

Die Erneuerung des Deutschen Haupthöhennetzes 2006-2011

Von Sven Wolfram, Magdeburg

Zusammenfassung

Der Artikel beschreibt den Weg des Amtlichen deutschen Vermessungswesens zum Aufbau eines hochgenauen Höhenbezugssystems als Baustein eines integrierten Raumbezugssystems. Dieses angestrebte Bezugssystem ist letztlich die Voraussetzung, Gebrauchshöhen zukünftig satellitengestützt wirtschaftlich und mit erforderlicher Genauigkeit zu bestimmen. Nach der Analyse der Notwendigkeit der Erneuerung wird auf die praktische Realisierung der Messkampagnen im DHHN bis zum Zeitpunkt des Beginns der GNSS-Kampagne 2008 eingegangen.

I Entstehung und Zustand des DHHN 92

Bereits zu Beginn des deutschen Vereinigungsprozesses wurden Anstrengungen unternommen, die Haupthöhennetze der beiden deutschen Staaten, das Staatliche Nivellementsnetz, entstanden 1974-1976 (SNN 76), und das Deutsche Haupthöhennetz, entstanden 1980-1985 (DHHN 85), in ein gesamtdeutsches Höhennetz zu überführen. Eine zügige Vereinheitlichung und Zusammenführung war schon deshalb notwendig, weil die Höhennetze aufgrund ihres Höhenbezuges und ihrer Entstehung eine Systemdifferenz von 11-15 cm untereinander aufwiesen.

Hierzu wurden in den Jahren 1991-1992 Verbindungslinien zwischen beiden Netzen gemessen und die Höhen des so zusammengefügteten Netzes in einem Guss neu berechnet. Die Einführung dieses heute in Deutschland gültigen **Deutschen Haupthöhennetzes 1992 (DHHN 92)** wurde im Oktober 1993 von der Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV) beschlossen. Die historischen Ursprünge des DHHN reichen bis weit ins 19. Jahrhundert hinein, vgl. z.B. [Reichsamt für Landesaufnahme 1930], [Königlich Preußische Landesaufnahme 1894]. Zum Aufbau des amtlichen Höhennetzes in Sachsen-Anhalt wird weiterführend [Frenzel, Melchrick 1995] empfohlen.

Das auf diese Weise entstandene DHHN 92 genügt den gestellten Anforderungen der 90er Jahre [AdV 1995]. Mittlerweile ist die Datengrundlage des DHHN 92 teilweise mehr als 30 Jahre alt. Das vorhandene Höhenfestpunktfeld unterliegt aufgrund seines Alters und einer gewissen Zerstörungsrate (LSA: kleiner als 1 % pro Jahr) aber einem zunehmenden Verfall. Seine Verfügbarkeit für Anschluss- und Folgemessungen Dritter nimmt immer weiter ab. Besonders stark ist dies vor allem in geotektonisch und bergbaulich beeinflussten Regionen festzustellen. Weniger spektakulär sind die Auswirkungen von großräumigen Bewegungen der Erdoberfläche (Rezente Krustenbewegungen) oder von dauerhaften regionalen Grundwasseränderungen.

Qualitätseinschränkungen des DHHN 92

Bundesweit durchgeführte Erhebungen des Ist-Zustandes des DHHN 92 in den einzelnen Bundesländern ergaben ein sehr inhomogenes Bild. Einzelne Länder haben im Rahmen der Laufendhaltung des Höhennetzes Linien oder Linienteile der 1. Ordnung des DHHN 92 in den zurückliegenden Jahren erneuert, andere wiederum gar nicht. Diese landesspezifischen Erneuerungen stellen auf Dauer kosteninten-

sivere Insellösungen dar und führen nicht zu einem flächendeckenden homogenen Höhenfestpunktfeld [PG DHHN 2003].

Die gemeinsame gesetzliche Aufgabe der "Bereitstellung eines einheitlichen Höhenbezugssystems" in der Bundesrepublik durch die Länder kann deshalb langfristig nicht mehr anforderungsgerecht erfüllt werden. In den folgenden Abschnitten beschreibt dieser Artikel die konkreten Ziele der Erneuerung des DHHN (siehe 2), die bundesweiten Vorgaben (siehe 3, 4) sowie die praktische Realisierung der Messkampagnen durch den Einsatz von Nivellements-, GNSS- und Absolutschweremessungen (siehe 4-6).

2 Ziele der Erneuerung

Zu Beginn des 21. Jahrhunderts wurde, aufgrund des zunehmenden Qualitätsverlustes des DHHN 92, von verschiedenen Seiten die Erneuerung des Höhennetzes gefordert, um wieder zuverlässige und verbindliche Höhenangaben zur Verfügung stellen zu können. Während über den Zustand des DHHN und die Notwendigkeit, Maßnahmen ergreifen zu müssen, Einigkeit bestand, gingen die Meinungen über die Umsetzung in verschiedene Richtungen.

Hochgenaue satellitengestützte amtliche Höhenbestimmung

Der Aufwand für eine klassische Erneuerung mittels geometrischen Präzisionsnivelements ist zeit- und kostenintensiv. Einzelne Bundesländer, wie z.B. Sachsen-Anhalt, haben bereits seit einiger Zeit Untersuchungen und Tests zur Einführung von satellitengestützten Verfahren zur amtlichen Höhenbestimmung durchgeführt und wollen in Zukunft das geometrische Präzisionsnivelement einstellen [Auerswald, Galle, Grote 2002]. Auch die Höhenüberprüfung ausgewählter fundamentaler Höhen- und Lagefestpunkte (Geodätische Grundnetzpunkte) soll in Sachsen-Anhalt zukünftig mit Satellitenmessverfahren erfolgen. Für die Überführung von mit satellitengestützten Verfahren bestimmten ellipsoidischen Höhen in physikalische Höhen des DHHN werden allerdings Geoidinformationen benötigt. Diese Geoidinformationen haben derzeit eine Genauigkeit von 1 bis 2 cm [BKG 2005]. Für bestimmte Aufgaben und Nutzergruppen sind derart bestimmte DHHN-Höhen unter Berücksichtigung der Genauigkeiten von ellipsoidischen Höhen und Geoidinformationen unzureichend. Beispielsweise besteht von Seiten der Wasserwirtschafts- und Wasserschiffahrtsverwaltungen die Anforderung, den absoluten Bezug des Höhenreferenzsystems auf unter 1 cm festzulegen.

Die vom Arbeitskreis Raumbezug (AK RB) der AdV im Jahr 2002 gebildete Projektgruppe „Erneuerung des DHHN“ hatte u. a. die Aufgabe, einen Lösungsvorschlag zu unterbreiten, der sowohl die fachlichen Erfordernisse als auch die wirtschaftlichen Aspekte berücksichtigt.

Kombination von Präzisions- nivelement, GNSS- und Absolutschweremessungen

Als Hauptziel des Projektes wurde nach einer Reihe von Voruntersuchungen die Erneuerung des DHHN durch das Verfahren des geometrischen Präzisionsnivelements, verbunden mit epochengleichen Global Navigation Satellite System (GNSS)- und Absolutschweremessungen formuliert. Folgende Ziele sollen damit erreicht werden [PG DHHN 2003]:

- ◆ Überprüfung des amtlichen Höhenbezugssystems zwecks Aufdeckung von Höhenänderungen und Spannungen im DHHN 92 (Diagnose) mit der Option zur Einführung eines neuen amtlichen Höhenstatus,
- ◆ Einbindung des DHHN in ein zukünftiges, integriertes Raumbezugssystem,

- ◆ Modellierung hochgenauer Geoidinformationen für die weitere Verbesserung der satellitengestützten Gebrauchshöhenbestimmung insbesondere mit SAPOS[®] durch die Verknüpfung von Nivellement mit epochengleichen GNSS-Messungen (Systeme GPS und Galileo) und neuen Erdschwerefeldmodellen (Missionen GRACE und GOCE) und
- ◆ Schaffung aktueller Grundlagen für wissenschaftliche Arbeiten im Sinne der Daseinsvorsorge (Rezente Krustenbewegungen).

Aus Gründen der Wirtschaftlichkeit wurde nur eine Teilerneuerung (ca. 60 % des DHHN 92) in Form der Messung von Großschleifen mittels Präzisionsnivellements vorgeschlagen. Im Jahr 2003 wurden die Satellitensysteme GPS und Galileo in die Zielsetzung eingeschlossen. Eine Einbeziehung des russischen Systems GLONASS war zu diesem Zeitpunkt nicht absehbar. Das angestrebte integrierte Raumbezugs-system stellt letztlich die Grundlage dar, „eine Höhenbezugsfläche hochgenau zu modellieren und damit Gebrauchshöhen zukünftig satellitengestützt wirtschaftlich und mit ausreichender Genauigkeit zu bestimmen“ [PG DHHN 2003]. Der erhebliche Aufwand für die Herstellung und die Pflege des nachgeordneten klassischen Höhenfestpunktfeldes kann nach Realisierung der Ziele, bis auf landesspezifische Erfordernisse, entfallen.

*Erneuerung und
Wirtschaftlichkeit*

3 Der Beschluss der AdV

Die Beschlussvorlage zur Erneuerung des DHHN wurde vom Arbeitskreis Raumbezug dem Plenum der AdV vorgelegt. Ende April 2005 wurde auf der 116. Tagung des Plenums der AdV folgender Beschluss zur Erneuerung des DHHN (116/14 gemäß Nr. 5.1 der GO-AdV) einstimmig gefasst:

„1. Auf der Grundlage der Ist- und Soll-Analyse des Arbeitskreises Raumbezug wird die Erneuerung des DHHN mithilfe des digitalen geometrischen Präzisionsnivellements, epochengleichen GNSS-Messungen sowie Absolutschweremessungen auf ausgewählten Repräsentativpunkten des DHHN beschlossen. Die Länder und das Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG) schaffen die hierzu erforderlichen Voraussetzungen für die Durchführung in den Jahren 2006 bis 2010.

*Ein Beschluss der
weltweit seines-
gleichen sucht.*

2. Der Arbeitskreis Raumbezug wird beauftragt, hierzu die technische und zeitliche Detailplanung zu erarbeiten“ [AdV 2005].

Damit war das Startsignal für die Erneuerung des DHHN von der AdV im vorgeschlagenen Umfang gegeben. Mit Recht wird man behaupten dürfen: Wieder ein historisches Datum mehr für das Amtliche deutsche Vermessungswesen. Eine derartige Großkampagne, bestehend aus Nivellements-, GNSS- und Absolutschweremessungen, hat bisher in Deutschland noch nicht stattgefunden. Die folgende Tabelle I zeigt die von den einzelnen Bundesländern im Rahmen des AdV-Beschlusses umzusetzenden Arbeiten – aufgeschlüsselt nach den zu messenden Nivellements-strecken und den GNSS- bzw. Absolutschwere (AS)-Punkten.

Bundesland	Niv.-länge [km]	GNSS-Punkte	AS-Punkte
Baden-Württemberg	1 227	22	9
Bayern	3 105	55	22
Berlin	107	2	1
Brandenburg	1 078	19	8
Bremen	22	0	0
Hamburg	77	1	1
Hessen	653	12	5
Mecklenburg-Vorpommern	1 190	21	8
Niedersachsen	1 649	29	12
Nordrhein-Westfalen	1 317	23	9
Rheinland-Pfalz	810	14	6
Saarland	85	2	1
Sachsen	870	15	6
Sachsen-Anhalt	723	13	5
Schleswig-Holstein	630	11	4
Thüringen	587	10	4
Gesamtanzahl	14 130	250	100

Tab. 1: Pflichtanteile der Bundesländer

Der Arbeitskreis Raumbezug beauftragte wiederum die Projektgruppe „Erneuerung des DHHN“ mit der weiteren Umsetzung.

4 Die organisatorische und technische Umsetzung

Mit der Beschlussfassung der AdV wurde es dringend erforderlich, den unter Federführung der **Projektgruppe „Erneuerung des DHHN“** im Entstehen begriffenen fachlichen Rahmen für ein einheitliches Vorgehen der Bundesländer unter klar definierten Qualitätsrichtlinien bundesweit einzuführen. Die vorhandenen Feldanweisungen der AdV waren auf dem Stand von vor 1990. Aus dem Bereich der Hochschulen und Universitäten standen außer Einzeluntersuchungen zu den modernen Technikentwicklungen ebenfalls keine verwertbaren anwenderbezogenen fachlichen Maßgaben zur Verfügung.

Nivellement-Feldanweisung 2006-2011 der AdV

In enger Zusammenarbeit mit den bestehenden Kalibrierstellen, den Geräteherstellern sowie der Deutschen Geodätischen Kommission (Universitäten und Hochschulen) wurde die **Nivellement-Feldanweisung** neu geschrieben. Das klassische Verfahren des optischen Präzisionsnivelements wurde zusammen mit dem nicht mehr ganz neuen digitalen Verfahren komplett auf den Prüfstand gestellt. Hierbei zeigte sich ein hoher Entwicklungs- und Diskussionsbedarf, insbesondere bei Themen wie Messverfahren, Fehlereinflüssen, kritische Zielweiten bei Digitalnivellieren, der Genauigkeit von Code-Invarlatten (Brennspurproblematik bei der Lattenherstellung) und bei den Magnetfeldeinflüssen auf Nivelliere. Alle Präzisions-Gerätehersteller reagierten umgehend (Erstellung/Lieferung neuer Firmware, etc.). Von den Kalibrierstellen wurden sogenannte Ringversuche als Qualitätsprüfung untereinander durchgeführt. Im Rahmen dieser Entwicklungsarbeiten zeigte sich, dass Neumessungen von Nivellementslinien des DHHN, die vor der Entstehung der Feldanweisung durchgeführt wurden, wenn überhaupt nur im Ausnahmefall mit erheblichem Aufwand in den neuen Datenbestand übernommen werden können. Für einzelne Bundesländer ergab sich u. a. hieraus die Notwendigkeit, den notwen-

digen Pflichtanteil neu zu überdenken und optionale Linienmessungen mit einzukalkulieren. Der offiziell gemeldete optionale Anteil liegt derzeit bei ca. 20 % des Gesamtnetzes (siehe Abb. 1).

Auf dem von der Projektgruppe „Erneuerung des DHHN“ durchgeführten ersten **Niv-Workshop** des Arbeitskreises Raumbezug in Magdeburg im November 2005 für Nivelleure und Auswerter der Vermessungsverwaltungen wurde der Entwurf der Niv-Feldanweisung diskutiert und die DHHN-Kampagne gestartet. Die Feldanweisung wurde dann durch den Arbeitskreis Raumbezug im Jahr 2006 verabschiedet. Der jährliche Niv-Workshop hat sich zu einem wichtigen Fachforum der Anwender entwickelt. Der dortige Erfahrungsaustausch trägt wesentlich zur einheitlichen Umsetzung der Ziele der Erneuerung in den Bundesländern bei. Die Niv-Feldanweisung wird regelmäßig bei Vorliegen neuer Erkenntnisse fortgeführt.

Eine weitere wesentliche Stütze bei der Umsetzung bilden die bereits vor der offiziellen Beauftragung mitwirkenden **Niv-Rechenstellen** im Landesvermessungsamt Nordrhein-Westfalen (LVermA NRW) und beim BKG. Um Schwierigkeiten bei der späteren Datenabgabe durch die Bundesländer zu vermeiden und die Qualitätsprüfung zu vereinheitlichen, wurde, neben der Definition von Schnittstellen, allen Bundesländern für die Prüfung und Vorauswertung die gleiche Software (Programmsystem „Höhe“ des LVermA NRW) zur Verfügung gestellt.

Wie sinnvoll es ist, bei derart großen Projekten der AdV zwei Rechenstellen (mit unterschiedlichen Aufgaben und Auswertestrategien) einzurichten, hat sich bereits gezeigt: bei den bisher durchgeführten Testberechnungen konnten Schwachstellen gemeinsam ermittelt und behoben werden. Die vom Arbeitskreis Raumbezug aus der Projektgruppe „Erneuerung des DHHN“ neugebildete **Projektgruppe „Kordinierung der Messungen DHHN“** führt seit Ende 2007 regelmäßige Rechenstellensitzungen durch. Als zusätzliches Instrument der Beurteilung des Sollstandes bzw. der Absicherung der Ergebnisse wird derzeit vom Arbeitskreis Raumbezug ein Controlling zum Stand der Messung in den Bundesländern eingeführt.

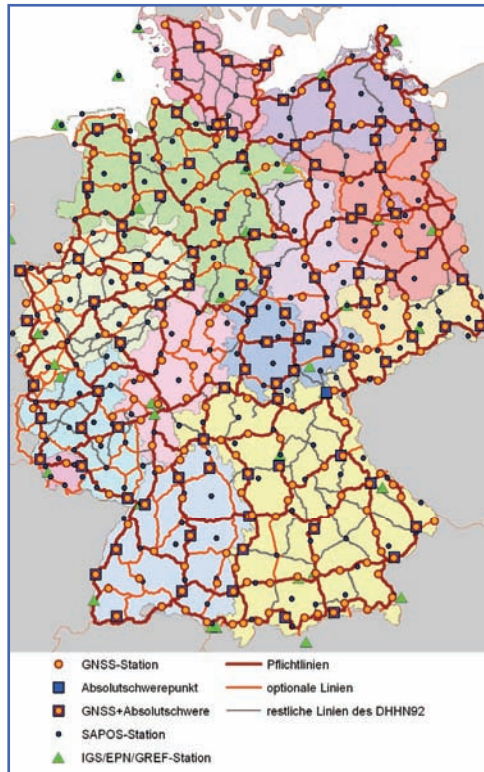


Abb. 1: DHHN 2006-2011 mit GNSS-IAS-Punkten und Referenzstationen [BKG, Niv-Rechenstelle, Stand Dezember 2007]

Feldanweisung Absolutschweremessung 2006-2011

Ein weiterer wichtiger Meilenstein in der Umsetzung des Beschlusses war die Entwicklung der **Feldanweisung Absolutschweremessung** und die Verabschiedung durch den Arbeitskreis Raumbezug. Die Feldanweisung wurde in enger Zusammenar-



Abb. 2: Das A10 auf einem fundamentalen Schwerefestpunkt Sachsen-Anhalts

beit mit dem Bundesamt für Kartographie und Geodäsie erarbeitet. Das BKG wird diesen Teil der Kampagne selbst messen und besitzt das entsprechende fachliche und technische Know-how. Die Messungen auf den Absolutschwere-Punkten werden mit dem feldauglichen Absolutgravimeter A10 ausgeführt (siehe Abb. 2).

Aufgabe der Bundesländer war es, geeignete Festpunkte nach den Kriterien der Feldanweisung entlang der Nivellementslinien des DHHN auszuwählen bzw. einzurichten (siehe Abb. 1). Da Absolutschwere-Punkte i.d.R. gleichzeitig als GNSS-Punkte tauglich sein sollten, hatte die Feldanweisung auch erheblichen Einfluss auf die einzurichtenden GNSS-Punkte und umgekehrt.

5 Realisierung in Sachsen-Anhalt

In Sachsen-Anhalt werden die genannten Feldanweisungen verbindlich umgesetzt. Daraus ergaben sich eine Reihe von Maßnahmen, die in der Folge ausgeführt wurden bzw. werden.

Vorbereitungen

Im Rahmen der Vorbereitung der Messungen wurden umfangreiche **Recherchen** zum Höhenfestpunktfeld in Archiven anderer Behörden und Institutionen, teilweise über Privatpersonen und Firmen, unternommen. Bedingt durch die Entstehung unserer Vermessungsverwaltung in den 90er Jahren waren vor allem Lücken im Höhennachweis vorhanden, die jetzt weitgehend geschlossen werden können. Dabei wurden auch zahlreiche seltene oder vermisste historische Dokumente und Messungsunterlagen des deutschen Höhennetzes entdeckt. Für die großzügige Unterstützung der beteiligten Stellen und Personen sei an dieser Stelle gedankt.

Die **Erkundung** der Nivellementslinien des DHHN wurde in Prioritätsstufen intensiviert. Höchste Priorität haben nach den Festlegungen der Feldanweisung dabei die Unterirdischen Festlegungen – diese gehören in Sachsen-Anhalt zu den fundamentalen Festpunkten – und die Höhenmarken (HM) der ehemaligen Landesaufnahme von 1882-1944, vgl. [Königlich Preußische Landesaufnahme 1894]. Festpunktverluste werden möglichst durch geeignete Altpunkte ersetzt, um den Vermarkungsaufwand gering zu halten. Die Lagebestimmung der Höhenfestpunkte wurde auf moderne und präzisere Verfahren, wie direkte und indirekte HEPS-

Messungen sowie Ermittlung über den Gebäudebestand der digitalen Liegenschaftskarte, umgestellt.

In Sachsen-Anhalt werden mittlerweile zwei **Nivellementstrupps** eingesetzt, um die abgesteckten Ziele termingerecht zu erreichen. Ein Trupp besteht aus fünf Mitarbeitern, d.h. einem Beobachter, zwei Lattenläufern und zwei Sicherungsposten. Bei Präzisionsnivellements auf Bundesstraßen erhöht sich in schwierigen Verkehrssituationen die Zahl der Sicherungsposten um zwei. Ein großes Problem bei den Messungen stellt das häufig nicht StVO-gerechte Fahrverhalten der anderen Verkehrsteilnehmer dar.

Personal und Ausrüstung



Abb. 3: Niv-Trupp mit
Sicherungsfahrzeugen
beim Nivellieren

Die **Ausrüstung** der Niv-Trupps besteht zur Erfüllung ihrer Messaufgaben aus modernen digitalen Präzisionsnivellierern (Leica DNA03) und verschiedenen Hilfsmitteln, wie z.B. elektronische Windmesser und Infrarot-Thermometer. Zum Einsatz kommt ebenfalls der von Sachsen-Anhalt weiterentwickelte Freiburger Lattenschuh für verdeckte Höhenbolzen, um vor allem Festpunkte an Gebäuden messen zu können, die durch Wärmedämmung überdeckt werden.

Das **Präzisionsnivellement** wird nach dem Förstner Verfahren (**RVV**) ausgeführt. Dieses Verfahren hat u.a. erhebliche Vorteile bei der Minimierung von Restfehlern des Nivelliers und in der Standpunktkontrolle, führt allerdings zu etwas höheren Standzeiten der Latten. Mehrfach konnten in der Vergangenheit hierdurch Funktionsstörungen unserer sehr empfindlichen Nivelliere festgestellt werden, die bei anderen Verfahren ggf. nicht bemerkt worden wären. Von einem Niv-Trupp werden bei normalen Bedingungen 5,5 Dkm¹ in einer Arbeitswoche geleistet, wobei in Einzelfällen schon 10 Dkm erreicht wurden. Der Beobachter führt im Außendienst zur Eigenkontrolle ein digitales Streckenverzeichnis, das automatisiert die Einhaltung der Fehlergrenzen nach Feldanweisung prüft. Des Weiteren ist ein digitaler Nachweis zur täglichen Prüfung der Ziellinie des Nivelliers zu führen, um das langfristige Verhalten des Nivelliers prüfen zu können. In letzter Zeit konnten sich

Messverfahren

¹ Dkm oder Doppelt-Kilometer - Angabe einer Nivellementsleistung, die als Hin- und Rückmessung ausgeführt wird (5,5 Dkm = 11 km).

anbahnende Funktionsstörungen des Kompensators dadurch rechtzeitig erkannt werden.

Ist-Stand der Nivellements im DHHN

Aktuell sind in Sachsen-Anhalt 360 km der Nivellementslinien des DHHN in hoher Qualität gemessen. Die Prüfung und **Vorauswertung** der Messungen erfolgt in der Regel am Ende der Messungswoche im Innendienst mit dem Programmsystem



Abb. 4: Stand der Erneuerung des DHHN in LSA mit GNSS-/Absolutschwere-Punkten

„Höhe“ der Rechenstelle NRW. Bedingt durch die Netzanteile am DHHN kann Sachsen-Anhalt die letztlich entscheidende Kontrolle (die Bildung von Schleifen über zusammenhängende Nivellementslinien und damit die Berechnung des Schleifenschlussfehlers) nicht selbst ausführen und ist damit besonders stark auf die Qualität der Messungsergebnisse der Nachbarländer angewiesen. Die geprüften Messdaten werden später an die Niv-Rechenstelle in Bonn abgegeben.

Im Rahmen der Tätigkeiten hat Sachsen-Anhalt einen engen Kontakt zu den Rechen- und Kalibrierstellen und beteiligt sich intensiv an anwendungsbezogenen **Entwicklungsarbeiten**. Diese Arbeiten fanden bereits mehrfach ihren Niederschlag in der Niv-Feldanweisung.

Eine weitere wichtige Maßnahme, die bereits im Jahr 2006 umgesetzt wurde,

war die Auswahl und **Einrichtung der GNSS- und Absolutschwere-Punkte** nach den Vorgaben der GNSS- und Absolutschwere-Feldanweisungen im innerhalb der AdV vereinbarten Umfang. Nach einer Vorauswahl am „grünen Tisch“ wurden für die 13 GNSS-Punkte (davon 5 gleichzeitig Absolutschwere-Punkte) 20 Standorte im Land näher untersucht. Bestehende Festpunkte wurden bei Einhaltung der Mindestvorgaben mit Vorrang geprüft. Die abschließende Entscheidung erfolgte anhand der Stellungnahmen des Landesamtes für Geologie und Bergwesen. Danach konnten 5 fundamentale Festpunkte (2 DREF-, 2 SANREF- und 1 EUVN-Punkte) verwendet werden, die im Rahmen früherer Messkampagnen eingerichtet wurden. Die verbleibenden 8 GNSS-Punkte wurden neu und einheitlich eingerichtet. Dabei wurde als Vermarkung jeweils ein Granitpfeiler von 50 x 50 x 100 cm mit Stehbolzen fast bodengleich eingebracht, der das sichere Aufstellen des feldtauglichen Absolutgravimeters des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie gewährleistet. Die jeweilige GNSS-Punktgruppe wird, so weit nicht schon vorhanden, noch um eine Unterirdische Festlegung (Rammstab) zur Höhengsicherung ergänzt. Die Arbeiten wurden zugunsten der Unterstützung der Vorbereitungsarbeiten zur GNSS-Kampagne aber vorerst zurückgestellt.

6 Die GNSS-Kampagne 2008

Im Juni 2006 wurde auf der 14. Tagung des Arbeitskreises Raumbezug der AdV der weitere Fortgang der DHHN-Kampagne abgestimmt und die GNSS-Feldanweisung verabschiedet. Die Projektgruppe „Koordinierung der Messungen DHHN“ erhielt den Auftrag, mit den Vorbereitungsarbeiten für die GNSS-Kampagne 2008 zu beginnen, sowie eine Leitungsgruppe (Task Force GNSS) zu bilden.

Aus drei Mitgliedern der Projektgruppe wurde daraufhin die Leitungsgruppe „**Task Force GNSS**“ gebildet. Die Bundesländer meldeten jeweils einen GNSS-Länderansprechpartner. Der Aufruf, aktiv in der Task Force GNSS mitzuarbeiten, stieß dagegen auf wenig Resonanz. Ein bayerischer Kollege und Kollegen der bereits beteiligten Bundesländer (Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen und Sachsen-Anhalt) kamen später als Verstärkung der Task Force GNSS hinzu.

Die Planungs- und Vorbereitungszeit

Die ersten Arbeiten konzentrierten sich auf die Erhebung des technischen Bedarfs, die Personal- und personalrechtliche Absicherung und die Durchführungsorganisation der Kampagne. Bis zum **1. GNSS-Workshop** im Mai 2007 in Hannover wurde hierzu eine organisatorische und technische Konzeption für die Kampagne, orientiert an der beschlossenen GNSS-Feldanweisung, entworfen. Die positiven Impulse des Workshops ließen den Unmut über die Zurückhaltung der Bundesländer schnell vergessen. Es herrschte grundsätzliche Einigkeit darüber, dass die hohen Qualitätsanforderungen nur bei einheitlichem gemeinsamen Vorgehen erreichbar sind. In den folgenden Monaten wurde für verschiedene Brennpunkte zügig nach Lösungen gesucht.

Moderne GNSS-Ausrüstungen waren in den Vermessungsverwaltungen kaum oder in sehr heterogener Form vorhanden. Um die Zielsetzung der Erneuerung des DHHN erfolgreich meistern zu können, waren dringend einheitliche GNSS-Ausrüstungen erforderlich. Die unterschiedlichen Antennencharakteristika in Verbindung mit den verschiedenen örtlichen Bedingungen (an den GNSS-Punkten) führt bisher bei GNSS-Höhenbestimmungen zu verschiedenen Ergebnissen, in krassen Fällen bis in den cm-Bereich hinein. Dies lässt sich durch Kalibrierung der Antennen nur teilweise mindern. Zudem bestand die Forderung, nicht nur GPS sondern auch das im Wiederaufbau befindliche GLONASS zu nutzen. Es zeigte sich, dass eine Realisierung nur möglich würde, wenn man sich auf die GNSS-Ausrüstungen der in den Vermessungsverwaltungen derzeit verbreitetsten Hersteller Trimble und Leica stützt. Des Weiteren musste dann gemeinsam mit den Bundesländern, dem BKG und den Hochschulen versucht werden, auch über Beschaffungsmaßnahmen, entsprechende Ausrüstungen für die Kampagne bereitzustellen.

Ebenfalls musste dringend geklärt werden, wie der Bezug zwischen der Antenne und dem GNSS-Punkt realisiert und während der gesamten Messung gesichert werden kann. Was nützt eine hochgenaue GNSS-Messung, wenn die Exzentrizität zwischen Antennenphasenzentrum (dem eigentlichen Messpunkt) und der 3D-Marke des Festpunktes ungenau ist oder sich gar während dieser ändert! Hierzu wurde eine **Lage- und Höhenzentrierkontrollleinrichtung** für GNSS-Höhenbestimmungen vom LVerGeo Sachsen-Anhalt zusammen mit der Freiburger Firma FPM Holding GmbH nach den Anforderungen der Task Force GNSS entwickelt. Mit der entwickelten Messeinrichtung FG-ANA 100B (siehe Abb. 5) kann die Exzentrizität „Millimeter-scharf“ überprüft werden, ohne dabei das Nahfeld der Antenne mehr als sonst üblich zu beeinflussen.

Weiterentwicklungen der Hardware

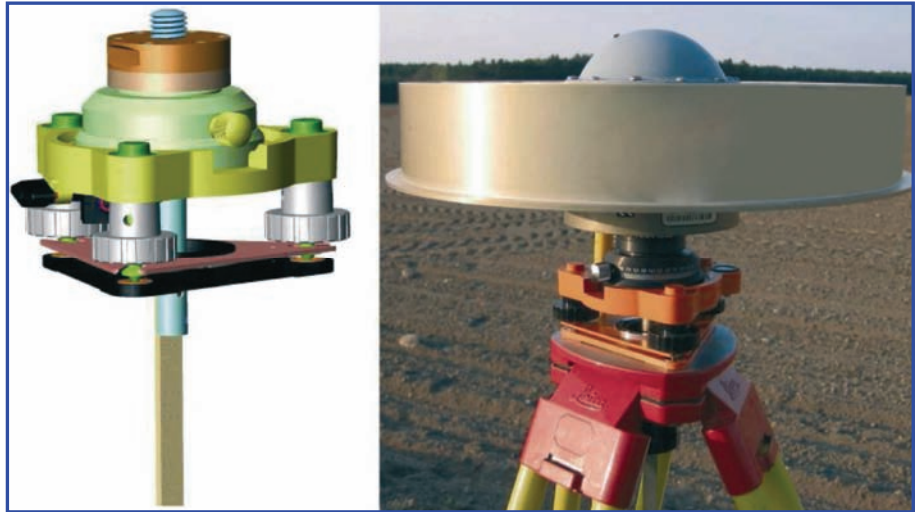


Abb. 5: 3D-Modell des FG-ANA [von Däbel und FPM 2007] und Stationsunterbau mit FG-ANA und Choke Ring Antenne

Zusammen mit einer Choke Ring Antenne² und einem GST 20/120 Stativ gewährleistet die Messeinrichtung den einheitlichen GNSS-Stationsaufbau in der Kampagne. Dies ist aber nicht das Einzige, was für alle einheitlich vorgegeben werden musste: dazu gehört u.a. auch der Spreizwinkel der Stativbeine, die Ausrichtung des Stativs, des Dreifußes und der Antenne nach GeoGrafisch-Nord. Das alles „nur“, um eine hochgenaue und zuverlässige ellipsoidische Höhe in der unteren Hälfte des Subzentimeterbereichs zu erhalten.

Das wohl mit wichtigste Planungsinstrument für alle weiteren Vorbereitungen der Bundesländer und Folgepläne ist der **Sessions- und Arbeitszeitplan** für die Kampagne. Hier wurden neben den Startzeiten der Messung auch die Arbeitszeiten der Messtrupps (i.d.R. Drei-Personen-Messtrupps) definiert. Die Anweisung geht sogar so weit, dass mitarbeiterbezogen auch die Zeiten für das Schichtsystem festgelegt sind, damit erforderliche Ruhezeiten eingehalten werden können. Aus diesem Plan heraus wurde dann im Herbst 2007 die **Netzplanung** entwickelt. Dabei mussten Fragen geklärt werden, wie z.B. welcher Messtrupp misst zu welcher Session (Messtag) auf welchem GNSS-Punkt und zu welchem GNSS-Punkt muss dann gewechselt werden.

Zum 2. Workshop im November 2007 in Magdeburg wurden die letzten konzeptionellen Eckpunkte der Kampagne geklärt bzw. die Festlegungen in der GNSS-Feldanweisung 2006 abschließend präzisiert.

Erhebliche Auswirkungen auf die Planungen hatte die Verkürzung der Kampagnendauer von acht auf sechs Wochen, um der Forderung nach sparsamem Umgang mit eingeschränkten Ressourcen und hoher Effizienz nachzukommen. Im Folgenden sind die Festlegungen zur Kampagne aufgeführt:

- ◆ Die Messkampagne beginnt am 26. Mai 2008 und endet am 03. Juli 2008.
- ◆ Das Kampagnennetz besteht aus 250 GNSS-Punkten.
- ◆ Jeder GNSS-Punkt wird mindestens 2 x 24 h gemessen.

² GPS/GNSS-Antenne (bestehend aus einer Bodenplatte mit fünf konzentrischen Ringstrukturen und dem Dorne & Margolin Empfangselement), die seit Jahren als Referenz für andere geodätische Antennen gilt (siehe auch Abb. 6).

- ◆ Die Messung erfolgt in einer geschlossenen Kampagne durch 34 Messtrupps der Vermessungsverwaltungen. Davon werden 17 mit einheitlichen Leica-Ausrüstungen und 17 mit einheitlichen Trimble-Ausrüstungen messen.
- ◆ Die Messungen werden in drei Zyklen à 11 Tagen ausgeführt. Dabei werden insgesamt 18 Sessions gemessen.
- ◆ Es sind 612 Aufstellungen auf GNSS-Punkten inkl. Überlappungs- und Nachmessungen geplant.
- ◆ Die Koordinierungsstelle der Kampagne wird im 1. Zyklus von Magdeburg, im 2. Zyklus von Hannover und zuletzt von München aus die Koordinierung und Datenkontrolle übernehmen.

Die Eckpunkte der Kampagne



Abb. 6: Der einheitliche GNSS-Stationsaufbau mit GST 20/120 Stativ und Choke Ring Antenne

7 Der Countdown läuft

Am 15. Februar 2008 begann der Countdown für die letzten Vorbereitungen von Seiten der Task Force GNSS. Für den „harten Kern“ der Task Force bedeutete das: Erreichbarkeit zu fast jeder Zeit und keine freie Stunde mehr ohne Gedanken an die Kampagne. Um den umfangreichen Informationsaustausch zwischen den Bundesländern und der Task Force zu fast jeder Zeit zu gewährleisten, wurde bereits Ende 2007 ein FTP-Server für den Datenaustausch im LVerGeo eingerichtet. Ein

solcher Server des LVerMGeo wird auch während der Kampagne die per UMTS eintreffenden GNSS-Messdaten aus dem Felde aufnehmen.

Die Messtrupps der Vermessungsverwaltungen üben und testen intensiv seit Wochen den Stück für Stück an sie weitergegebenen Ablauf der Messungen. Die detaillierte Handlungsanweisung mit Ablaufplan für die GNSS-Kampagne ist soeben von der Task Force herausgegeben worden. Die Generalproben für die Messtrupps, verteilt auf die Standorte München, Bonn und Schwerin, sind die letzte Feuerprobe vor dem Start.



Abb. 7: GNSS-Messung - ein typischer Anblick in der Bundesrepublik von Mai bis Juli 2008

Die GNSS-Kampagne als ein bedeutender Meilenstein der gesamten Messkampagne wird am 26. Mai 2008 beginnen. Die Erneuerung des DHHN ist in vollem Gange.

Die hohe Einsatzbereitschaft aller Beteiligten lässt in den nächsten Wochen einen erfolgreichen Verlauf der GNSS-Kampagne erwarten.

Anschrift des Autors Sven Wolfram

Landesamt für Vermessung und Geoinformation Sachsen-Anhalt
Otto-von-Guericke-Straße 15,
39104 Magdeburg
E-Mail: poststelle@lvermgeo.sachsen-anhalt.de

Literaturverzeichnis

AdV 1995: Deutsches Haupthöhennetz 1992 (DHHN 92), Bayerisches Landesvermessungsamt, München 1995.

AdV 2005: Plenumsbeschluss 116/14 gemäß Nr. 5.1 der GO-AdV, n.v., Hannover 2005.

Auerswald, F., Galle, V., Grote, T. 2002: SAPOS® im Land Sachsen-Anhalt, in: Zeitschrift für das Öffentliche Vermessungswesen des Landes Sachsen-Anhalt (LSA VERM), 8. Jahrgang, Heft 2, S. 119-140, Magdeburg 2002.

BKG 2005: Quasigeoid der Bundesrepublik Deutschland
www.geodatenzentrum.de/docpdf/quasigeoid.pdf.

Frenzel, F., Melchrick, R. 1995: Die Höhen- und Schwerenetze im Land Sachsen-Anhalt, in: Zeitschrift für das Öffentliche Vermessungswesen des Landes Sachsen-Anhalt (LSA VERM), 1. Jahrgang, Heft 2, S. 105-124, Magdeburg 1995.

Königlich Preußische Landesaufnahme (K.P.L.) 1894: Nivellements der Trigonometrischen Abteilung der Landesaufnahme, im Selbstverlag, Achter Band, Berlin 1894.

PG DHHN 2003: Projektgruppe „Erneuerung des DHHN“, Vorberichte und Entwürfe an den AK Raumbezug der AdV, n.v., 2003.

Reichsamt für Landesaufnahme (R.f.L.) 1930: Ergebnisse der Feineinwägungen, Vorheft, im Selbstverlag, Berlin 1930.