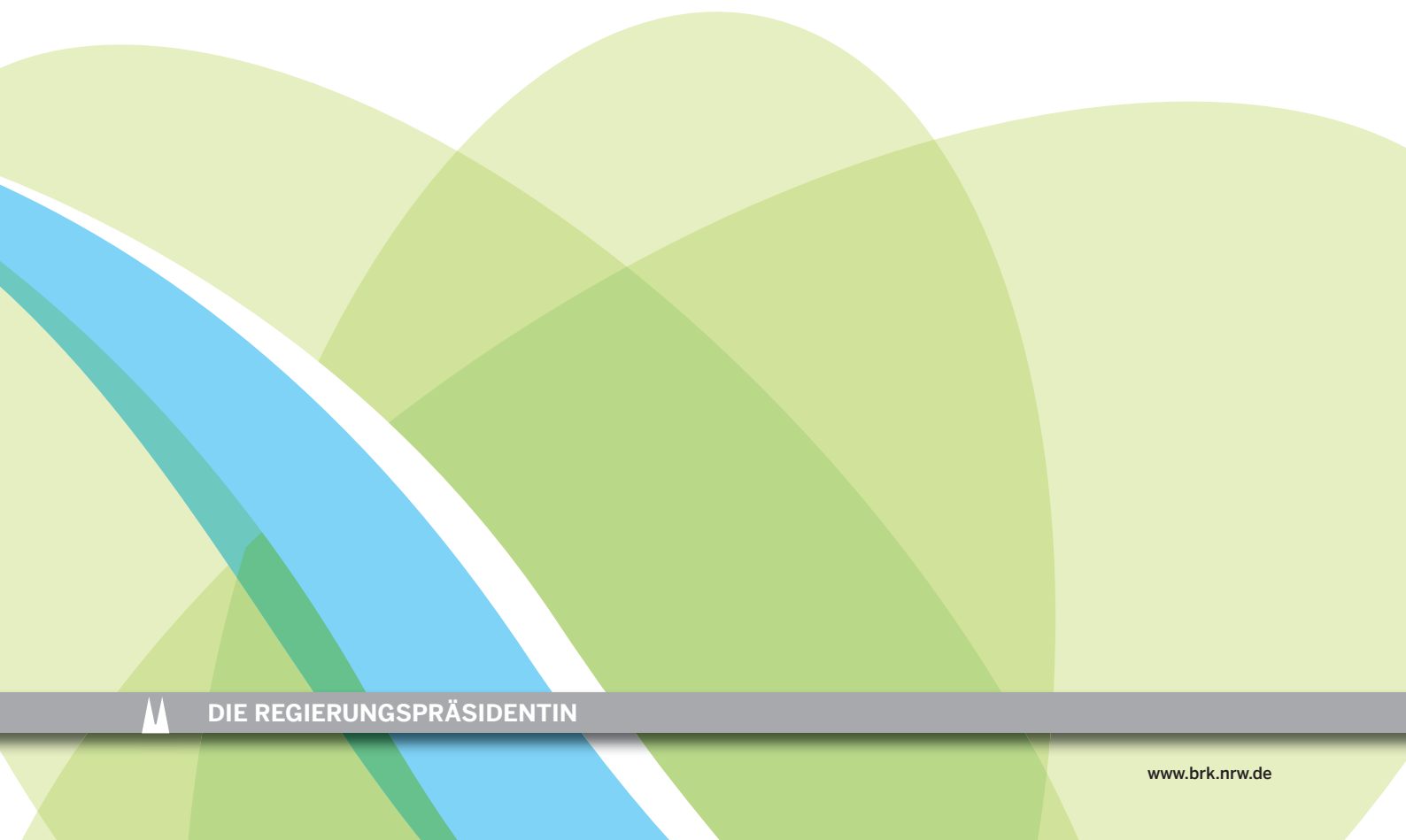
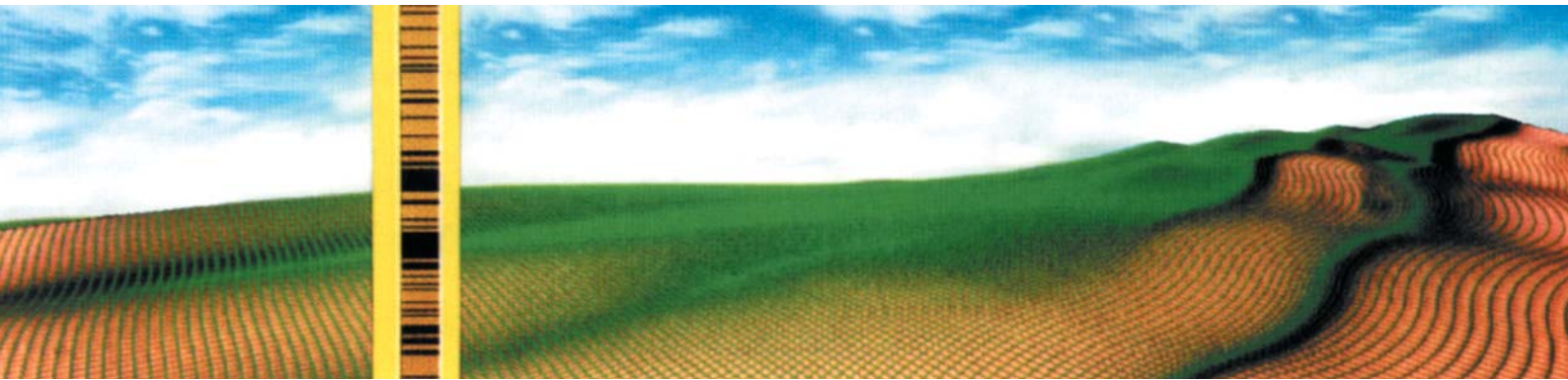


# Normalhöhen und Höhenbezugsflächen in Nordrhein-Westfalen



# 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. Auf der gedanklichen Fläche des Geoids würde Wasser nicht fließen. 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 +/- 100 m, deutschlandweit zwischen + 34 m und + 51 m und für Nordrhein-Westfalen zwischen maximal + 48,5 m südlich von Siegen und minimal + 42,5 m im Kreis Minden-Lübbecke (Abb. 1).

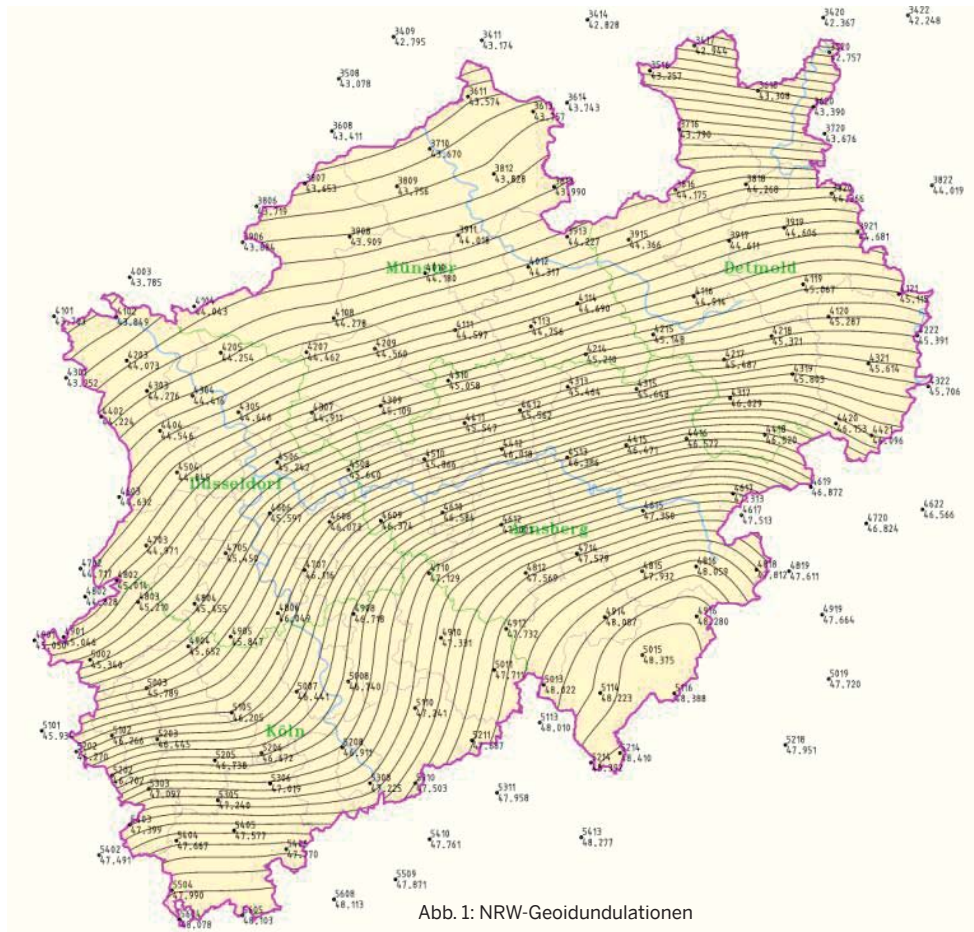


Abb. 1: NRW-Geoidundulationen

# 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 ist eine Modellfläche.

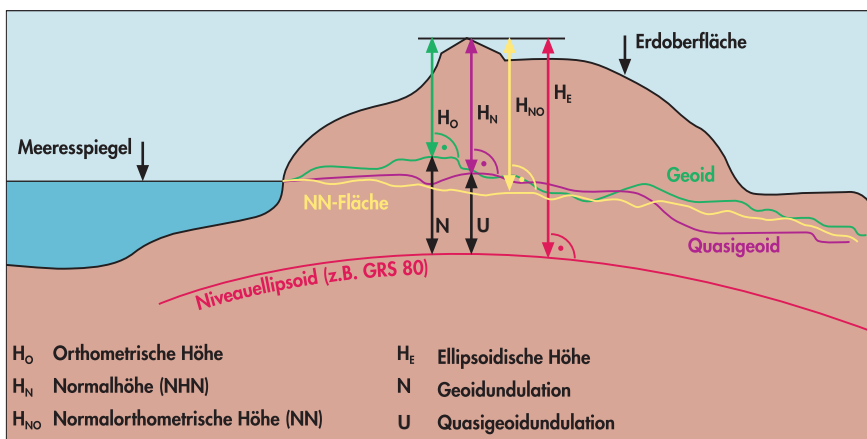


Abb. 2: Höhenbezugsfläche

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.

## 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 2016 (DHHN2016) und sind u.a. mit den Parametern des Ellipsoids GRS80 mit Bezug zum Amsterdamer Pegel berechnet. Die Geopotenzielle Kote C (auch Potenzial genannt) ist am Amsterdamer Pegel mit dem Wert „0“ definiert.

## 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  $U$  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.geobasis.nrw.de](http://www.geobasis.nrw.de)) bereit gestellt.

### ■ Höhenreduktion

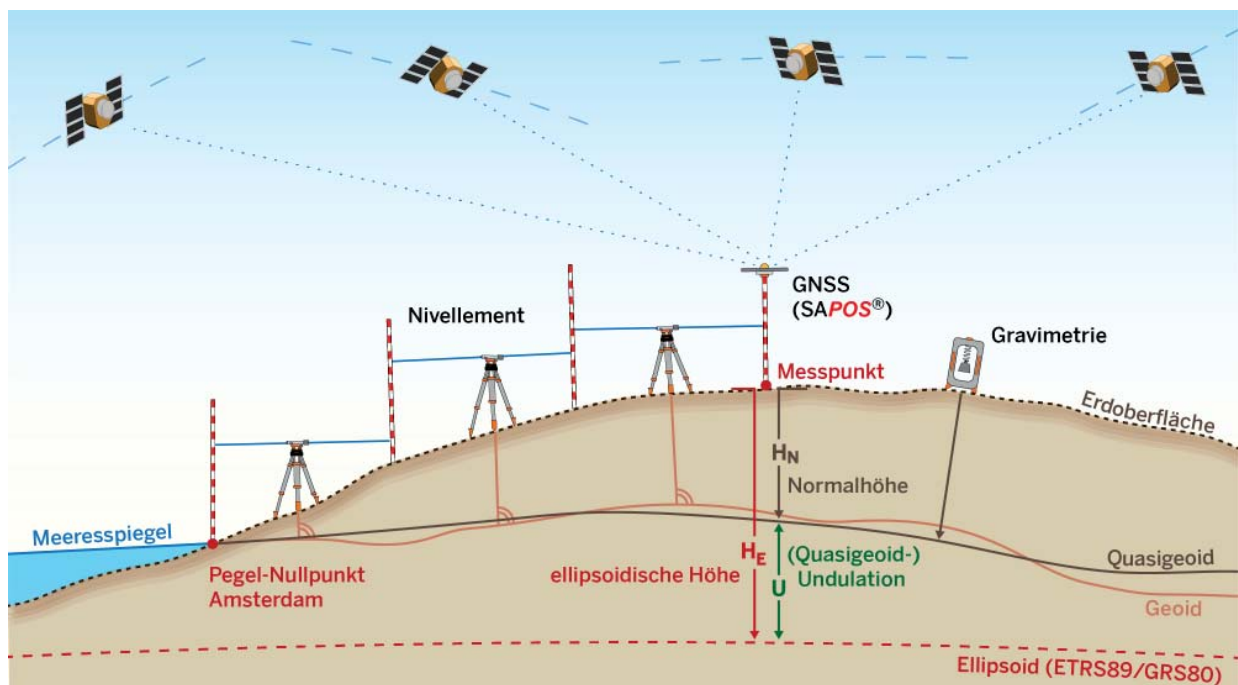
Die Normalhöhenreduktionen sind lokal betrachtet sehr klein; sie summieren sich allerdings großräumig – besonders in Gebieten mit großen Höhenunterschieden – zu nicht mehr vernachlässigbaren Werten auf. Somit kann für die Praxis bei kleinräumigen Arbeiten auf die Reduktion verzichtet werden, für die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

|                     |   |
|---------------------|---|
| Höhenbezugspunkt    | Amsterdam Pegel (NAP)   |
| 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         | Status 170 (DHHN2016)   |

## Integrierter geodätischer Raumbezug 2016

Mit dem integrierten geodätischen Raumbezug setzt sich in der Vermessungsverwaltung eine ganzheitliche Betrachtungsweise der bislang getrennten geometrisch und physikalisch definierten Komponenten durch. Die deutlich verbesserten Genauigkeiten des Deutschen Haupthöhennetzes DHHN2016 und des Quasigeoids GCG2016 ermöglichen gleichzeitig einen Qualitätssprung in der Anwendung der GNSS-Messtechnik mittels SAPOS®, insbesondere für die Bestimmung der Normalhöhe als Gebrauchshöhe. Gleichzeitig erfüllt der integrierte geodätische Raumbezug die Anforderungen des europaweit einheitlichen Bezugssystems ETRS89.

Die Verknüpfung zwischen ellipsoidischen Höhen und Normalhöhen liefert das Undulationsmodell GCG2016, das in Anspielung auf die sehr hohe Genauigkeit als cm-Quasigeoid bezeichnet wird:  $H_E = H_N + U$



Der integrierte geodätische Raumbezug 2016 stellt aus messtechnischer und wissenschaftlicher Sicht eine bestmögliche Georeferenz zur Verfügung. Damit hat Deutschland die Basis für eine geodätische Infrastruktur gelegt, die für künftige Geo-Anwendungen gerüstet ist. Der geodätische Raumbezug öffnet sich damit rasant für neue Aufgabenfelder. Hochgenaue Georeferenzierung ist künftig nicht nur eine Expertendisziplin, sondern wird zum Tagesgeschäft.

Sprechen Sie uns an. Wir beraten Sie gerne.

### Bezirksregierung Köln

Abteilung Geobasis NRW

Muffendorfer Straße 19-21, 53177 Bonn

[www.geobasis.nrw.de](http://www.geobasis.nrw.de)

### Geodatenzentrum

Fon: (0221) 147-4994

Fax: (0221) 147-4224

[geobasis@brk.nrw.de](mailto:geobasis@brk.nrw.de)

Stand: 9/2018

**Exakt. Aktuell. Hoheitlich. Ergebnisse der Landesvermessung**