

(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Patent
aufrechterhalten nach
§ 12 Abs. 3 ErstrG

(12) **PATENTSCHRIFT**
(11) **DD 277 747 B5**

(51) Int. Cl.⁵: G01C 1/00
G01C 3/00
G01C 5/00

DEUTSCHES PATENTAMT

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Aufrechterhaltung kann Einspruch eingelegt werden

(21) Aktenzeichen:	(22) Anmeldetag:	(44) Veröff.-tag der DD-Patentschrift:	(45) Veröff.-tag der Aufrechterhaltung:
DD G 01 C / 322 693 4	06. 12. 88	11. 04. 90	14. 04. 94

(30) Unionspriorität:

(72) Erfinder: Hüther, Gerhard, Dipl.-Ing., 07749 Jena, DE

(73) Patentinhaber: Carl Zeiss Jena GmbH, Tatzendpromenade 1 a, 07745 Jena, DE

(54) Verfahren zur Eliminierung des Einflusses der Erdkrümmung beim Präzisionsnivellement

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 3 711 448 A 1 DD 45 281

Deumlich, Fritz: Instrumentenkunde der Vermessungstechnik, VEB Verlag für Bauwesen, Berlin 1988, 8. Aufl., S. 182 und S. 185–186

Werkmeister, Paul: Lexikon der Vermessungskunde, Herbert Wichmann-Verlag, Berlin-Grunewald 1943, S. 431

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Eliminierung des Einflusses der Erdkrümmung beim Präzisionsnivellement, für mindestens eine Entfernung, vorzugsweise für ein Kompensatornivellier, mit dem durch Messung in zwei Kompensatorlagen eine Ziellinienstabilisierung mit quasiabsolutem Horizont realisiert wird und die Neigungsänderung der Ziellinie mit optisch-mechanischen Mitteln erfolgt, **gekennzeichnet dadurch**, daß der Einfluß der Erdkrümmung Δl_E durch eine definierte Neigungsänderung der Ziellinie η_0 kontinuierlich oder für mindestens eine Entfernung s_0 nach der Beziehung

$$\eta_0 = - \frac{s_0}{2R} \rho$$

kompensiert oder eine diesem Neigungswinkel η_0 entsprechende Korrektur der

Mikrometerablesung nach der Beziehung $\Delta m = \frac{s_0 \eta_0}{\rho}$ im Kompensatornivellier durchgeführt wird,

wobei R der Erdradius und

$$\rho = \frac{180^\circ}{\pi}$$

ist.

2. Verfahren zur Eliminierung des Einflusses der Erdkrümmung nach Anspruch 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß insbesondere eine Abgleichentfernung $s_0 = 50\text{ m}$ mit $\eta_0 = -0,8''$ vorgesehen ist.

Hierzu 1 Seite Zeichnungen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Eliminierung des Einflusses der Erdkrümmung beim Präzisionsnivellement für mindestens eine Entfernung vorzugsweise für ein Kompensatornivellier, bei dem durch Messung in zwei Kompensatoranlagen eine Ziellinie mit quasiabsolutem Horizont realisiert wird.

Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Es ist bekannt, daß beim Präzisionsnivellement der auf einem Instrumentenstandpunkt gemessene Höhenunterschiede durch Instrumentenfehler (insbesondere Ziellinienfehler) und äußere Fehlereinflüsse (Erdkrümmung, Refraktion) verfälscht wird, wenn mit ungleichen Zielweiten für Rück- und Vorblick (s_R und s_V) auf einem Instrumentenstandpunkt gemessen wird. Zur Eliminierung der genannten Fehlereinflüsse hat sich deshalb für das Präzisionsnivellement das sogenannte „Verfahren aus der Mitte“ als zweckmäßiges und genaues Verfahren herausgebildet, das besagt, daß die Zielweiten für Rück- und Vorblick eines Instrumentenstandpunktes auf dm-Genauigkeit entfernungsgleich einzuhalten sind, um die genannten Fehlerquellen meßmethodisch zu eliminieren. Das geschieht im allgemeinen durch die sogenannte „Stationierung“, bei der ein Ausmessen der Zielweiten s_R und s_V vor oder auch während der Messung erfolgt. Diese Maßnahme ist zeit- und kostenaufwendig und beeinflusst den gesamten Meßprozeß in der Effektivität nachteilig und kann sich negativ auf die Meßgenauigkeit auswirken. Bei Präzisionskompensatornivellieren mit quasiabsolutem Horizont besteht diese Forderung zur Einhaltung gleicher Zielweiten s_R und s_V nicht mehr, da der Ziellinienfehler η (Abweichung der Ziellinie gegenüber dem Horizont), bedingt durch das Konstruktionsprinzip klein, allgemein $-1'' \leq \eta \leq +1''$ ist. Die Fehlerauswirkung eines Ziellinienfehlers η auf eine Visur ist $\Delta l_\eta = s_R \cdot \eta$ bzw. $\Delta l_\eta = s_V \cdot \eta$ und auf einen gemessenen Höhenunterschied $\Delta h_\eta = (s_R - s_V) \cdot \eta$. Da Δh_η linear abhängig ist von den Faktoren $\Delta s = s_R - s_V$ und η und praktische Werte Δl_η größere Zielwertendifferenzen Δs zulassen, können diese in der Praxis mehrere Meter (5 ... 10 m) betragen. Auf eine Stationierung kann deshalb in der Praxis verzichtet werden. Zielweitendifferenzen von mehreren Metern haben dann allerdings zur Folge, daß der Einfluß der Erdkrümmung einen Fehlereinfluß Δl_E hervorruft, der den eines Ziellinienfehlers Δl_η übersteigen und nicht ohne weiteres vernachlässigt werden kann. Weiterhin ist auch zu berücksichtigen, daß der Einfluß der Erdkrümmung Δl_E nicht linear, sondern quadratisch mit der Entfernung wächst, für eine Visur (Rück- und Vorblick) ist er

$$\Delta l_E = \frac{s_R^2}{2R} \text{ oder } \frac{s_V^2}{2R}$$

und damit für einen Höhenunterschied auf einem Instrumentenstandpunkt

$$\Delta h_E = \frac{1}{2R} (s_R^2 - s_V^2),$$

wobei R der Erdradius ist. Es ist zwar in der Praxis möglich, die Einflußgröße Δl_E und Δh_E nach erfolgter Messung auf einem Instrumentenstandpunkt nachträglich zu berechnen und als Korrekturwert am Meßergebnis anzubringen, aber dazu müßten die Entfernungen s_R und s_V wieder gemessen werden, was die Wirtschaftlichkeit und Genauigkeit des Meßverfahrens beeinflusst. Außerdem stehen die fehlerfreien Höhenunterschiede dann auch nicht unmittelbar während der Messungen für bestimmte Höhenangaben zur Verfügung. Um diese Nachteile zu beseitigen, ist es bekannt, bei Präzisionskompensatornivellierern mit quasiabsolutem Horizont und internem Mikrorechner durch Wahl eines entsprechenden Meßprogrammes den Einfluß der Erdkrümmung mit zu erfassen; der gemessene Höhenunterschied wird dann automatisch korrigiert.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist ein technisch-ökonomisch einfaches Verfahren mit optisch-mechanischen Mitteln zur Eliminierung des Einflusses der Erdkrümmung beim Präzisionsnivellament für mindestens eine Entfernung.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Eliminierung des Einflusses der Erdkrümmung für mindestens eine Entfernung vorzugsweise für ein Präzisionskompensatornivellier mit einer Ziellinienstabilisierung nach dem Prinzip des quasiabsoluten Horizonts so zu gestalten, daß jede Höhenvisur (Rück- und Vorblick) unmittelbar während einer Messung ohne Anwendung eines Mikrorechners oder rechnerischer Hilfsmittel korrigiert wird. Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe bei einem Verfahren zur Eliminierung des Einflusses der Erdkrümmung für mindestens eine Entfernung mittels eines Kompensatornivelliers, das durch Messung in zwei Kompensatorlagen eine Ziellinienstabilisierung mit quasiabsolutem Horizont realisiert, dadurch gelöst, daß der Einfluß der Erdkrümmung Δl_E durch eine definierte Neigungsänderung der Ziellinie η_0 für mindestens eine Entfernung s_0 nach der Beziehung $\eta_0 = -\frac{s_0}{2R} \cdot \rho$ kompensiert oder eine diesem Neigungswinkel η_0

entsprechende Korrektur der Mikrometerablesung nach der Beziehung $\Delta m = \frac{s_0 \eta_0}{\rho}$ im Kompensatornivellier durchgeführt wird, wobei R der Erdradius und

$$\rho = \frac{180^\circ}{\pi}$$

ist. Da beim Präzisionsnivellament im allgemeinen Zielweiten (s_R, s_V) unter 100m verwendet werden, ist es gerätetechnisch vorteilhaft, den Ziellinienfehler η_0 des Kompensatornivelliers auf eine Entfernung s_0 abzustimmen, insbesondere für $s_0 = 50m$ und $\eta_0 = -0,8''$.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung wird nachstehend anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. In Fig. 1 und 2 ist der Einfluß eines Ziellinienfehlers $\Delta \eta$ und der Erdkrümmung Δl_E bei einer Zielweite s_R, s_V auf eine Lattenablesung in einem Zielpunkt dargestellt, mit

$$\Delta \eta = s \cdot \eta \text{ für den Ziellinienfehler und}$$

$$\Delta l_E = \frac{s^2}{2R} \text{ für die Erdkrümmung.}$$

Aus Fig. 1 ist ersichtlich, daß bei gleichen Zielweiten $s_R = s_V$ (Rück- und Vorblick) sowohl der Einfluß des Ziellinienfehlers $\Delta \eta$ als auch der Fehler der Erdkrümmung Δl_E gleich groß ist und auf den gemessenen Höhenunterschied keinen Einfluß hat. Bei ungleichen Zielweiten s_R und s_V ist ersichtlich, daß der Einfluß des Ziellinienfehlers $\Delta \eta$ und der Fehler der Erdkrümmung Δl_E einen Fehler auf den gemessenen Höhenunterschied hervorrufen. Und zwar

$$\Delta h_\eta = (s_R - s_V) \cdot \eta$$

$$\Delta h_E = \frac{1}{2R} (s_R^2 - s_V^2).$$

Fig. 2 zeigt erfindungsgemäß, daß der Fehler der Erdkrümmung Δl_E durch einen im Betrag gleichen Fehler $\Delta \eta$ der Ziellinie mit entgegengesetztem Vorzeichen kompensierbar ist mit $\Delta \eta = -\Delta l_E$ und damit gilt für die Ziellinie

$$\eta_0 = \frac{s_0}{2R} = \rho \text{ mit } \rho = \frac{180^\circ}{\pi}, \text{ d. h.}$$

für jede Entfernung s_0 gibt es eine Ziellinienneigung η_0 , die den Einfluß der Erdkrümmung Δl_e kompensiert. Gerätetechnisch kann die Ziellinie beispielsweise direkt mittels eines vor dem Fernrohrobjektiv eines Kompensatornivelliers angeordneten Keiles geändert oder die Mikrometerablesung im Kompensatornivellier um den entsprechenden Betrag korrigiert werden. Die Änderungen des Winkels η_0 kann auch kontinuierlich erfolgen, indem z. B. der Keil oder die Mikrometerkorrektur mittels eines Getriebes mit der Entfernungseinstellung gekoppelt ist. Da bei Präzisionsnivelllements aus Gründen der Genauigkeit, Sichtweite und äußeren Fehlereinflüsse im allgemeinen in dem Zielweitenbereich ($< 100 \text{ m}$) und vorzugsweise bei Zielweiten von etwa 40 m gearbeitet wird, ist es zulässig, den Ziellinienfehler η_0 auf eine bestimmte Abgleichentfernung s_0 einzustellen, beispielsweise $s_0 = 50 \text{ m}$. Für den übrigen Entfernungsbereich treten dann Restfehler auf, die innerhalb der Meßgenauigkeit liegen und zu vernachlässigen sind.

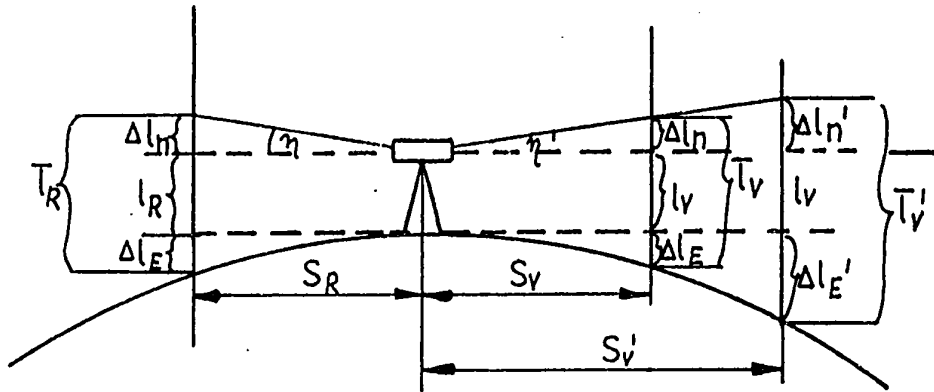


Fig. 1

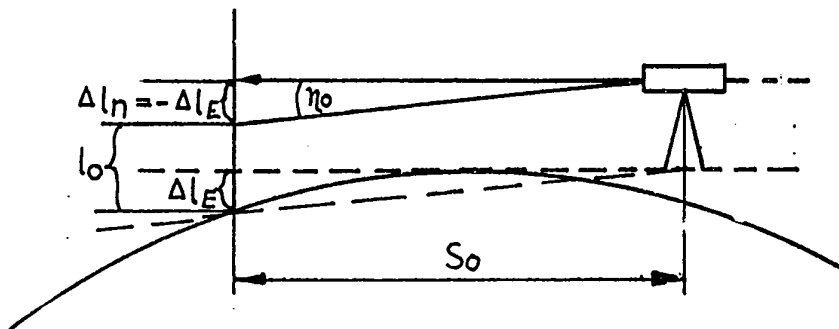


Fig. 2