

Die Nutzung von Einfachmessungen für Präzisionsnivellements in Gebieten mit Bodenbewegungen in Nordrhein-Westfalen

Jens Riecken, Reiner Boje, Hans-Dieter Schuler und Werner Schaefer

Zusammenfassung

Der Artikel beschreibt die Nutzung von Einfachmessungen für Präzisionsnivellements (Messung in nur einer Richtung) in Gebieten mit Bodenbewegungen in Nordrhein-Westfalen, die in die Erneuerung des DHHN 2006–2011 eingebunden werden.

Nordrhein-Westfalen ist zu etwa einem Drittel der Landesfläche bergbaulichen und tektonischen Einflüssen ausgesetzt, wodurch teils massive Änderungen in Lage, Höhe und Schwere auftreten. Großräumige, über einen längeren Zeitraum angelegte Präzisionsnivellements sind in diesen betroffenen Landesteilen mit den einzuhaltenden Genauigkeitsanforderungen in üblicher Form nicht möglich. Dem Wunsch nach engmaschigen Netzen und somit einem großflächigen Angebot an Höheninformationen stehen rückläufige finanzielle und personelle Ressourcen des Landes und der beteiligten Kommunen, Verbände und Bergbaubetreiber entgegen. Um dennoch großräumige Messungen zu ermöglichen, wurden beim Leitnivellement 2009 erstmals umfangreiche »Einfachmessungen« als Präzisionsnivellement im Rheinischen Braunkohlenrevier durchgeführt. Der durch die Einfachmessungen zu erwartende Genauigkeitsverlust soll durch eine optimierte Netzkonfiguration sowie Verkürzung der Messzeiten ausgeglichen werden.

Erste Erfahrungswerte und Ergebnisse des Präzisionsnivellements im Netz »Rheinbraun« 2009 werden vorgestellt. Hierbei wird auf die Gesichtspunkte der Qualitätssicherung, Wirtschaftlichkeit und Logistik eingegangen.

Summary

This article describes the use of one way precise levelling in areas of ground movements in North-Rhine Westphalia, Germany. It takes into account the measurement of the German first order levelling network between 2006 and 2011.

About one third of the area in North-Rhine Westphalia is affected by mining and tectonic activities resulting in partly massive changes of the surface elevation and position. Classical precise levelling campaigns, which guarantee the necessary accuracy, are not possible in these areas. In addition declining personal and financial resources of all participating parties do affect the levelling projects. For the first time one way precise levelling was tested in 2009 to partly substitute the classical two way levelling method. The occurring loss of accuracy should be restricted by the configuration of the levelling network and the use of digital instruments.

First experiences and results of the levelling campaign 2009 in the open mining region »Rheinbraun« will be presented. Aspects will be the quality management, the economic viability and organisational issues.

Schlagworte: Präzisionsnivellement, Einfachmessungen, Bodenbewegungen, Wirtschaftlichkeit, Qualitätssicherung

1 Vorschriften

Unter Berücksichtigung der bundesweit gültigen »Feldanweisung zur Durchführung von Präzisionsnivellements« für das DHHN 2006–2011 hat die Bezirksregierung Köln, Abteilung 7 (Geobasis NRW), in Abstimmung mit der Bezirksregierung Arnsberg, Abteilung 6 (Bergbau und Energie in NRW), »Vorläufige Richtlinien zur Durchführung von Präzisionsnivellements in Nordrhein-Westfalen« erarbeitet. Die Einfachmessungen im Präzisionsnivellement werden hierin erstmals aufgenommen – zunächst noch mit einem vorläufigen Charakter. Nach Wertung und Einarbeitung der Ergebnisse des Präzisionsnivellements im Bodenbewegungsgebiet »Rheinbraun« 2009 soll die Nutzung von Einfachmessungen festgeschrieben werden; die Richtlinien werden eine Anlage zum geplanten Erhebungsplan NRW bilden.

2 Verwaltungsstrukturreform in Nordrhein-Westfalen

Seit dem 1. Januar 2008 ist die Landesvermessung Nordrhein-Westfalens im Zuge der Verwaltungsstrukturreform in die Abteilung 7 der Bezirksregierung Köln überführt, einhergehend mit einem drastischen Personalabbau im Außendienst und der Aufstockung der Vergabemittel für die Durchführung der Messungen durch die Privatwirtschaft. Für die Aufgaben des Präzisionsnivellements verbleibt lediglich ein landeseigener Messtrupp.

Als Umsetzung dieser politischen Vorgabe »Privat vor Staat« werden die jährlichen Vergabemittel seit 2008 zu großen Teilen für die Präzisionsnivellements auf den Linien des DHHN und für die Arbeiten in den Bodenbewegungsgebieten verwendet (Schuler u.a. 2010). Nur noch in geringem Umfang werden eigene Messungen des Landes im Bereich der Unterirdischen Festlegungen, bei Messungen in die Niederlande und Belgien hinein und bei »Sondermessungen« wie zum Beispiel dem Stromübergangsnivellement vorgenommen.

Parallel zu den organisatorischen Änderungen erfolgt eine grundsätzliche Neukonzeption der Kernaufgaben im geodätischen Raumbezug, die insbesondere den techni-

schen Entwicklungen seit der Einführung des Satellitenpositionierungsdienstes SAPOS Rechnung trägt (Riecken 2010). Das Ergebnis ist die Einstellung der Arbeiten im klassischen Lagefestpunktfeld und die Einstellung eigener Arbeiten im Höhenfestpunktfeld 2. und 3. Ordnung in bodenbewegungsfreien Gebieten. Kernaufgabe bleibt die Erhaltung eines hinreichend dichten und flächendeckenden Festpunktfeldes als Teil des DHHN für die Landesfläche Nordrhein-Westfalens (DHHN-NRW) und der Nachweis und die Dokumentation von Höhenänderungen in Bodenbewegungsgebieten. Mit dieser Konzeption wird künftig die Realisierung und Bereitstellung des Raumbezuges in Nordrhein-Westfalen als Teil eines bundeseinheitlichen Raumbezuges umgesetzt.

3 Bodenbewegungsgebiete in Nordrhein-Westfalen

Die Landesfläche von Nordrhein-Westfalen ist in den Regionen Ruhrgebiet, linker Niederrhein, Ibbenbürener-, Aachen-Erkelenzer-Steinkohlerevier, Rheinisches Revier und Eifel bergbaulichen und tektonischen Einflüssen ausgesetzt. Dadurch treten teils massive Änderungen in Lage, Höhe und Schwere auf, weshalb sie in festgelegten zyklischen Beobachtungszeiträumen messtechnisch bestimmt werden müssen. In diesen Gebieten werden sogenannte »Leitnivellements« möglichst flächendeckend und in engen Zeiträumen mit der entsprechenden Anzahl an Messtrupps durchgeführt (Spata 2007). Nur so ist eine homogene Messepoche für einen bestimmten Zeitpunkt realisierbar, die an stabile Gebiete rechnerisch angeschlossen wird. Die Auswertungen engmaschiger Linienverläufe garantieren eine genauere Betrachtungs-

weise von Bodenbewegungen in der Fläche, steigern die Genauigkeit und schützen das gesamte Messprojekt vor Totalausfällen, da Nachmessungen zu einem wesentlich späteren Zeitpunkt bei ungleichmäßig verlaufenden Bodenbewegungen nicht mehr möglich sind.

Die Bodenbewegungsgebiete in Nordrhein-Westfalen unterscheiden sich in ihrem vertikalen Bewegungsverhalten in folgende Kategorien:

- Tektonische Bodenbewegungen (0–3 mm/Jahr)
- Senkungen bzw. Hebungen (~10–70 mm/Jahr) durch Absenkungen bzw. Anstieg des Grundwassers
- Senkungen durch Steinkohlenabbau (bis zu 800 mm/Jahr)

Je nach Ursache und Umfang der Bodenbewegungen unterscheiden sich die Ausdehnung, die Netzkonfiguration und Messungszeitpläne in den betroffenen Gebieten (Abb. 1).

4 Die Nutzung von Einfachmessungen im Präzisionsnivellement

Präzisionsnivellements werden generell in Hin- und Rückweg durchgeführt. Dies sichert einerseits die ermittelten Höhenunterschiede, verhindert systematische Einflüsse und steigert die Genauigkeit. Des Weiteren werden statistische Fehlermaße aus den Differenzen zwischen Hin- und Rückmessung ermittelt, die der Qualitätssicherung und der Beurteilung der Messungen dienen.

Engmaschige Nivellementnetze liefern die geforderten flächenhaften Höheninformationen, bedürfen allerdings einer hinreichenden Anzahl an Messtrupps. Die Reduzierung der Messleistung der Landesvermessung auf einen

Messtrupp wird zwar einerseits durch Vergabemittel kompensiert, andererseits wird es durch die in den letzten Jahren stetig rückläufigen personellen Ressourcen der Kommunen, Verbände und Bergbaubetreiber immer schwieriger, den erforderlichen Umfang an Messungen sicherzustellen.

Um die verbleibenden Ressourcen besser zu nutzen, wurden in 2009 erstmalig beim Präzisionsnivellement im Bodenbewegungsgebiet »Rheinbraun« die bisher bei amtlichen Messungen unüblichen »Einfachmessungen« (Messung in nur einer Richtung) genutzt. Der durch Einfachmessung zu erwartende Genauigkeitsverlust soll durch verbesserte Netzkonfiguration in Form zusätzlicher Linien ausgeglichen werden. Damit wer-

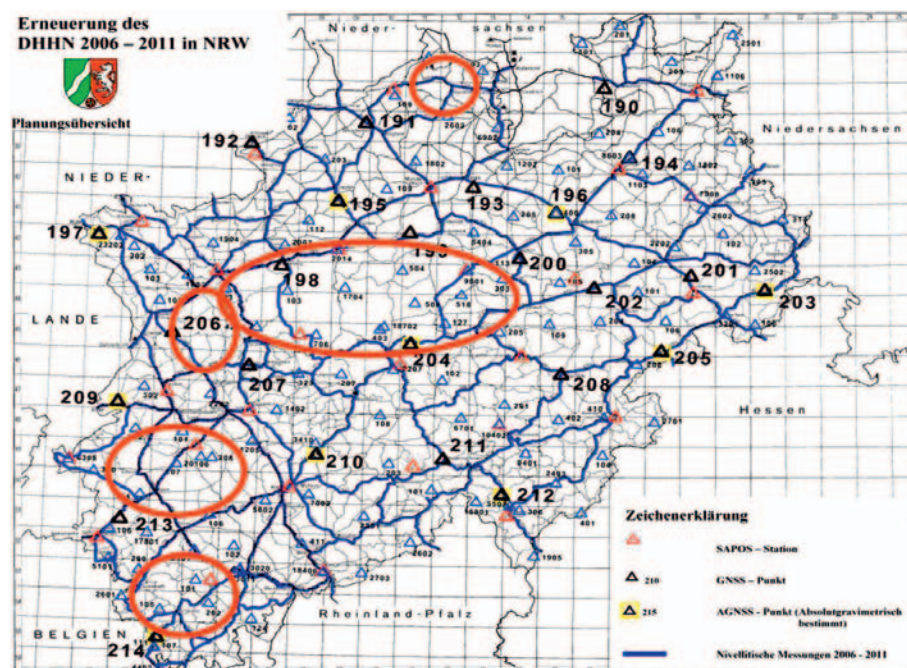


Abb. 1: DHHN und Bodenbewegungsgebiete Nordrhein-Westfalen

den zudem weitere Nivellementpunkte beobachtet, die das flächenhafte Bewegungsverhalten noch dichter erfassen. Die Beobachtungen der Netzlinien durch Einfachmessungen erfolgen in kürzerer Zeit und vermindern somit eine eventuelle Beeinträchtigung der Messgenauigkeit durch Bodenbewegungen während der Messkampagne.

Vorläufig waren von Bezirksregierung Köln und RWE Power eingehende Untersuchungen und Genauigkeitsbetrachtungen auf der Basis vorliegender Messungselemente der Nivellements 2005 und 2007 (Aachener- und Erkelenzer-Steinkohlenrevier) durchgeführt worden. Diese Untersuchungen bestätigten die Erwartungen hinsichtlich der erzielbaren und geforderten Genauigkeiten und entsprachen den Erfahrungen bei RWE Power, die bereits seit Jahren erfolgreich Einfachmessungen – bei entsprechender Netzkonfiguration – in Ortslagenmessungen einsetzen.

Dem Grundkonzept der Einbindung von Einfachmessungen liegt ein in klassischer Hin- und Rückmessung bestimmter Umring inklusive eines Grundgerüsts zugrunde. In dieses Grundgerüst eingebettet sind Präzisionsnivellements, die in einfacher Richtung gemessen und zu Schleifen zusammengefügt werden. Deren Schleifenschlussfehler muss kurzfristig bestimmbar sein, um grobe Messfehler auszuschließen bzw. kurzfristige Nachmessungen zu ermöglichen. Eine weitere Vermeidung von groben Messfehlern wird erreicht, in dem nur solche Messtrupps Einfachmessungen durchführen, die ausreichende Erfahrungen im Präzisionsnivellement haben.

Zur Qualitätssicherung wird in den bereits erwähnten vorläufigen »Richtlinien zur Durchführung von Präzisionsnivellements in Nordrhein-Westfalen« gefordert (siehe auch Abb. 2):

- Eine Kontrolle durch Schleifenwidersprüche muss zeitnah durch die messende Stelle möglich sein. Als Schleifenschlusswiderspruch ist wie bei Schleifen im Doppelnivellement auch im Einfachnivellement der Fehler $Z_U = \pm 2 \sqrt{U}$ [mm] einzuhalten. U ist hierin der Schleifenumfang in km.
- Einfachnivellements müssen in Schleifen eingebunden sein (bzw. angeschlossen werden können), welche in Hin/Rück-Messung bestimmt wurden.
- In den Messgebieten müssen gleiche Bewegungsgradienten (Vertikalbewegung/Zeit) über längere Zeiträume auf den zu beobachtenden Linien vorliegen. Abb. 7 zeigt einen typischen Zeitsenkungsverlauf eines Nivellementpunktes.

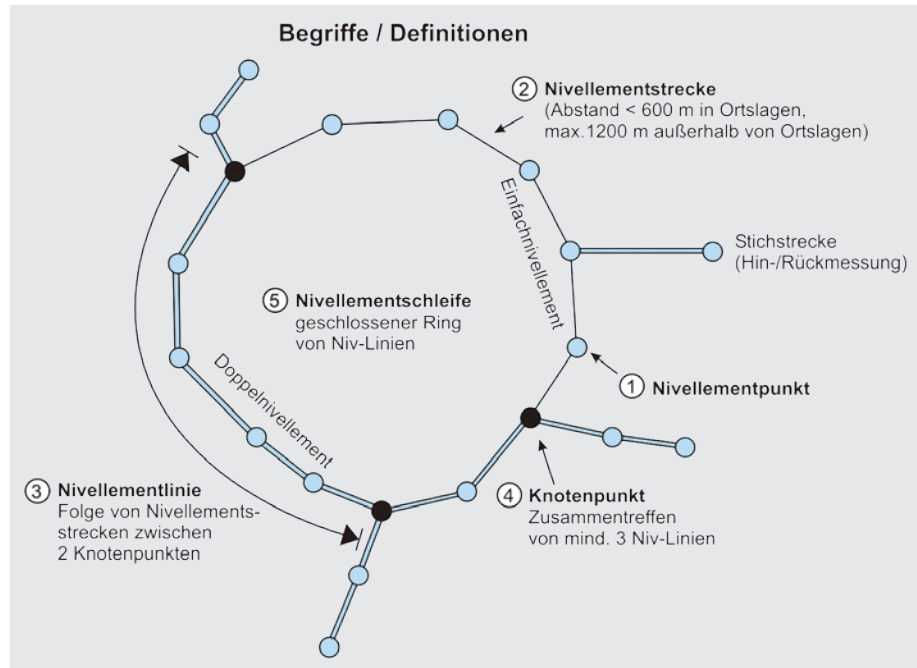


Abb. 2: Begriffe und Definitionen

- Die Schleifen sollen einen Umfang von 30km unterschreiten.
- Einfachmessungen dürfen nicht auf den Linien des DHHN durchgeführt werden.

Bei der Erstellung des Netzentwurfs für das Bodenbewegungsgebiet »Rheinbraun« sind in zwei Teilnetzen insgesamt 667km als Einfachmessungen (blaue Linien in Abb. 3) vorgesehen. Dies entspricht insgesamt 28% des gesamten Messumfangs.

Die Messungen wurden schwerpunktmäßig in der Zeit vom 20.4. bis 20.5.2009 durchgeführt. Auf Linien mit stärkeren Bodenbewegungen wurden hierzu detaillierte Zeitpläne vorgegeben, um einen homogenen Messungsablauf in diesen Gebieten zu gewährleisten. In den bodenbewegungsfreien Randgebieten wurden die Messungen zum Teil nach dem 20.5. bis 12.6.2009 ausgeführt.

4.1 Erkundung und Verfestigung

Die Erkundung und Verfestigung erfordert genaue Kenntnisse der Struktur und der Stabilität der zu messenden lokalen Bereiche, insbesondere in den bekannten Bodenbewegungsgebieten. Entsprechende Metadaten zum Raumbezugspunktfeld werden bei der Landesvermessung geführt.

Die Erkundung und Verfestigung der DHHN-Linien und der Hauptgerüstlinien des Präzisionsnivellements im Bodenbewegungsgebiet »Rheinbraun« 2009 wird ausnahmslos in Eigenregie als Teil der landesseitigen Qualitätssicherung durchgeführt. Für die Erkundungsvorbereitung werden die Erkundungsunterlagen der zu messenden Nivellementlinien zusammengestellt. Dazu gehören neben den Höhenfestpunkten auf den geplanten Linien die

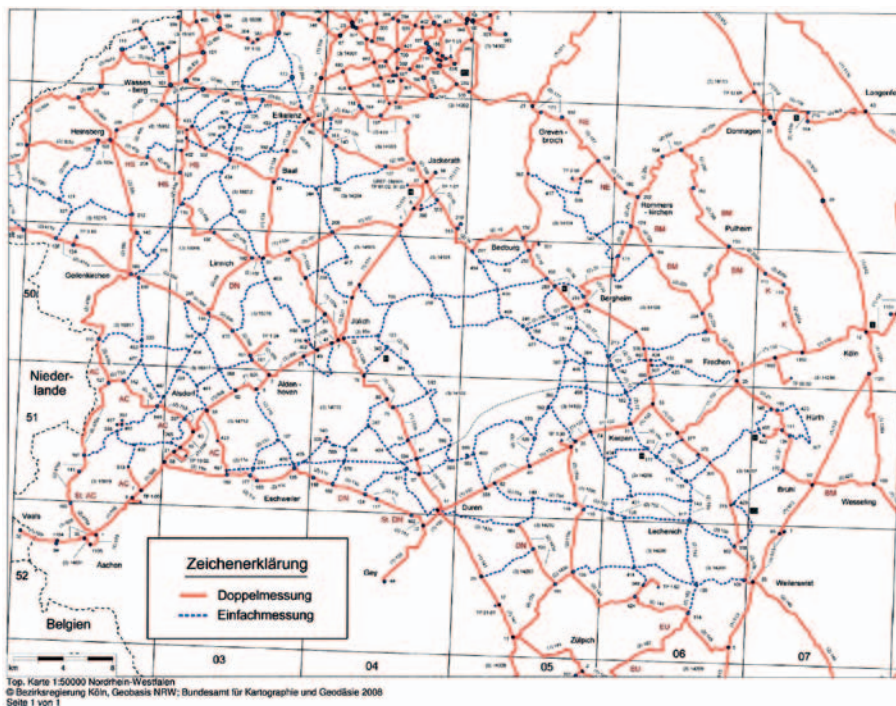


Abb. 3: Auszug aus dem Netzentwurf im Bodenbewegungsgebiet »Rheinbraun«

in der örtlichen Nähe liegenden Geodätischen Grundnetzpunkte (GGP), die als wesentlicher Teil des Raumbezugspunktfeldes an das DHHN angeschlossen werden sollen. Bei der der Messung vorausgehenden Erkundung werden zerstörte Höhenfestpunkte ersetzt, die Erhebungsdaten auf den neuesten Stand gebracht und Besonderheiten wie beispielsweise die Verkehrssituation erfasst.

In einer Vorwegübernahme werden diese Daten in den amtlichen Festpunktnachweis PFIFF (Programm für die integrierte Fortführung von Festpunkten) übernommen. Aus diesem aktualisierten Nachweisdatenbestand werden die Messungsunterlagen für die Präzisionsnivellements abgeleitet.

4.2 Sondermessungen

Da Hauptgerüstlinien des Präzisionsnivellements »Rheinbraun« 2009 auch zugleich als Linien in die Berechnung des DHHN 2006–2011 eingehen, werden die östlichen Randlinien durch weitere rechtsrheinische Linien des DHHN zur Schleifenbildung und Qualitätssicherung integriert. Dazu muss der Rhein an mehreren Stellen nivellistisch überquert werden. Die »vermessungstechnische geometrische Überquerung« des Rheins mittels des sogenannten Stromübergangsnivellements stellt für die Messtruppe eine hohe Herausforderung dar. Stromübergangsmessungen (Abb. 4) werden beiderseits von Flüssen durchgeführt, deren Ufer mehr als 100 Meter voneinander entfernt sind und wo ggf. vorhandene Brücken aufgrund des Verkehrsaufkommens und den damit einhergehenden Bauwerksschwingungen für nivellistische Überquerungen ungeeignet sind (Brückensperrungen sind heute aufgrund des Verkehrsaufkommens faktisch unmöglich).

Für die sehr langen Zielweiten gibt es spezielle Stromübergangsausrüstungen, die es mit einem Doppelinstrumentarium gleichzeitig jeweils an beiden Ufern erlauben, die hierbei auftretenden Refraktions- und Erdkrümmungsfehler zu eliminieren bzw. zu minimieren.

Mit dieser Messmethode wurden im Mai 2009 in Bonn, Köln, Dormagen, Düsseldorf, Uerdingen, Rees und Emmerich Stromübergangsnivellements durchgeführt. Die Integration dieser Messungen in die DHHN-Präzisionsnivellements und deren Schleifenbildung ergibt gute Ergebnisse mit Schleifenschlüssen von durchschnittlich < 5 mm.

4.3 Qualitätssicherung

Anfang 2009 führte die Bezirksregierung Köln, Abteilung 7, drei Workshops zu den nivellitischen Arbeiten im DHHN und den Bodenbewegungsgebieten durch. Ziel der Workshops war eine Information über die geplanten Vorhaben sowie über die Anforderungen an diese Arbeiten. Den Beteiligten, die keine oder nur geringe Erfahrung in der Durchführung von Präzisionsnivellements besaßen, wurde vor Messungsbeginn noch ein zusätzlicher Praxisworkshop angeboten (Schuler u. a. 2010).

Eine weitere Maßnahme zur Qualitätssicherung stellt das Aufsuchen aller Beteiligten während der Messung dar. Hierbei wird sowohl die Sicherheitsausrüstung (persönliche Schutzausrüstung, Sicherung der Vermessungsstelle) als auch die Geräteausstattung der Vermessungstruppe vor Ort besichtigt. Dabei können erkannte Mängel gleich angesprochen und beseitigt werden. Gleichzeitig bietet



Abb. 4: Stromübergangsmessung bei Bonn

sich die Gelegenheit, noch offene Fragen in der Praxis zu klären. Zur Gewährleistung einer standardisierten, vollständigen Datenabgabe stellt das Land die erforderlichen Programmsysteme und Beratungsleistungen (kostenfrei) zur Verfügung.

Nach Abgabe der Vermessungsschriften werden die Messdaten auf Vollständigkeit, Plausibilität, Einhaltung der Fehlergrenzen, Durchführung von Prüfungen und Justierungen und sonstige Besonderheiten geprüft. In Testberechnungen werden die einzelnen Arbeiten zusammengefügt und mittels freier Ausgleichungen auf Netzspannungen und mögliche Schleifenschlussfehler untersucht.

4.4 Messauswertung

Es ist die Aufgabe eines jeden Beobachters, vor Ort seine Messungen auf Fehler hin zu überprüfen: Bei Doppelmessung durch die Differenz (Fehlergrenze) zwischen Hin- und Rückmessung, bei Einfachmessung im Vergleich des Höhenunterschiedes zur letzten Messung auf grobe Fehler. In Bodenbewegungsgebieten ist letztere Kontrolle nur bedingt möglich, weshalb hier die Schleifenschlussfehler zeitnah berechnet werden müssen.

Die während der Messung gewonnenen Ergebnisse müssen zeitnah der Abteilung 7 der Bezirksregierung Köln übermittelt werden, wo die von den verschiedenen Messtrupps beigebrachten Daten der einzelnen Linienabschnitte zu Schleifen zusammengefügt werden. Priorität haben dabei die Schleifen in den Bodenbewegungsgebieten, um eventuell größere Differenzen oder Fehler zu lokalisieren und ggf. entsprechende Nachmessungen unmittelbar zu veranlassen.

Nach Abschluss aller Messungen werden die übermittelten Daten aus den einzelnen Teilaufträgen einer Zwischenverarbeitung mit Anbringung von Temperatur- und individuellen Lattenmeterverbesserungen unterzogen. Danach werden sie schrittweise zu einem Gesamtnetz zusammengefügt. Es erfolgt die Gesamtausgleichung in-

klusive der Festlegung der Anschlusspunkte. Die Gewichtung der Linienabschnitte mit Einfachmessung wird mit dem Faktor $\sqrt{2}$ herabgesetzt, um eine Ausgleichung in einem Guss zu ermöglichen.

Das Gesamtnetz des Präzisionsnivellements »Rheinbraun« 2009 kann durch Verdichtungen in den Kernbereichen mit der Nutzung von Einfachmessungen im Vergleich zu den vorangegangenen Kampagnen (2001: 2.092 Doppelkilometer (Dkm), 2005: 2.177 Dkm) bei insgesamt geringeren Ressourcen auf nun 2.398 km Netzlinien wiederum erweitert werden. Die zusätzlichen Netzlinien verbessern insbesondere die Netzgeometrie in den Bodenbewegungsgebieten. Als weiterer positiver Nebeneffekt werden gegenüber 2005 ca. 300 zusätzliche Nivellementsunkte bestimmt.

Unter Berücksichtigung der einfach gemessenen Liniensegmente (Ekm) reduziert sich die Messleistung damit faktisch auf insgesamt 2.064 Dkm.

Bei der Genauigkeitsbetrachtung der Schleifenschlüsse ergibt sich das in Tab. 1 dargestellte Ergebnis.

Die durch Einfachmessung gebildeten Schleifen bringen zwar einen kleinen, aber signifikanten Genauigkeitsverlust mit sich, im Gegenzug ermöglichen sie auch die bereits beschriebene Verdichtung des Gesamtnetzes.

Die Berechnung der Schleifenschlüsse (Abb. 5) zeigt Abweichungen im Millimeterbereich, sodass die angestrebte Genauigkeit der amtlichen Nivellements festpunkte ebenfalls im Bereich von wenigen Millimetern gewährleistet

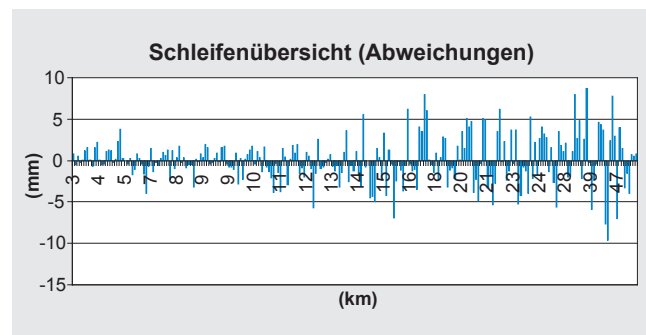


Abb. 5: Berechnung der Schleifenschlüsse

Tab. 1: Genauigkeitsbetrachtung

	Netz 2001	Netz 2005	Netz 2009
Umfang	2092 Dkm	2177 Dkm	1731 Dkm, 667 Ekm
Amtliche NivP	4142	4307	4618
Anschlusspunkte	17	17	14
Schleifen	191	192	241
... Fehlergr. 1. Hälfte	175 = 91,6 %	181 = 94,3 %	210 = 87,1 %
... Fehlergr. 2. Hälfte	16 = 8,4 %	11 = 5,7 %	31 = 12,9 %
... davon Dkm	16 = 8,4 %	11 = 5,7 %	7 = 2,9 %
... davon Ekm-	—	—	24 = 10,0 %
...-schlussfehler Ø	1/5 der Fehlergrenze	1/5 der Fehlergrenze	1/4 der Fehlergrenze

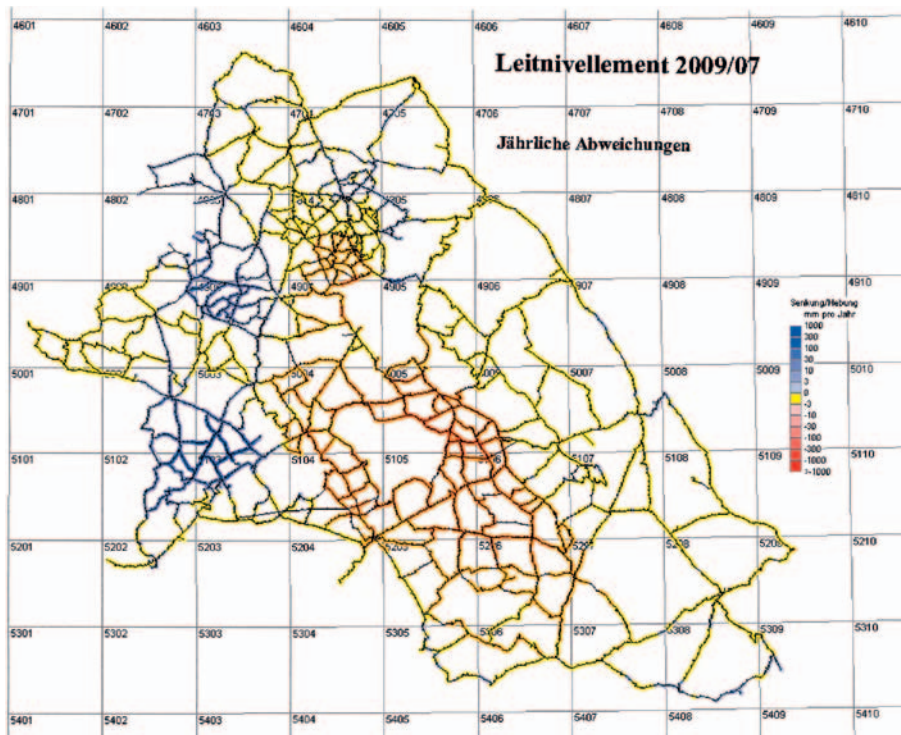


Abb. 6: Abgeleitete jährliche Bewegungen in einem Teilgebiet »Rheinbraun« (rot = Senkungen, blau = Hebungen)

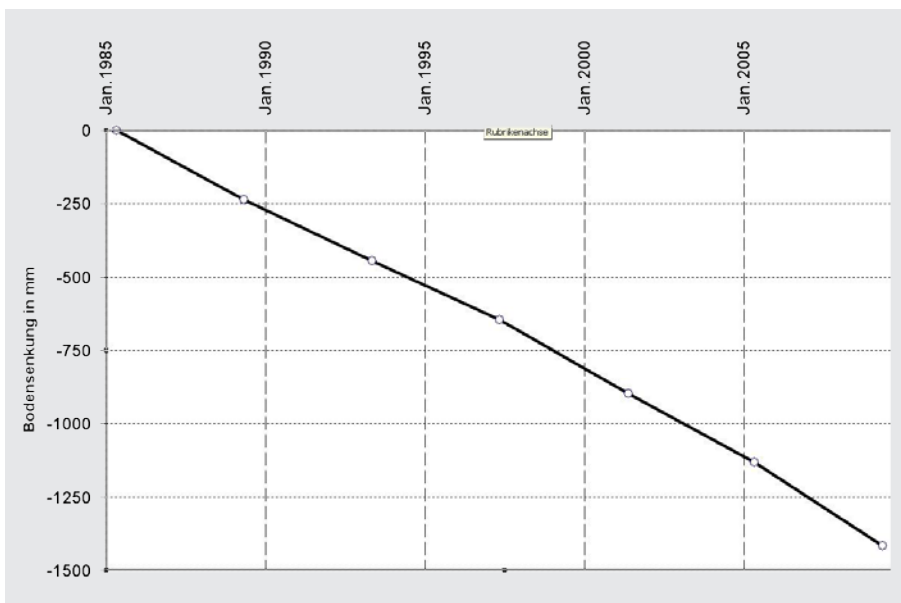


Abb. 7: Typisches Zeitsenkungsdiagramm eines Nivellementpunktes (Elsdorf)

wird. Die in den Richtlinien geforderten Schleifenschlussfehler werden eingehalten.

Aus dem Vergleich der Messungen zu denen der vorausgegangenen Kampagne lassen sich unmittelbar Bewegungsvektoren ableiten (Abb. 6 und 7).

5 Beurteilung der Einfachnivellements, Wirtschaftlichkeit

Bei RWE Power findet eine permanente Qualitätssteigerung der Prozesse durch den kontinuierlichen Verbesserungsprozess (KVP) unter Einbindung aller Organisationseinheiten statt. Ein KVP-Team hat sich mit der Durchführung von Präzisionsmessungen im Einflussbereich der Grundwasserabsenkung befasst. Dabei wurde die Idee entwickelt, Einfachmessungen, die bisher bei sogenannten Ortslagenmessungen durchgeführt werden, auch bei den »amtlichen« Messungen einzusetzen. Ortslagenmessungen erfassen flächenhaft das Bewegungsverhalten einzelner Ortslagen mit hoher Genauigkeit und zeichnen sich durch eine hohe Effektivität bei großer Aussagekraft der Messergebnisse aus. Mehr als 150.000 Festpunkte werden turnusmäßig auf Bodenbewegungen beobachtet.

Die langjährigen Erfahrungen mit derartigen Netzbeobachtungen in Verbindung mit der Genauigkeitssteigerung der Höhenbeobachtungen durch den Einsatz von Digitalnivellieren ließen erwarten, dass dieses Verfahren grundsätzlich eingesetzt werden kann.

Auf Basis der oben beschriebenen Voruntersuchungen wurden im Leitnivellement 2009 667 km als Einfachmessung beobachtet. Zusätzliche Linien von ca. 300 km Länge verbesserten die Netzgeometrie und erhöhten die Informationsqualität des Bodenbewegungsverhaltens. Während sich zwar der Erkundungsaufwand durch die zusätzlichen Linien erhöht hat, die Messungen jedoch in deutlich kürzerer Zeit abgeschlossen wurden, konnte im Vergleich zu Doppelmessungen für diese Strecken der Gesamtaufwand (Erkundung + Messung) um ca. 30% reduziert werden.

6 Fazit

Die Konzeption beim Präzisionsnivellement im Bodenbewegungsgebiet »Rheinbraun« 2009 sah knapp 30% des Netzes als Einfachmessungen mit einer entsprechend geringeren Gewichtung dieser Messungen bei der Auswertung vor. Die dargelegten Ergebnisse belegen eine leicht signifikante Verschlechterung der Schleifenschlussfehler, die jedoch zu erwarten war. Die geforderten Fehlergrenzen werden eingehalten. Mit der Einführung von Einfachmessungen wird – trotz geringerer personeller Ressourcen – die erforderliche Netzdichte gewährleistet bzw. erhöht. Die angestrebten Kosteneinsparungen werden erfüllt.

Die gewonnenen Erfahrungen bei der Nutzung von Einfachmessungen sollen künftig unter Beachtung der dargestellten Anforderungen auf andere Bodenbewegungsgebiete übertragen werden. Sie werden eingearbeitet in die Richtlinien zur Durchführung von Präzisionsnivellements in Nordrhein-Westfalen, die eine Anlage zum geplanten Erhebungserlass NRW bilden sollen.

Neben diesen Vorschriften werden die erhöhten organisatorischen Anforderungen und das erforderliche Mess-Know-how stärker zu beachten sein.

Literatur

- Riecken, J.: Geodätischer Raumbezug 2015 in NRW. zfv 4/2010, S. 219–225, 2010.
 Schuler, H.-D.; Güth, H.-D.; Riecken, J.: Arbeiten im Projekt DHHN 2006–2011 in Nordrhein-Westfalen. NÖV 1/2010, S. 57–64, 2010.
 Spata, M.: Zur Überwachung der Bodenbewegungen in den Bergbaurevieren von Nordrhein-Westfalen durch langjährige Leitnivellements. Wissenschaftliche Schriftenreihe im Markscheidewesen, Heft 21, Leipzig, 2007.

Anschriften der Autoren

Dr.-Ing. Jens Riecken
 Ministerium für Inneres und Kommunales NRW, Referat 32
 Haroldstraße 5, 40190 Düsseldorf
 jens.riecken@mik.nrw.de

Dipl.-Ing. Reiner Boje
 Bezirksregierung Köln, Dezernat 71 – Datenstandards, Raumbezug
 Muffendorfer Straße 19–21, 53177 Bonn
 reiner.boje@bezreg-koeln.nrw.de

Dipl.-Ing. Hans-Dieter Schuler
 Bezirksregierung Köln, Dezernat 71 – Datenstandards, Raumbezug
 Muffendorfer Straße 19–21, 53177 Bonn
 hans-dieter.schuler@bezreg-koeln.nrw.de

Assessor des Markscheidefachs Dipl.-Ing. Werner Schaefer
 RWE Power Aktiengesellschaft, PCO-M Bergschäden-Markscheiderei
 Stüttgenweg 2, 50935 Köln
 werner.schaefer@rwe.com