

# Neuer Raumbezug 2016 für NRW

Bernd Krickel, Enrico Kurtenbach, Jens Riecken

## Einleitung

In der Geschichte Europas sind in den vergangenen Jahrhunderten, bedingt durch lokale Interessen der einzelnen europäischen Staaten, zahlreiche verschiedene Bezugs- und Abbildungssysteme definiert worden. Bei der Festlegung dieser Systeme wurden die Aspekte einer großräumigen Betrachtung nicht berücksichtigt. Eine länderübergreifende Zusammenführung der Geobasis- und Geofachdaten war in der Regel nur durch hohen Arbeitsaufwand realisierbar. Ende des 20. Jahrhunderts erwies sich eine solche regionale Betrachtungsweise, insbesondere durch die Etablierung der Satellitenvermessung und die fortschreitende Entwicklung im Bereich der Geoinformation, zunehmend als hinderlich. So wurde die Forderung nach einheitlichen europaweiten Bezugssystemen immer größer.

Einheitliche europaweite Bezugssysteme sind heute Grundlage für den geodätischen Raumbezug, der als grundlegende Infrastruktur allen Nutzergruppen raumbezogener Daten bereitgestellt wird. Der geodätische Raumbezug wird durch dauerhaft vermarktete Festpunkte repräsentiert, die mit ihren Komponenten Lage, Höhe und Schwere ein dreidimensionales Grundnetz bilden.

Geobasis NRW hat für Nordrhein-Westfalen die Aufgabe, den Raumbezug in all seinen Komponenten zu erheben, zu führen und bereitzustellen.

Die Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV) koordiniert bundesweit diese Aufgaben und passt die Anforderungen an den Raumbezug dem Fortschritt der Messtechniken und Verfahrensabläufe an, in Analogie zum § 1 (1) VermKatG NRW:

**§ 1 Aufgaben (1):** *Das amtliche Vermessungswesen umfasst als öffentliche Aufgabe die Erhebung, Führung und Bereitstellung der Daten der Landesvermessung und des Liegenschaftskatasters. Die Aufgabenerfüllung des amtlichen Vermessungswesens ist ständig dem Fortschritt von Wissenschaft und Technik anzupassen.*

Die AdV hat 2004 den strategischen Beschluss zu einem integrierten Raumbezug gefasst, der 2014 in die

aktualisierte Fassung der „Richtlinie für den einheitlichen integrierten geodätischen Raumbezug des amtlichen Vermessungswesens der Bundesrepublik Deutschland“ (AdV 2014) mündete.

In dem vorliegenden Beitrag soll aufgezeigt werden, welche Auswirkungen und Möglichkeiten in Nordrhein-Westfalen die Ende 2016 anstehende Einführung des einheitlichen integrierten geodätischen Raumbezugs haben wird. Schwerpunkt wird dabei die Realisierung des Raumbezugs sowie deren Bereitstellung und Nutzung sein.

## 1 Einheitlicher integrierter geodätischer Raumbezug

Das AdV-Projekt „Wiederholungsmessungen im Deutschen Haupthöhennetz (DHHN)“ war die messtechnische Grundlage für ein neues Verständnis vom geodätischen Raumbezug. Auf die Beweggründe, das DHHN zwischen den Jahren 2006 und 2012 neu zu messen, soll an dieser Stelle nicht weiter eingegangen werden. Es wird diesbezüglich auf die ausführlichen Darstellungen in (Feldmann-Westendorff u.a. 2016) verwiesen.

Heute spricht man vom „integrierten geodätischen Raumbezug“ und versteht darunter in der Landesvermessung erstmalig eine ganzheitliche Betrachtungsweise der bislang getrennten geometrisch und physikalisch definierten Komponenten „Lage, 3D-Position, Höhe bzw. geopotentielle Kote und Schwere“, eine Sichtweise, wie sie Helmert vor fast 150 Jahren in der Definition der Geodäsie postulierte (Helmert, 1880) und wie sie von Wolf vor 50 Jahren als Aufgabe der Landesvermessung zugeordnet wurde:

*„Nun ganz so einfach liegen die Dinge nicht ... Es ist nämlich die gemeinschaftliche oder ganzheitliche Behandlung des Lage- und Höhenproblems, welche – trotz der verschieden definierten Bezugsflächen – als die zentrale Aufgabenstellung der Landesvermessung und auch der Erdmessung gesehen wird“ (Wolf, 1963).*

Die Einführung des einheitlichen integrierten geodätischen Raumbezugs und damit verbunden die Bereitstellung des neuen Bezugsrahmens inklusive des dazugehörigen Quasigeoids erfolgt gemäß Beschluss 125/3 des AdV-Plenums zeitgleich Ende 2016. Im Einzelnen sind dies:

- : Die aus den 3D-Koordinaten der GNSS-Kampagne 2008 abgeleitete Realisierung des ETRS89/DREF91 (Realisierung 2016) für das Rahmennetz der Geodätischen Grundnetzpunkte (GGP) (NRW: 25 GGP) und für die zu diesem Zeitpunkt gültigen SAPOS-Referenzstationspunkte (RSP) (NRW: 27 RSP/GGP) (Abbildung 1). Die dabei erfolgten Koordinatenänderungen (maximale Verbesserungen der Netzlösungen) lagen bundesweit bei maximal  $-4,8$  bzw.  $+3,6$  mm für die Lagekomponenten und  $12,8$  mm für die Höhenkomponente (Feldmann-Westendorff u.a. 2016).
- : Der aus dem WiederholungsniVELlement erhaltene neue Höhenbezugsrahmen DHHN2016 basierend auf dem Modell der Normalhöhen. Die vertikale Lagerung (Datum) erfolgt dabei auf 72 Datumspunkten, die bereits im DHHN92 als Festpunkte vorhanden waren. Die Datumspunkte wurden dabei nach Kriterien der geologischen Stabilität, Punktlage und -sicherung sowie Vermarkung ausgewählt. Die Ausgleichung in Bezug auf diese Datumspunkte erfolgte zwangsfrei mit der Bedingung, dass die Summe der Höhenänderungen aller Datumspunkte Null sein soll. Die 72 Datumspunkte haben in der Ausgleichung Höhenzuschläge zwischen  $-35$  mm bzw.  $+35$  mm erhalten. Der Punkt „Kirche Wallenhorst“, der im DHHN92 als einziger Datumspunkt festgehalten wurde, erfuhr in der neuen Ausgleichung eine Höhenänderung von  $1,7$  mm (Feldmann-Westendorff u.a. 2016).
- : Das AdV-Quasigeoid GCG2016 (GCG = German Combined Quasi-Geoid), das großräumig über die „gemessenen Höhenanomalien“ des GGP-Rahmennetzes, d.h. über die Differenz aus ellipsoidischen Höhen im ETRS89/DREF91 (Realisierung 2016) und Normalhöhen im DHHN2016, und unter Berücksichtigung von Schweremessungen (Liebig 2014) festgelegt ist (NRW: 5991 Punkte, entspricht  $2,5$  Punkte /  $16$  km<sup>2</sup>).
- : Das durch Absolutschweremessungen validierte Deutsche Hauptschwerenetz 1996 (DHSN96), das nach Ergänzung um absolut gravimetrisch bestimmte GGP (NRW: 10 Absolutschweremessungen in 2008/2009, Abbildung 1) und ggf. einer Niveauanpassung in das DHSN2016 übergeleitet werden soll.

Mit dem Raumbezug 2016 steht nicht nur eine aktuell „bestmögliche Georeferenz“ zur Verfügung, sie ist auch als „Nullmessung“ eines künftigen Monitorings anzusehen und hat das Potential für vielfältige wissen-

schaftliche Arbeiten, beispielsweise im Bereich der rezenten Krustenbewegungen (AdV 2004). Diese Thematik wird auch im Vorwort der Richtlinie für den einheitlichen integrierten geodätischen Raumbezug des amtlichen Vermessungswesens in der Bundesrepublik Deutschland aufgegriffen (AdV 2014):

*„Aufgrund geodynamischer Prozesse und anthropogener Ursachen ist die Erdoberfläche Veränderungen unterworfen. Die dauerhaft vermarkten Festpunkte nehmen dabei an Bewegungen der Erdoberfläche teil. Durch das hohe Genauigkeitspotential der modernen Vermessungsverfahren lassen sich diese Bewegungen auch großräumig zuverlässig nachweisen; die vermarkten Festpunkte fungieren insofern auch als Geosensoren. Zur Qualitätssicherung des amtlichen geodätischen Bezugsrahmens sind Überwachungs- und Erhaltungsmaßnahmen sowie Wiederholungsmessungen erforderlich. Dabei festgestellte Bewegungen in den Festpunkten können zum einen dazu führen, dass die amtliche Realisierung des geodätischen Raumbezuges aktualisiert werden muss. Zum anderen sind signifikante vertikale und horizontale Bewegungen der Erdoberfläche auch für Zwecke des Umweltmonitorings und weiterer Geowissenschaften zu erfassen und entsprechend zu dokumentieren.“*

Eine erste interdisziplinäre Untersuchung zum Nachweis geologischer Vertikalbewegungen – exemplarisch für den nordrhein-westfälischen Bereich der Eifel – belegt eine Hebung der Eifel und eine starke geologische Aktivität am Westrand der Niederrheinischen Bucht und zeigt das Potential der Messungen auf (Klein u.a. 2016).

## 2 Auswirkungen auf die Lage

Mit der Einführung des ETRS89 und der Nutzung des Satellitenpositionierungsdienstes (SAPOS) wird die 200-jährige Konzeption der Hierarchiestufen in geodätischen Netzen überwunden, da SAPOS flächendeckend und hochaktuell den Raumbezug als Echtzeitdienst mit der erforderlichen cm-Koordinatengenauigkeit für das Liegenschaftskataster bereitstellt. SAPOS ist damit der Geodateninfrastrukturbeitrag des geodätischen Raumbezugs – qualitäts-gesichert und produktorientiert (Klein u.a. 2016).

Die Bundesländer können folgerichtig auf das klassische Lagefestpunktfeld verzichten und den geodätischen Raumbezug im Bereich der Festpunktfelder ausdünnen. Nordrhein-Westfalen hat die Pflege der rund 27.000 Trigonometrischen Punkte im bestehenden Festpunktfeld 2008 vollständig eingestellt (Riecken 2010) und wird diese Informationen mit

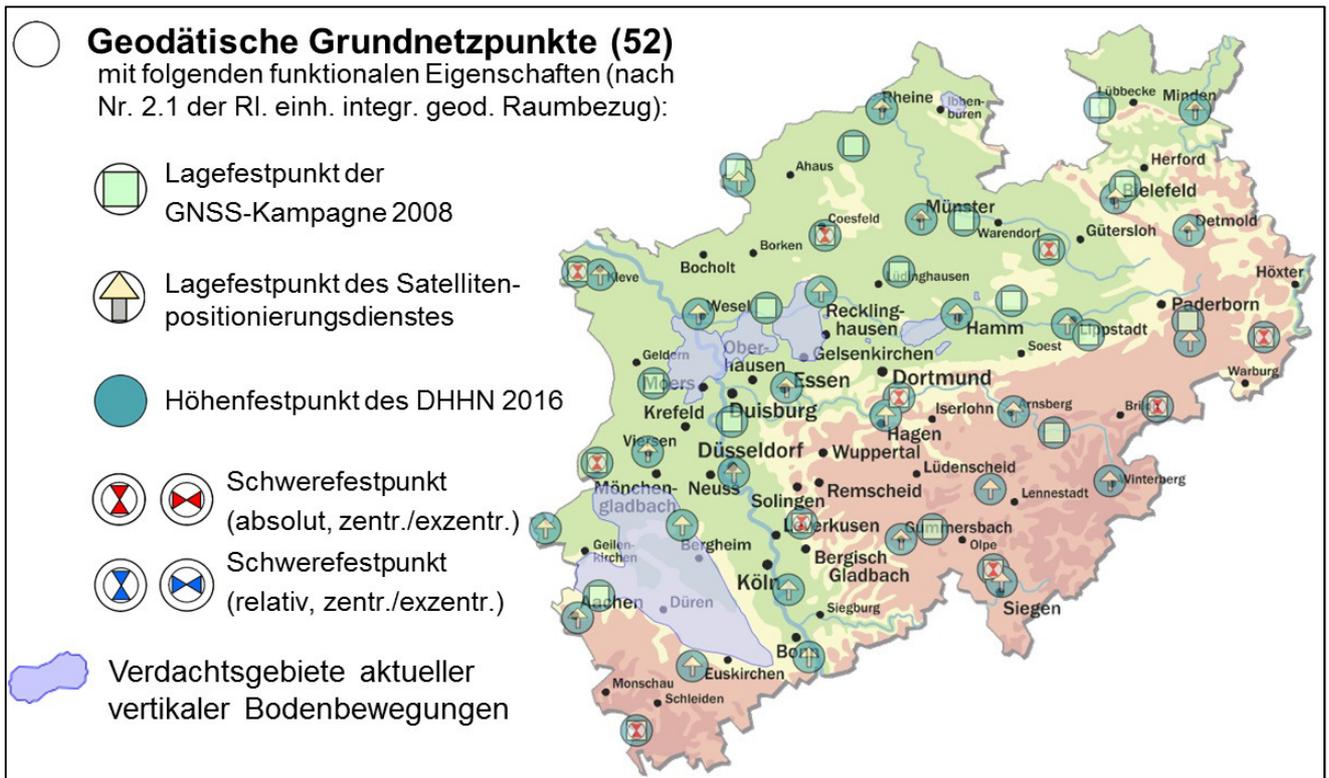


Abb. 1: Geodätische Grundnetzpunkte in NRW mit ihren funktionalen Eigenschaften

Einführung des integrierten Raumbezugs als historischen Nachweis innerhalb von AFIS führen. Unter Berücksichtigung der Richtlinie für den einheitlichen integrierten geodätischen Raumbezug des amtlichen Vermessungswesens in der Bundesrepublik Deutschland werden in Nordrhein-Westfalen mit Stand 2016 noch 52 Geodätische Grundnetzpunkte geführt (Abbildung 1). Sie ergeben sich aus der Addition der bereits erwähnten 25 GGP im Rahmennetz der GNSS-Kampagne 2008 und der 27 GGP mit der funktionalen Eigenschaft „SAPOS-Referenzstationspunkt“ (wobei der GGP in seiner Vermarkung der Sicherungspunkt im lokalen Netz des Referenzstationspunktes ist), entsprechend Nr. 2.1 der „Richtlinie für den einheitlichen integrierten geodätischen Raumbezug des amtlichen Vermessungswesens der Bundesrepublik Deutschland“ (AdV 2014). Diese 52 GGP stehen sowohl für den realisierenden Teil (25 GGP-Bodenpunkte der GNSS-Kampagne 2008) als auch für den bereitstellenden Teil (27 GGP / SAPOS-Referenzstationen) als Geodateninfrastrukturbeitrag des Geodätischen Raumbezugs.

Die Einführung des ETRS89/DREF91 (Realisierung 2016) in das GGP-Rahmennetz und das Netz der SAPOS-Referenzstationen führt zu einer Neukoordinierung der 52 Geodätischen Grundnetzpunkte, was unmittelbaren Einfluss auf alle ab diesem Zeitpunkt durchgeführten SAPOS-Messungen hat.

Bereits im Jahr 2009 wurde mit Einführung von GLONASS in SAPOS, dem sogenannten Umstieg G1 (=GPS) nach G2 (=GPS+GLONASS), einhergehend mit dem damaligen Antennenstandortwechsel auf allen nordrhein-westfälischen Referenzstationen, die Koordinaten der SAPOS-Referenzstationen fortgeschrieben. Die Konzeption dieser damaligen Koordinatenanpassung wurde detailliert beschrieben (Riecken, Ruf 2013) und soll daher nur in ihren Grundzügen dargestellt werden.

Die bis zum Zeitpunkt des Umstiegs auf das G2-Netz gültigen amtlichen G1-Koordinaten basierten im Wesentlichen auf den Ergebnissen der Diagnoseausgleichung des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie, die Nordrhein-Westfalen zum 01.09.2003 eingeführt hat (ETRS89/DREF91, Realisierung 2003). In der Folgezeit wurden von der nordrhein-westfälischen Landesvermessung drei Referenzstationen neu koordiniert, insgesamt fünf neue Stationen eingerichtet sowie weitere fünf Stationen verlegt, also rund 50 Prozent aller Stationen »verändert«.

Der 2009 erfolgte Umstieg auf die G2-Netzlösung erfolgte konform zur Beschlusslage des Arbeitskreises Raumbezug: Hiernach wird, nach der üblichen GNSS-Prozessierung mit Lagerung im jeweils aktuellen

ITRFxx, durch Doppeltransformation in das ITRF00 und anschließend nach ETRS89/DREF91 ein Anschluss an das bundeseinheitliche SAPOS-Netz sicherstellt.

Die Verwendung einheitlicher, aktueller GNSS-Hardware (Antenne und Rover) und einer einheitlichen Antennenkalibrierung in der Antennenmesskammer Bonn gewährleistete optimale, in sich homogene Koordinaten, also ein G2-Gesamtnetz geringster Spannungen. Im Mittel über 27 Stationen ergaben sich bei diesem Verfahren als innere Genauigkeit Standardabweichungen in der Lage von 1 mm (Nord) beziehungsweise 2 mm (Ost) und in der Höhe von 2 mm. Entscheidend war jedoch, dass sich für den Nutzer in 2009 nur ein Systemunterschied von maximal 9 mm in der Lage und maximal 30 mm in der Höhe ergab, sodass diese Auswirkungen in der Lage deutlich unterhalb der Katastergenauigkeit lagen und damit in der praktischen SAPOS-Nutzung nicht »auffielen«. In Nordrhein-Westfalen wurden die Koordinaten der dargestellten G2-Lösung am 01.11.2009 eingeführt.

Die anstehende Einführung des Raumbezugs 2016 zum 01.12.2016 zeigt analog zum Umstieg 2009 wieder eine innere Genauigkeit der Standardabweichungen in der Lage von 1 mm (Nord) beziehungsweise 2 mm (Ost) und in der Höhe von 2 mm. Entscheidend ist auch hier, dass sich als Auswirkung für den Nutzer nur ein »Systemunterschied« ETRS89/DREF91 (2002) zu ETRS89/DREF91 (2016) von maximal 5 mm in der Lage und maximal 6 mm in der Höhe ergibt (Abbildung 2), und dass die Richtung der Systemunterschiede in großen Teilen jetzt entgegengesetzt zum beschriebenen Umstieg in 2009 verläuft, so dass sich beide zum Teil kompensieren.

*Fazit: Seit 2003 haben weder die Einführung von GLONASS, der damit verbundene Antennenstandortwechsel in 2009 noch die Einführung des Raumbezugs 2016 (ETRS89/DREF91 in der Realisierung 2016) praktische Auswirkungen auf die erforderliche Messgenauigkeit im Liegenschaftskataster.*

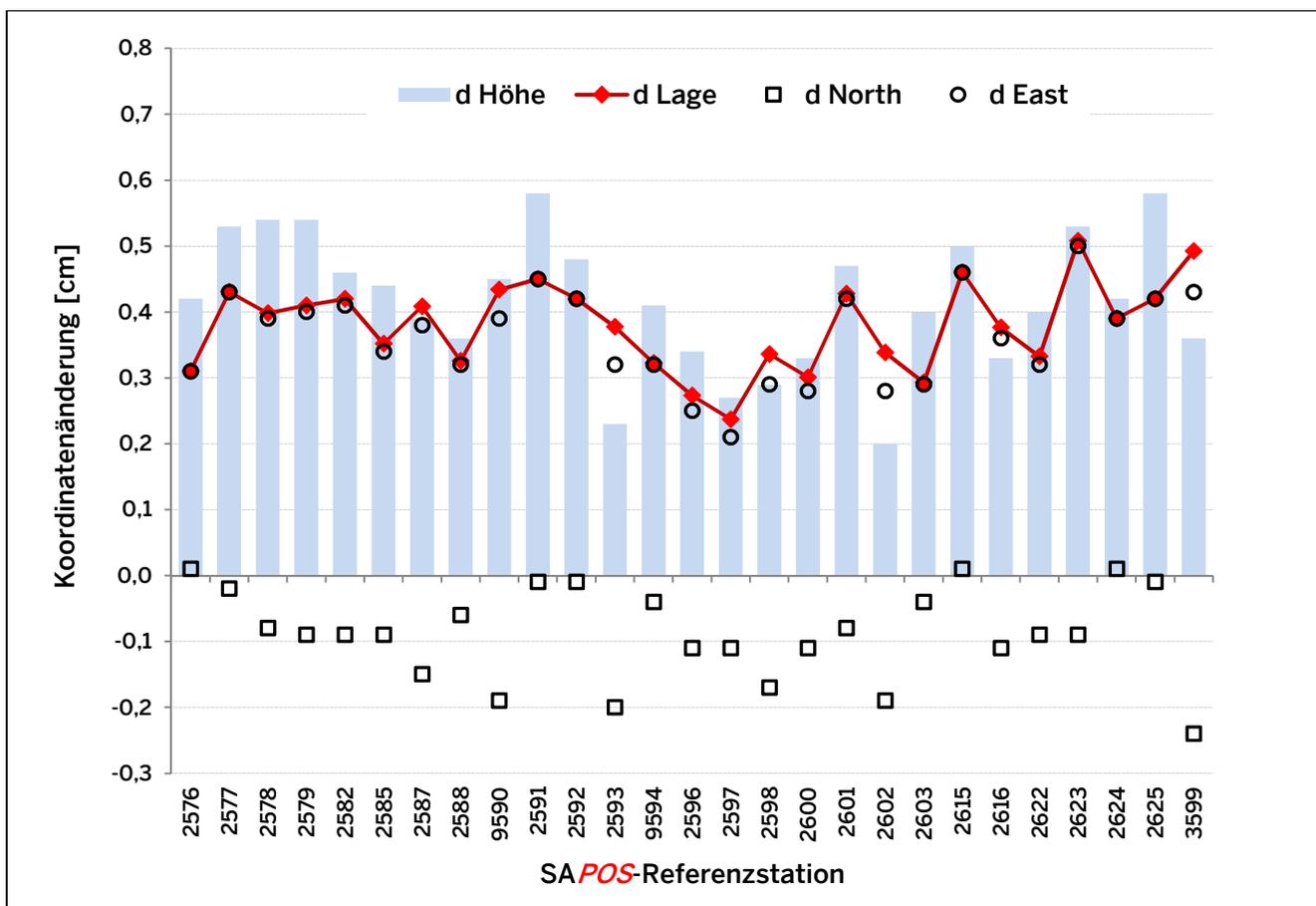


Abb. 2: Koordinatenänderungen der SAPOS-Referenzstationen durch Einführung des Raumbezugs 2016

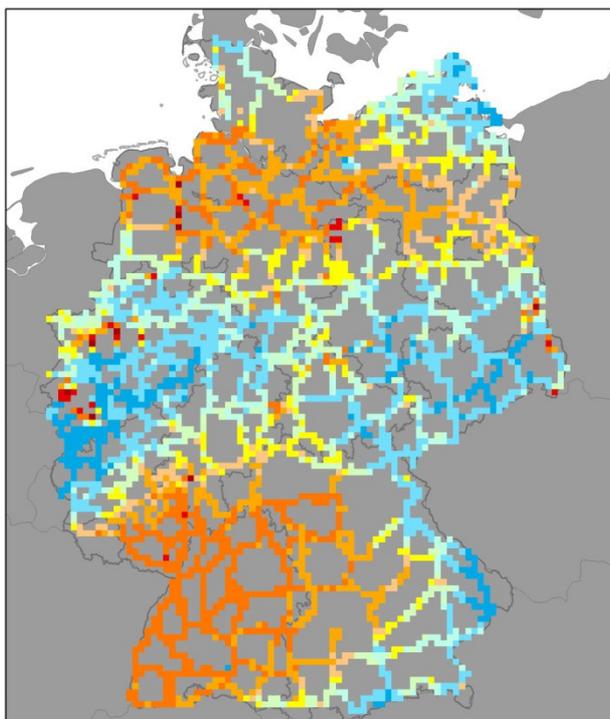
### 3 Auswirkungen auf die Höhe

Die Bestimmung des neuen Höhenbezugsrahmens DHHN2016 machte – wie bereits seinerzeit bei der DHHN92-Bestimmung – eine umfangreiche Neumessung aller Nivellementslinien der 1. Ordnung erforderlich. Zusätzlich wurden die 25 GGP und 27 SAPOS-Referenzstationen (dort die Bodenpunkte) in die Messlinien integriert. Durch die besondere nordrhein-westfälische Situation weiträumiger Gebiete mit bergbaulich verursachten Bodenbewegungen (ca. ein Drittel der Landesfläche), war die Messung auf den betroffenen Nivellementslinien nur durch einen präzisen Zeitplan möglich. Fünf der 72 Datumspunkte des DHHN2016 liegen in NRW, diese sind die GGP Herzebrock, Dalhausen, Schwerte, Kreuztal und Hollerath.

Der Messanteil von NRW am bundesweiten DHHN2016-Projekt betrug insgesamt 4545 km Präzisions-Doppelnivellement. Zur Sicherstellung der erforderlichen Außendiensttätigkeiten, also der Feldvermessungsarbeiten, wurden umfangreiche Vergabemittel bereitgestellt. Diese Leistung wurde an 90 Öffentlich bestellte Vermessungsingenieure vergeben. Es kamen insgesamt 133 Beobachter mit 97 Instrumenten zum Einsatz. Im Sinne der Qualitätssicherung hat vor

jeder Außendienstperiode ein umfangreicher Workshop für die Auftragnehmer stattgefunden, in dem Anforderungen sowie praktische Hinweise zur Durchführung und Nachbearbeitung eines Präzisionsnivelements vermittelt wurden. Als Teil der Qualitätskontrolle wurden die Messtrupps ergänzend im Felde besucht. Erfreulich ist, dass der mittlere Kilometerfehler in NRW von 0,36 mm/km gegenüber dem Durchschnitt aller Bundesländer in Höhe von 0,32 mm/km nur unwesentlich abfällt und sicherlich, neben geringerer Messerfahrung, auch in Teilen den bereits erwähnten Vertikalbewegungen geschuldet ist, so dass sich der Ansatz der Qualitätssicherung mittels Workshops und „Begleitung im Felde“ bewährt hat und auch in den Leitnivelements weiterverfolgt wird.

Die Gegenüberstellung der Ergebnisse des DHHN2016 zum DHHN92 zeigen deutschlandweite signifikante Höhenwertänderungen in einer Größenordnung von bis zu 3 cm (Abbildung 3, Berechnung des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie). Darüber hinaus können einzelne Differenzen, z. B. in Gebieten mit Bergbautätigkeit, Beträge von etwa 10 cm erreichen (Feldmann-Westendorff u.a. 2016). Die Bewertung und Interpretation dieser Differenzen stehen noch am Anfang (Klein u.a. 2016):



#### Höhenänderung in mm

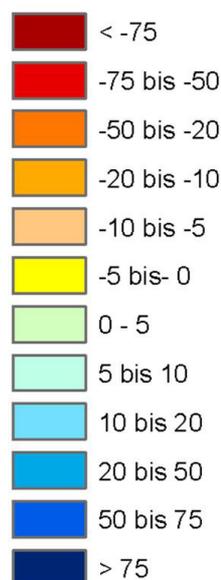


Abb. 3: Höhenwertänderungen DHHN2016 zum DHHN92

Quelle: © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, Frankfurt am Main

In NRW treten beim Übergang vom DHHN92 zum DHHN2016 Höhenwertänderungen im Bereich von -15 mm bis +35 mm auf (Abbildung 4). Unberücksichtigt sind in dieser Darstellung einzelne Differenzen in Gebieten mit Bergbautätigkeit, die deutlich größere Höhenwertänderungen erreichen.

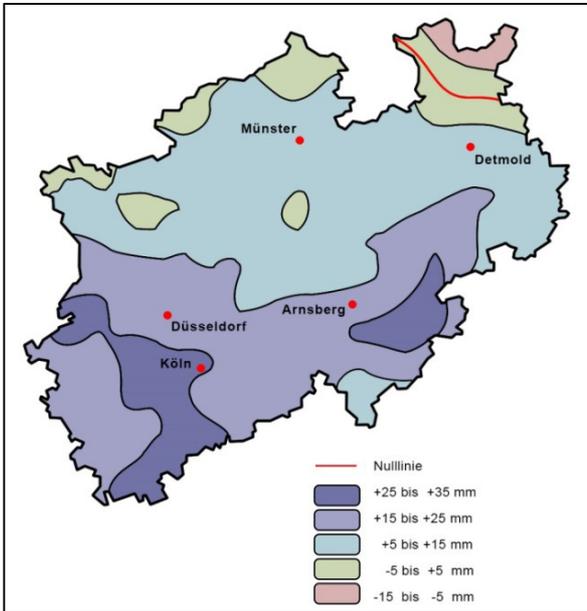


Abb. 4: Höhenwertänderungen  
NHN-Höhen im DHHN2016 – NHN-Höhen im DHHN92

Zum Vergleich sei an dieser Stelle nochmals auf den Übergang der NN-Höhen im System DHHN12 (HS100) in die NHN-Höhen im System DHHN92 (HS160) verwiesen. In Analogie zur Darstellung der Abbildung 4 ergaben sich Höhenwertänderungen zwischen -20 mm und +55 mm:

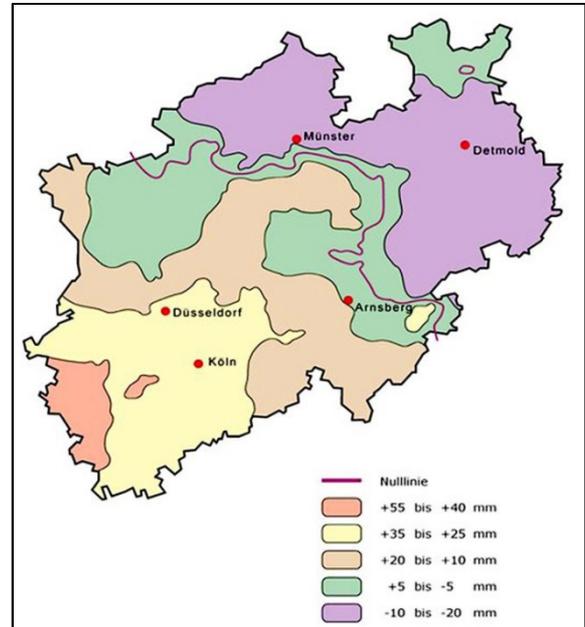


Abb. 6: Höhenwertänderungen  
NHN-Höhen im DHHN92 – NN-Höhen im DHHN12

Zur Überführung der Höhen aller weiteren Höhenfestpunkte in das DHHN2016 erfolgte eine schleifenweise Einrechnung der 2. Ordnung über die vorhandenen Messelemente. In dem so geschaffenen Rahmen werden die Höhenwerte der weiteren Ordnungen per Transformation bestimmt. Das zugrundeliegende Transformationsmodell kann durch jeden Anwender als webbasierte Anwendung „HOETRA2016“ auf der Internetseite [www.hoetra2016.nrw.de](http://www.hoetra2016.nrw.de) genutzt werden. Mit dieser Anwendung können sowohl Einzelpunkte als auch Punktlisten (-dateien) in die Gebrauchshöhen des DHHN2016 mit dem danach gültigen Höhenstatus 170 (HS170) überführt werden. Für eine exemplarische Ausgabe eines Einzelpunktes ergibt sich:

Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV) <b>Höhentransformation DHHN92 nach DHHN2016</b> Testausgabe <span style="float: right;">Berechnet am: 30.06.2016</span>					
Punkt-kennzeichen	Ostwert [m]	Nordwert [m]	Höhe DHHN92 [m]	Modell-unterschied [m]	Höhe DHHN2016 [m]
1	32476601.000	5970643.000	75,000	-0,015	74,985

Abb. 5: HOETRA2016 – exemplarische Ausgabe der Überführung eines Einzelpunktes in die Gebrauchshöhe des DHHN 2016

Zur Überführung der NN-Höhen im DHHN12 in die NHN-Höhen im DHHN92 wird seit Jahren das zugrundeliegende Transformationsmodell als webbasierte Anwendung „HOETRA“ auf der Internetseite [www.bezreg-koeln.nrw.de](http://www.bezreg-koeln.nrw.de) bereitgestellt. Konkret können die Modellunterschiede/Höhenwertänderungen für Einzelpunkte oder auch Punktlisten berechnet werden. Die Höhen selber (vgl. Abbildung 5) werden bei dieser Anwendung nicht berechnet und müssen durch Addition nutzerseitig nachgeführt werden.

Kommunale Höhennetze können mit den beschriebenen Web-Applikationen in einfacher Weise in den Raumbezug 2016 überführt werden. Erst hierdurch werden die im folgenden Abschnitt aufgezeigten Mehrwerte des integrierten Raumbezugs erschlossen, so dass der Übergang in das DHHN2016 dringend empfohlen werden muss! Eine Information der Nutzer der Landesvermessung und der auf der kommunalen Ebene sollten hiermit einhergehen.

Als kommunales Beispiel für die Höhenwertänderung zwischen dem DHHN12 (NN-Höhen, HS100) und dem DHHN2016 (NHN-Höhen, HS170) zeigt Abbildung 7 für Düsseldorf Veränderungen zwischen +35 mm und +60 mm (Ziem 2016), eine Größenordnung die in vielen Anwendungen nicht zu vernachlässigen ist.

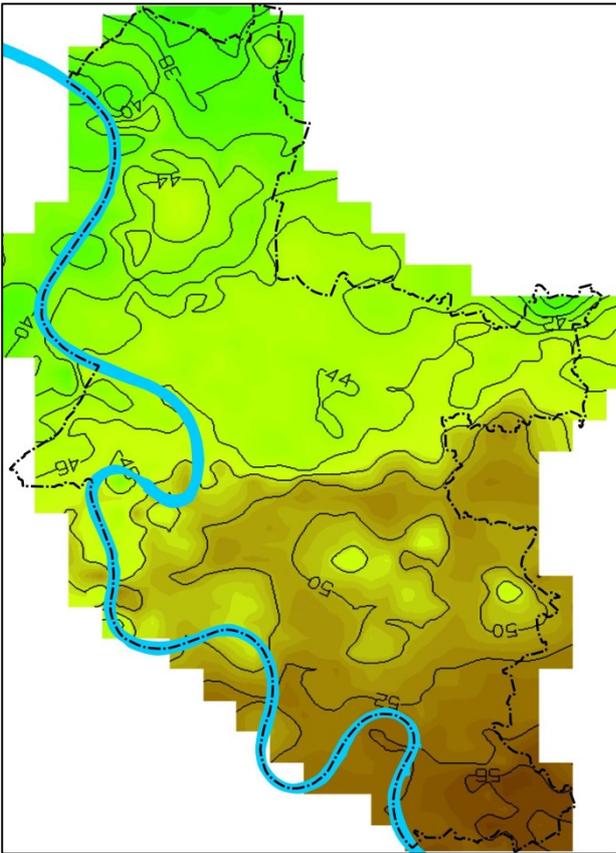


Abb. 7: Höhenwertänderung zwischen dem DHHN12 (NN-Höhen) und dem DHHN2016 (NHN-Höhen) für Düsseldorf  
Quelle: NÖV NRW 1/2016, Ziem, Stadt Düsseldorf

Für ganz Nordrhein-Westfalen zeigt sich eine signifikante systematische „Kippung“ in beiden Übergängen DHHN12 (NN-Höhen) – DHHN92 (NHN-Höhen) – DHHN2016 (NHN-Höhen) in Nord-Ost- nach Süd-West-Richtung. Diese gilt es wissenschaftlich weiter zu untersuchen. Es deuten sich plattentektonische Einflüsse an (Klein u.a. 2016).

#### 4 Das Undulationsmodell / German Combined Quasigeoid (GCG2016)

Mit dem HEPS-Dienst stellt SAPOS heute eine dreidimensionale Position mit einer Genauigkeit von 1 bis 3 Zentimetern innerhalb von etwa einer Minute bereit. Verfahrensbedingt beziehen sich die Koordinaten dabei auf ein mathematisch definiertes Modell der Erde, das Rotationsellipsoid. Ein Bezug dieser Koordinaten, der ellipsoidischen Höhen  $H_E$ , zum Schwerfeld der Erde ist nicht gegeben. Für meeresspiegelbezogene Höhenangaben, also für die Bestimmung von Normalhöhen ( $H_N$ ) über einer Äquipotentialfläche des Erdschwerfeldes, ist die Verknüpfung geometrischer und schwerfeldbezogener Messgrößen unerlässlich. Abbildung 8 stellt die Zusammenhänge dar, als Beziehung gilt:

$$H_E = H_N + U \quad \text{oder} \quad H_N = H_E - U$$

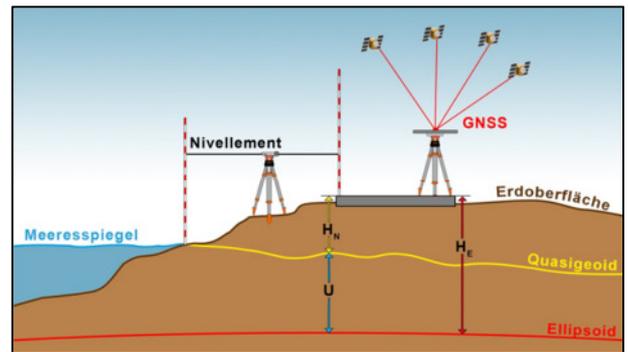


Abb. 8: Dynamische und geometrische Komponenten im integrierten geodätischen Raumbezug

SAPOS stellt das Undulationsmodell als optionalen, aber integrativen Bestandteil seiner Dienste bereit und ermöglicht dem Nutzer unmittelbar die Bestimmung der Normalhöhe ( $H_N$ ) nach obiger Gleichung. Bisher wurde in Nordrhein-Westfalen ein eigenes von der Landesvermessung berechnetes Modell mit einer geschätzten Genauigkeit von landesweit  $\pm 3-7$  cm genutzt. „Da kann man/frau auch schon mal 10 cm daneben liegen“ (Liebig 2014). Die Undulation ( $U$ ), die weltweit Beträge von rund  $\pm 100$  m erreicht, variiert deutschlandweit zwischen  $+34$  m und  $+51$  m und erreicht für Nordrhein-Westfalen zwischen maximal  $+48,5$  m südlich von Siegen und minimal  $+42,5$  m im Kreis Minden-Lübbecke (Bezirksregierung Köln 2016).

Der „einheitliche integrierte geodätische Raumbezug“ betrachtet die bislang getrennten geometrisch und physikalisch definierten Komponenten ganzheitlich. Die Erneuerung des Deutschen Haupthöhennetzes versteht sich als Umsetzung dieser Strategie, weil zeitgleich zu den Messungen im DHHN (2006-2012) eine epochengleiche GNSS-Kampagne und Absolutschweremessungen auf ausgewählten GGP erfolgten. Darüber hinaus wurde seit 2012 die Datengrundlage für die Quasigeoidbestimmung, also für die Berechnung des Undulationsmodells, kontinuierlich verbessert. In mehreren Bundesländern, insbesondere in Nordrhein-Westfalen, wurden flächendeckend gravimetrische Messungen mit einem Punktabstand von etwa 4 km durchgeführt (Liebig 2014). Hierdurch konnten vorhandene Datenlücken geschlossen und unzuverlässige Datensätze, die teilweise über 70 Jahre alt waren, ersetzt werden. Das BKG führte in enger Zusammenarbeit mit zahlreichen Institutionen gravimetrische Messungen im Bereich des Bodensees, der Nord- und der Ostsee durch. „Auf dem Weg zum cm-Geoid“ (Liebig 2014) ist die deutlich verbesserte Qualität und Homogenität der gravimetrischen Datenbasis die entscheidende Voraussetzung für die Bestimmung eines verbesserten Modells der Höhenbezugsfläche von Deutschland, dem German Combined Quasigeoid in seiner Realisierung 2016, abgekürzt bezeichnet

„GCG2016“ (Feldmann-Westendorff u.a. 2016). Geobasis NRW wird dieses Modell für die Landesfläche Nordrhein-Westfalens Ende 2016 bereitstellen.

**Ausblick**

Mit der Einführung des Raumbezugs 2016 wird die integrierte Sicht auf alle Komponenten des Raumbezugs manifestiert, ausgehend von der zeitgleichen Erhebung zwischen 2006 und 2012 (bzw. bis 2015 für die Bestimmung flächenhafter Schwerewerte in NRW).

Die deutlich verbesserte Genauigkeit des DHHN2016 und des GCG2016 ermöglicht einen Quantensprung in

der Anwendung der GNSS-Technik (SAPOS), insbesondere für die Bestimmung der NHH-Höhe. Um den diesbezüglichen Mehrwert voll zu erschließen, ist eine Überführung bestehender Höhen(netze) in das DHHN2016 geboten.

Mittelfristig wird die Kombination von Nivellement- und GNSS-Techniken, ggf. ergänzt um die Messtechnik der Radarinterferometrie (Riecken, Busch 2015), auch zu einer integrierten Erhebung in der Landesvermessung führen, eine entsprechende Konzeption ist in Vorbereitung. Abbildung 9 zeigt die Gesamtentwicklung, differenziert nach Erhebungs-, Führungs- und Bereitstellungsaspekten:

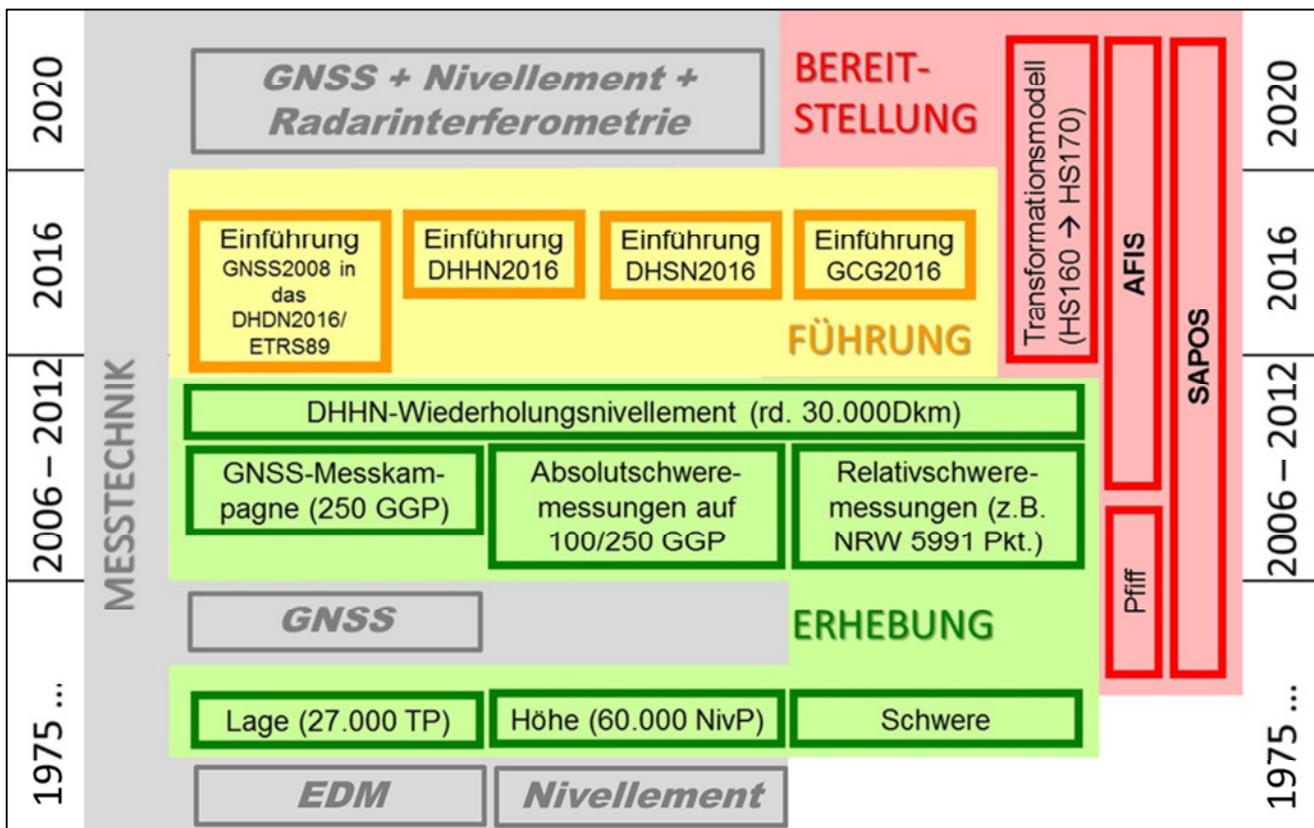


Abb. 9: Integrierter Raumbezug, Integrierte Erhebung, Führung, Bereitstellung

**Literaturangaben**

**AdV (2014):** Richtlinie für den einheitlichen integrierten geodätischen Raumbezug des amtlichen Vermessungswesens der Bundesrepublik Deutschland, Stand 25.04.2014. <http://www.adv-online.de/AdV-Produkte/Festpunkte>, Abruf 09.02.2016

**Bezirksregierung Köln:** Flyer „Normalhöhen und Höhenbezugsflächen in Nordrhein-Westfalen“, [http://www.bezreg-koeln.nrw.de/brk\\_internet/publikationen/abteilung07/pub\\_geobasis\\_normalhoehen.pdf](http://www.bezreg-koeln.nrw.de/brk_internet/publikationen/abteilung07/pub_geobasis_normalhoehen.pdf), Abruf 30.06.2016, Stand 3/2016

**Feldmann-Westendorff, U., Liebsch, G., Sacher, M., Müller, J., Jahn, C.-H., Klein, W., Liebig, A., Westphal, K.:** Das Projekt zur Erneuerung des DHHN: Ein Meilenstein zur Realisierung des integrierten Raumbezugs in Deutschland, zfv 5/2016

**Heckmann, B., Berg, G., Heitmann, S., Jahn, C.-H., Klausner, B., Liebsch, G., Liebscher, R.:** Der bundeseinheitliche geodätische Raumbezug – integriert und qualitätsgesichert, S. 180-184, zfv 3/2015

**Helmert, F.:** Die mathematischen und physikalischen Theorien der Höheren Geodäsie, Teubner, 1880

**Klein, W., Krickel, B., Riecken, J., Salamon, M.:** Eine interdisziplinäre Betrachtung der vertikalen Bodenbewegungen in der Eifel, S. 27-34, zfv 1/2016

**Liebig, A.:** Schwere NRW – auf dem Weg zum „cm-Geoid“, S. 17-22, NÖV NRW 03/2014

**Riecken, J.:** Geodätischer Raumbezug 2015 in NRW, S. 219-225, zfv 4/2010

**Riecken, J., Busch, W.:** „Bodenbewegungskataster“ – Implementierungsansatz eines künftigen Produktes der Landesvermessung NRWS. 62-68, NÖV NRW 1/2015

**Riecken, J., Ruf, B.:** Die Integration von GLONASS in SAPOS – Eine Blaupause für Galileo!, S. 385-390, zfv 6/2013

**Wolf, H.:** Dreidimensionale Geodäsie: Herkunft, Methodik und Zielsetzung, zfv 3/1963

**Ziem, E.:** Über die Entstehung des Höhenfestpunktfeldes in der Landeshauptstadt Düsseldorf, S. 18-24, NÖV NRW 1/2016

*Dr.-Ing. Bernd Krickel,  
Dr.-Ing. Enrico Kurtenbach,  
Dr.-Ing. Jens Riecken  
Bezirksregierung Köln  
Dezernat 71 – Datenstandards, Raumbezug  
50606 Köln  
[bernd.krickel@bezreg-koeln.nrw.de](mailto:bernd.krickel@bezreg-koeln.nrw.de)  
[enrico.kurtenbach@bezreg-koeln.nrw.de](mailto:enrico.kurtenbach@bezreg-koeln.nrw.de)  
[jens.riecken@bezreg-koeln.nrw.de](mailto:jens.riecken@bezreg-koeln.nrw.de)*