kern- oder Wild-Theodolit, der eine Teilung von Neuminute zu Neuminute aufweist und an dem man Ablesungen von 10 zu 10 Neusekunden vornehmen könnte, von Halbminute zu Halbminute abliest, wie es in der Geometerpraxis häufig vorkommt und meist vollkommen ausreicht, so kann man außer im Falle besonders steiler Sichten ohne weiteres auf die Beobachtung in zweiter Fernrohrlage verzichten. Gänzlich unzweckmäßig ist es hingegen, wenn bei Messung in nur einer Fernrohrlage versucht wird, als erste Ablesung die Zahl  $0^{\circ}00'00''$  zu erzwingen. Man kann damit zwar einen kleinen unbedeutenden Rechengang an der Maschine im Büro ersparen, muß aber einen unverhältnismäßig hohen Zeitaufwand an viel teureren Außendienststunden treiben, wenn die Einstellung auf  $0^{\circ}00'00''$  mit der gleichen Genauigkeit erreicht werden soll, mit der die andere Richtung abgelesen wird. Die praktische Auswirkung des Auf-«Null»-Stellens ist meist eine

unbemerkte Ungenauigkeit beim «Nullstellen», so daß die Genauigkeit der Winkelmessung hier erheblich leidet, was man an den größeren Abschlußfehlern sehr leicht feststellen kann.

Ferner ist zu sagen, daß die Antriebsschrauben zur Kreisverstellung bei unseren Theodoliten nur dafür bestimmt sind, Drehungen um zirka  $\frac{1}{4}$  oder zirka  $\frac{1}{2}$  der vollen Umdrehung vorzunehmen, wie das bei satzweiser Winkelmessung zum Beispiel für Kleintriangulationen erforderlich ist, oder um Ablesungen in der Nähe einer gewünschten Zahl (zum Beispiel 0g) zu erzielen. Um die Ablesung 0g00'00'' innert nützlicher Frist bei der Polygonzugmessung mit der erforderlichen Genauigkeit einzustellen, wäre ein zusätzlicher Feintrieb erforderlich, der das Instrument unnötig komplizieren würde, ohne eine ins Gewicht fallende Zeiteinsparung damit erzielen zu können, da die Differenzen der Ablesungen sehr leicht und schnell im Büro an der Maschine zu bilden sind.

Die Freiheit in der Anlage und Gestaltung der Züge bei der Polygonierungsmethode Roche d'Or gestattet es, die Züge ganz auf die nachfolgende Detailaufnahme abzustimmen, überzählige für die Detailaufnahme nicht erforderliche Punkte weitgehend zu vermeiden und so eine erhebliche Ersparnis an überflüssiger Arbeit zu erzielen. Darüberhinaus erspart die größere Meßgeschwindigkeit sehr viel weitere kostbare Außendienstzeit.

Die aus wirtschaftlichen Gründen notwendige Verwendung der Zentrierstative, die nicht nur ein schnelleres Messen beliebiger Polygonzüge, sondern auch eine weit günstigere Anlage der Züge und damit eine Einsparung in der Anzahl der erforderlichen Polygonpunkte gewährleistet, wirkt sich auch auf die Verknotung von Polygonzügen aus.

Wegen der höheren Meßgenauigkeit bei Verwendung von Zentrierstativen ist zunächst zu sagen, daß die Notwendigkeit einer Verknotung von Zügen zum Zwecke der Genauigkeitssteigerung bei der Polygonierungsmethode Roche d'Or seltener eintritt als bisher.

Da für offenes Gelände mehr und mehr die Photogrammetrie zur Anwendung kommt, muß bei der Anwendung der Polygonometrie in erster Linie auf Waldgebiete abgestellt werden.

Die Verwendung eines Hilfszieles im Knotenpunkt ist im Walde kaum möglich, weil es an langen Sichten nach gut definierten Punkten fehlt. Außerdem müßte die Anlage des Polygonnetzes bei Beibehaltung des Fernzieles im Knotenpunkt von vornherein auf die Verknotung abgestellt werden, während sich die Möglichkeit einer bequemen Verstärkung des Polygonnetzes durch Verknotung oft erst später im Laufe der weiteren polygonometrischen Punktverdichtung ergibt. Es ist grundsätzlich besser, statt des dann meist gewählten Anhängens von Nebenzügen, eine Verknotung durchzuführen, weil die «Nebenzüge», die in die Hauptzüge eingehängt werden, in Wirklichkeit gleiche Genauigkeit haben wie die Hauptzüge, deren Ergebnisse ihnen willkürlich als Zwangsbedingungen auferlegt werden.

Die übliche Art der Verknotung von Polygonzügen, die nicht mit Zwangszentrierungseinrichtungen gemessen worden sind, beruht auf der

Voraussetzung, daß im Knotenpunkt die Winkel zwischen allen dorthin laufenden Teilzügen mit *gleicher* Genauigkeit gemessen worden sind. Denn nur damit ist die Herleitung des gemeinsamen Azimutes der dem Knotenpunkt nächstgelegenen Polygonseite des Teilzuges mit der größten Brechpunktzahl aus allen Teilzügen unter Anwendung des gewogenen Mittels gerechtfertigt.

Werden jedoch Polygonzüge verknotet, die mit Zwangszentrierungseinrichtungen gemessen worden sind, so ist die obengenannte Voraussetzung nur dann erfüllbar, wenn man über mindestens zwei Zentrierstative mehr verfügt, als sich Teilzüge in dem Polygonpunkt schneiden. Schon für den einfachen Fall, daß sich zwei Züge in einem Punkte schneiden, erhält man vier Teilzüge und würde somit sechs Stative benötigen.

Tatsächlich enthält eine Zwangszentrierungseinrichtung aber nur drei Stative, so daß die Frage auftritt, wie das Problem der Polygonzugverknotung bei normaler Zwangszentrierungseinrichtung zu lösen sei.

Die Winkel im Knotenpunkt zwischen allen dorthin laufenden Teilzügen mit gleicher Genauigkeit zu messen, ist in diesem Falle nicht möglich, da man die Vorteile der Zwangszentrierung auch im Knotenpunkt immer nur auf jeweils zwei Richtungen anwenden kann.

Da bei der Messung mit Zwangszentrierung die Fehler der Polygonwinkelmessung, in der Regel sehr klein sind, können die ermittelten Azimute als praktisch fehlerfrei betrachtet werden. Daraus ergibt sich, daß die Messung der Winkel im Knotenpunkt nur jeweils zwischen den zwei Richtungen sinnvoll ist, für die auch die Zwangszentrierung angewandt wird, da man die übrigen Winkel doch nicht zur Genauigkeitssteigerung mit heranziehen kann, weil ihr mittlerer Meßfehler ganz beträchtlich größer ist.

Die Abstimmung und Ausgleichung der Azimute der Polygonseiten bei verknoteten Zügen, die mit Zwangszentrierung gemessen wurden, darf also immer nur innerhalb der durchlaufend gemessenen Züge erfolgen. Die Bestimmung eines gemeinsamen Azimutes aus allen Teilzügen muß bei Messung mit Zwangszentrierung entfallen. Demgemäß hat die Verknotung der Züge so zu erfolgen, daß man zunächst alle Züge, die über den Knotenpunkt führen, voneinander unabhängig durchrechnet, ohne dabei Winkel aus verschiedenen Zügen aufeinander abzustimmen. Die sich dann ergebenden Koordinaten des Knotenpunktes aus den verschiedenen Zügen müssen gemittelt werden unter Anwendung von Gewichten. Als geeignetes Gewicht für die zu mittelnden Koordinatenwerte aus den einzelnen Zügen empfehle ich den Wert

$$g = \frac{1}{d_a} + \frac{1}{d_e},$$

wobei  $d_a$  die Summe der Seitenlängen vom Anfangspunkt des Zuges bis zum Knotenpunkt und  $d_e$  die Summe der Seitenlängen vom Knotenpunkt bis zum Endpunkt des jeweiligen Zuges bedeutet. Diese Empfehlung berücksichtigt in einfachster Weise die Tatsache, daß der mittlere

Lagefehler (Koordinatenfehler) von den beiden Enden des Zuges her zur Mitte hin symmetrisch zunimmt, wobei der nähergelegene Anschlußpunkt das größere Gewicht ausübt. Diese Gewichtsannahme wäre sogar bei einseitigem Anschluß des Polygonzuges noch verwendbar, indem einer der Summanden gleich null wird. Die lineare Fehlerzunahme proportional zur Streckenlänge entspricht auch der allgemein üblichen Verteilung der Koordinatenabschlußfehler proportional zur Polygonseitenlänge auf die Koordinatenunterschiede zweier aufeinander folgender Punkte. Sie gibt ferner die offensichtliche Tatsache wieder, daß der Fehler in der Nähe der Festpunkte am kleinsten und in der Mitte des Zuges am größten ist.

Sind die Koordinaten des Knotenpunktes unter Anwendung obiger Gewichte gemittelt worden, so wird eine erneute Restfehlerverteilung notwendig. Sie stellt die Beträge dar, um die die Koordinaten auf Grund der Verknotung noch verbessert werden.

Dabei werden alle berechneten Koordinatenwerte der Polygonpunkte so auf die gemittelten Koordinaten des Knotenpunktes abgestimmt, als ob dieser selbst ein gegebener Festpunkt oder ein trigonometrisches Signal wäre. Diese restliche Korrektur erfolgt wieder proportional zur Länge der Polygonseiten  $s$  auf die  $\Delta x$ - und  $\Delta y$ -Werte.

In der praktischen Durchführung ist dieses für die Verknotung von Polygonzügen, die mit Zwangszentrierung gemessen wurden, entwickelte Berechnungsverfahren einfacher zu handhaben als die für Polygonzugverknotungen ohne Zwangszentrierung übliche Methode.

Der Hauptvorteil des bei der Polygonierungsmethode Roche d'Or angewandten Berechnungsverfahrens für die Verknotung von Polygonzügen liegt aber darin, daß die Züge zunächst genau so behandelt werden, als wenn sie nicht verknotet wären, und dann durch eine kleine zusätzliche Mittelbildung und restliche Fehlerverteilung verknotet werden können. Das bedeutet für die serienmäßige Durchführung solcher Berechnungen einen gewaltigen Vorteil, da man für die Hauptrechenlast das gleiche Personal einsetzen kann, das die anderen Polygonzüge auch rechnet und mit der nachfolgenden eigentlichen Verknotung, die meist höher qualifizierte Kräfte erfordert, diese teureren Kräfte nur wenig beanspruchen muß, da die gesamte eigentliche Verknotungsrechnung mit dem Rechenschieber sehr schnell und mit absolut ausreichender Genauigkeit durchgeführt werden kann.

Die Kern-Zentrierstative bedingen auch ein anderes Vorgehen bei der Höhenmessung.

Der Lotstab des Zentrierstativs ist so beziffert, daß man (falls gewünscht auf mm genau) die Höhe der Kippachse über dem Bodenpunkt ablesen kann. Mittelstrich der Latte und Instrumentenkippachse werden durch die Zwangszentriereinrichtung ebenfalls höhenmäßig auf 0,1 mm genau an den gleichen Ort gebracht. Man kann also das Abmessen der Kippachsenhöhe mit dem Zentimetermaß und vor allem das lästige Zurufen der an der Latte einzustellenden Höhen gänzlich vermeiden. Man notiert nur an jeder Station die dort vorhandene Instrumentenhöhe über Grund, die man am Lotstab abliest.

Bei der Höhenrechnung geht man so vor, daß man zur Höhe des Anfangspunktes die dortige Instrumentenhöhe addiert und so den dortigen Instrumentenhorizont erhält. Dann rechnet man von Instrumentenhorizont zu Instrumentenhorizont (also von Kippachse zu Kippachse) mit der Formel

$$\Delta h = s \cdot \operatorname{tg} \alpha,$$

wobei man aus dem Instrumentenhorizont des letzten Punktes durch Subtraktion seiner Instrumentenhöhe die Bodenpunkthöhe für den letzten Punkt erhalten sollte. Nach Verteilung des Widerspruchs erhält man die ausgeglichenen Instrumentenhorizonte, von denen man durch Subtraktion der jeweiligen Instrumentenhöhe auf die Höhen der Bodenpunkte schließen kann. Das macht im Rechenformular eine Spalte mehr erforderlich, hat aber den Vorteil einer Einsparung an Feldarbeit und schließt Hör- und Verständigungsfehler beim Zurufen der Lattenhöhe aus. Auch Einstellfehler des Meßgehilfen, die der Beobachter am Theodolit nicht bemerken und kontrollieren kann, können nicht auftreten, weil die gesamte Zentrierstativausrüstung so angewendet werden kann, daß der Beobachter einen allfälligen Fehler der Meßgehilfen selbst bemerkt. Jedenfalls kann das Ergebnis einer Zugmessung nicht mehr durch

### Polygonmessungen

| Station<br>(J. H.) | Ziel | Distanz<br>(cm) | Mittel | Höhen-<br>winkel<br>g | Mittel<br>der<br>Steigung | Seitenwinkel<br>g      g |          | Bemerkungen                           |
|--------------------|------|-----------------|--------|-----------------------|---------------------------|--------------------------|----------|---------------------------------------|
| △ 54               | △ 37 | —               |        |                       |                           | 120 17 5                 | 0 00 0   | Distanzkorrektur:<br>— 7 cm pro 100 m |
| (1,52)             | 114  | 144,30          |        | 95 80                 |                           | 313 19                   | 193 01 5 |                                       |
| 114                | △ 54 | 144,28          | 144,19 | 104 16                | — 4 18                    | 221 31 5                 |          |                                       |
| (1,61)             | 108  | 147,02          |        | 93 36                 |                           | 94 91 5                  | 273 60   |                                       |
| 108                | 114  | 147,04          | 146,93 | 106 59                | — 6 62                    | 383 61                   |          |                                       |
| (1,37)             | 115  | 137,51          |        | 103 85                |                           | 95 97                    | 112 36   |                                       |
| 115                | 108  | 137,51          | 137,41 | 96 11                 | + 3 87                    | 17 98                    |          |                                       |
| (1,47)             | 116  | 18,22           |        | 107 00                |                           | 246 76 5                 | 228 78 5 |                                       |
| 116                | 115  | 18,23           | 18,21  | 92 96                 | + 7 02                    | 99 99 5                  |          |                                       |
| (1,52)             | 117  | 61,20           |        | 100 91                |                           | 200 00 5                 | 100 01   |                                       |
| 117                | 116  | 61,21           | 61,16  | 99 05                 | + 0 93                    | 47 22 5                  |          |                                       |
| (1,56)             | 118  | 122,21          |        | 103 82                |                           | 225 98 5                 | 178 76   |                                       |
| 118                | 117  | 122,22          | 122,13 | 96 12                 | + 3 85                    | 229 61                   |          |                                       |
| (1,37)             | 119  | 78,88           |        | 103 31                |                           | 112 53                   | 282 92   |                                       |
| 119                | 118  | 78,87           | 78,83  | 96 65                 | + 3 33                    | 62 17 5                  |          |                                       |
| (1,59)             | △ 73 | 150,14          |        | 100 05                |                           | 287 12                   | 224 94 5 |                                       |
| △ 73               | 119  | 150,17          | 150,05 | 99 91                 | + 0 07                    | 301 08                   | 0 00 0   |                                       |
| (1,41)             | △ 88 |                 |        |                       |                           | 273 11 5                 | 372 03 5 |                                       |

Einflüsse gefährdet werden, die der Kontrolle des Beobachters entzogen sind. Damit trägt auch der Beobachter allein die Verantwortung für die Richtigkeit der Messung.

Die Tabelle auf Seite 288 zeigt ein für die Polygonierungsmethode Roche d'Or geeignetes Formular für die Außenaufnahmen im Gelände. Der Raum zwischen zwei dicken horizontalen Strichen dient für die Notierung aller Angaben, die sich auf den jeweiligen Standpunkt beziehen. Die um eine halbe Zeilenhöhe versetzten Zeilen, die in der Unterbrechung der dicken horizontalen Striche liegen, enthalten die Ergebnisse, die sich nach der Mittelbildung für die zwischen den Standpunkten liegenden Strecken ergeben, nämlich Länge und Steigung der Strecke. Die systematische Distanzkorrektur, die aus gestreckten Polygonzügen ermittelt werden kann, wurde im vorliegenden Beispiel zu  $-7$  cm pro 100 m angenommen. Die korrigierten Streckenlängen wurden in das gleiche Formular eingetragen. Die im Polygonzugformular verwendeten Seitenlängen  $d$  sind also bereits wegen des systematischen Fehlers korrigiert. Die in schwarz eingetragene Rechnung im Polygonzugformular entspricht der üblichen Berechnungsweise auch hinsichtlich der Fehlerverteilung.

### *Zusammenfassung*

Die Schaffung der Zentrierstative hat eine Umstellung und damit eine Loslösung von alten «klassischen» Polygonierungsweisen erforderlich gemacht:

1. Die absolute Freiheit in der Form und Anlage der Züge gestattet es, die Polygonpunkte besonders zweckmäßig für die nachfolgenden Arbeiten zu placieren und überflüssige Punkte ganz zu vermeiden.

2. Die Ergebnisse der optischen Distanzmessung werden mit einer Korrektur für systematische Fehlereinflüsse versehen, die für kürzere Meßzeiträume als konstant betrachtet werden kann und sich auch über längere Zeiträume im allgemeinen nur ganz allmählich und geringfügig ändert. Dadurch wird erreicht, daß sämtliche Abschlußfehler sehr weit unter den zulässigen Toleranzen bleiben.

3. Die instrumentellen Veränderungen und ihre Auswirkungen auf die Anlage von Polygonzügen machen eine andere Berechnung und Ausgleichung der Polygonzugverknötungen erforderlich. Es wird gezeigt, daß man verknötete Züge zunächst so messen und durchrechnen kann, als ob sie unverknötet wären, was für die wirtschaftliche Seite der Arbeitsorganisation bei größeren Aufträgen einen erheblichen Vorteil durch serienmäßiges Arbeiten ergibt. Die nachfolgende eigentliche Verknötungsrechnung kann von einer höher qualifizierten Kraft mit dem Rechenschieber in kürzester Zeit erledigt werden.

4. Bei der Höhenmessung längs eines Polygonzuges tritt im Felde eine Erleichterung ein, weil eine Verständigung über die einzustellende Lattenhöhe entfällt. Der gesamte Meßvorgang läuft ohne besondere Kommandos lautlos und reibungslos ab, wie am Fließband. Sowohl für die Lagemessung als auch für die Höhenmessung wird bei der Polygonie-

rungsmethode Roche d'Or der Aufwand an wertvoller und kostbarer Außendienstzeit ganz erheblich reduziert.

5. Der gesamte Meßvorgang (für Lage- und Höhenmessung) ist bei der Polygonierungsmethode Roche d'Or so organisiert, daß der Beobachter am Theodolit jede Einstellung der Meßgehilfen fortlaufend kontrolliert, so daß das Meßergebnis nicht mehr von Einflüssen abhängig ist, die sich der Kontrolle durch den Beobachter entziehen.

## **Appartements à vendre**

ASPAN. Alors que, pendant bien des années, on a estimé inopportun l'achat d'un appartement, cette idée est en train de reprendre vie chez nous. Mais il ne s'agit pas là d'une mode éphémère. Au contraire, elle semble correspondre à un besoin authentique né des nouvelles conditions sociales et économiques qui régissent notre existence. Si en France on achète un appartement parce que c'est le seul moyen de trouver un toit, la location n'étant généralement plus qu'un souvenir ou un mythe, des pays qui n'ont pas été victimes de la crise du logement, l'Amérique, l'Australie, ont vu naître, eux aussi, la propriété par étages. Il s'agit donc là d'un phénomène général.

Aujourd'hui, à moins d'avoir plusieurs comptes en banque et une fortune considérable, il est impossible de se faire construire un immeuble locatif. Cette opération est devenue l'apanage des sociétés d'assurance, des caisses de retraite, des groupes financiers et des spéculateurs qui ne bâtissent pas pour satisfaire les désirs des locataires, mais en fonction des bénéfices qu'ils pourront retirer de leur propriété.

Si vous tenez à vivre chez vous, dans vos murs, il ne vous reste plus qu'à acheter une cabane dans la forêt voisine, à moins qu'un héritage aussi inopiné que rondet vous mette entre les mains de quoi vous payer une villa à votre goût. Mais cette solution elle-même, si elle vous échoit, ne comporte pas que des avantages pour vous et vos concitoyens.

Vous ne pourrez vivre en effet que dans la banlieue ce qui vous fera perdre temps et argent tous les jours pour vous rendre sur le lieu de votre travail. Le ravitaillement de votre famille sera, lui aussi, plus difficile et plus coûteux. Votre femme aura plus de peine à entretenir votre maison qu'un appartement. Et puis, il vous faudra la soigner votre maison, si vous ne voulez pas qu'elle tombe en ruine quand vous la léguerez à vos enfants ou quand vous voudrez la revendre. Les charges et l'entretien d'une maison familiale sont proportionnellement plus élevés que ceux d'un grand immeuble. Ainsi, si à la place d'une maison vous possédez un appartement, vos dépenses seront inférieures à 25 ou 30 %. Enfin, la multiplication des maisons individuelles qui crée de vastes quartiers dits résidentiels à la périphérie des villes, nécessite l'organisation des transports en commun, déficitaires naturellement, car la densité de la population est faible. Il faut également organiser la voirie, installer des con-