

Stellungnahme zu den Anmerkungen

von Hubert Schmidt und Peter Sparla in der AVN 11-12/2004 (S. 405) zu unserer Veröffentlichung „Ein verallgemeinertes Feldverfahren zur Überprüfung von Nivelliergeräten“ in der AVN 3/2004

FRANK NEITZEL und SVETOZAR PETROVIC

Für die Berechnung der Restneigung aus der Überprüfung eines Nivelliergerätes im Feldverfahren und die Varianzuntersuchung des Zielachsfehlers werden die von SCHMIDT/SPARLA vorgeschlagenen „Vereinfachungen“ kritisch hinterfragt. Des weiteren werden unterschiedliche Auffassungen über die Meßanordnung diskutiert.

1 Einleitung

(SCHMIDT und SPARLA 2004) beginnen ihre Anmerkungen mit einer ausführlichen Klärung des Begriffs „Fehler“. Wir stimmen zu, daß der von uns in (NEITZEL und PETROVIC 2004) verwendete (traditionelle) Begriff des „mittleren Fehlers“ gemäß (DIN 18709-4, Nr. 2.3.6) durch den Begriff „Standardabweichung“ zu ersetzen ist.

Nicht zustimmen können wir der Anmerkung von SCHMIDT/SPARLA, daß der Begriff „Zielachsfehler“ durch „Zielachsabweichung“ bzw. „Zielachsneigung“ zu ersetzen sei. Die Begründung unserer Auffassung können wir direkt (SCHMIDT und SPARLA 2004) entnehmen, denn dort wird ausgeführt, daß der „[...] Begriff ‚Fehler‘ im Ingenieurbereich nur im Sinne von ‚Irrtum‘ oder (beim Qualitätsmanagement) im Sinne von ‚Nichterfüllung‘ einer Anforderung definiert ist [...]“. Weicht die Zielachse eines Nivelliers vom geforderten horizontalen Verlauf ab, so ist dies geradezu ein klassisches Beispiel von „Nichterfüllung einer Anforderung“, so daß die Verwendung von Begriffen wie z.B. Zielachsfehler gerechtfertigt ist. Ein Blick in die DIN 18709-1, Nr. 9.4.2.27 und Nr. 9.4.2.31 bestätigt unsere Auffassung, denn dort werden im Zusammenhang mit der Richtungs- und Winkelmessung mit dem Theodolit die Begriffe „Zielachsenfehler“ und „Kippachsenfehler“ aufgeführt. In den weiteren Ausführungen werden wir die Abweichung der Zielachse von der Horizontalen mit dem bereits in (NEITZEL und PETROVIC 2004) durchgängig verwendeten Begriff „Restneigung“ bezeichnen.

2 Justierbedingungen

Den Vorschlag in (SCHMIDT und SPARLA 2004), die Justierbedingung eines Nivelliers mit „Alle Ziellinien sollen (bei einer Instrumentenaufstellung) ein und derselben Horizontalebene angehören“ allgemeiner zu formulieren, halten wir für mißlungen und können diesem Vorschlag nicht zustimmen. Eine Justierbedingung kann sich nur auf etwas beziehen, was justiert werden kann, d.h. auf eine Eigenschaft des Instrumentes. Ein Kompensatornivellier kann beispielsweise so justiert werden (zumindest theoretisch, eine hundertprozentige Justierung ist in der Praxis nie möglich), daß jede Ziellinie einer Horizontalebene angehört. Um die gleiche Horizontalebene kann es sich nur dann handeln, wenn das Instrument zusätzlich perfekt lotrecht aufgestellt wird (sonst kann ein Höhenversatz auftreten). Die Lage des Instrumentes im Schwerfeld ist aber keine Eigenschaft des Instrumentes selbst und hat mit der Justierung gar nichts zu tun. Der Vorschlag von SCHMIDT/SPARLA kann als eine Gesamtanforderung sowohl an ein Nivelliergerät als auch an dessen Handhabung (Aufstellung) verwendet werden, jedoch nicht als Justierbedingung.

3 Formelherleitung und Varianzuntersuchungen

In Bezug auf die Formelherleitung zur Berechnung der Restneigung und die Varianzuntersuchungen werden von SCHMIDT/SPARLA Näherungslösungen vorgeschlagen, die mit dem Begriff „Vereinfachungen“ bezeichnet werden. Hierzu sei angemerkt, daß man unter einer „Vereinfachung“ von Gleichungen oder Gleichungssystemen in der Regel eine Äquivalenzumformung oder das Ausnutzen bestimmter Eigenschaften versteht, um mit möglichst wenig Rechenschritten zu einer strengen Lösung zu gelangen. So verwendet z.B. (ZURMÜHL 1964, S. 66) den Begriff „Vereinfachung“ bei der Auflösung linearer Gleichungssysteme mit symmetrischer Koeffizientenmatrix unter Anwendung des Verfahrens von Cholesky: „Für den in den Anwendungen oft auftretenden Fall symmetrischer Koeffizientenmatrix $\mathbf{A} = \mathbf{A}^T$, $a_{ik} = a_{ki}$ erfährt die Rechnung eine wesentliche Vereinfachung, wobei die Anzahl der benötigten Operationen auf rund die Hälfte zurückgeht.“ Um

Mißverständnissen vorzubeugen, sollten Näherungen nicht als „Vereinfachungen“ bezeichnet werden, zudem stellt sich z.B. bei Näherungen, die eingeführt werden, um die Anwendung einer Rechenoperation zu sparen (z.B. Anwendung einer trigonometrischen Funktion) die Frage, ob dieses Vorgehen seit der Einführung des Taschenrechners noch sinnvoll ist.

3.1 Die Näherung $\tan \alpha \approx \alpha$

Zunächst schlagen SCHMIDT/SPARLA vor, bei der Berechnung der Restneigung α die Näherung $\tan(\alpha) \approx \alpha$ zu verwenden. Dies führt unseres Erachtens zu folgendem „Erfolg“:

- Die Berechnung „vereinfacht“ sich um einen Rechenschritt (Anwendung einer trigonometrischen Funktion), was im Zeitalter von PC und Taschenrechner unwesentlich ist.
- Die in (SCHMIDT und SPARLA 2004, Gl. 4) angegebene Formel zur Berechnung der Restneigung ist keine „vereinfachte“ Formel sondern nur noch eine Näherungsformel, auch wenn (wie SCHMIDT/SPARLA richtig anmerken) die Abweichungen zur strengen Lösung vernachlässigt werden können.
- Ein unerfahrener Anwender müßte sich strenggenommen bei jeder Anwendung der Näherungsformel Gedanken machen, ob sich das Ergebnis im Bereich „kleiner Winkel“ bewegt.
- Die Formel ist ohne Kenntnis der verwendeten Näherung nicht mehr nachvollziehbar.
- Die Formel ist nicht mehr interpretierbar und kann zu realitätsfernen Schlußfolgerungen führen. Ein schönes Beispiel dafür findet man auf S. 207 des ansonsten exzellenten Buches (DEUMLICH und STAIGER 2002), wo sogar die Autoren selbst in die Falle geraten sind, die Näherungsformel für den Einfluß des Zielachsenfehlers (bei dem auch trigonometrische Funktionen durch Winkel ersetzt wurden) zu interpretieren, mit dem Ergebnis, daß dieser Einfluß Beträge zwischen 0 und ∞ mgon annehmen könne. Sogar anschaulich, ohne jegliche Formel, ist es klar, daß die obere Grenze nur 100 gon sein kann.

Wir raten daher von der Einführung der Winkel als Näherung für trigonometrische Funktionen im allgemeinen und konkret von $\tan(\alpha) \approx \alpha$ ab.

3.2 Die Vernachlässigung der Streckenmeßgenauigkeit

Danach widmen sich SCHMIDT/SPARLA der Vernachlässigung der Streckenmeßgenauigkeit bei der Berechnung der Standardabweichung der Restneigung σ_α , was wiederum als „Vereinfachung“ dargestellt wird. Die Ausführlichkeit der Darstellung verwundert etwas, da die gleichen Untersuchungen unter Verwendung der korrekten Begriffe „Näherung $t^2 \approx 0$ “ und „daß der Einfluß der Streckenmeßgenauigkeit vernachlässigt werden kann“ bereits in (NEITZEL und PETROVIC 2004, Abschnitt 3.3) durchgeführt wurden. Die von uns in Gl. 16 angegebene Formel

$$\sigma_\alpha \approx \sigma_0 \frac{\sqrt{(s_1^1)^2 + (s_1^2)^2 + (s_2^1)^2 + (s_2^2)^2}}{|\Delta s_2 - \Delta s_1|}$$

entspricht (bis auf das Relationszeichen!) der Gl. 9 in (SCHMIDT und SPARLA 2004).

Daß (SCHMIDT und SPARLA 2004) in ihren Gl. 10 und 11 einen festen Wert für σ_0 einführen und die Umrechnung in Sekunden in die Formel integrieren, kann für die praktische Anwendung nützlich sein, hat allerdings den Nachteil, daß man die Annahmen über Genauigkeit der Lattenablesungen nicht mehr erkennt und die Formel ihre Allgemeingültigkeit verliert. So kann man mit dieser Formel die Standardabweichung σ_α für die Beispiele in Tab. 1 und 5 aus (NEITZEL und PETROVIC 2004) berechnen, nicht aber für die Beispiele in Tab. 3 und 4.

Nachdem (SCHMIDT und SPARLA 2004, Gl. 11) eine „eigene“ Näherungsformel für die Berechnung von σ_α entwickelt haben, führen sie aus, daß man damit für die Werte in (NEITZEL und PETROVIC 2004, Tab. 1) übereinstimmende Ergebnisse erhält und zwar ohne die Berücksichtigung der von uns getroffenen Annahmen einer Restneigung von $\alpha = 5''$ und einer Standardabweichung der Streckenmessung von $\sigma_s = 3$ cm bei der Verwendung der strengen Formel (NEITZEL und PETROVIC 2004, Gl. 12). Natürlich erhält man auch unter Anwendung der Näherungsformel brauchbare Ergebnisse für σ_α . Die Tatsache, daß man die Streckenmeßgenauigkeit vernachlässigen kann, wurde ja in (NEITZEL und PETROVIC 2004, Tab. 2) gezeigt und auch daß man für kleine Winkel die Näherung $t^2 \approx 0$ einführen kann, wurde in Abschnitt 3.3 aufgeführt. Um Mißverständnisse zu vermeiden, hätten wir bei den Ausführungen zu Tab. 1 und Tab. 3 bis 5 darauf hinweisen sollen, daß man auch ohne die Annahme einer bestimmten Restneigung und unter Vernachlässigung der Streckenmeßgenauigkeit unter Anwendung unserer Näherungsformel in Gl. 16 hinreichend genaue Ergebnisse für die Standardabweichung der Restneigung σ_α erhalten kann.

Die Aussage, daß die Einflüsse der Restneigung selbst und die Standardabweichung der Zielweiten nicht vernachlässigbar sind, wird von uns an keiner Stelle getätigt! In Bezug auf die exakte Formel zur Berechnung der Standardabweichung σ_α (NEITZEL und PETROVIC 2004, Gl. 12) wird folgendes ausgeführt: „Aus diesem Ausdruck, der für alle Minimalkonfigurationen gilt, ist ersichtlich, daß die Standardabweichung der Restneigung α von den Standardabweichungen σ_{l_i} und σ_s , der Größe der Restneigung selbst und vor allem von der Differenz der Zielweiten *abhängig* ist.“ Daß gewisse Vernachlässigungen möglich sind, wird im Zuge der Herleitung der Näherungsformel (Gl. 16) ausführlich gezeigt. Im Gegensatz zu SCHMIDT/SPARLA sehen wir es aber nicht als sinnvoll an, Vernachlässigungen an den Anfang von Formelherleitungen zu stellen und es sollte schon gar nicht der Fall sein, daß eine strenge Lösung durch die Existenz brauchbarer Näherungslösungen in Frage gestellt wird.

3.3 Allgemeine Anmerkungen

Bei der Formelherleitung und den Varianzuntersuchungen haben wir den Grundsatz verfolgt, daß man zunächst ein möglichst vollständiges funktionales Modell aufstellt und dieses auch als Grundlage für die Varianzuntersuchungen verwendet. Führt man danach Vernachlässigungen und Näherungen ein, so ist bei allen folgenden Formeln darauf hinzuweisen, daß es sich um Näherungslösungen handelt. Sie sollten keinesfalls als „vereinfachte“ Formeln bezeichnet werden. Diese klare Trennung der Begriffe vermeidet Mißverständnisse und ist somit ganz im Sinne der in (SCHMIDT und SPARLA 2004, Kap. 1) angemahnten „Verwendung exakter Bezeichnungen“.

4 Beurteilung der Meßanordnungen

Zunächst soll noch einmal klargestellt werden, was wir in (NEITZEL und PETROVIC 2004) unter der Bezeichnung „verallgemeinertes Feldverfahren“ verstehen. Die Verallgemeinerung besteht darin, daß der Anwender grundsätzlich frei ist in seiner Entscheidung, wie er den Meßaufbau gestaltet und welche Zielweiten er wählt. Das verallgemeinerte Feldverfahren kann in allen Fällen mit einem einheitlichen Formelapparat ausgewertet werden. Die Forderung nach einem Meßaufbau in einer gemeinsamen Vertikalebene wird grundsätzlich nicht benötigt. Somit hat der Anwender alle Freiheiten, einen problemorientierten Meßaufbau zu wählen. In (HASSE 1975) ist dazu folgender Satz zu finden: „Zur Feststellung des Justierfehlers gibt es kein Verfahren, das für alle Zwecke zugleich bestens geeignet ist. Bei hohen Genauigkeitsanforderungen muß ein den betreffenden Zielweiten entsprechendes Verfahren ausgewählt werden.“

Nach diesen grundsätzlichen Überlegungen folgt der nächste Schritt in Form von Genauigkeitsüberlegungen und der Berücksichtigung weiterer Instrumentenfehler für die praktische Anwendung. Daraus ergibt sich dann die Einschränkung, daß zum Ausschalten eines Fehlereinflusses durch den Höhenversatz ein Meßaufbau in einer gemeinsamen Vertikalebene mit Instrumentenstandpunkten außerhalb der Lattenstandpunkte gewählt werden soll.

Die Eindringlichkeit, mit der SCHMIDT/SPARLA erneut auf diese (altbekannte) Forderung hinweisen, verwundert ein wenig, da diese bereits an insgesamt sechs Stellen in (NEITZEL und PETROVIC 2004) erwähnt wird. Um die Trennung von grundsätzlichen Überlegungen und praktischen Anforderungen an den Meßaufbau zu verdeutlichen, wurde z.B. in der Schlußbetrachtung (NEITZEL und PETROVIC 2004, Kap. 7) folgendes ausgeführt: „Die Bestimmung der Restneigung aus Meßergebnissen kann in allen Fällen mit einer allgemeinen Formel erfolgen. Auch der Messungsaufbau in einer Vertikalebene ist für die *Formelherleitung* nicht erforderlich. Das einzig sinnvolle Kriterium für die Auswahl der Zielweiten ist die Günstigkeit der Konfiguration, wobei sowohl die Geometrie als auch der Einfluß der Refraktion zu berücksichtigen sind. Zudem wird die Verwendung von Meßaufbauten vorgeschlagen, bei denen *kein Einfluß durch den Höhenversatz* auftreten kann.“

In ihren Anmerkungen zum Verfahren „nach Näbauer“ weisen SCHMIDT/SPARLA darauf hin, daß hierbei kein symmetrischer Meßaufbau erfolgen muß, was auch bereits von uns in Abschnitt 3.1.3 beschrieben wurde. Daß die numerischen Untersuchungen zum Verfahren „nach Näbauer“ mit einem symmetrischen Meßaufbau erfolgten, liegt darin begründet, daß wir ganz bewußt gebräuchliche Zielweiten aus der Praxis verwendet haben (siehe z.B. ZEISS 1999, S. 7-2 ff.). Aus diesem Umstand ergeben sich auch die unterschiedlichen Lattenabstände in (NEITZEL und PETROVIC 2004, Tab. 1).

Weiter führen SCHMIDT/SPARLA aus, daß man unter Verwendung gleicher Zielweitendifferenzen $|\Delta s_2 - \Delta s_1|$ gleiche Ergebnisse für die Standardabweichung der Restneigung σ_α erhält bei Wahl der Instrumentenstandpunkte außerhalb und in Verlängerung der Lattenstandpunkte. Dies ist aber nur dann der Fall, wenn man unterstellt, daß alle Lattenablesungen die gleiche Genauigkeit aufweisen. Führt man aber z.B. für eine Lattenablesung mit einem

Digitalnivellier das von (SCHAUERTE 1995, 1997) angegebene Auflösungsvermögen des Meßsystems als entfernungsabhängiges Genauigkeitsmaß

$$\sigma_{ij}(s_i^j) [\text{mm}] = \sigma_0 \cdot s_i^j [\text{m}] \quad \text{mit } \sigma_0 = 0.002$$

ein und berechnet die Standardabweichung der Restneigung σ_α mit Gl. 16 aus (NEITZEL und PETROVIC 2004), so erhält man das in Tab. 1 dargestellte Ergebnis.

Tab. 1: Standardabweichung σ_α bei gleicher Zielweitendifferenz

s_1^1	s_1^2	s_2^1	s_2^2	a	$ \Delta s_2 - \Delta s_1 $	σ_α
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	["]
15	30	30	15	15	30	0.65
5	20	22	7	15	30	0.43

Es ist ersichtlich, daß man bei gleichem Lattenabstand a (und somit gleicher Zielweitendifferenz $|\Delta s_2 - \Delta s_1|$) unterschiedliche Werte für σ_α erhält. Führt man ein entfernungsabhängiges Genauigkeitsmaß für die Lattenablesungen ein, so ist die Standardabweichung σ_α nicht nur von der Zielweitendifferenz, sondern auch von den Zielweiten abhängig, die zu dieser Differenz geführt haben. Damit ist gezeigt, daß Vernachlässigungen häufig Einschränkungen auf Spezialfälle mit sich bringen und die Betrachtung weiterer sinnvoller Möglichkeiten verhindern können.

„Vereinfachte“ Berechnungsformeln:

Daß bestimmte Zielweitenverhältnisse zu „vereinfachten“ Berechnungsformeln führen, ist hinlänglich bekannt und an vielen Stellen in der Literatur zu finden. So wurde in (NEITZEL und PETROVIC 2004) bereits ausgeführt: „Dieser Umstand wird dann oftmals dazu genutzt, für jedes Verfahren eine spezielle ‚einfachere‘ Formel für die Berechnung der Restneigung anzugeben. Dies mag in Zeiten des Rechenschiebers im Sinne einer Erleichterung der Berechnung im Felde seine Berechtigung gehabt haben und ist heute natürlich nicht mehr ausschlaggebend. Vielmehr versperren diese unterschiedlichen Formeln den Blick darauf, daß es sich, egal welche Minimalkonfiguration gewählt wird, immer um das gleiche Grundprinzip handelt, das mit *einer* allgemeinen Formel [...] bearbeitet werden kann.“

Nun gehen (SCHMIDT und SPARLA 2004) hin und entwickeln eine spezielle Formel für den Fall „symmetrische Aufstellung der Instrumente in Verlängerung der Lattenstandpunkte“, wobei anzumerken ist, daß die Gl. 12 bereits (in anderer Notation) in (HASSE 1975) zu finden ist. Mit ihrer Formelentwicklung setzen SCHMIDT/SPARLA die unglückliche Tradition fort, für n verschiedene Meßkonfigurationen n verschiedene Spezialformeln zu entwickeln, die dann jeweils nur für einen speziellen Fall angewendet werden können. Unsere Intention besteht aber gerade darin, zu zeigen, daß man *alle* Meßaufbauten mit *einer* einheitlichen Formel bearbeiten kann.

Zudem ist anzumerken, daß sich eine Einsparung von Rechenoperationen durch die Verwendung spezieller Formeln nur bei einer reinen Berechnung von Hand oder bei der Benutzung eines nicht programmierbaren Taschenrechners ergibt. Sogar bei der Benutzung eines einfachen programmierbaren Taschenrechners führt eine noch immer relativ einfache Allgemeinformel zu weniger Programmierarbeit und zu weniger Möglichkeiten der Verwirrung (z.B. Starten eines falschen Programms, was in fehlerhaften Ergebnissen resultiert), als n verschiedene Spezialformeln für n verschiedene Meßkonfigurationen.

In ihrem Fazit weisen SCHMIDT/SPARLA nochmals darauf hin, daß die Instrumentenstandpunkt nicht außerhalb der Vertikalebene der Lattenstandpunkte gewählt werden sollten und führen weiter aus, daß die Instrumentenstandpunkte „[...] entsprechend den oben vorgestellten Maximen symmetrisch gewählt werden“ sollten. Während die Forderung nach einem Meßaufbau in einer gemeinsamen Vertikalebene mit Instrumentenstandpunkten außerhalb der Lattenstandpunkte, wie in (NEITZEL und PETROVIC 2004) bereits ausgeführt, unsere ungeteilte Zustimmung findet, lehnen wir eine Einschränkung in der Wahlfreiheit der Zielweiten durch die Forderung nach symmetrischem Aufbau ab. Nach unserer Auffassung sollte der Anwender alle Freiheiten¹ haben, sein Justierverfahren möglichst problemorientiert durchzuführen (Frage: Warum soll sich der Anwender seinen Meßaufbau durch eine Formel vorschreiben lassen? Was geschieht, wenn der Anwender

¹ Natürlich kann der Anwender auch zu der Ansicht gelangen, daß ein symmetrischer Meßaufbau von Vorteil ist, z.B. wenn möglichst wenig umfokussiert werden soll.

sein Nivelliergerät mit einem nicht symmetrischen Aufbau untersuchen möchte oder muß?) oder wie es (HASSE 1975) formuliert: „[...] ein möglichst gut geeignetes Justierverfahren können wir nicht nur im Hinblick auf eine einfache Formel auswählen.“

Fazit: Der Meßaufbau kann grundsätzlich frei gewählt werden. Aus fehlertheoretischen Gründen ist aber ein Meßaufbau in einer gemeinsamen Vertikalebene mit Instrumentenstandpunkten außerhalb der Lattenstandpunkte günstig. Das einzig sinnvolle Kriterium für die Auswahl der Zielweiten ist die Günstigkeit der Konfiguration, wobei sowohl die Geometrie als auch der Einfluß der Refraktion zu berücksichtigen sind.

5 Der Einfluß der Refraktion

Zu den Untersuchungen zum Einfluß der Refraktion in (NEITZEL und PETROVIC 2004) führen SCHMIDT/SPARLA folgendes aus: „Die praktische Verwendbarkeit dieser theoretischen Darstellung ist bei der Nivellierprüfung in Frage zu stellen.“ Eine Begründung für diese Aussage wird nicht angegeben, vielmehr führen SCHMIDT/SPARLA aus, daß man auch in (WITTE und SCHMIDT 2000) Anmerkungen zur Variabilität des Refraktionskoeffizienten k in Bodennähe findet. Diese Aussage wurde von uns anhand von Literaturstellen in (JORDAN et al. 1956, S. 97) und (DEUMLICH und STAIGER 2002, S. 287) belegt.

Daß (HASSE 1975) bereits zu ähnlichen Schlußfolgerungen wie wir gekommen sei, ist nicht zutreffend. Dort wird folgende Vorgehensweise vorgeschlagen: „Wenn für die Justierung die im Nivellement effektiven Zielweiten benutzt werden, ist der Einfluß von Erdkrümmung (Anmerkung: Krümmung der Niveauflächen des Erdschwerfeldes²) und Refraktion ohne weitere Reduktion berücksichtigt.“ Wir schlagen hingegen vor, die Krümmung der Niveauflächen explizit zu berücksichtigen und den Einfluß der Refraktion (bzw. unsicherer Annahmen für den Wert k) auf die Zielgröße α durch eine günstige Auswahl der Zielweiten möglichst gering zu halten.

6 Schlußbemerkung

Als sinnvolle Anmerkung kann ein Teil der von SCHMIDT/SPARLA gegebenen Hinweise zur Verwendung der aktuellen Terminologie zum Begriff „Fehler“ angesehen werden. Hingegen kann die vorgeschlagene Verallgemeinerung der Justierbedingung nicht akzeptiert werden.

Von der Einführung der Näherung $\tan(\alpha) \approx \alpha$ bei der Berechnung der Restneigung raten wir ab, weil dadurch strenggenommen lediglich eine Näherungsformel entsteht. Zudem weisen wir darauf hin, daß der von SCHMIDT/SPARLA verwendete Begriff „Vereinfachung“ nicht für die Einführung von Näherungen verwendet werden sollte, um Mißverständnisse zu vermeiden.

Die von SCHMIDT/SPARLA vorgeschlagenen Vernachlässigungen bei der Varianzuntersuchung sind bereits in unserem Artikel zu finden, mit dem Unterschied, daß wir die Vernachlässigungen nicht an den Anfang der Formelentwicklung gestellt haben, sondern diese ausgehend von einer exakten Formel durchgeführt haben.

Der eindringliche Hinweis zum Meßaufbau in einer gemeinsamen Vertikalebene ist überflüssig, da er an mehreren Stellen in (NEITZEL und PETROVIC 2004) zu finden ist. Vielleicht hätten wir aber noch eindeutiger Formulierungen verwenden sollen, um herauszustellen, daß die Betrachtung einer gemeinsamen Vertikalebene für das Grundverständnis und die Formelherleitung nicht benötigt wird, für den Meßaufbau in der praktischen Anwendung aber zu berücksichtigen ist.

Die von SCHMIDT/SPARLA aufgestellte Forderung nach einem symmetrischen Meßaufbau und der Verwendung „vereinfachter Formeln“ wird entschieden abgelehnt. Es war gerade ein Hauptaugenmerk von uns, die „Schatten der Vergangenheit“ (n Formelapparate und somit heutzutage auch n Rechnerprogramme für n Spezialfälle) aus der Welt zu schaffen.

Die Anmerkung, daß die praktische Verwertbarkeit unserer Untersuchungen zum Refraktionseinfluß in Frage zu stellen sei, wird von SCHMIDT/SPARLA nicht ausreichend begründet und ist von uns somit nicht nachvollziehbar.

Abschließen möchten wir mit der Bemerkung, daß wir sehr erfreut sind, daß unser Artikel mit so großem Interesse bei den Kollegen SCHMIDT und SPARLA aufgenommen wurde.

² Daß der traditionell verwendete Begriff „Erdkrümmung“ unsachgemäß ist, wurde in (NEITZEL und PETROVIC 2004) bereits erläutert.

Literatur

- DEUMLICH, F. und STAIGER, R.: Instrumentenkunde der Vermessungstechnik. 9., völlig neu bearbeitete und erweiterte Auflage. Herbert Wichmann Verlag, Heidelberg, 2002
- DIN 18709-1 (Oktober 1995): Begriffe, Kurzzeichen und Formelzeichen im Vermessungswesen, Teil 1: Allgemeines
- DIN 18709-4 (Januar 1984): Begriffe, Kurzzeichen und Formelzeichen im Vermessungswesen, Teil 4: Ausgleichsrechnung und Statistik
- HASSE, D.: Genauigkeitsuntersuchungen zu Justierverfahren für Nivellierinstrumente. Allgemeine Vermessungs-Nachrichten 82, Nr. 8-9, S. 289-303, 1975
- JORDAN, EGGERT, KNEISSL: Handbuch der Vermessungskunde. Zehnte, völlig neu bearbeitete und neugegliederte Ausgabe. Band III (Höhenmessung, Tachymetrie). J. B. Metzlersche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 1956
- NEITZEL, F. und PETROVIC, S.: Ein verallgemeinertes Feldverfahren zur Überprüfung von Nivelliergeräten. Allgemeine Vermessungs-Nachrichten 111, Nr. 3, S. 82-91, 2004
- SCHAUERTE, W.: Erste Untersuchungsergebnisse zum neuen DiNi 10 der Fa. Carl Zeiss. Vermessungswesen und Raumordnung, 57. Jahrgang, Heft 2, S. 78-89, 1995
- SCHAUERTE, W.: Leistungsmerkmale des Digitalnivelliers Topcon DL-101. Vermessungswesen und Raumordnung, 59. Jahrgang, Heft 1 + 2, S. 94-108, 1997
- SCHMIDT, H. und SPARLA, P.: Anmerkungen zu „Ein verallgemeinertes Feldverfahren zur Überprüfung von Nivelliergeräten.“ AVN 3/2004, S. 82. Allgemeine Vermessungs-Nachrichten 111, Nr. 11-12, S. 405-408, 2004
- WITTE, B. und SCHMIDT, H.: Vermessungskunde und Grundlagen der Statistik für das Bauwesen. Vierte Auflage. Verlag Konrad Wittwer, Stuttgart, 2000
- ZEISS: Bedienungsanleitung, Digitalnivelliere DiNi 12, 12 T, 22. ZSP Geodätische Systeme GmbH, Jena, 1999
- ZURMÜHL, R.: Matrizen. Vierte neubearbeitete Auflage. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg, 1964

Anschrift der Verfasser:

Dr.-Ing. FRANK NEITZEL
Institut für Geodäsie und
Geoinformationstechnik
Technische Universität Berlin
Straße des 17. Juni 135
D-10623 Berlin
Tel.: ++ 49-30/314-24054
Fax: ++ 49-30/314-21973
E-mail: frank@mca.bv.tu-berlin.de

Privatdozent Dr. techn. habil. SVETOZAR PETROVIC
GeoForschungsZentrum Potsdam
Department I: Geodäsie und Fernerkundung
Sektion 1.3: Gravitationsfeld und Erdmodelle
Telegrafenberg C3
D-14473 Potsdam
Tel.: ++ 49-331/288-1741
Fax: ++ 49-331/288-1169
E-mail: sp@gfz-potsdam.de

Zusammenfassung

Näherungslösungen sollen als solche bezeichnet werden, die Verwendung des Begriffs „Vereinfachung“ für eine „Näherung“ ist unsachgemäß. Zudem ist es heutzutage nicht mehr zeitgemäß, statt einer exakten Lösung eine Näherungslösung zu verwenden, um damit z.B. die Anwendung einer trigonometrischen Funktion zu umgehen, da dies zu Fehlinterpretationen führen kann. Vernachlässigungen von Fehlereinflüssen in der Varianzuntersuchung sollten nicht an den Anfang der Untersuchung gestellt werden. Falls überhaupt, dann sollten diese nach der Aufstellung einer exakten Formel erfolgen. Für den Meßaufbau zur Überprüfung eines Nivelliergerätes im Feldverfahren sollen dem Anwender a priori keine Einschränkung in der Auswahl der Zielweiten auferlegt werden.

Abstract

Approximate solutions should be referred to as such, the usage of the concept "simplification" for "approximation" is inappropriate. Furthermore, it is no more timely nowadays to use an approximation in place of an exact solution in order to avoid for instance the application of a trigonometric function. Such approach can lead to misinterpretations. Neglecting error sources in the study of variances should not be put at the beginning of the investigation. If at all, this should follow after the compilation of an exact expression. Regarding the measuring setup for checking of a levelling instrument in field no restrictions on the choice of target distances should be imposed a priori.