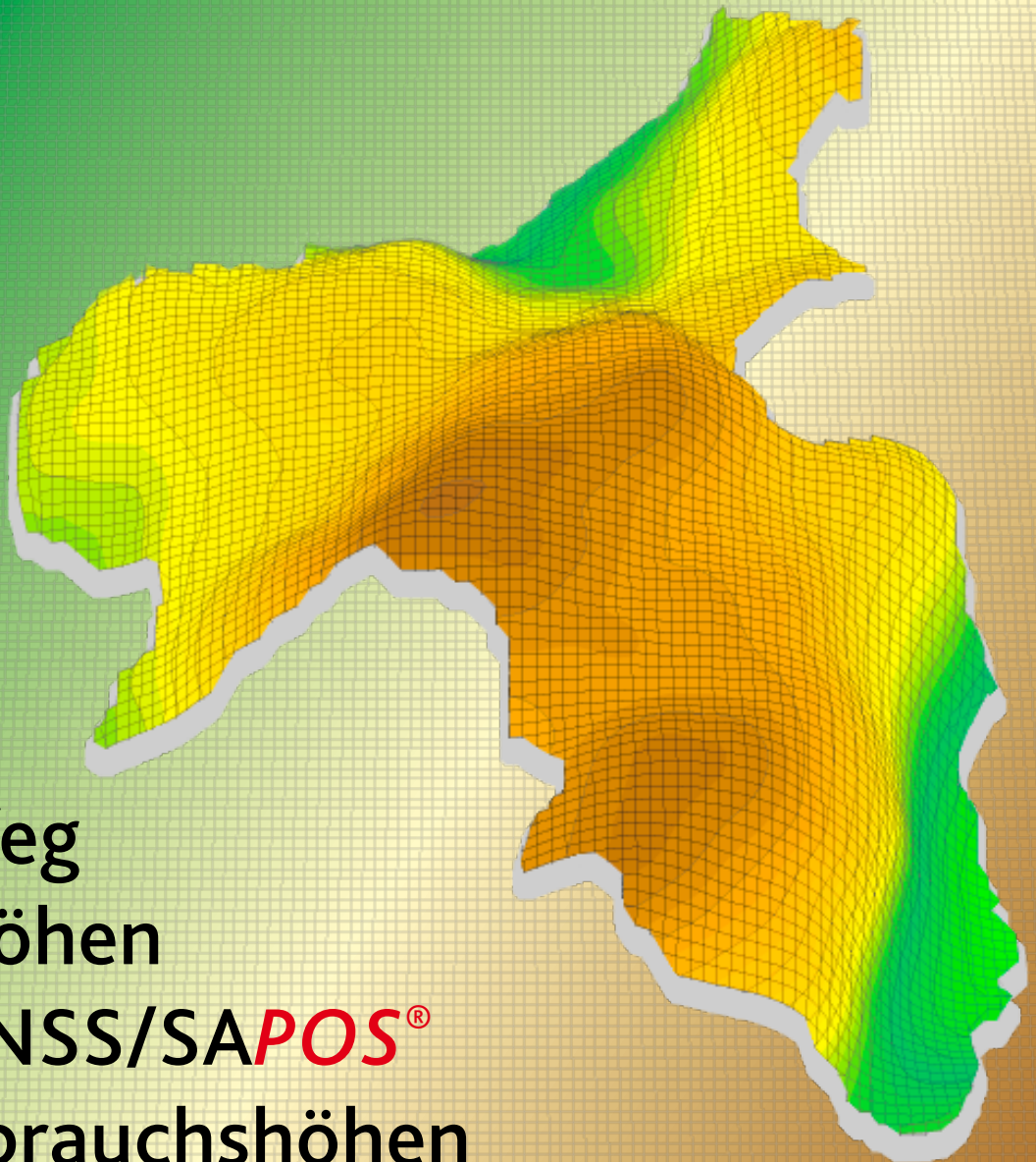




Rheinland-Pfalz

LANDESAMT FÜR VERMESSUNG  
UND GEOBASISINFORMATION

# QUASIGEOIDMODELL FÜR RHEINLAND-PFALZ



Der Weg  
von Höhen  
aus GNSS/SAP<sup>POS</sup><sup>®</sup>  
zu Gebrauchshöhen  
im DHHN2016

# QUASIGEOIDMODELL FÜR RHEINLAND-PFALZ

Der Weg von Höhen aus GNSS/SAP<sup>OS</sup>® zu Gebrauchshöhen im DHHN2016

## Nutzen und Möglichkeiten

Satellitengestützte Vermessungsverfahren mit GNSS (Global Navigation Satellite System) in Verbindung mit SAP<sup>OS</sup>® (Satellitenpositionierungsdienst der deutschen Landesvermessung) sind Standardverfahren zur Bestimmung von Lagekoordinaten im Koordinatenreferenzsystem ETRS89/UTM. Daneben entwickelt sich immer mehr der Wunsch, auf die gleiche Weise auch Gebrauchshöhen im amtlichen Höhenbezugs-system DHHN2016 (Höhen über Normalhöhennull - NHN) genau und wirtschaftlich zu bestimmen. Diese Broschüre möchte über die fachlichen Grundlagen, die Möglichkeiten, aber auch die Grenzen der satellitengestützten Höhenbestimmung in Rheinland-Pfalz informieren.

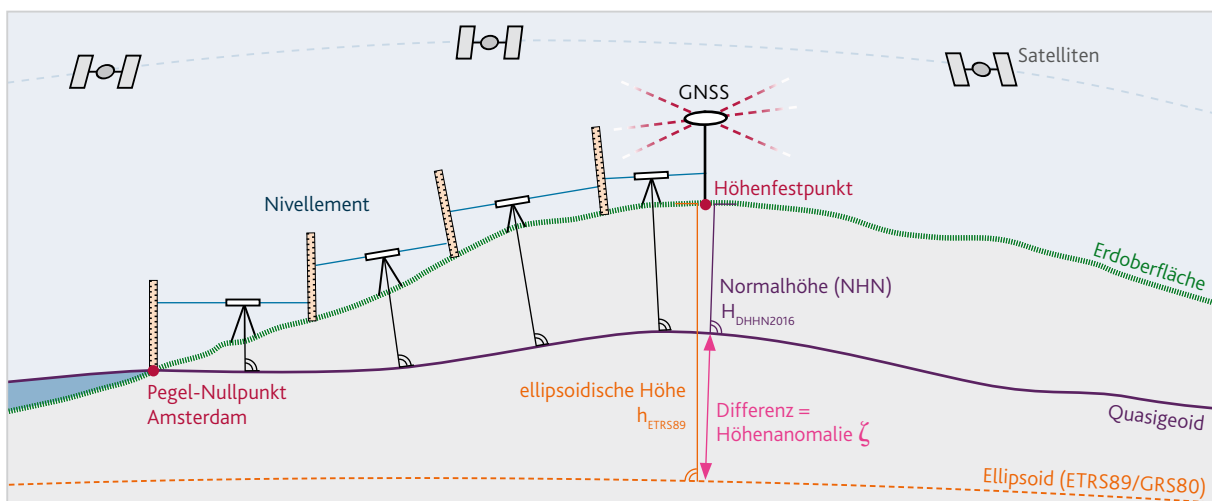
## Ellipsoidische Höhe = NHN-Höhe?

Unter dem Begriff „Höhe“ versteht man allgemein den Abstand eines definierten Punkts (z.B. eines Vermessungspunkts) von einer Höhenbezugsfläche. Diese Fläche hat einen Ausgangs- bzw. Nullpunkt (z.B. einen Pegel) und wird realisiert durch die amtlichen Höhenfestpunkte.

Es gibt zahlreiche Möglichkeiten, Höhen zu bestimmen. Zu den wichtigsten gehören das geometrische Nivellement und die satellitengestützte Höhenbestimmung mittels GNSS und SAP<sup>OS</sup>®.

Diese beiden Verfahren führen zu Höhen, die sich grundsätzlich voneinander unterscheiden (Abb. 1).

Abbildung 1: Höhenbestimmung mit GNSS/SAP<sup>OS</sup>® und Nivellement



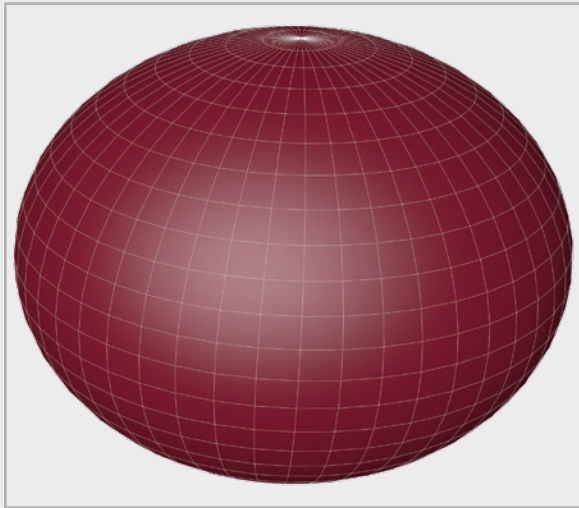


Abbildung 2:  
Rotationsellipsoid (GRS80)

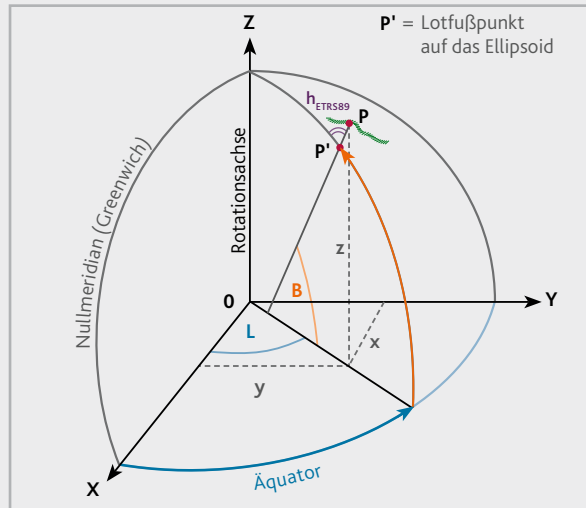


Abbildung 3:  
Zusammenhang zwischen X, Y, Z und B, L,  $h_{ETRS89}$

### Höhenbestimmung durch GNSS und SAPOS®

Messungen mit GNSS/SAPOS® liefern Koordinaten im Bezugssystem ETRS89 in kartesischer Form (X,Y,Z). Unter Verwendung des Ellipsoids GRS80 (Abb. 2) können diese Koordinaten in geographische Koordinaten (Breite B, Länge L) und ellipsoidische Höhe  $h_{ETRS89}$  umgerechnet werden (Abb. 3). Die ellipsoidische Höhe bezieht sich somit auf ein rein mathematisch-geometrisch definiertes Rotationsellipsoid, ohne Bezug zum Meeresspiegel und zum Schwerfeld der Erde.

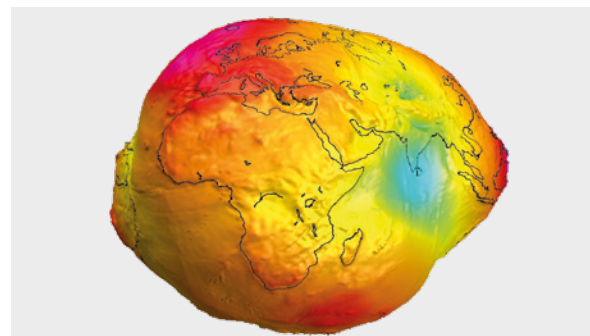
### Höhenbestimmung durch Nivellement

Höhen bzw. Höhenunterschiede, die durch geometrisches Nivellement in Verbindung mit lokalen Schwerewerten bestimmt werden, beziehen sich dagegen auf das Geoid. Das Geoid (Abb. 4) ist eine physikalisch definierte Höhenbezugsfläche (Äquipotentialfläche). Diese lässt sich als die unter den Kontinenten fortgesetzte mittlere Meeresoberfläche vorstellen und richtet sich nach dem Schwerfeld der Erde. Das bedeutet, dass zwischen Punkten, die sich auf dem Geoid oder einer „Parallelfäche“ dazu befinden, kein Wasser fließen würde. Damit erfüllt nur die physikalisch definierte Höhe die Anforderung an eine Höhe, die unserem natürlichen Empfinden von „höher“ und „tiefer“ entspricht.

Aufgrund der durch die Topographie (z.B. Gebirge, Täler) bedingten Massenunregelmäßigkeiten und wegen der ungleichmäßigen Dichteverteilung im Inneren der Erde (z.B. Erzvorkommen) besitzt das Geoid eine sehr unregelmäßige Form und kann daher mathematisch nur stückweise beschrieben werden.

Seit Dezember 2016 ist das "Deutsche Haupthöhenetz 2016" (DHHN2016) das amtliche Höhenbezugssystem in Deutschland. Es besteht aus Höhen über Normalhöhennull (NHN), welche sich auf den Nullpunkt des ehemaligen Pegels in Amsterdam beziehen. Die Höhenbezugsfläche ist dabei das sogenannte Quasigeoid, das für das Gebiet von Rheinland-Pfalz nur um wenige Zentimeter vom Geoid abweicht.

Abbildung 4: Globales Geoid





Höhenbestimmung durch GNSS/SAPOS®



Höhenbestimmung durch Nivellement und Schweremessung

### Wie kann eine ellipsoidische Höhe aus GNSS/SAPOS® in eine NHN-Höhe umgerechnet werden?

Die Differenz zwischen der ellipsoidischen Höhe  $h_{\text{ETRS89}}$  eines Punktes und seiner NHN-Höhe  $H_{\text{DHHN2016}}$  wird als Höhenanomalie  $\zeta$  (zeta) bezeichnet. Es gilt die einfache Beziehung:

$$H_{\text{DHHN2016}} = h_{\text{ETRS89}} - \zeta$$

#### Beispiel:

Öffentlich zugänglicher GNSS-Vergleichspunkt am L VermGeo

$h_{\text{ETRS89}}$	134,36 m
$\zeta$	47,94 m
$H_{\text{DHHN2016}}$	86,42 m

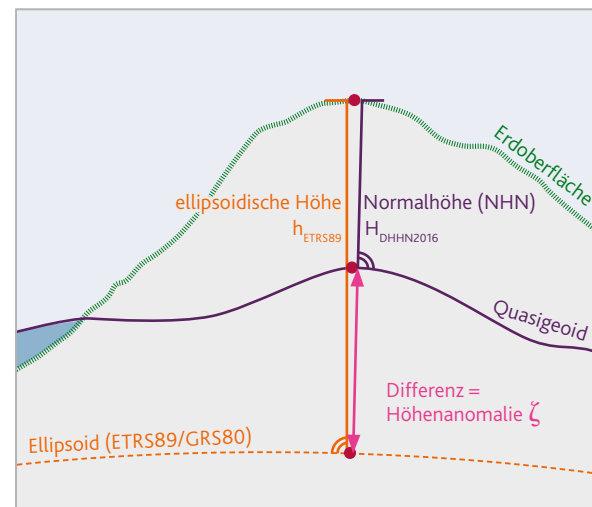
Die Höhenanomalien hängen von der Lage eines Punktes ab. Sie variieren in Deutschland zwischen 34 und 50 Meter, in Rheinland-Pfalz zwischen 47 und 49 Meter. NHN-Höhen sind in Deutschland immer kleiner als die dazugehörigen ellipsoidischen Höhen.

Die landesweite Ermittlung der Höhenanomalien ist eine Aufgabe des Landesamts für Vermessung und Geobasisinformation (L VermGeo) und wird als Quasigeoidmodellierung bezeichnet. Für die Berechnung eines Quasigeoidmodells werden hauptsächlich gemessene Schwerewerte, globale

Schwerefeldmodelle, digitale Geländemodelle sowie geeignete Passpunkte mit ellipsoidischen und NHN-Höhen herangezogen.

Mit Hilfe eines Quasigeoidmodells können für beliebige Positionen örtliche Höhenanomalien interpoliert werden. Damit lassen sich aus mit GNSS/SAPOS® bestimmten ellipsoidischen Höhen Gebrauchshöhen im amtlichen NHN-System berechnen.

Abbildung 5: Zusammenhang zwischen Normalhöhe und ellipsoidischer Höhe



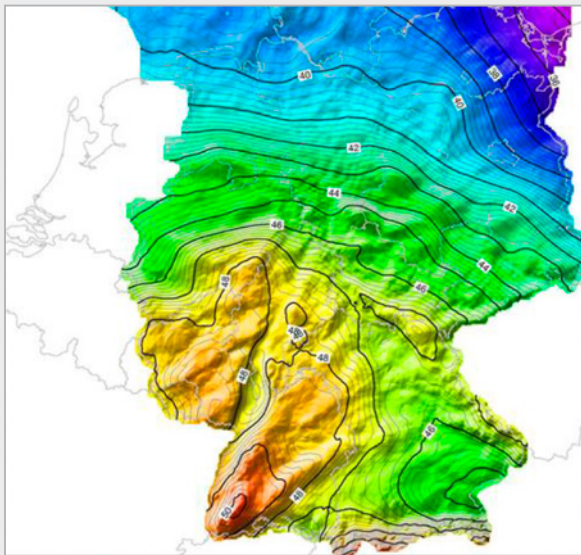


Abbildung 6:  
GCG2016 Deutschland

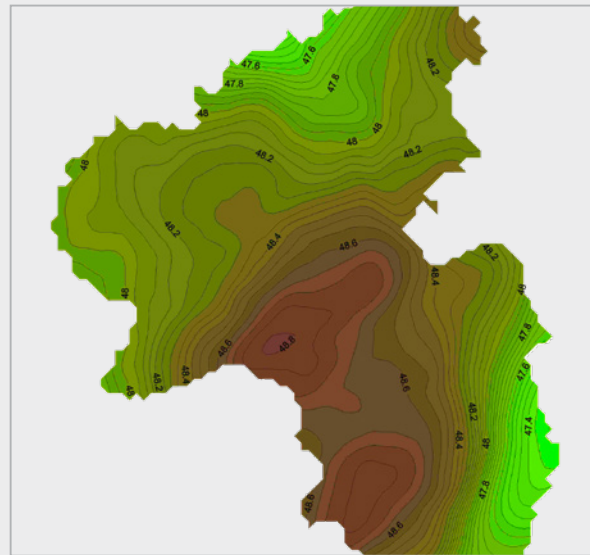


Abbildung 7:  
Detailansicht GCG2016 in Rheinland-Pfalz

### Quasigeoidmodell für Rheinland-Pfalz

Das Gebiet von Rheinland-Pfalz wird vom amtlichen und bundesweit einheitlichen AdV-Quasigeoid GCG2016 abgedeckt.

#### German Combined Quasigeoid 2016

Das German Combined Quasigeoid 2016 (GCG2016) ist ein Quasigeoidmodell für ganz Deutschland (Abb. 6). Es wurde im Jahr 2016 im Auftrag der Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV) vom Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG) und dem Institut für Erdmessung (IfE) der Leibniz Universität Hannover berechnet.

Für das Gebiet von Rheinland-Pfalz besitzt das Quasigeoidmodell GCG2016 eine Genauigkeit von ca. 1 cm.

Der Vertrieb erfolgt durch das Dienstleistungszentrum des BKG.

Das GCG2016 wird wahlweise deutschlandweit oder in 5 Teilregionen (Blöcken) angeboten. Der Block West umfasst das Gebiet der Länder Rheinland-Pfalz, Hessen, Nordrhein-Westfalen und Saarland.

Die Kosten für eine Teilregion betragen 250 €, für das Gesamtmodell Deutschland 750 € (Ohne update).

Eine Online-Berechnung von Einzelpunkten ist auf der Internetseite des BKG kostenfrei möglich.



#### Bestellung GCG2016

über das Online-Bestellsystem des BKG unter:

[www.geodatenzentrum.de](http://www.geodatenzentrum.de) > Online-Shops > Geodaten >  
Geodaten für Jedermann > Produktauswahl > Quasigeoid

**Kostenfreie Onlineberechnung**  
von Quasigeoidhöhen mit dem GCG2016:  
[www.gibs.bkg.bund.de/geoid/gscmp.php?p=g](http://www.gibs.bkg.bund.de/geoid/gscmp.php?p=g)



## Mit welcher Genauigkeit können NHN-Höhen bestimmt werden?

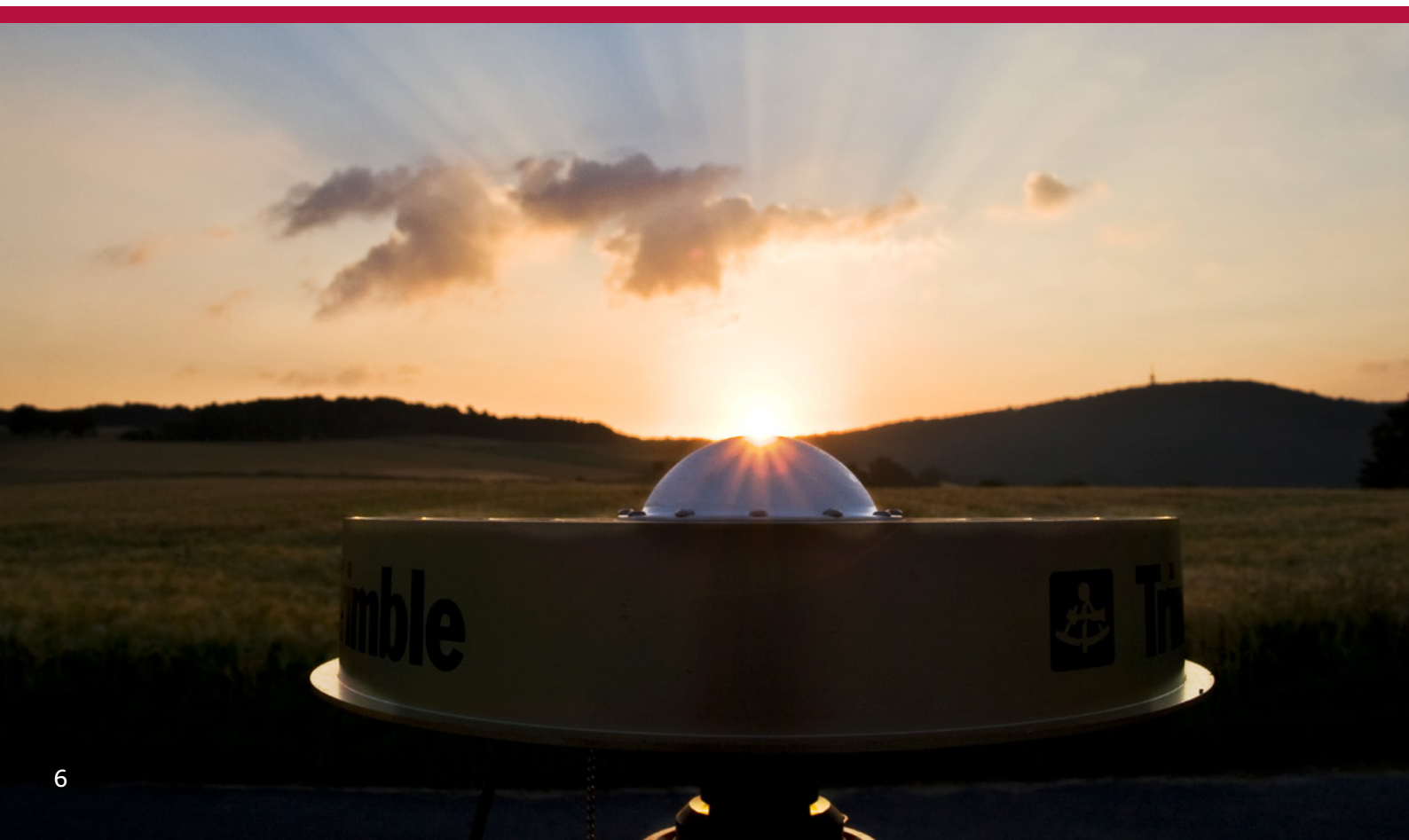
Durch geometrisches Nivellement lassen sich leicht Höhengenaugkeiten im Zentimeter- bis in den Millimeterbereich erzielen.

Die mit GNSS/SAPPOS<sup>®</sup> erzielbare Höhengenaugkeit setzt sich aus zwei Teilkomponenten zusammen: Aus der Bestimmungsgenaugkeit der ellipsoidischen Höhe und aus der Genauigkeit der aus dem Quasigeoidmodell abgeleiteten Höhenanomalie zur Umrechnung der ellipsoidischen Höhe in eine NHN-Höhe.

Mit dem SAPPOS<sup>®</sup>-HEPS-Dienst lässt sich in Echtzeit standardmäßig eine Genauigkeit der ellipsoidischen Höhe von 2 bis 5 cm erzielen. Unter Berücksichtigung der Genauigkeit des GCG2016 für das Gebiet von Rheinland-Pfalz können aus GNSS und SAPPOS<sup>®</sup>-HEPS abgeleitete NHN-Höhen damit unter günstigen Bedingungen mit einer Genauigkeit (Standardabweichung) zwischen 3 und 6 cm bestimmt werden.

Wird bei den GNSS-Messungen ein entsprechend höherer Aufwand (insbesondere bezüglich Messdauer und Beobachtungskonstellation) getrieben und wird das Postprocessing-Verfahren (SAPPOS<sup>®</sup>-GPPS) eingesetzt, lässt sich die Genauigkeit der ellipsoidischen Höhe bis in den Subzentimeterbereich steigern. Mit der aktuell verfügbaren Quasigeoid-Genauigkeit besitzen daraus abgeleitete NHN-Höhen aber immer noch "nur" eine Genauigkeit von 1 - 2 Zentimetern.

Das LVerMGeo wird in den nächsten Jahren die Dichte und die Aktualität der dem Modell zugrundeliegenden Schweredaten weiter optimieren. Ziel ist es, die Genauigkeit und Zuverlässigkeit des Quasigeoids, insbesondere in den Mittelgebirgsregionen noch weiter zu steigern. Dadurch wird es in Zukunft möglich sein, NHN-Höhen mittels GNSS-Bestimmung im Zentimeterbereich zu bestimmen.



## Anwendung des GCG2016

Für die Höhenbestimmung in Echtzeit kann das GCG2016 auf zwei verschiedenen Wegen genutzt werden. Entweder wird das GCG2016 auf einem GNSS-Rover installiert oder über die SAPOS®-Korrekturdaten bereitgestellt.

## Nutzung eines Quasigeoidmodells auf einem GNSS-Rover

Wird das Quasigeoidmodell auf einem GNSS-Rover lokal installiert, so kann bei gleichzeitiger Nutzung von SAPOS®-HEPS die Bestimmung der Gebrauchshöhe im Außendienst erfolgen. Die GNSS-Hersteller haben hierzu jeweils eigene, nicht standardisierte Dateiformate entwickelt.

Detailinformationen zu den einzelnen Formaten sind bei den GNSS-Herstellern erhältlich. Die für GNSS-Rover der verschiedenen Hersteller benötigten Dateiformate können unmittelbar bei der auf Seite 5 genannten Vertriebsstelle bezogen werden.

Hersteller	Datenformat
Leica	GEM
Trimble	GGF
Für z.B. Sokkia u.a.	GSF
Topcon	GFF

## Weiterführende Links

- [www.lvermgeo.rlp.de](http://www.lvermgeo.rlp.de)  
Landesamt für Vermessung  
und Geobasisinformation Rheinland-Pfalz
- [www.gfz-potsdam.de](http://www.gfz-potsdam.de)  
Deutsches GeoForschungsZentrum
- [www.bkg.bund.de](http://www.bkg.bund.de)  
Bundesamt für Kartographie und Geodäsie  
siehe Produkte > Quasigeoid

## Bereitstellung der Höhenanomalien über die SAPOS®-Korrekturdaten

Das Quasigeoidmodell GCG2016 ist in die Vernetzungssoftware von SAPOS® Rheinland-Pfalz integriert. Die für die Höhenumrechnung benötigten Höhenanomalien werden über die SAPOS®-Echtzeit-Korrekturdatenströme im Format RTCM 3.1 abgegeben. Dies ermöglicht den Nutzern die direkte Bestimmung von Gebrauchshöhen im amtlichen Höhenbezugs-system DHHN2016, und zwar ohne dass auf dem GNSS-Rover ein Quasigeoidmodell installiert sein muss und ohne dass dem Nutzer dabei weitere Kosten entstehen.

Weitere Informationen dazu, insbesondere zu den roverseitig erforderlichen Voraussetzungen, gibt es über die SAPOS®-Hotline:

E-Mail: [sapos@vermkv.rlp.de](mailto:sapos@vermkv.rlp.de)

Telefon: 0261 492-123



Rheinland-Pfalz

LANDESAMT FÜR VERMESSUNG  
UND GEOBASISINFORMATION

Von-Kuhl-Straße 49  
56070 Koblenz

[lvermgeo@vermkv.rlp.de](mailto:lvermgeo@vermkv.rlp.de)  
[www.lvermgeo.rlp.de](http://www.lvermgeo.rlp.de)

Ihre Ansprechpartner:

Frau Metzdorf  
Telefon 0261 492-223

Herr Cieslack  
Telefon 0261 492-381

Abbildungsnachweis:

Titel, Abbildung 1, 2, 3, 5, 7: © [www.lvermgeo.rlp.de](http://www.lvermgeo.rlp.de), Bilder auf Seite 4 und 7: © [www.lvermgeo.rlp.de](http://www.lvermgeo.rlp.de),  
Bild auf Seite 6: GNSS-Kampagne 2008 der AdV, Abbildung 4: © Grundlage: [www.gfz-potsdam.de](http://www.gfz-potsdam.de), Abbildung 6: © [www.bkg.bund.de](http://www.bkg.bund.de)

12/2016