

# Das deutsche Haupthöhennetz 2016 – eine Bewertung aus Sicht des Nivelleurs<sup>1</sup>

## The German Primary Levelling Net 2016 – An Evaluation from the Leveler's Point of View

Jörg Landmann

Im Beitrag werden die Nivellementergebnisse des deutschen Haupthöhennetzes DHHN2016 und insbesondere die angewandten Messverfahren analysiert. Die Bundesländer unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Topographie und der Netzdichte ihrer DHHN2016-Anteile. Damit würde ein direkter Vergleich der Ergebnisse verfälscht. In dem hier aufgezeigten Ansatz werden die Standardabweichungen aus Streckenwidersprüchen und aus Teilnetzen der Bundesländer „normiert“ und anschließend verglichen. Im Vorblick und Fazit werden mögliche qualitative, quantitative und die Wirtschaftlichkeit betreffende Verbesserungen adressiert, die von den Vermessungsverwaltungen aufgegriffen werden könnten.

**Schlüsselwörter:** Deutsches Haupthöhennetz, DHHN2016, Präzisionsnivellement, Streckenwidersprüche, Netzausgleichung

*In this article the leveling results of the German Primary Levelling Net DHHN2016 and in particular the measurement methods are analyzed. The federal states differ in terms of their topography and their network design. This would falsify a direct comparison of the results. In the approach shown here, the standard deviations from section differences and from sub-networks of the federal states are “normalized” and then compared. As a conclusion, possible qualitative, quantitative and economic improvements are addressed to the surveying authorities.*

**Keywords:** German Primary Leveling Net, DHHN2016, precision leveling, network adjustment

### 1 ANLASS

Die Neumessung des DHHN2016 in den Jahren 2005–2012 war ein nivellistisches Großprojekt. Der geodätische Mehrwert ergab sich aber erst durch die Kombination mit der GNSS-Kampagne 2008 und einer substanziellen Erweiterung der flächenhaften Schweremessungen, u. a. in Nordrhein-Westfalen (NRW), und führte im Ergebnis zur Einführung des Raumbezugs 2016 /Feldmann-Westendorff et al. 2016/. Erst damit wurde unter Nutzung des German Combined Quasigeoid 2016 (GCG2016) eine hochgenaue Kombinierbarkeit physikalischer und ellipsoidischer Höhen im Raumbezug realisiert. Die eigentliche Einführung neuer Höhen – abgesehen von Höhen in Bodenbewegungsgebieten – ist für die weiteren Anwender, beispielsweise auf der kommunalen Ebene /Riecken & Ziem 2017/, eher aufwendig.

Die Bewertung der Nivellementergebnisse im Kapitel 5.4 des Abschlussberichts zum DHHN 2016 /AdV 2018/ fällt sehr kurz aus. Auch die darin enthaltenen Länderberichte enthalten keine weitergehenden Analysen.

In diesem Beitrag soll aufgezeigt werden, dass die „Normierung“ von Standardabweichungen aus Streckenwidersprüchen  $S_S$  und aus Teilnetzen  $S_0$  der Bundesländer einen tieferen Vergleich ermöglicht. Darin fließen auch die Erfahrungen des Autors aus über 15 Jahren Höhenmessung in NRW ein, die auf mehreren Tausend Kilometern Nivellement und der eigenen Weiterentwicklung des Nivellierlattenuntersatzes Schweizer Bauart beruhen /Landmann 2016/. Im Ergebnis geht es darum, einen möglichen

<sup>1</sup> Land- bzw. Höhenvermesser im Außendienst.

Erkenntnisgewinn für das Präzisionsnivellement im Allgemeinen festzuhalten und Anregungen für ein Folgeprojekt und die Fortschreibung der Fachvorgaben zu dokumentieren.

## 2 BEWERTUNG

Die folgenden Auswertungen sollen nur ein Anstoß zu ggf. weiteren Untersuchungen sein. Die Analysen basieren u. a. auf den statistischen Angaben der Tabelle 5.6 (Tab. 1) des Abschlussberichts zum DHHN 2016 /AdV 2018/, daraus abgeleitet wird eine grafische Darstellung der Standardabweichungen der Länderanteile im DHHN2016 (Abb. 1).

Als alte „Nivellementweisheit“ gilt:  $S_S < S_L < S_{SL} < S_0$ , mit  
 $S_S$  = Standardabweichung aus Streckenwidersprüchen;  
 $S_L$  = Standardabweichung aus Linienwidersprüchen;  
 $S_{SL}$  = Standardabweichung aus Schleifenwidersprüchen;  
 $S_0$  = Standardabweichung aus dem Netz.

Je geringer der Anteil systematischer Fehler beim Nivellement ist, desto kleiner sind die Differenzen zwischen den genannten Standardabweichungen, im Idealfall ist  $S_S = S_0$ .

Beim Vergleich der Werte ( $S_{SL}$  wurde in der DHHN2016-Auswertung nicht berechnet) fällt auf, dass beim DHHN2016 entgegen üblicher Erfahrung  $S_L$  größer als  $S_0$  ist! Dies verwundert und sollte geklärt werden (siehe Abb. 1 und Abb. 2). Aus diesem Grund wird  $S_L$  nicht weiter betrachtet.

Die im Kapitel 5.4 des Abschlussberichts ausgeführte Erklärung, dass für die hohen Linienwidersprüche u. a. die Rückmessung

am selben Tag eine mögliche Ursache sei, entspricht nicht den praktischen Erfahrungen des Autors. Die Forderung, Hin- und Rückmessung an unterschiedlichen Tagen und bei unterschiedlichen meteorologischen Bedingungen durchzuführen, entstammt noch einer Feldanweisung des Reichamts für Landesvermessung, die aber nie wissenschaftlich belegt wurde. Systematische Effekte, die sich aus dem Einsinken des Stativs und der Nivellierlattenuntersätze („Frösche“) ergeben, werden zwar abhängig vom Beobachtungsverfahren teilweise reduziert, jedoch fallen sie letztendlich (zumindest in der Theorie) nur durch die Mittelung von Hin- und Rückmessung heraus. Voraussetzung dabei ist, dass die Einsinkeffekte über den gesamten Messweg gleich sind, was wiederum gleiche Boden- bzw. Asphalttemperaturen erfordert. So wird beispielsweise die Mittelung einer Hinmessung bei 10 °C mit einer Rückmessung bei 30 °C in der Praxis nicht zum gewünschten Ergebnis führen.

Beim Nivellement muss zudem mit einseitigen Refraktionseinflüssen gerechnet werden. Diese wirken jedoch in der Regel bei der Rückmessung nachmittags anders als bei der vorangegangenen Hinmessung am Vormittag. Somit können systematische Refraktionseffekte durch Rückmessung am selben Tag ausgeschlossen werden.

Bekanntermaßen sind daher die besten Ergebnisse bei Bewölkung, Windstille und etwa gleichbleibender Temperatur zu erwarten.

Bei den Nivellements in den Bodenbewegungsgebieten Nordrhein-Westfalens wird immer am selben Tag hin und zurück gemessen. Eine negative Auswirkung auf  $S_L$  zeigt sich nicht. Die Sortierung der Standardabweichungen nach dem Kriterium „Hin/Rück an einem Tag“ /Sacher 2013/ zeigt keinerlei Korrelation.

Land	mittlere Zielweite	mittlere Streckenlänge	mittlere Streckenlänge	Anzahl Linien	Summe Redundanzen	$S_S$	$S_L$	$S_0$ aus Ausgleichung
BB	30,4 m	0,76 km	41,83 km	49	17,1	0,36 mm/ $\sqrt{\text{km}}$	1,35 mm/ $\sqrt{\text{km}}$	0,73 mm/ $\sqrt{\text{km}}$
BE	24,3 m	0,51 km	19,48 km	7	2,8	0,25 mm/ $\sqrt{\text{km}}$	0,33 mm/ $\sqrt{\text{km}}$	0,52 mm/ $\sqrt{\text{km}}$
BW	18,2 m	0,44 km	36,86 km	80	28,8	0,28 mm/ $\sqrt{\text{km}}$	1,09 mm/ $\sqrt{\text{km}}$	0,64 mm/ $\sqrt{\text{km}}$
BY	19,0 m	0,30 km	36,28 km	119	30,4	0,35 mm/ $\sqrt{\text{km}}$	2,09 mm/ $\sqrt{\text{km}}$	0,65 mm/ $\sqrt{\text{km}}$
HE	16,2 m	0,41 km	31,36 km	57	19,5	0,28 mm/ $\sqrt{\text{km}}$	0,93 mm/ $\sqrt{\text{km}}$	0,67 mm/ $\sqrt{\text{km}}$
HH	20,8 m	1,40 km	12,76 km	10	3,0	0,21 mm/ $\sqrt{\text{km}}$	0,33 mm/ $\sqrt{\text{km}}$	0,39 mm/ $\sqrt{\text{km}}$
MV	31,3 m	0,69 km	29,69 km	93	30,2	0,35 mm/ $\sqrt{\text{km}}$	0,78 mm/ $\sqrt{\text{km}}$	0,52 mm/ $\sqrt{\text{km}}$
NI	23,2 m	0,55 km	23,56 km	175	57,7	0,32 mm/ $\sqrt{\text{km}}$	0,82 mm/ $\sqrt{\text{km}}$	0,63 mm/ $\sqrt{\text{km}}$
NW	22,8 m	0,60 km	22,78 km	185	61,6	0,36 mm/ $\sqrt{\text{km}}$	0,86 mm/ $\sqrt{\text{km}}$	0,75 mm/ $\sqrt{\text{km}}$
RP	19,1 m	0,58 km	26,78 km	77	25,6	0,25 mm/ $\sqrt{\text{km}}$	1,10 mm/ $\sqrt{\text{km}}$	0,70 mm/ $\sqrt{\text{km}}$
SH	26,3 m	0,50 km	28,70 km	32	3,7	0,34 mm/ $\sqrt{\text{km}}$	0,99 mm/ $\sqrt{\text{km}}$	0,32 mm/ $\sqrt{\text{km}}$
SL	14,1 m	0,52 km	31,20 km	10	1,3	0,27 mm/ $\sqrt{\text{km}}$	0,34 mm/ $\sqrt{\text{km}}$	0,55 mm/ $\sqrt{\text{km}}$
SN	17,7 m	0,64 km	38,30 km	37	9,3	0,34 mm/ $\sqrt{\text{km}}$	1,49 mm/ $\sqrt{\text{km}}$	0,45 mm/ $\sqrt{\text{km}}$
ST	25,5 m	0,61 km	56,57 km	24	8,9	0,27 mm/ $\sqrt{\text{km}}$	1,39 mm/ $\sqrt{\text{km}}$	0,32 mm/ $\sqrt{\text{km}}$
TH	17,6 m	0,58 km	32,45 km	36	11,2	0,29 mm/ $\sqrt{\text{km}}$	1,20 mm/ $\sqrt{\text{km}}$	0,51 mm/ $\sqrt{\text{km}}$
DE	21,7 m	0,50 km	29,97 km	991	311	0,32 mm/ $\sqrt{\text{km}}$	1,18 mm/ $\sqrt{\text{km}}$	0,64 mm/ $\sqrt{\text{km}}$

Tab. 1 | Statistische Angaben und Vergleich verschiedener Fehlerarten /AdV 2018, Tab. 5.6/ (BB = Brandenburg, BE = Berlin, BW = Baden-Württemberg, BY = Bayern, HE = Hessen, HH = Hansestadt Hamburg, MV = Mecklenburg-Vorpommern, NI = Niedersachsen, NW = Nordrhein-Westfalen, RP = Rheinland-Pfalz, SH = Schleswig-Holstein, SL = Saarland, SN = Sachsen, ST = Sachsen-Anhalt, TH = Thüringen, DE = Deutschland)

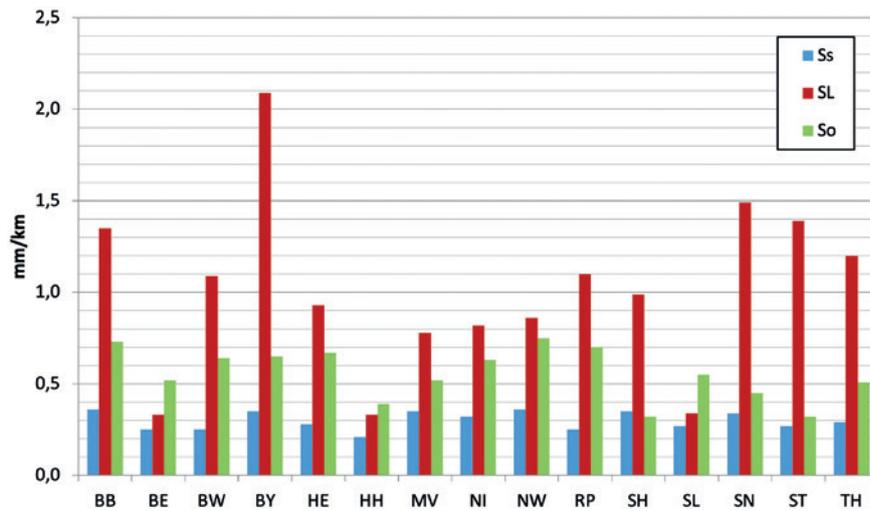


Abb. 1 | Standardabweichungen im DHHN2016 (Abkürzungen s. Unterschrift zu Tab. 1)

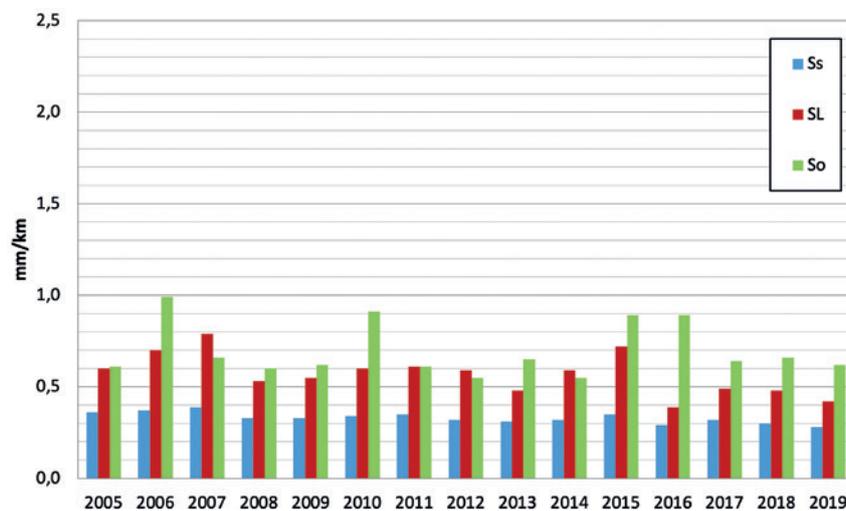


Abb. 2 | Zum Vergleich: Standardabweichungen von 15 Jahren Leitnivellement in NRW

Die weiteren Untersuchungen sind im Wesentlichen der Versuch einer Bewertung der unterschiedlichen Messverfahren: RV-RV (RV), RV-VR (aRV) und RVVR-RVVR. Bei RV-RV wird noch unterschieden zwischen gleichem und alternierendem Horizontieren. Das Nivellement ist ein aufwendiges und damit teures Messverfahren, entsprechend sollte die Methode mit dem besten Aufwand-(Preis-)Leistungs-Verhältnis favorisiert werden.

Allgemein hängt die erreichbare Genauigkeit beim Nivellement von diesen Parametern ab /Geobasis NRW 2020/:

- Lichtverhältnisse (am besten bewölkt), Temperatur (<25 °C), Wind (<3 Bft);
- Erfahrung des Messtrupps (Messgehilfen haben 50 % Anteil am Fehlerhaushalt), gleiche Zielweiten, zügiger Messfortschritt, geeignete Standorte der Lattenuntersätze;
- Gelände flach/bergig;
- Nivelliergerät (Justierhaltung, Set-up);
- Lattenuntersätze (handelsübliche Frösche mit Stahlspitzen sind auf Asphalt ungeeignet);
- Nivellierlatten (Justierung/Justierhaltung der Dosenlibelle, Lattenfuß).

Das viel zitierte alternierende Einspielen der Dosenlibelle muss zum Erreichen des gewünschten Effekts systematisiert ausgeführt werden: Es muss beispielsweise immer im Sinne eine Senkung des Fernrohrs auf den Spielpunkt eingespielt werden. Da die Justierhaltung der Dosenlibelle im Nivelliergerät häufig unbefriedigend und ein ständiges Nachjustieren nicht zielführend ist, muss folglich der Spielpunkt bestimmt und angehalten werden! Der größte positive Effekt des alternierenden Einspielens liegt darin begründet, dass sich die Resthorizontschräge durch wechselnde Richtung beim Horizontieren gegenseitig ausgleicht, denn vielfach wird nicht auf den Spielpunkt geachtet. Mögliche Hystereseeffekte des Kompensators (Kompensatorumkehrfehler) können nur durch ein systematisiertes Einspielen ausgeglichen werden. Zudem kann nicht davon ausgegangen werden, dass die Kompensatorkurven symmetrisch sind.

Die Methode RV, die laut Feldanweisung fürs Präzisionsnivellement /AdV 2019/ nicht zulässig ist, führt bei dejustierter Dosenlibelle und gleichzeitiger Missachtung des Spielpunkts zu großen Fehlern. Wird zumindest alternierend eingespielt, verbleibt der einzige Nachteil, dass sich Einsinkeffekte des Stativs und der Nivellierlattenuntersätze in den Messwerten

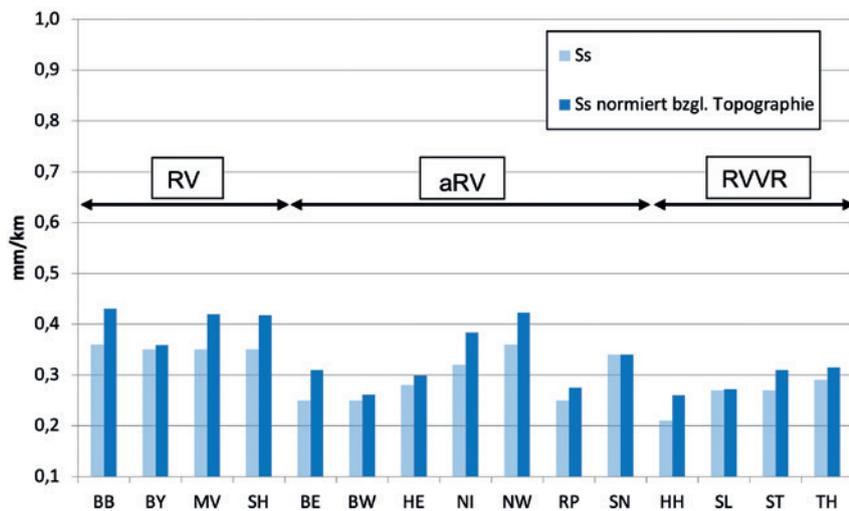
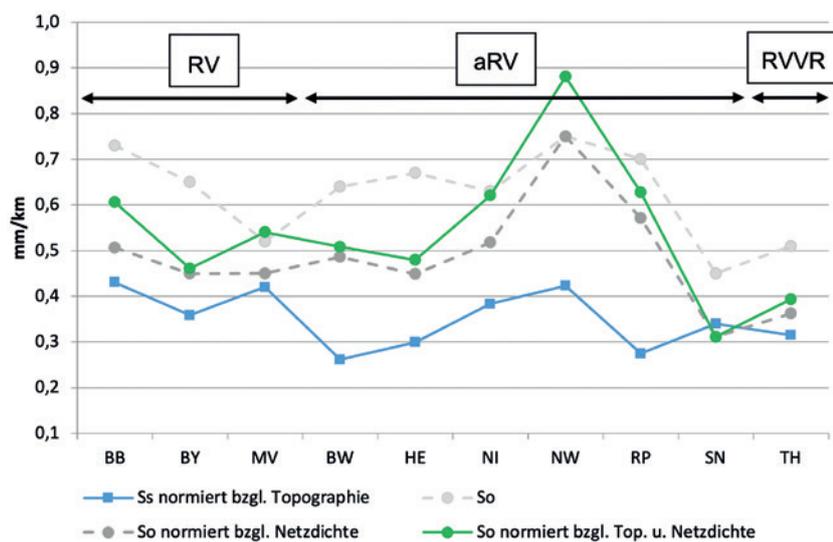
nicht ausgleichen. Als Vorteil des Verfahrens ist die höhere Messgeschwindigkeit zu nennen.

Die Methode aRV hat sich in Nordrhein-Westfalen seit Jahrzehnten bewährt, auch wenn dabei die Dosenlibelle meistens nicht systematisch eingespielt wurde.

Die Methode RVVR bringt keine im Verhältnis zum Zeitaufwand stehende Genauigkeitssteigerung. Da Einsinkeffekte nie gleichförmig sind, wäre das Verfahren aRVVR also RVVR-VRRV die bessere Alternative.

Zum Vergleich der einzelnen Länderergebnisse beziehungsweise der Messverfahren sollten diese erst „normiert“ werden. Dieser Ansatz ist darin begründet, dass Nivellementergebnisse durch die Topographie beeinflusst werden und im Flachland immer besser als im Mittelgebirge ausfallen. Als Erfahrungswert für  $S_S$  wird als Faktor aus der Topographie der Wert 1,2 für das Verhältnis Flachland zu Mittelgebirge angesetzt. Die Normierung erfolgt auf Basis der mittleren Höhenunterschiede einer Linie /Sacher 2013/. Die angesetzten Faktoren liegen zwischen den Werten 1,0 für MV und 1,2 für SN.

Fazit:  $S_S$ -RVVR <  $S_S$ -RV und  $S_S$ -aRV (Ausnahmen NI, NW) =  $S_S$ -RVVR (Abb. 3).


 Abb. 3 | Standardabweichungen  $S_S$  sortiert nach Messmethode RV, aRV, RVVR

 Abb. 4 | Standardabweichungen  $S_S$  sortiert nach Messmethode RV, aRV, RVVR

Da die Netzdichte in den Bundesländern höchst unterschiedlich ist, ist ein direkter Vergleich der  $S_0$  nicht sinnvoll. Frühere Untersuchungen zeigten im Rahmen einer ausgedünnten DHHN92-Testausgleichung, dass beispielsweise ein um 43 % ausgedünntes Netz zu einer 24 % höheren Standardabweichung führt /AdV 2018/.  $S_0$  wird auf dieser Basis normiert. Zudem wurde für die Bundesländer mit mehr als vier Netzsleifen die Netzdichte aus dem Verhältnis Landesfläche zu Freiheitsgrad/Schleifenanzahl berechnet. Daraus ergeben sich Faktoren im Bereich von 0,69 für BY (geringste Netzdichte) bis 1,00 für NW (höchste Netzdichte).

Die Faktoren für Topographie und Netzdichte werden im Rahmen der Normierung miteinander kombiniert.

Ergänzende Erläuterung zur Abb. 4 (zuerst Normierung nach Netzdichte, dann nach Topographie): Nordrhein-Westfalen ( $S_0 = 0,75$ ) hat die höchste Netzdichte, sodass das bezüglich der Netzdichte normierte  $S_0$  der anderen Bundesländer besser wird (dunkelgraue Linie). Sachsen (bezüglich der Netzdichte normiertes  $S_0 = 0,31$ ) hat die raueste Topographie, sodass das bezüglich der Topographie der anderen Bundesländer normierte  $S_0$  schlechter wird (grüne Linie).

Fazit: Beim  $S_S$  und  $S_0$  zeigt sich kein signifikanter Unterschied zwischen RV und aRV! Das Ergebnis RVVR für Thüringen ist sehr gut, identisch gut ist auch aRV für Sachsen. (Anmerkung: Nur bei sechs Bundesländern ist die Schleifenanzahl > 19; das  $S_0$  ist folglich in den anderen Bundesländern weniger zuverlässig.)

### Beispielhafte Bewertung einzelner Bundesländer

**Bayern:** Nach anfänglichen Problemen entwickelte sich eine Messroutine, sodass abschließend das Gesamtergebnis ( $S_0$ ) positiv ausfällt. Ursachen für das hohe  $S_L$  wären noch zu klären. Eine Analyse der Streckenwidersprüche hinsichtlich ihrer Verteilung könnte einen Hinweis auf gegebenenfalls systematische Fehlereinflüsse liefern. Bedauerlich ist, dass der bereits 1988 mit sehr positiven Ergebnissen in der bayrischen Landesvermessung getestete Lattenuntersatz Schweizer Bauart bei diesen Messungen nicht eingesetzt wurde.

**Mecklenburg-Vorpommern:** Trotz relativ hohem  $S_S$ , was sicherlich auch auf die längeren Zielweiten zurückgeführt werden kann, ist das  $S_0$  durch den schnellen Messfortschritt beim motorisierten Nivellement gut. Das angewandte Messverfahren RV mit alternierendem Horizontieren sollte zukünftig in den Vorschriften als zulässiges Verfahren aufgeführt werden.

**Nordrhein-Westfalen:** Das vordergründig akzeptable  $S_0$  ist nach Berücksichtigung der Netzdichte vergleichsweise schlecht. Der hohe Wert kann teilweise mit Bodenbewegungen erklärt werden, ist jedoch sicherlich auch der hohen Anzahl von 133 Messtrupps und der Tatsache, dass viele Messtrupps weniger Messroutine hatten, geschuldet.

**Rheinland-Pfalz:** Bei dem guten  $S_S$  und der Registrierung der Lattentemperatur bei jedem Standpunkt fällt  $S_0$  vergleichsweise hoch aus. Eine Analyse der Streckenwidersprüche hinsichtlich ihrer Verteilung könnte einen Hinweis auf ggf. systematische Fehlereinflüsse liefern. Möglicherweise sind aber auch kleinste Bodenbewegungen durch die vulkanisch geprägte Geologie in der Eifel eine Ursache.

**Sachsen:** Offensichtlich keine systematischen Fehleranteile, wobei  $S_0$  aus nur sechs Schleifen statistisch weniger zuverlässig ist.

**Thüringen:** Das aufwendige Messverfahren RVVR führt zu einem guten Ergebnis.

### 3 RÜCKBLICK

Die Umfangsschleife des DHHN92 (bestehend aus den Teilnetzen 1985 West und 1976 Ost) hatte einen Schleifenschlussfehler von 138 mm. Der Schleifenschlussfehler im DHHN2016 beträgt lediglich 13 mm. Diese signifikante Verbesserung kann u. a. mit der genaueren Maßstabsbestimmung der Nivellierlatten mit Vertikalkomparatoren und der Messung der Lattentemperatur erklärt werden. Beim DHHN92 wurden Lufttemperaturen gemessen, diese können jedoch bei sonnigem Wetter bis zu 10 °C von den Lattentemperaturen abweichen. Daraus kann sich bei 1 000 Höhenmetern ein Fehler von 7 mm ergeben. Hinzu kommt, dass das damalige analoge Nivellement stärker mit systematischen Fehlereinflüssen behaftet war.

Ähnlich der praktischen Schulungen (auch als „Truppabnahmen“ bezeichnet) bei der GNSS-Kampagne 2008, wäre eine ähnliche Prozedur für die Nivellementtruppe sicherlich sinnvoll gewesen, da in manchen Bundesländern die präzisionsnivellitische Messpraxis fehlte. So haben auch die Messgehilfen (bayrisch: „Lattisten“) einen großen Anteil an guten Messergebnissen. Daher sollten zukünftig praktische Trainingseinheiten für Nivelleure und Messgehilfen durchgeführt werden.

Bei der Höhenberechnung mit dem Auswertprogramm LINIV können maximal zwei Messungen (Hin-, Rück-) zwischen zwei Höhenfestpunkten verarbeitet werden. Mehrfachmessungen bei sogenannten Überschlügen, zum Beispiel nach längeren Messungsunterbrechungen oder späteren Verbindungsmessungen zu Geodätischen Grundnetzpunkten (GGP), wurden damit nicht entsprechend genutzt. Eine optimale Anfelderung in diesen Bereichen blieb aus.

In Nordrhein-Westfalen wurden die GGP der GNSS-Kampagne 2008 zeitnah nivellitisch an stabile Höhenfestpunkte angeschlossen. Mit maximal dreijährigem Abstand wurden die betreffenden DHHN2016-Linien gemessen, inklusive der erneut gemessenen Verbindungen zu den GGP. Für die Berechnung der GGP wurden jedoch nicht die Messungen aus 2008 benutzt, obwohl diese qualitativ besser und zeitnäher zur GNSS-Messung waren. Da die neuen Vermarkungen mit Granitpfeilern möglicherweise ein Setzungsverhalten (schätzungsweise bis 2 mm) aufweisen, ist hierdurch ein „Lagerungsdefekt“ des GCG2016 in genannter Größenordnung in Nordrhein-Westfalen (5 Granitpfeiler/AGRAV-Punkte sind Datumspunkte) nicht auszuschließen.

### 4 VORBLICK

Im Softwarepaket „Höhe“ von Geobasis NRW ist zwar der digitale Datenfluss realisiert, aber es werden noch nicht alle im Digitalnivellier anfallenden Daten berücksichtigt und ausgewertet. Folgende Punkte sollten zukünftig realisiert werden:

1. Übernahme der Standardabweichungen mit Anzahl der Ablesungen.
2. Kontrolle der Zielweiten, Gleichheit von Rückblick- und Vorblickzielweite.
3. Auswertung der Streckenwidersprüche (vgl. /Landmann 2016/).
4. Auswertung der Headerdaten, wie Bewölkung und Untergrund.
5. Andere Gewichtsansätze, da die Standardabweichung stärker mit der Anzahl der Aufstellungen als mit der Streckenlänge korreliert.

6. Das einfache arithmetische Mittel aus Hin- und Rückmessung muss nicht zwangsläufig die beste Wahl sein.

Alle aufgeführten Punkte sollten grafisch dargestellt werden, erst dann werden neue Erkenntnisgewinne möglich.

Beim Präzisionsnivellement gibt es weiterhin Optimierungspotenzial. Nachfolgend sind beispielhaft drei Punkte benannt:

- Die Entwicklung lichtempfindlicherer Fotosensoren hat zu dem in der Praxis unerwünschten Effekt geführt, dass Schlagschatten auf dem Lattenbarcode zu Messungsabbrüchen führen. Dieser, den Messfortschritt teilweise sehr bremsende Effekt, war bei älteren Geräten wie dem Leica NA3000/3003 fast kein Problem.
- Eine automatische Lattentemperaturerfassung bei jeder Messung sollte Standard werden (die erforderlichen Bauteile eines Funkthermometers sind günstig verfügbar).
- In zwei Bundesländern wird nach wie vor das motorisierte Nivellement angewendet. Da sich ein schneller Messfortschritt positiv auf die Genauigkeit auswirkt, ist der Ansatz durchaus beachtenswert. Ein gutes Kosten-Nutzen-Verhältnis ist jedoch kaum zu erreichen, zumal beispielsweise in Nordrhein-Westfalen in der Vergangenheit routinierte Messtrupps im Flachland eine vergleichbare Messleistung von 2 km pro Stunde erreicht haben. Neue Konzepte für das motorisierte Nivellement mit dem Einsatz von beispielsweise E-Scootern sind zukünftig sicherlich eine Erprobung wert.

Der Nivellierlattenuntersatz als eine Komponente des Messsystems wurde in den letzten Jahren weiterentwickelt /Landmann 2016/. So werden in Nordrhein-Westfalen fast ausschließlich Lattenuntersätze Schweizer Bauart eingesetzt. Die aktuelle Variante verfügt über einen Magneten, sodass das Anheben über ein Anhaften am Lattenfuß rückenschonend erfolgt.

Aus Sicht des Autors tritt bezüglich aktueller Herstellerentwicklungen eine gewisse Ernüchterung ein, da sich diese zu wenig an den Bedürfnissen der Praxis orientieren. Gerne erinnert sich der Autor jedoch an eine seinerzeit eingeräumte Möglichkeit, ein Vorserienmodell des Leica DNA03 erproben zu können. Zwar war die Entwicklung zu dieser Zeit bereits soweit abgeschlossen, dass Verbesserungsvorschläge nicht mehr vollumfänglich berücksichtigt werden konnten, zumindest hat aber ein Vorschlag den Weg in die Serie gefunden.

Eine 2020 durchgeführte Umfrage zum DHHN2016 innerhalb der AdV ergab zusammengefasst Folgendes:

- Alle Landesvermessungsverwaltungen sehen die Notwendigkeit einer Aktualisierung der Feldanweisung für das Präzisionsnivellement /AdV 2009/.
- Mit großer Mehrheit wird für die Beibehaltung der Fehlergrenze aus Streckenwidersprüchen von 0,4 mm/km gestimmt. (Anmerkung: Obwohl in acht Bundesländern  $S_S$  kleiner 0,3 mm/km erreicht wurde. Nach Auffassung des Autors gilt auch in der Vermessung: „Ein gutes Pferd springt nicht höher als es muss“. Eine Anpassung der Fehlergrenze würde sicherlich einen positiven Einfluss auf die zukünftige Qualität haben.)
- Eine knappe Mehrheit sieht keine systematischen Fehlereinflüsse durch Hin- und Rückmessung am selben Tag. Dabei fällt jedoch auf, dass hier überwiegend ohne eigene Untersuchungen beurteilt wird. Unstrittig ist, dass auch in der Landesvermessung ökonomische Aspekte gelten.

- Ebenfalls eine knappe Mehrheit plädiert für die Anpassung der Fehlergrenze  $S_S$  hinsichtlich einer Normalverteilung. Dabei sollte neben der Standardabweichung  $S_S$  auch die Verteilung der Streckenwidersprüche zum Erkennen systematischer Effekte bestimmt werden.
- Allgemein wird eine Weiterentwicklung der Auswertesoftware gewünscht.

## 5 FAZIT

Das Nivellement ist auch in Zeiten von GNSS und Radarinterferometrie (vgl. u. a. /Riecken & Krickel 2019/) nicht ersetzbar und ist nach wie vor ein häufig unterschätztes Messverfahren. Das Genauigkeitspotenzial liegt unter guten Witterungsverhältnissen für Streckenwidersprüche  $S_S$  bei 0,2 mm/km. Die aktuelle Fehlergrenze in vielen Richtlinien stammt noch aus Zeiten, in denen u. a. ungeeignete Lattenuntersätze verwendet wurden /Landmann 2016/. Durch Anwendung des Messverfahrens RV (alternierendes und/oder systematisiertes Einspielen der Libelle), Nivelliergeräte mit besseren Barcodescannern und gegebenenfalls Einsatz von E-Scootern ließe sich das Messtempo bei mindestens gleicher Genauigkeit steigern und damit eine signifikante Kostenreduzierung erreichen. Hat man Einsinkeffekte im Griff und liegt somit eine symmetrische Normalverteilung der Streckenwidersprüche aus Hin- und Rückmessung vor, kann gegebenenfalls auch das Einfachnivellement, wie in Nordrhein-Westfalen bereits bei kleineren Schleifen praktiziert /Riecken et al. 2011/, häufiger angewendet werden. Schließlich ist primär der Schleifenschlussfehler das Maß für die Qualität eines Präzisionsnivellements ohne systematische Fehleranteile und als Bewertungskriterium kritisch heranzuziehen.

## LITERATUR

AdV (2009): Feldanweisung für die Präzisionsnivellements zur Erneuerung und Wiederholung des Deutschen Haupthöhennetzes (DHHN) im Zeitraum 2006 bis 2011, Stand 01.08.2009. <http://adv-online.de> (12/2020).

AdV (2017): Richtlinie für den einheitlichen integrierten geodätischen Raumbezug des amtlichen Vermessungswesens in der Bundesrepublik Deutschland (Rili-RB-AdV), Version 3.0, Stand 16.05.2017. <http://adv-online.de> (12/2020).

AdV (2018): Dokumentation „Die Erneuerung des Deutschen Haupthöhennetzes und der einheitliche integrierte geodätische Raumbezug 2016“ und Anlagen. <http://adv-online.de> (12/2020).

Feldmann-Westendorff, U.; Liebsch, G.; Sacher, M.; Müller, J.; Jahn, C.-H.; Klein, W.; Liebig, A.; Westphal, K. (2016): Das Projekt zur Erneuerung des DHHN: Ein Meilenstein zur Realisierung des integrierten Raumbezugs in Deutschland. In: Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement (zfv) 141(2016)5, 354–367.

Geobasis NRW (2020): Workshop „Präzisionsnivellements in Nordrhein-Westfalen“ für Vermessungsstellen in NRW (unveröffentlicht).

Landmann, J. (2016): Froschforschung. In: VDVmagazin 2016(5).

Riecken, J.; Boje, R.; Schuler, H.-D.; Schaefer, W. (2011): Die Nutzung von Einfachmessungen für Präzisionsnivellements in Gebieten mit Bodenbewegungen in Nordrhein-Westfalen. In: Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement (zfv) 136(2011)1, 2–8.

Riecken, J.; Ziem, E. (2017): Im kommunalen Kontext: der bundeseinheitliche geodätische Raumbezug. In: allgemeine vermessungs-nachrichten (avn) 124(2017)7, 220–226.

Riecken, J., Krickel, B. (2019): Bodenbewegungsmonitoring im geodätischen Raumbezug. In: allgemeine vermessungs-nachrichten (avn) 126(2019)8-9, 163–169.

Riecken, J.; Krickel, B.; Gefeller, V.; Reifenrath, P. (2019): Nutzung der Radarinterferometrie im geodätischen Raumbezug. In: Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement (zfv) 144(2019)6, 354–361.

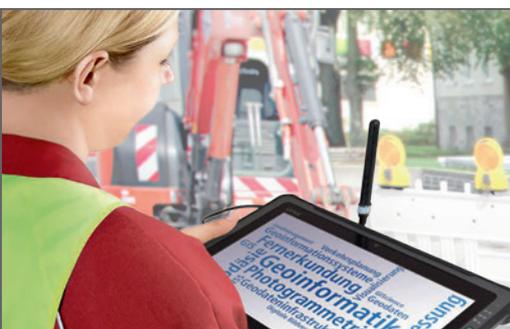
Sacher, M. (2013): Präsentation beim DHHN Workshop Hannover 2013 (unveröffentlicht).

Dipl.-Ing. Jörg Landmann

BEZIRKSREGIERUNG KÖLN  
GEOBASIS NRW, DEZERNAT 71 –  
DATENSTANDARDS, RAUMBEZUG

Muffendorfer Straße 19–21 | 53177 Bonn  
[joerg.landmann@bezreg-koeln.nrw.de](mailto:joerg.landmann@bezreg-koeln.nrw.de)







# Wichmann

**Technikwissen punktgenau:**

## Das Standardwerk des Vermessungswesens – von der Landesvermessung bis zur Ingenieur-geodäsie

Im Mittelpunkt des Standardwerkes für Studierende und Praktiker stehen die vermessungstechnischen Aufgaben, die mit der Erstellung und Überwachung von Bauwerken verknüpft sind.

Preisänderungen und Irrtümer vorbehalten. Das Kombiangebot bestehend aus E-Book und Buch ist ausschließlich auf [www.vde-verlag.de](http://www.vde-verlag.de) erhältlich. Dieses Buch ist für das Studium geeignet.

Bestellen Sie jetzt: (030) 34 80 01-222 oder [www.vde-verlag.de/buecher/537657](http://www.vde-verlag.de/buecher/537657)



**9., neu bearbeitete und erweiterte Auflage**

**2020. 780 Seiten**

**36,- €** (Buch/E-Book)

**50,40 €** (Kombi)





Verb.-Nr. 2162044