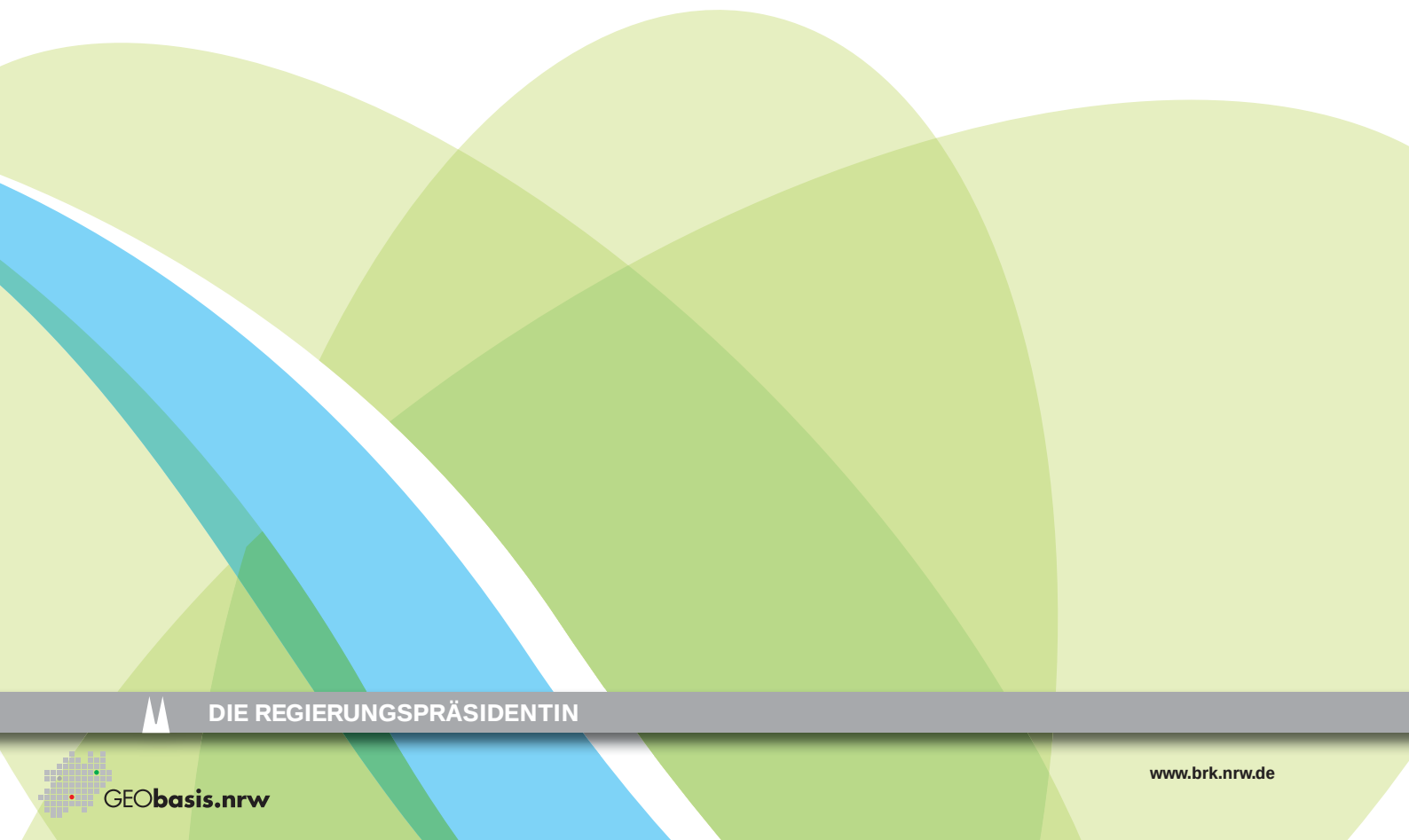
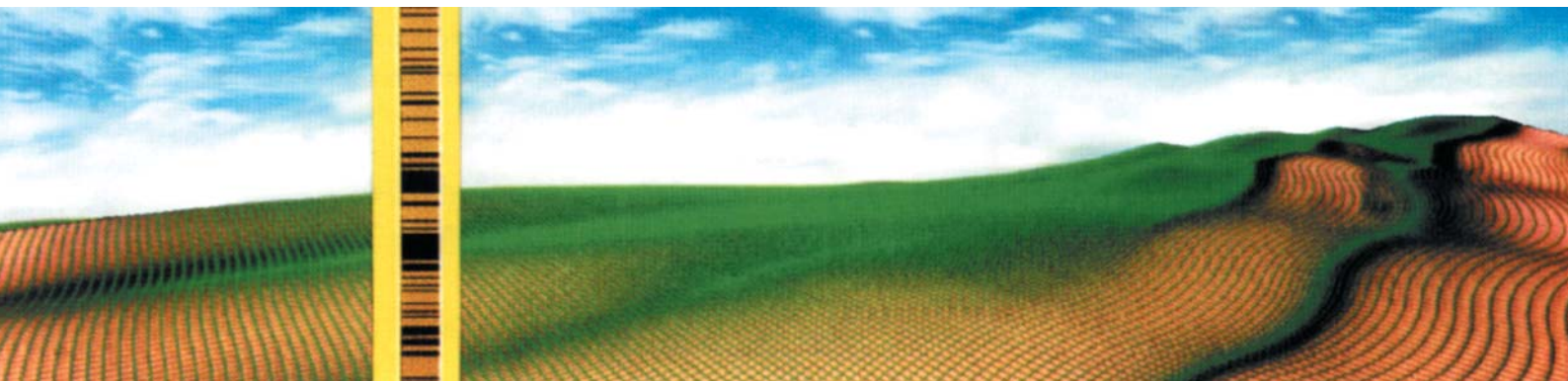




Normalhöhen und Höhenbezugsflächen in Nordrhein-Westfalen



DIE REGIERUNGSPRÄSIDENTIN

Höhenbezugsflächen

Die Höhe ist als metrisches Maß der Abstand eines Punktes von der Erdoberfläche bis zu einer Höhenbezugsfläche.

Um jeden Punkt der Erdoberfläche mathematisch einfach und eindeutig definieren zu können, (z.B. bei der Kartenherstellung) approximiert man die unregelmäßige, mathematisch kaum erfassbare Erde durch ein **Ellipsoid**, heute in Europa durch das GRS80 realisiert. Das Ellipsoid wird durch seine Achsenparameter beschrieben und über die Datumsdefinition, also über die Festlegung von Koordinaten von Festpunkten in seiner Lage zur Erdoberfläche fixiert, in Europa mit dem ETRS89 für den tektonisch stabilen Teil des Kontinents als bestmögliche Realisierung des WGS84.

Neben dem Ellipsoid als rein geometrischer Referenzfläche wird das **Geoid** als physikalische Referenzfläche definiert, das den physikalischen Eigenschaften der Erde Rechnung trägt. Das Geoid ist dadurch gekennzeichnet, dass auf jedem Punkt seiner Oberfläche die potenzielle Energie gleich ist und die Schwerkraft in jedem Punkt senkrecht zur entsprechenden Tangente an das Geoid steht. Sie entspricht gedanklich einer Fläche, auf der das Wasser nicht fließt. Das Geoid wird durch einen festgelegten Potenzialwert beziehungsweise als Äquivalent durch Festlegung einer Null-Höhe eines Festpunktes in seiner Lage zur Erdoberfläche fixiert. Diese sogenannte Datumsdefinition (oder Datumsfestlegung) ist durch den Amsterdamer Pegel (NAP) als Referenz für weite Teile Mitteleuropas erfolgt. Die breitengrad- und höhenabhängige, teils sogar lokal wegen Dichteanomalien unterschiedlich auftretende Schwerkraft beeinflusst jegliche Bewegungen und Kraftpotenziale, so dass das Geoid eine unregelmäßige und mathematisch in seinem Bezug zum Ellipsoid schwer zu beschreibende Fläche ist.

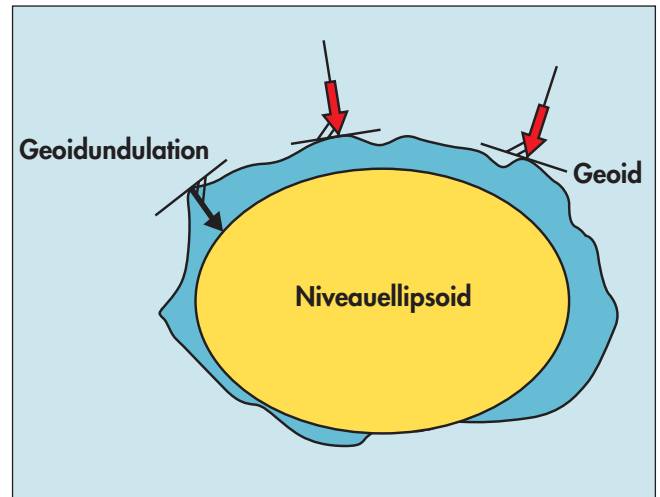


Abb. 1: Ellipsoid, Geoid, Geoidundulation

Der Abstand von Ellipsoid und Geoid wird als Geoidundulation oder kurz Undulation bezeichnet. Undulationen variieren weltweit um rund $\pm 100\text{m}$, deutschlandweit zwischen $+34\text{m}$ und $+51\text{m}$ (Abb. 2) und für Nordrhein-Westfalen zwischen maximal $+48,5\text{m}$ südlich von Siegen und minimal $+42,5\text{m}$ im Kreis Minden-Lübbecke (Abb. 3).

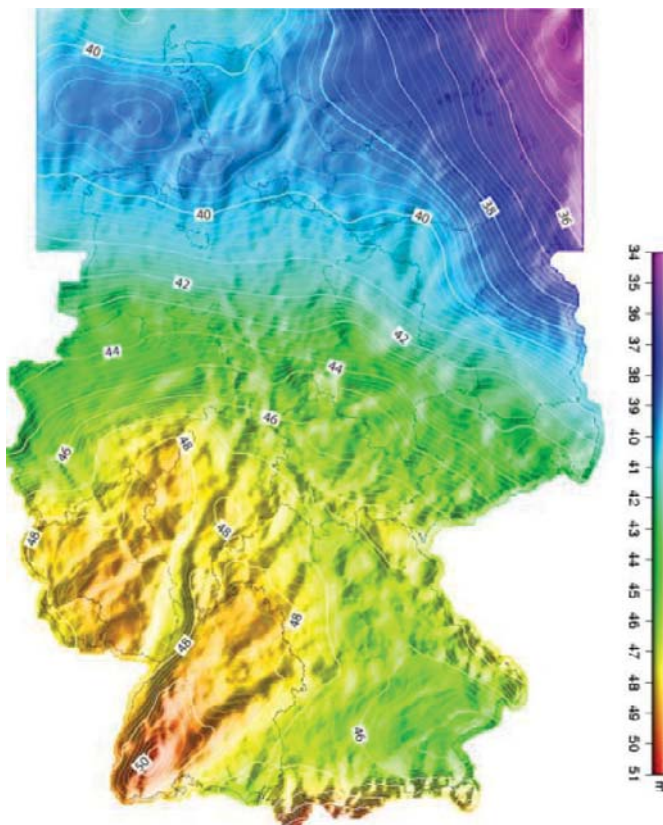


Abb. 2: Quasigeoidhöhen des GCG2011 in Metern
Quelle: <http://www.bkg.bund.de>

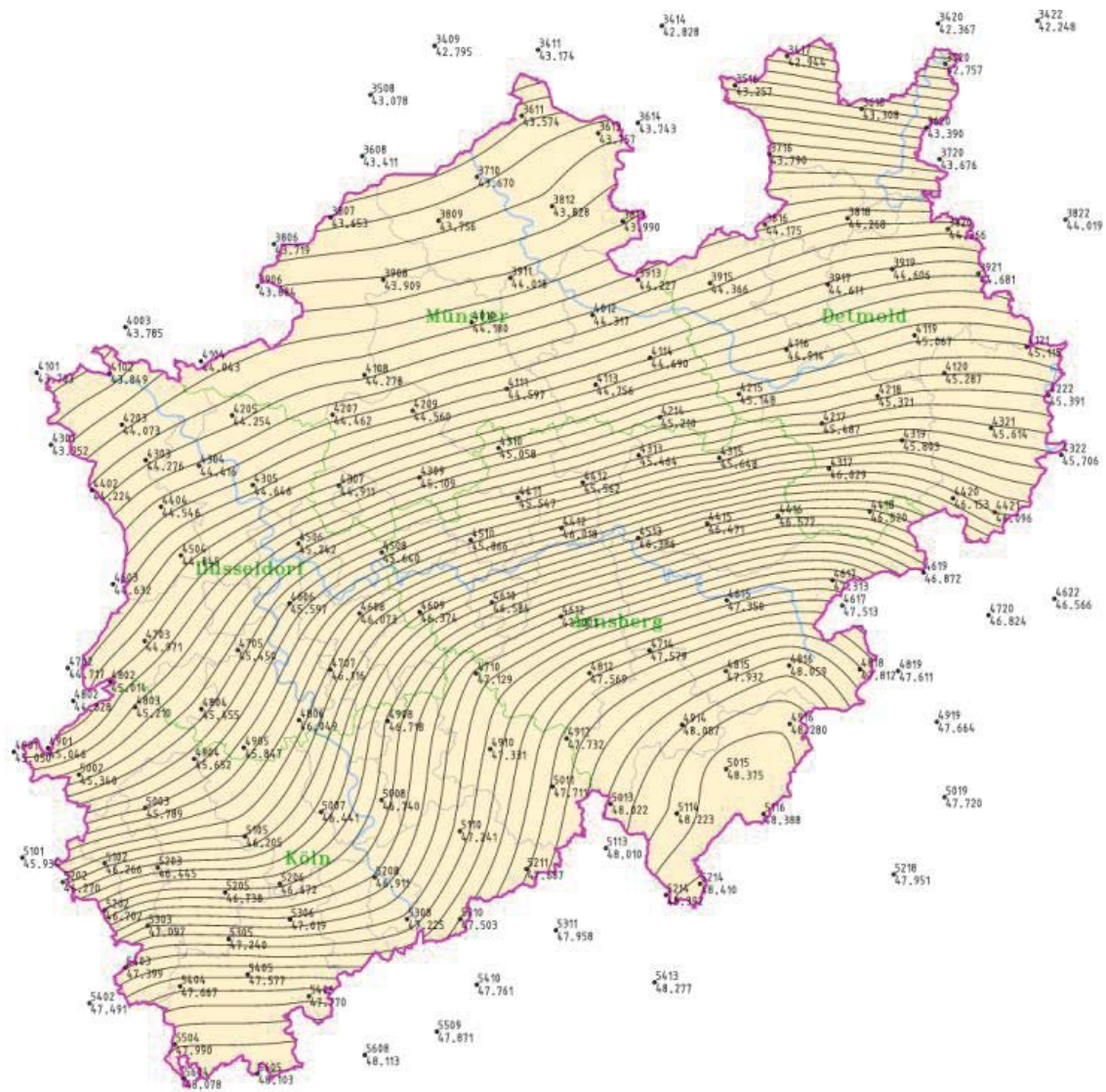


Abb. 3: NRW-NHN-Undulationsmodell 2007

Höhen

Ellipsoidische Höhen H_E bezeichnen den lotrechten und damit kürzesten Abstand eines Punktes zum Ellipsoid. Diese rein geometrischen Höhen werden durch satellitengeodätische Messungen (GNSS-Messungen) bestimmt, sie beziehen sich in Europa auf das GRS80–Ellipsoid, der Grundlage des ETRS89.

Die Länge entlang der Lotlinie vom Geoid zur Erdoberfläche ist definiert als die **orthometrische Höhe H_O** ; sie ist damit physikalisch definiert und die wissenschaftlich beste Definition einer Höhe. Um die Länge der mehr oder weniger gekrümmten Lotlinie zu bestimmen, bedarf es allerdings der Kenntnis der Schwerebeschleunigungen entlang dieser Linie, die jedoch messtechnisch nicht bestimmt werden können.

Bei der Definition von **Normalorthometrischen Höhen H_{NO}** wird die faktisch nicht ermittelbare Schwerebeschleunigung durch einen sogenannten Normalschwerewert ersetzt. Der Normalschwerewert ist ein aus Gravitations- und Zentrifugalkraft zusammengesetzter Vektor, wobei Dichteschwankungen in der Erdkruste und topographische Einflüsse keine Berücksichtigung finden, vielmehr wird von gleichen Massen- und Dichteverhältnissen ausgegangen. Die zugehörige Bezugsfläche, die in Annäherung das Geoid approximiert, ist die sogenannte NN-Fläche. Diese ist weder physikalisch wie das Geoid noch geometrisch wie ein Ellipsoid definiert.

Die verschiedenen Anforderungen an ein praktikables Höhensystem widersprechen sich vielfach und werden von keinem Höhensystem komplett erfüllt. Da weder das Ellipsoid noch das Geoid den Anforderungen an praktische Höhenmessungen genügen, stellen die im folgenden beschriebenen **Normalhöhen H_N** oder NHN-Höhen mit dem Quasigeoid als Höhenbezugsfläche für Wissenschaft und Praxis eine gute Lösung dar.

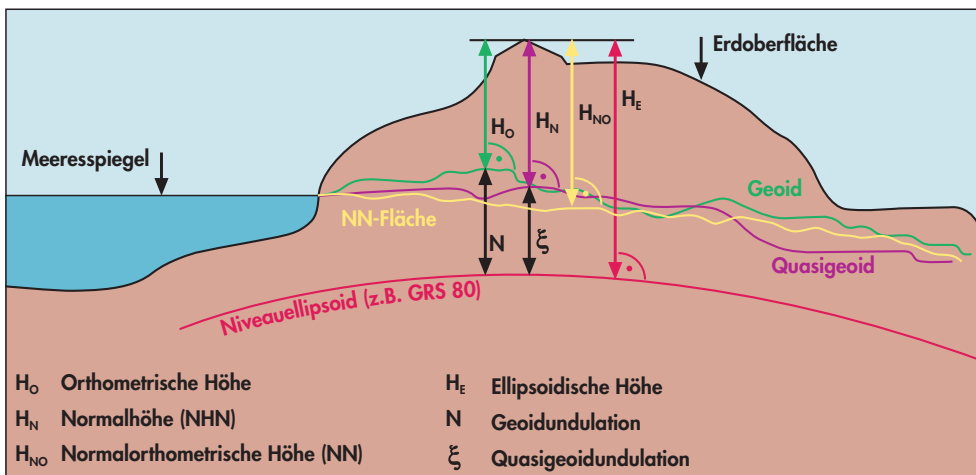


Abb. 4: Höhenbezugsfläche

Normalhöhen

Bei Normalhöhen, die unabhängig voneinander von Molodenski (Sowjetunion) und Vignal (Frankreich) entwickelt wurden, ist die Höhenbezugsfläche das Quasigeoid. Die Normalhöhen der deutschen Vermessungsverwaltung beziehen sich aktuell auf das Deutsche Haupthöhennetz 1992 (DHHN92) und sind u.a. mit den Parametern des Ellipsoids GRS80 mit Bezug zum Nullpunkt des Amsterdamer Pegels (NAP) berechnet. Die Geopotenzielle Kote C (auch Potenzial genannt) ist am Amsterdamer Pegel mit dem Wert „0“ definiert. Sie hat zum Nivellement folgenden Bezug:

Der Wert C ist die Differenz zwischen dem Schwerepotenzial eines Punktes auf der Erdoberfläche und auf dem Quasigeoid.

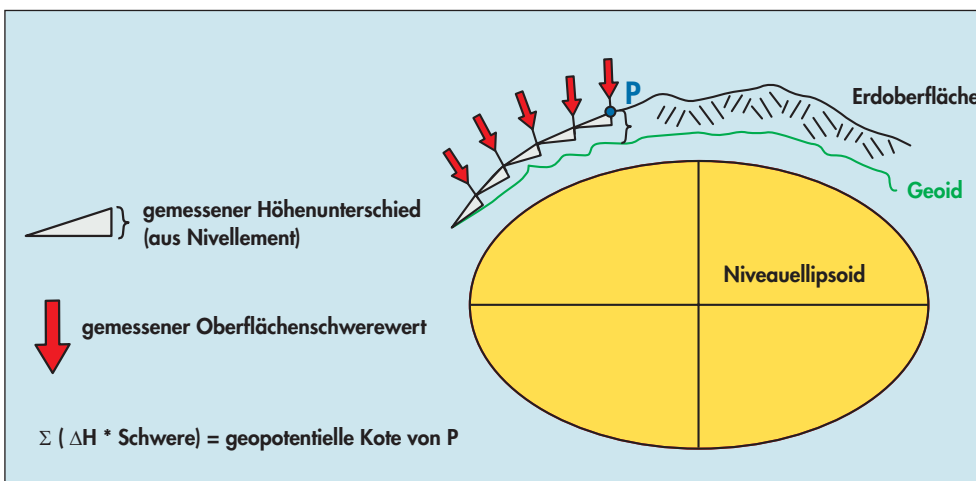
$$Potential = \frac{Arbeit}{Masse} = \frac{Kraft * Weg}{Masse} = \frac{Masse * Beschleunigung * Weg}{Masse} = \frac{[m * m]}{[s^2]} = \frac{[m^2]}{[s^2]}$$

$$Potenzial = Beschleunigung * Weg$$

Übertragen auf das Nivellement gilt somit:

$$Potenzial = \text{geopotenzielle Kote} = Schwere * \Delta H \text{ (nivellierter Höhenunterschied)}$$

Durch Summierung der partiellen Energien ($\Delta H * \text{Oberflächenschwerewert}$), ausgehend von einem bekannten Anschlusspunkt (dies geschieht stufenweise), erhält man die geopotenzielle Kote des Punktes P.



Normalhöhen – Charakteristika des Höhensystems

- „Wegeunabhängigkeit“

Die Normalhöhen sind unabhängig vom Messweg; somit sind sie eindeutig und hypothesenfrei. Alle geodätischen Messungen auf der Erde sind deren physikalischen Gesetzen unterworfen, so insbesondere der Schwerkraft bzw. der Erdbeschleunigung. Da sich Libellen oder Kompensatoren der Nivellierinstrumente (ebenso wie stehende Gewässer) nach der Schwerkraft ausrichten, muss deren Auswirkung in den Berechnungen berücksichtigt werden, um gleichartige Ergebnisse zu erhalten. Nivellements, die von einem gemeinsamen Anfangs- und Endpunkt auf unterschiedlichen Messwegen durchgeführt werden, können ohne die nötigen Schwerereduktionen zu ungleichen Höhenunterschieden führen. Dies ist u.a. eine Ursache für Schleifenschlusswidersprüche bei Nivellements.

- „Quasigeoid“

Die Höhe ist als metrisches Maß der Abstand eines Punktes von der Erdoberfläche bis zu einer Höhenbezugsfläche, bei Normalhöhen zu dem sogenannten Quasigeoid als physikalisch definierte Referenzfläche. Der Abstand des Quasigeoids zum Ellipsoid muss bekannt bzw. berechenbar sein, um Beziehungen zu ellipsoidischen Höhen herstellen zu können. Bei Kenntnis der Quasigeoid-Undulation können Normalhöhen aus ellipsoidischen Höhen bestimmt werden. Das erforderliche Undulationsmodell für NRW (Abb. 3) wird durch Geobasis NRW (www.bezreg-koeln.nrw.de) bereit gestellt.

- „Höhenreduktion“

Die Normalhöhenreduktionen sind lokal betrachtet sehr klein; sie summieren sich allerdings großräumig - besonders in Gebieten mit großen Höhenunterschieden - zu nicht mehr vernachlässigbaren Werten auf. Somit kann für die Praxis bei kleinräumigen Arbeiten auf die Reduktion verzichtet werden, für die Anlegung einer großräumigen Netzgestaltung sind die Reduktionen allerdings unabdingbar rechnerisch zu berücksichtigen.

Normalhöhen im Höhensystem DHHN92

Mit der Einführung von Normalhöhen entschied man sich für eine hypothesenfreie Ausgleichung des gesamtdeutschen Nivellementsnetzes. In die gemeinsame Berechnung mit etwa 55.000 Nivellementpunkten in allen Bundesländern wurden folgende Messungselemente einbezogen:

- Wiederholungsnivellements 1980-85 des DHHN85,
- Neumessungen 1974-1976 des SNN76,
- Verbindungsmessungen zwischen den beiden Netzen,
- Messungen der Nachbarstaaten zur Netzrandstabilisierung,
- Schweremessungen entlang der Nivellementlinien.

Das Höhensystem DHHN92 ist mit folgenden Angaben festgelegt:

Höhenbezugspunkt:	Normaler Amsterdam Pegel (NAP)
Höhenanschlusspunkt:	Höhenmarke Kirche Wallenhorst (Niedersachsen) mit der geopotenziellen Kote des REUN73 / 86
Höhenbezugsfläche:	Normalhöhennull-Fläche (NHN-Fläche), entspricht dem Quasigeoid nach der Theorie von Molodenski und Vignal
Benennung der Höhen:	Höhen über Normalhöhennull (NHN-Höhen)
Höhenart:	Normalhöhe (Abstand eines Punktes vom Quasigeoid)
Schwerereduktion:	Normalhöhenreduktion (NR)
Höhenstatus:	160 (mit einer Höhenstatuszahl werden u.a. amtliche Höhen in verschiedenen Höhensystemen unterschieden)

Geschichtlicher Rückblick

1974-1976	Neumessung des Staatlichen Nivellementsnetzes 1.Ordnung (SNN76) in der ehemaligen DDR
1980 -1985	Wiederholungsnivellements und Schweremessungen auf den Linien 1. Ordnung in den alten Bundesländern zur Bestimmung des Deutschen Haupthöhennetzes 1985 (DHHN85)
1990 -1992	Im Nachgang zur Wiedervereinigung Deutschlands Verbindungs-nivellements mit Schweremessungen zwischen den Nivellementnetzen der alten und der neuen Bundesländer
1994	Gesamtausgleichung des DHHN92 (Deutsches Haupthöhennetz 1992)
ab 1995	Anrechnung ergänzender Teilnetze niederer Ordnungen in die Landesnetze
2002	Einführung des DHHN92 in Nordrhein-Westfalen
2006-2012	Erneuerungsmessungen zum DHHN

Ausblick – der integrierte Raumbezug der Zukunft

Mit dem Ziel der Schaffung eines bundeseinheitlichen, neuen Raumbezuges wurde im Jahr 2005 der Beschluss zur Erneuerung des DHHN gefasst. Neben der Erneuerung und Verbesserung des Höhennetzes DHHN92 wird insbesondere die Modellierung und Verbesserung des deutschlandweiten Quasigeoids und damit eines genaueren Undulationsmodells (Abb. 2) angestrebt. Die Gebrauchshöhenbestimmung mittels Satellitentechnik (GNSS) wird zukünftig wirtschaftlicher und mit deutlich höherer Genauigkeit erfolgen können und bestehende Messverfahren zumindest in Teilen ablösen können.

Zur technischen Umsetzung wurden zwischen 2006 und 2012 in Deutschland Präzisionsnivellements auf den Linien des DHHN92 gemessen, verbunden mit epochengleichen GNSS-Messungen auf 250 speziell vermarkten Punkten und Absolutschweremessungen auf 100 dieser Punkte. Die Verbindung der Beobachtungsverfahren des Nivellements, der satellitengeodätischen GNSS-Messungen und der Schwerebeobachtungen schafft die Voraussetzungen für einen integrierten Raumbezug, der alle geometrischen und physikalischen Informationen auf den Geodätischen Grundnetzpunkten zusammenführt. Sie bilden die Grundlagen für eine weitere Optimierung des Quasigeoids, um letztendlich die GNSS-basierte Gebrauchshöhenbestimmung mit der erforderlichen cm-Genauigkeit zu ermöglichen.

Das verbesserte DHHN wird als Beitrag der Geodäsie belastbare Aussagen zum globalen Wandel, zum Beispiel Informationen zu langfristigen Pegel- und Bodenbewegungen, liefern können.

Sprechen Sie uns an. Wir beraten Sie gerne.

Bezirksregierung Köln

Abteilung Geobasis NRW
Muffendorfer Straße 19-21, 53177 Bonn
www.geobasis.nrw.de

Geodatenzentrum

Fon: (0221) 147-4994
Fax: (0221) 147-4224
eMail: shop@geobasis.nrw.de

Stand: 2/2013

Exakt. Aktuell. Hoheitlich. Ergebnisse der Landesvermessung