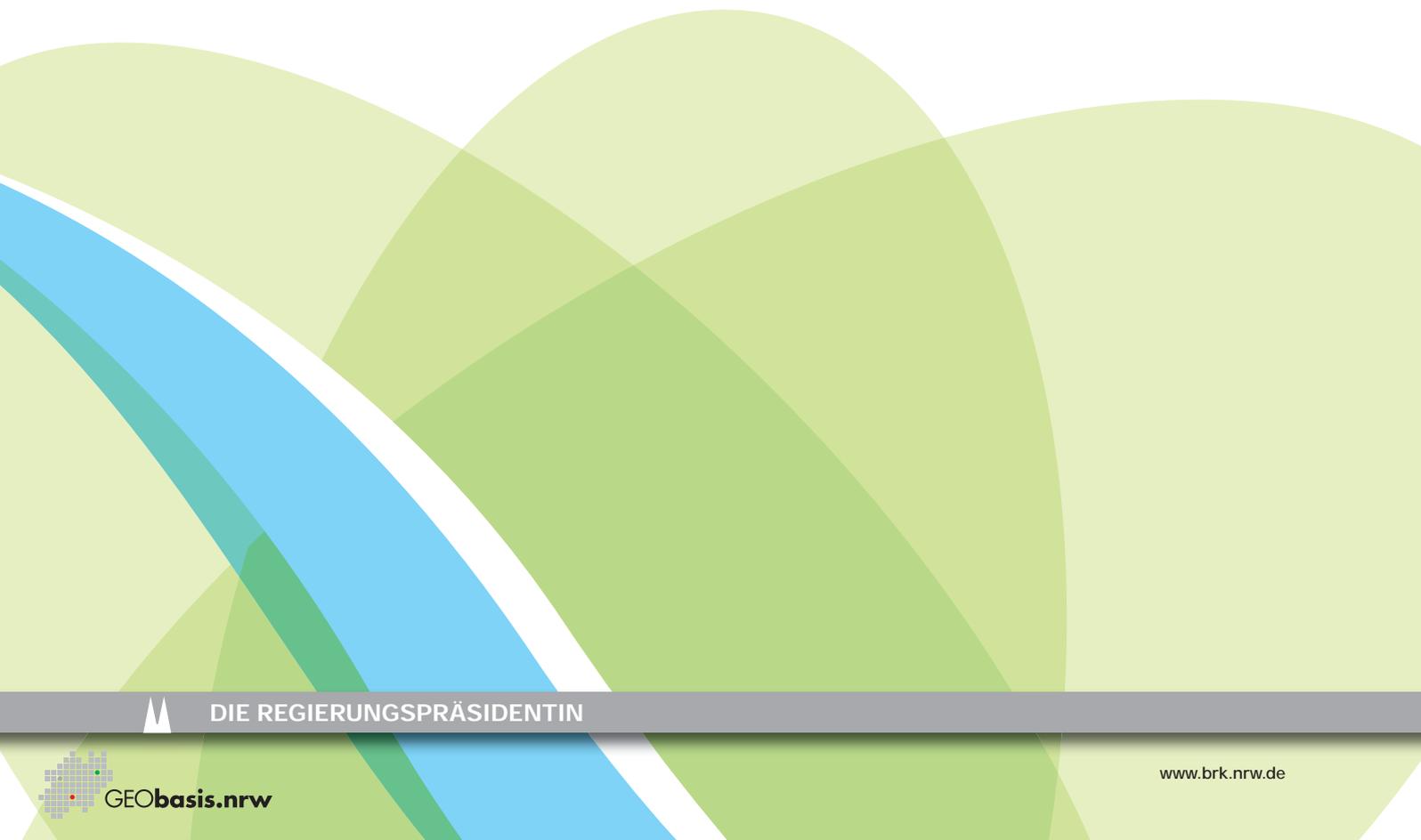
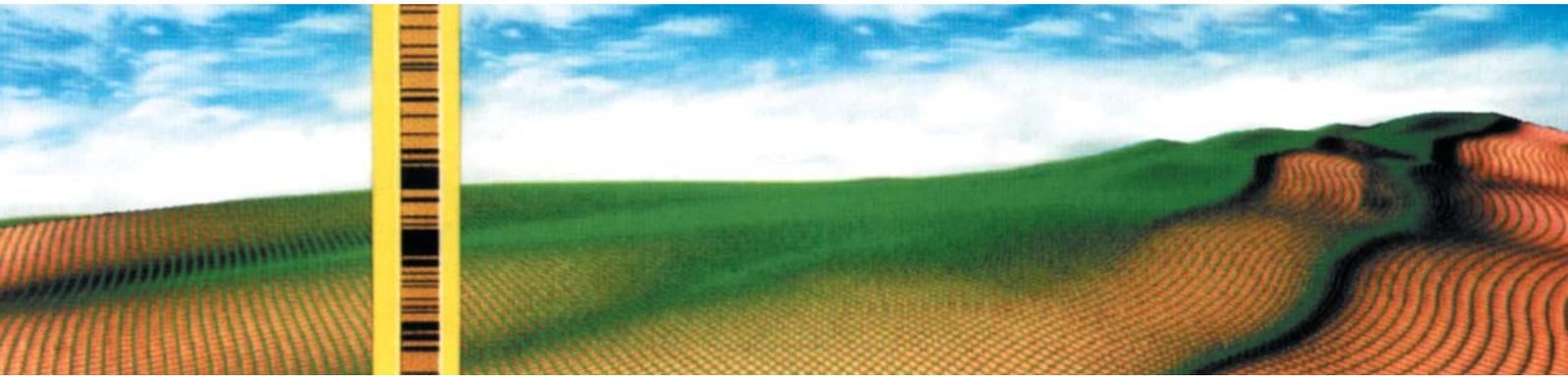




Normalhöhen und Höhenbezugsflächen in Nordrhein-Westfalen



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**. 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.

Festlegungen für Europa (Deutschland)	
Referenzellipsoid	Geodetic Reference System 1980 (GRS80)
Koordinatenreferenzsystem	Europäisches Terrestrisches Referenzsystem 1989 (ETRS89), entspricht der Realisierung des World Geodetic Systems 1984 (WGS84) für Europa

Neben dem Ellipsoid als rein geometrische Referenzfläche wird das **Geoid** als physikalische Referenzfläche definiert, die 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 Datumsdefinition ist durch den Amsterdamer Pegel 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.

Der Abstand von Ellipsoid und Geoid wird als Geoidundulation bezeichnet. Geoidundulationen variieren weltweit um rund +/- 100m, deutschlandweit zwischen + 34m und + 51m und für Nordrhein-Westfalen zwischen maximal + 48,5m südlich von Siegen und minimal + 42,5m im Kreis Minden-Lübbecke (Abb. 1).

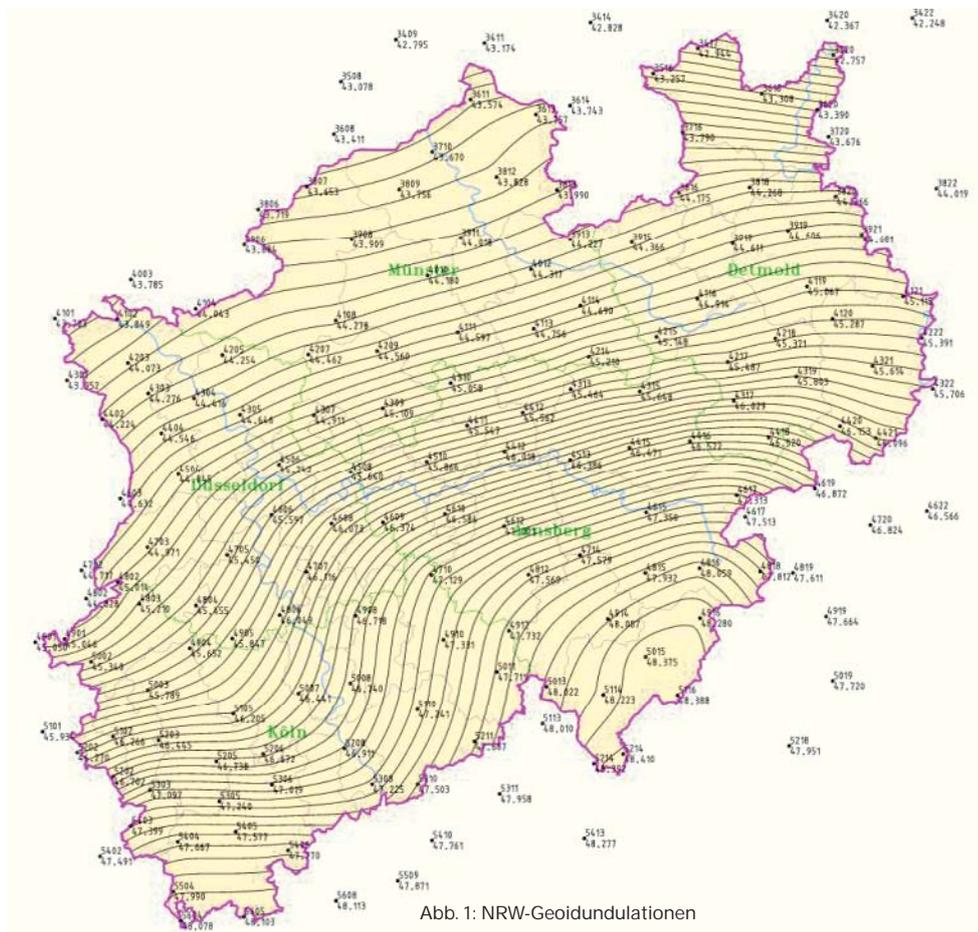


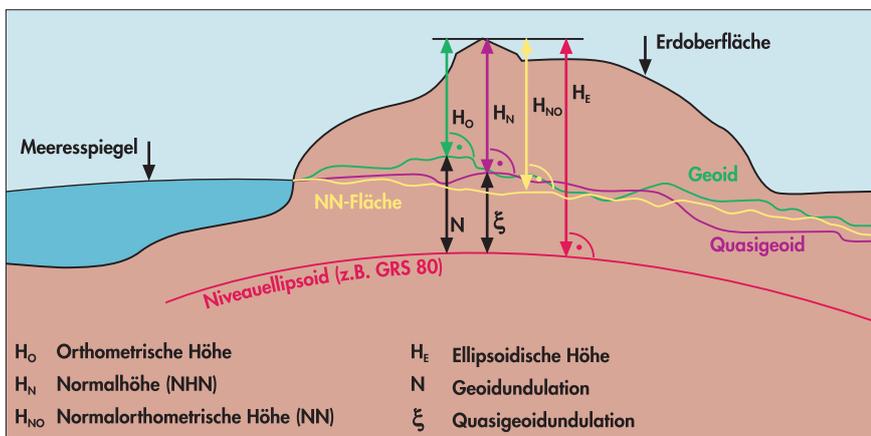
Abb. 1: NRW-Geoidundulationen

Höhen

Ellipsoidische Höhen H_E bezeichnen den lotrechten und damit kürzesten Abstand eines Punktes zum Ellipsoid. Diese rein geometrischen Höhen werden durch satellitengeodätische Messungen bestimmt, sie beziehen sich in Europa auf das GRS80–Referenzellipsoid, 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. Um die Länge der 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, sondern eine Modellfläche.



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 Lösung dar.

Abb. 2: Höhenbezugsfläche

Normalhöhen

Bei Normalhöhen H_N , 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 und sind u.a. mit den Parametern des Ellipsoids GRS80 mit Bezug zum Amsterdamer Pegel berechnet. Die Geopotentielle Kote C (auch Potenzial genannt) ist am Amsterdamer Pegel mit dem Wert „0“ definiert. Sie hat zum Nivellement folgenden Bezug:

$$Potential = \text{geopotentielle Kote} = Schwere * \Delta H \text{ (nivellierter Höhenunterschied)}$$

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

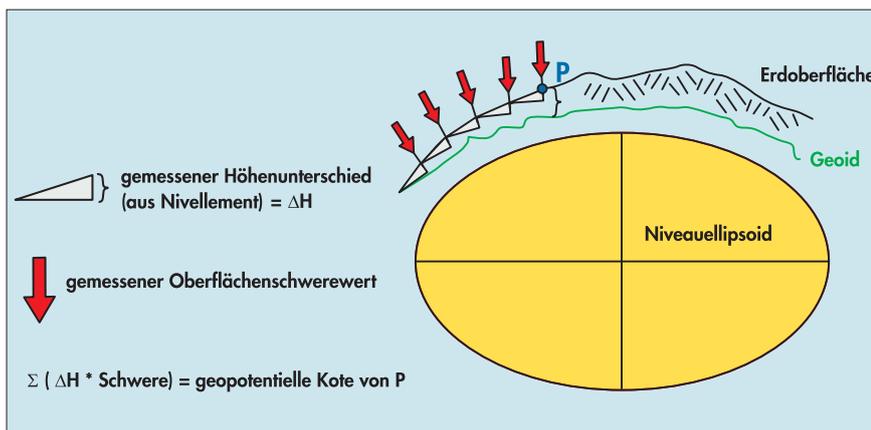


Abb. 3: Berechnung der geopotentiellen Kote P

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. 1) 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.

Höhenbezugspunkt	Amsterdam Pegel (NAP)
Höhenanschlusspunkt	Höhenmarke Kirche Wallenhorst (Niedersachsen)
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 [ab 2017 Status 170 (DHHN2016)]

Der integrierte Raumbezug 2016

Mit dem Ziel der Schaffung eines bundeseinheitlichen, neuen Raumbezuges wurde im Jahr 2005 der Beschluss zur Erneuerung des Deutschen Haupthöhen Netzes (DHHN) gefasst. Neben der Erneuerung und Verbesserung des Höhennetzes werden insbesondere die Modellierung und Verbesserung des deutschlandweiten Quasigeoids angestrebt. Die Verbindung der Beobachtungsverfahren des Nivellements, der satellitengeodätischen Messungen und der Schwerebeobachtungen schafft die Voraussetzungen für einen integrierten Raumbezug, der alle geometrischen und physikalischen Informationen zusammenführt. Die Gebrauchshöhenbestimmung mittels Satellitentechnik wird zukünftig wirtschaftlicher und mit deutlich höherer Genauigkeit erfolgen können und bestehende Messverfahren in Teilen ablösen 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: 3/2016

Exakt. Aktuell. Hoheitlich. Ergebnisse der Landesvermessung