

Das Geodätische Grundnetz Sachsen-Anhalts

Von Laura Vaßmer, Ralf Däbel und Sven Magnus-Wolfram,
Magdeburg

Zusammenfassung

Vor 20 Jahren, im Oktober 2004, wurde mit Beschluss 115/7 des AdV-Plenums die Geburtsstunde des Geodätischen Grundnetzes (GGN) eingeläutet. Die fachliche und physische Entwicklung des GGN bis zum vollständigen Aufbau war ein Entwicklungsprozess zwischen den vorhandenen Ressourcen, den fach- und nutzerseitigen Anforderungen und den Mess- und Auswerteresultaten und wird hier aus dem Blickwinkel der Grundlagenvermessung Sachsen-Anhalts resümiert. Abschließend werden aktuelle Herausforderungen und zukünftige Möglichkeiten aufgezeigt.

I Vorgeschichte

Mit Beginn des neuen Jahrtausends hatten die amtlichen Vermessungsverwaltungen der Bundesrepublik Deutschland erhebliche personelle und materielle Ressourcenknappheit zur Laufendhaltung ihrer Festpunktfelder der Lage, Höhe und Schwere. Mit der Entwicklung modernster satellitengestützter Techniken in den 90er Jahren waren meist parallel zu den klassischen Festpunktfeldern neue 3D-Netze in verschiedenen Hierarchiestufen (A-E), wie das Deutsche Referenznetz (DREF), die C-Netze der Länder (SANREF – Sachsen-Anhaltisches Referenznetz), das SAPOS-Referenzstationsnetz oder das GPS bestimmte TP-Netz (Stufe E), entstanden. Verknüpfungen dieser 3D-Netze mit den klassischen Netzen durch Anschlussmessungen oder Identitäten, aber auch durch übergreifende Sondernetze, wie z. B. das Europäische Vertikale Referenznetz (EUVN), waren in unterschiedlichen Ausbaustufen und Qualitäten vorhanden.

Vor allem die unablässigen Nutzeranforderungen nach Bereitstellung aller Komponenten im Subzentimeterbereich konnten diese aus den verschiedensten Gründen nicht erfüllen. Überdies begannen die Bundesländer, in Abhängigkeit ihrer Ressourcen, unterschiedliche Konzeptionen zu den Festpunktfeldern zu entwickeln. In Sachsen-Anhalt mündete dies in der „Strategie 2000“, die die vorhandenen Festpunkte in Fundament- und Benutzungsfestpunkte (FFP, BFP, siehe Abb. I) unterteilte und nicht nur rein fachlich begründet war. Eine ausführliche Gesamtdarstellung zur Entwicklung der Festpunktfelder Sachsen-Anhalts ist bei [Beul 2009] zu finden.

Auf Seiten des Arbeitskreises (AK) Raumbezug der Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV) gab es mehrere Arbeitsgruppen, die sich mit den einzelnen Festpunktfeldern beschäftigten, wie z. B. die Ad-hoc-Arbeitsgruppe „Künftige Gestalt der TP-Felder“ (ins Leben ge-

Einstufung	Festpunkte	Bemerkung	Anzahl
FFP-L	DREF	Hierachiestufe B	4
	SANREF	Hierachiestufe C	30
BFP-L	SAPOS-RS	Hierachiestufe D	18
	TP (ETRS89 bestimmt)	Hierachiestufe E	1062
	TP 1.-3. Ordnung		7200
	Aufnahmepunkte	Kataster-AP	57300
FFP-H	EUVN		1
	UF/Knoten 1.Ordnung		170
BFP-H	HFP 1.-3. Ordnung		6100
FFP-S	SFP 1. Ordnung	DSGN/DHSN	16
	SFP 2. Ordnung		170
BFP-S	SFP 3. Ordnung		14200

Abb. I: Festpunktfelder LSA (Stand 2005)

rufen auf der 8. Tagung 2001). Mit der auf der 10. Tagung des AK Raumbezug (2002) in Göttingen initiierten Arbeitsgruppe zur Überprüfung der Notwendigkeit der Erneuerung des Deutschen Haupthöhennetzes (DHHN) und deren ersten Analysen wurde dem AK innerhalb weniger Monate klar, dass es nun dringend eines bundeseinheitlichen Festpunktfeldkonzeptes bedurfte. Auf der 11. Tagung des AK Raumbezug (2003) wurden die Ad-hoc-Arbeitsgruppen zu Projektgruppen (PG) und die umfirmierte PG „Künftige Gestalt der Festpunktfelder“ mit der Erarbeitung einer einheitlichen Strategie beauftragt. In weiser Voraussicht wurde ebenfalls die enge Zusammenarbeit mit der PG „Erneuerung des DHHN“ initiiert. Während die eine Projektgruppe das notwendige Grundsatzpapier im Spagat zwischen den vorhandenen Festpunktfeldern der Bundesländer und einem zukünftigen, einheitlichen, integrierten Raumbezug erarbeitete, entwickelte die andere PG zukünftige Messungskonzepte und deren Umsetzung [AdV 2004a]. Im Juni 2004 verabschiedete der AK Raumbezug in Schwerin die Beschlussvorlage 12/4 „Strategie für den einheitlichen Raumbezug des amtlichen Vermessungswesens in der Bundesrepublik Deutschland“ an das Plenum. Mit Beschluss 115/7 und 115/8 des Plenums der AdV am 6. und 7. Oktober 2004 in Wismar haben nicht nur die Geodätischen Grundnetzpunkte (GGP) das Licht der Welt erblickt, auch die in Planung befindlichen Messkampagnen für einen integrierten Raumbezug waren auf dem richtigen Weg [AdV 2004b, siehe auch Wolfram 2008].

2 GGP versus GNSS-Punkte

Die beschlossene Strategie war ein Minimalkonsens zwischen den Bundesländern. Sie ermöglichte allen Beteiligten die Ausweisung von bundeseinheitlichen Festpunkten unter neuem Namen ohne die Länderspezifika aufzugeben und wies ein Jahr später mit den „Richtlinien für den einheitlichen Raumbezug des amtlichen Vermessungswesens (2006)“ die zukünftige Richtung:

„Die Geodätischen Grundnetzpunkte dienen der physischen Realisierung und Sicherung des dreidimensionalen Raumbezugs und der Verknüpfung von Raum-, Höhen- und Schwerbezugssystem.“ [AdV 2006].

Es lag in der Natur der Sache, dass die einen bereits von Grundnetzpunkten bisheriger Art sprachen, die anderen von GNSS-Punkten aber die zukünftigen „Subzentimeter“-GGP meinten und weitere, diese und ihre Bedeutung in Frage stellten. Dies mündete auf dem Höhepunkt kontroverser Diskussionen im Mai 2007 in einen GGP-Workshop in Fulda.

Während die neue Richtlinie im Ergebnis der fachlich begründeten Nutzer- und Länderanforderungen von einem maximalen Punktabstand bis 30 km der 3D-vermarkten GGP mit satellitengeodätisch hochgenau bestimmten ETRS89-Koordinaten, dem Anschluss an das amtliche, bisherige Höhen- und Schwerefestpunktfeld ausging, mussten die Beteiligten an der Entwicklung und Umsetzung der Messkampagnen für den zukünftigen Raumbezug ressourcen- und genauigkeitsbedingt zur Zielerreichung mit abgewandelten Parametern arbeiten. Der Meldestand aller Bundesländer für die Erneuerung des DHHN betrug im Januar 2005 14130 km. Bei einem mittleren Punktabstand von ca. 50 km entlang der DHHN-Linien ergaben sich 250 GNSS-Punkte, die von den gemeinsamen Messtrupps der AdV in vertretbarer Zeit mit modernster satellitengestützter Technik messbar wären. Ebenfalls wurden 100 gleichmäßig verteilte Absolutschwerepunkte als realisierbar eingeschätzt [näheres bei Wolfram 2008].

Vor allem aus diesen Gegebenheiten heraus konnten die GNSS-Punkte offiziell noch keine GGP und das GGP-Punktfeld konnte noch kein Grundnetz sein. Mit den erfolgreichen Messkampagnen und den überwältigenden Ergebnissen änderte sich die Ansicht darüber jedoch zunehmend.

3 Entstehung der Rahmennetz-GGP

Der Pflichtanteil Sachsen-Anhalts an der Erneuerung des DHHN betrug 723 km (siehe Abb. 2). Daraus resultierten 13 GNSS-Punkte und 5 Absolutschwerepunkte. Im Juli 2005 stellte das Fachdezernat Grundlagenvermessung einen Entwurf mit allen geeigneten SANREF/DREF-Festpunkten sowie 21 möglichen neuen Standortbereichen unter Beachtung der gleichmäßigen Verteilung entlang (max. 2 km seitlicher Abstand) des Pflichtanteils der DHHN-Linien, beginnend in Abstimmung mit den Nachbarländern Niedersachsen und Brandenburg, auf. Parallel begann die Außendiensterkundung der konzipierten Standorte nach Einflussgrößen, wie Horizontfreiheit (max. 5° Elevation), reflektionsarme Umgebung, keine Störungen durch Straßen- und Bahnverkehr, Starkstromleitungen, Sendemasten sowie Windräder und eine möglichst gute Anfahrbarkeit. Zusätzlich mussten für Absolutschwerepunkte Grundwassermessstellen in nächster Nähe vorhanden sein, aber keine Feuchtgebiete und Wasserbehälter. Aus den Anforderungen zur Standflächengröße (50x50 cm, nahezu bodengleich), der Vermarkungstiefe (mindestens 1 m) und zur Mikroseismik ergab sich für die Absolutschwerepunkte damals nur die Möglichkeit der Neuvermarkung. Aus den Länderabstimmungen, aber auch aus den Vergleichen erster Nivellementsergebnisse mit älteren Messungen, ergab sich frühzeitig die Notwendigkeit, weitere DHHN-Linien zu erneuern. Deshalb wurden auch GNSS-Standorte auf zwei optionalen Linien erkundet (siehe Abb. 2).

Im Sommer 2006 wurden dann die Unterlagen für 20 Standortbereiche an das Landesamt für Geologie und Bergwesen (LAGB) zur Prüfung auf geologische Charakteristika, Bergbau, Gründungstechnische, Umweltgeologische, Hydrogeologische und Planungsgeologische Aspekte übergeben. Nach Vorliegen der Gutachten wurden zwei DREF-, zwei SANREF-, ein EUVN- und acht Neu-Standorte ausgewählt. Von den neuen Standorten wurden fünf als GNSS-AG-Punkte (AG steht für Absolutgravimetrie) für die Absolutschweremessung festgelegt (siehe Abb. 2).

Von Mitte September bis November 2006 erfolgte die Vermarkung der Neupunkte mit einem 50x50x100 cm Granitpfeiler (700 kg) mit Betonsockel (800-1000 kg) und zentral eingesetztem 3D-Edelstahlbolzen mit Schutzkappe. Auf den Neupunkten wurden unmittelbar zur Erstbestimmung statische GNSS Messungen durchgeführt (siehe Abb. 3).

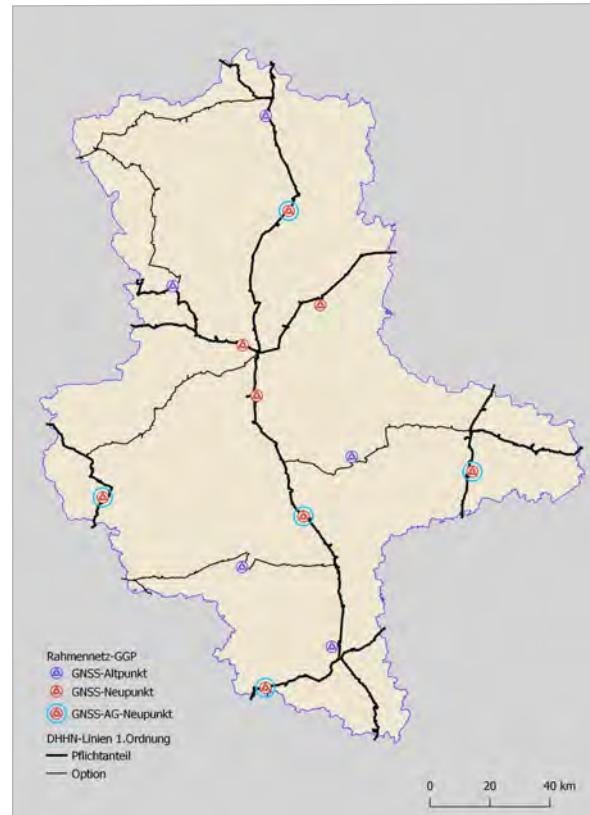


Abb. 2: Rahmennetze
(Anteil Sachsen-Anhalt)

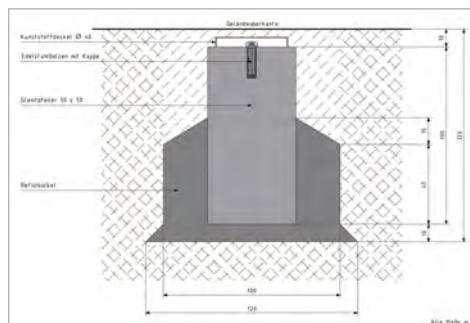


Abb. 3: Neue Festlegung „F GGP“

angestrebten zukünftigen Genauigkeitsniveau mussten die Lage-, aber vor allem die Höhensicherungen eine Stabilitätsklasse über der der Festlegung des GGP liegen. Nivellementspfeiler (3-5 mm) und Mauerbolzen an Brücken und Gebäuden (1-3 mm) waren mit ihren durchschnittlichen Bewegungstoleranzen im lokalen Bereich stark abhängig von den hydrogeologischen Verhältnissen und nur selten zur Höhensicherung geeignet. Besser geeignete Unterirdische Festlegungen (UF) konnten bei der Standortwahl nur im Fall des GNSS-Punktes Domnitz (30 m entfernt) berücksichtigt werden, ansonsten lagen die nächsten UF jeweils zwischen 3 bis 8 km entfernt. Zudem zeigten sich bereits bei den ersten Anschlussnivelllements Probleme, wenn bei einer UF die Grenzwerte für Wiederholungsmessungen überschritten wurden. Die Folge waren teilweise Nivellements I. Ordnung über mehr als 20 km nur zum Anschluss bzw. zur Überprüfung eines GNSS-Punktes.

Mit der Vorbereitung auf die GNSS-Kampagne 2008 [siehe Wolfram 2008] wurden parallel alle bekannten Verfahren zur Einrichtung von Höhensicherungen recherchiert und begutachtet. Die überwiegende Zahl aller in Sachsen-Anhalt eingerichteten fundamentalen Höhenfestpunkte (FFP-H, siehe Abb. 1) sind mit den beiden Verfahren zur Einrichtung Unterirdischer Säulen (US) und zur Einrichtung von Unterirdischen Rammstäben (UR) in den 60er und 70er Jahren entstanden. Nach Kontaktaufnahme zum Mitentwickler und Anwender der Verfahren, Dipl.-Ing. Götze [z. B. Götze 1963], wurden diese modernisiert und unmittelbar nach der GNSS-Kampagne begonnen, jeden GNSS-Punkt in Abhängigkeit von den Bodenverhältnissen mit einer UF(US) oder UF(UR) im Umfeld auszustatten. So konnten die ersten UF(UR) bereits mit den nach GNSS-Feldanweisung der AdV vorgegebenen Kontrollnivelllements zur Sicherung des Höhenanschluss der GNSS-Punkte ans DHHN eingebunden und getestet werden.

Die Vermarkungsart Unterirdische Säule (Abb. 4) ist auf bindigen und nichtbindigen Böden einsetzbar und kann in der Gründungstiefe zwischen 1,55 m und 3,60 m variiert werden. Durch den notwendigen Aufschluss ist eine sichere Beurteilung der Gründung und der hydrogeologischen Aspekte gegeben. Die Höhenbeständigkeit liegt bei einer Grundwasserfreiheit von 5 m durchschnittlich bei 0,5 mm. Allerdings ist der Schacht- und Einbauaufwand sehr hoch und die Wartezeiten wegen möglicher Setzungen können bis zu zwei Jahren betragen. Das Vermarkungsverfahren wurde deshalb, nach Einsatz in Hasselfelde, Flechtingen, Bischofrode und Bennungen Ende 2009 wieder eingestellt.

Die Vermarkungsart Unterirdischer Rammstab (Abb. 5) hat den Vorteil, dass der UR alle oberen nicht tragfähigen Bodenschichten durchstößt und im tragfähigen Baugrund gegründet wird. Dabei sind Gründungstiefen von 2,3 m bis etwa 75 m mög-

Dass die leichteren „DREF“- und „SANREF“-Vermarkungen, aber auch die schweren Pfeilerneuvermarkungen im Regelfall nicht frei von Eigenbewegungen sind, war von Anfang an klar. Die althergebrachten vier Sicherungsplatten und zwei Anschlussziele, die auch die Neupunkte bekamen, waren mehr für eine spätere Anschlussterestrik zum „alten Netz“ als zur 3D-Sicherung gedacht. Ausgehend von dem

lich bzw. im Festpunktfeld Sachsen-Anhalts vorhanden. Der effiziente Einsatz erfordert aber gute Kenntnisse der Bodenschichten bzw. über die Tiefe der tragbaren Schicht. Bei Rammzeiten über 10 Minuten pro Meter ist in der Regel die notwendige Gründungstiefe erreicht. Der zeitliche Aufwand zur Einrichtung ist gering und der Festpunkt sofort nach dem Einbau höhenbeständig. Liegt die Rammstabgründung dauerhaft innerhalb oder außerhalb des Grundwasserschwankungsbereichs, ist eine Höhenbeständigkeit von 0,1-0,3 mm gegeben.

Für Standorte in Sandböden mit großer Mächtigkeit wurde eine neue Variante der UR entwickelt, um zum einen die Rammstablänge zu reduzieren und somit Kosten und Arbeitszeit einzusparen und gleichzeitig nur geringfügige Abstriche bei der Höhenbeständigkeit in Kauf zu nehmen. Die UR mit Einpresszement (URZ) ermöglicht bei einer Länge von ca. 8 m eine Höhenbeständigkeit von 0,3-0,5 mm, wenn sich diese dauerhaft innerhalb oder außerhalb des Grundwasserschwankungsbereichs befindet.

Bei festen und Verwitterungsböden mit oberflächennahem Felsgrund ermöglicht der Unterirdische Bolzen (UB) auf Materialbasis einer UR mit speziellen Verbindern eine Höhenbeständigkeit von 0,1 mm. Die Einbringung erfolgt bis 2,25 m Gründungstiefe mittels Bohrhammer im Trockenbohrverfahren. Für Gründungstiefen bis 7 m kommt ein Bohrmotor mit Bohrständer im Nassbohrverfahren zum Einsatz.

Vor dem Hintergrund der Richtlinie für den einheitlichen Raumbezug [AdV, 2006] war es naheliegend, dass nach der Bestimmung der fünf Absolutschwerepunkte (siehe Abb. 2, GNSS-AG-Neupunkt) durch das Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG) im Jahr 2010 die übrigen GNSS-Punkte ebenfalls mittels Absolutschweremessung bestimmt werden. Dazu mussten drei GNSS-Punkte (zwei SANREF, ein EUVN) mit

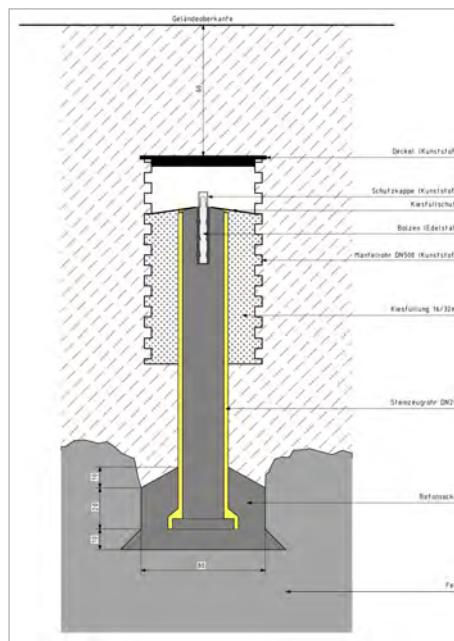


Abb. 4: Einbauzeichnung
Unterirdische Säule

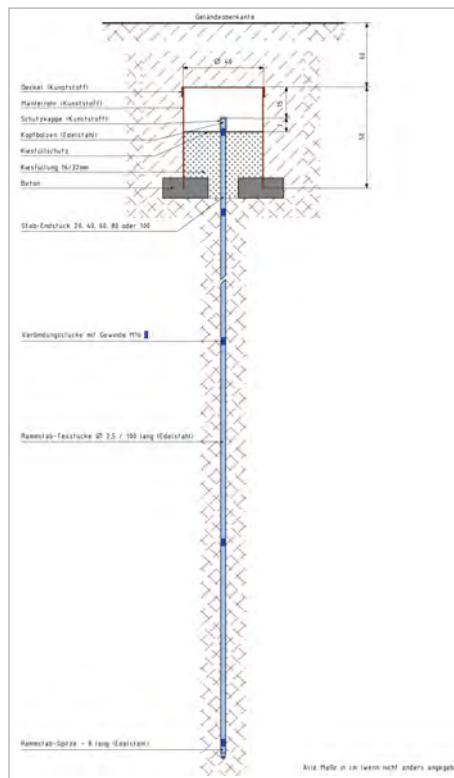


Abb. 5: Einbauzeichnung
Unterirdischer Rammstab

der Festlegungsart „SANREF“ so umgebaut werden, dass der Pfeiler eine Aufstellfläche von 50x50 cm bekam, ohne die 3D-Marke in ihrer Position zu verändern (siehe Abb. 8, links). Ein Umbau der beiden GNSS-Punkte (DREF) mit der Festlegungsart „DREF – Unterirdische Platte mit Bolzen und Betonsockel“ war nicht sinnvoll, deshalb fiel die Entscheidung auf eine Neuvermarkung als Zwilling des DREF. Die Absolutschweremessungen auf den restlichen GNSS-Punkten erfolgten dann im Jahr 2011. Gleichzeitig wurden die Nivellements der DHHN-Linien mit GNSS-Punkten abgeschlossen [siehe Wolfram 2010].

Damit lagen für die 13 zukünftigen Rahmennetz-GGP Sachsen-Anhalts alle notwendigen Messungen vor.

4 Aufbau des Verdichtungsnetzes



Abb. 6: Planungsentwurf 2009

Unter dem Einfluss der erfolgreich laufenden Messkampagnen und mit Blick auf die AdV-Empfehlungen entschied Ende 2008 die Vermessungsverwaltung Sachsen-Anhalts, die Überprüfung des fundamentalen Festpunktfeldes mit dem Ziel der möglichen Integration der übrigen SANREF- und DREF-Punkte als GGP-Verdichtung in das neu entstehende bundeseinheitliche hochgenau und anforderungsgerechte Netz vorzunehmen. Die sich zu diesem Zeitpunkt ergebende Zahl von zukünftigen 43 Geodätischen Grundnetzpunkten [siehe Beul 2009] war aus Sicht der Grundlagenvermessung „nicht in Stein gemeißelt“, sondern eine Abwägung von fachlicher Eignung, notwendiger Netzstruktur und -dichte sowie den zur Verfügung stehenden Ressourcen.

Beginnend im Jahr 2009 mit einem ersten Planungsentwurf (Abb. 6) wurde das gesamte Festpunktfeld einer tiefgründigen Analyse unterzogen. Dabei war neben der FFP-L-Integration (siehe auch Abb. 1) mit max. 30 km Abstand und gleichmäßiger Verteilung, den vorhandenen Nivellementslinien zum Anschluss an das DHHN I. Ordnung, auch der Anschluss aller SAPOS-Referenzstationen an das DHHN zu berücksichtigen. Die Erkundung und örtliche Prüfung erfolgte in mehreren Stufen unter regelmäßiger Anpassung der Planungen.

Die Beurteilung der Standorte durch das LAGB erfolgte im Gegensatz zu 2006 einzelfallbezogen. Eine direkte Standortbeeinflussung durch Bergbau oder Salzstöße wurde ausgeschlossen. Bei ansonsten geeigneten SANREF- und DREF-Punkten wurde eine Abschattung bis 10° zugelassen.

Die Untersuchungen ergaben, dass von den 30 FFP-L für ein zukünftiges Verdichtungsnetz des integrierten Raumbezugs ein weiterer DREF-Standort und elf SANREF-Punkte auf Grundlage der AdV-Richtlinie und der Feldanweisungen geeignet waren. Des Weiteren wurden 18 Standorte für Neuvermarkungen erkundet.

Hier ergaben sich beim laufenden Netzausbau noch kleinere Anpassungen. Ebenfalls zeigte sich, dass bei Verwendung des untergeordneten Nivellementsnetzes für den DHHN-Anschluss nach bisherigen Verfahrensweisen über 2500 km zu nivellieren wären. Die damaligen Ressourcen der Grundlagenvermessung für eine zeitnahe Integration dieser Verdichtungspunkte in gleicher Qualität ins entstehende bundeseinheitliche GGN reichten bei weitem nicht aus.

Zur Lösung des genannten Problems wurden ab 2010 verschiedene Maßnahmen zur Optimierung und Sicherstellung in Angriff genommen. Ein erster Baustein war die Entwicklung und Wiedereinführung des Teilmotorisierten Nivellements in Sachsen-Anhalt zusammen mit der Hochschule Neubrandenburg [Heger, Geschwind 2011] und Unterstützung durch die Grundlagenvermessung Mecklenburg-Vorpommern.

Die Nivellementsverbindungen zwischen den Verdichtungspunkten und Referenzstationen wurden unter Beachtung fachlicher Aspekte (z. B. Senkungsgebiete) auf dem kürzesten Weg entlang der DHHN-Linien 2. und 3. Ordnung gelegt. In einigen wenigen Fällen wurden Linienabschnitte verlegt bzw. neuangelegt. So konnte der zusätzliche Linianteil zum DHHN 1. Ordnung auf 1200-1400 km reduziert werden.

Der Ausbau des GGP Verdichtungsnetzes (Abb. 7) geschah zweiteilig in einem Nord- und einem Südteil. Durch die engen Abstimmungen des Netzausbau mit den Nachbarbundesländern Thüringen und Sachsen konkretisierte sich die Möglichkeit, länderübergreifende GNSS Messkampagnen in 2013 und 2015 durchzuführen. Eine ausführliche Darstellung der beiden Kampagnen erfolgt bei [Sievers, Bahnemann 2015].

Vor dem Hintergrund folgender GNSS-Kampagnen, der Unsicherheit, wie zeitnah die Verdichtungspunkte ins DHHN eingebunden werden können und dem Sachverhalt, dass die GGP zukünftig im Regelfall auch von einem 3-Mann Messtrupp, ohne Straßenabsicherung etc. überprüfbar sein müssen, wurde die Einbringung einer zweiten fundamentalen Höhensicherung vorgenommen. Ab 2012 erhielt jeder Verdichtungspunkt mit seiner Einrichtung zwei Höhensicherungen (GGP-Stationsnummer .91 und .92). Die Rahmennetz-GGP wurden nachträglich ergänzt.

Mit dem Einbau der Höhensicherungen an den 11 SANREF-Punkten wurden diese bautechnisch, ohne die Punktage zu verändern, auf das Maß 50x50 cm vergrößert (Abb. 8, links), umso zukünftig Absolutschweremessungen durchführen zu können. Gleichzeitig sind zur exakten Übertragung der Stativeometrie entsprechend der GNSS-Feldanweisung [AdV 2008] und zur Erhöhung des physischen Punktschutzes jeweils drei Granitpfeiler zur Stativfußzentrierung mit Befestigungsöse eingebaut worden, (Abb. 8, rechts).



Abb. 7: GGN Sachsen-Anhalt



Abb. 8: Umbau und Stativfußvermarkung

Die 18 Neupunkte des Verdichtungsnetzes erhielten neben den zwei Höhensicherungen ab 2016 auch jeweils zwei hochwertige Lagesicherungen in der Bauform UR, URZ oder UB und der Kopfausbildung 3D-Marke (Abb. 9).

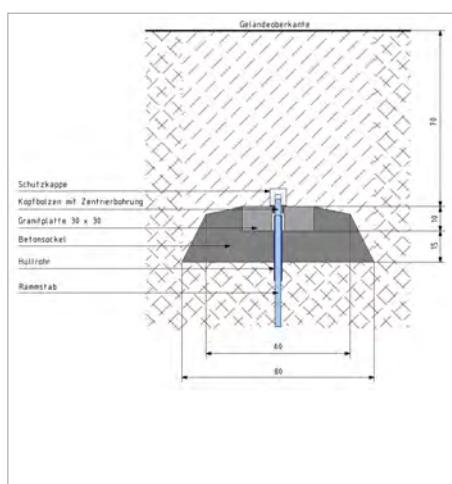


Abb. 9: Einbau Lagesicherung

Das Einbringen der jeweils geeigneten Bauform erfordert sichere Kenntnisse über den oberflächennahen Baugrund (siehe Kapitel 3). Da diese regelmäßig nicht gesichert vorlagen bzw. in Einzelfällen zur mangelhaften Auswahl der Vermarkungsart führten, wurde auch unter fachlicher Beratung des LAGB die Möglichkeit der Bodensondierung in der Grundlagenvermessung wiedereingeführt. Mit der vorhandenen Ausrüstung sind Sondierungen bis 15 m Tiefe möglich. Für die Erfassung der Feldprotokolle und die Übernahme in die Landesbohrdatenbank des LAGB steht das Programm GeoDIN zur Verfügung.

Der zeitliche Aufwand zur Sicherung eines GGP gegenüber der klassischen Variante (4 x Granitplatte mit Keramikmarke) war vergleichbar. Schnell wurde das Potential dieser angepassten Art der Sicherung eines GGP erkannt. Im Februar des Jahres 2020 konnte mit dem Einbau der beiden letzten Lagesicherungen beim GGP Klötze der Abschluss dieser Arbeiten erreicht werden. Die hohe Qualität der Sicherungspunkte ermöglicht es zukünftig, den GGP quasi zusammen mit der GNSS Messung durch den GNSS Messtrupp zu überprüfen. Damit wurde ein dreistufiges Überprüfungskonzept umgesetzt, was es ermöglicht, effektiv und ressourcensparend vorzugehen. Erst bei Überschreitung der jeweiligen Toleranzen wird das Nivellement stufenweise ausgedehnt. Erstmalig ist dieses Konzept bei der GNSS-Kampagne 2021 vollständig in Sachsen-Anhalt umgesetzt worden.

Mit der Fertigstellung der Nivellemente zum Anschluss der „Verdichtungs-GGP“ ans DHHN I. Ordnung im Jahre 2020 waren alle 43 GGP des Landes Sachsen-Anhalt vollständig eingerichtet und in allen Komponenten hochgenau bestimmt.

Abschließend am Beispiel des GGP Fuchsberg die Lage der Sicherungspunkte (Stationen) zur Verdeutlichung:

- ◆ .00 = DREF - Platte mit 3D-Bolzen
- ◆ .10 = GGP - „F GGP“
- ◆ .51/.52 = UR mit 3D-Kopfbolzen
- ◆ .53/.54 = Platte mit Keramikmarke
- ◆ .91 = UR (Höhensicherung)
- ◆ .01 = OP, Platte mit 3D-Bolzen
- ◆ .02 = OP, Platte mit Keramikmarke
- ◆ 10100 = DHSN96 - Pfeiler

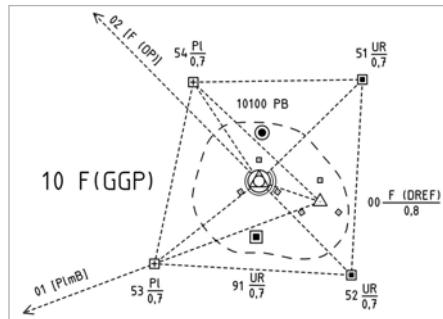


Abb. 10: GGP-Punktgruppe Fuchsberg

5 Aktuelle Herausforderungen

Die Einrichtung der Punktgruppen, die Messkampagnen, die Anschluss- und Kontrollmessungen und schließlich die Auswertung aller Komponenten war eine aufwändige und teure Investition in die Daseinsvorsorge Sachsen-Anhalts bzw. die Sicherung des geodätischen Raumbezugs für alle nachgeordneten Netze sowie die SAPOS- und AFIS-Bereitstellungsdienste. Wie gezeigt wurde, waren zum Erreichen einer so hohen Qualität und Genauigkeit der Grundnetzpunkte sehr viele Einflussfaktoren zu beachten.

Bereits zu Beginn des Netzausbau traten erste Probleme mit Infrastruktur- bzw. Begleitmaßnahmen des Landes und der Kommunen auf. Anfangs waren es einzelne Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen betreffs Baumbepflanzungen, Ausbau von Wirtschaftswegen oder vereinzelte Windkraftanlagen, die mit den GGP Standorten kollidierten. Mit dem Programm zum Ausbau erneuerbarer Energien hat der Wettstreit um die exponierten Standorte im Land begonnen. Dabei sind auch GGP auf Freiflächen im Waldgebiet betroffen.

Im Rahmen der Beteiligung als Träger öffentlicher Belange ist in vielen Fällen eine frühzeitige Problemerkennung und Diskussion möglich. Aktuell ist der Umbau bzw. die Erweiterung bestehender Windenergieparks mit bis zu 250 m hohen Anlagen an einigen GGP problematisch. Selbst ein Sicherheitsabstand von 200 m zur Qualitäts sicherung kann dann nicht mehr ausreichen. Eine Verhinderung der Maßnahmen ist faktisch nicht möglich. In Einzelfällen wird versucht, eine örtliche Verschiebung von geplanten Anlagen zu erreichen. Der zunehmende Ausbau von Photovoltaikanlagen auf Freiflächen und Dächern erschwert ebenfalls die Bedingungen bei etlichen Fundamentalfestpunkten und SAPOS Referenzstationen. Baumbepflanzungen der Kommunen konnten bisher durch regelmäßige Überwachungen ermittelt und durch geeignete Maßnahmen reguliert werden.

Eine Verlegung von GGP ist sehr aufwändig, langwierig und ohne Informationsverlust schwer realisierbar, deshalb wäre eine Erhöhung des gesetzlichen Schutzes wünschenswert.

6 Zukünftige Möglichkeiten

Der stufenweise Ausbau der Grundnetzpunkte zu Punktgruppen mit stabilen und an die örtlichen Verhältnisse angepassten Höhen- und 3D-Sicherungen ermöglicht eine umfassende Sicherung der GGP mit überschaubarem Überprüfungsaufwand. Die 3D-Sicherungen gewährleisten bei GNSS Messungen für Einzelpunktuüberprüfungen, bei Anschlusskontrollen von SAPOS-RS oder Kampagnen die zeitgleiche Bestimmung der aktuellen physikalischen Höhe des GGP frei von lokalen oder Eigenbewegungen.

Mittlerweile liegen bei den GGP zwischen vier bis sechs Anschluss- und Kontrollnivellelementen (Zeitreihen) vor, die eine fachlich fundierte Beurteilung der Höhenstabilität der Punktgruppen unter Berücksichtigung interdisziplinärer Fachinformationen ermöglichen.

Folgend am Beispiel des GGP und Datumspunktes Domnitz eine kurze Beurteilung: Für die Gründung der Höhensicherung .91 (US) mit 4,85 m wurde Fein- und Mittelsand, schwach feucht, für die .92 (UR) mit 22 m Gründung ab 15 m Buntsandstein festgestellt.



Abb. 11: GGP Domnitz

Der Nivellementsweg von 200 m zwischen .00 und .92 ist mit einer Wiederholungsgenauigkeit von 0,07 mm messbar.

Ausgehend von .91 (Abb. 11 und 12) liegen die Abweichungen von .92, .51 und .52 im „Messrauschen“. Unter Beachtung der im Kapitel 3 angegebenen Höhenbeständigkeit der Vermarkungstypen der Sicherungen .91 und .92 könnte theoretisch eine Veränderung von etwa 0,3 mm für den GGP abgeleitet werden (Abb. 12). Der Wert liegt allerdings unter der Signifikanzschwelle der Sicherungen, der GGP ist als höhenstabil zu betrachten.

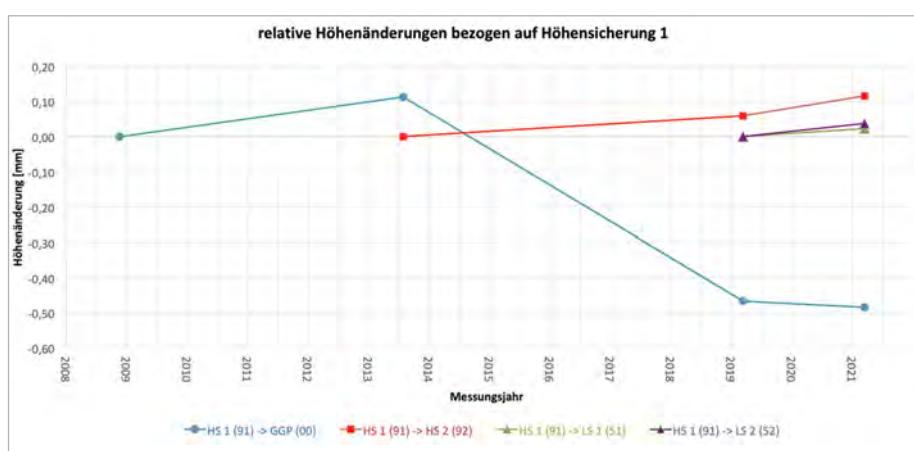


Abb. 12: GGP Domnitz
Höhenänderungen

Der überwiegende Teil der GGP Sachsen-Anhalts liegt nach derzeitigem Kenntnisstand betreffs Eigenbewegungen im Bereich von 3-4 mm in der Höhe. Diese Änderungsbeträge können, wie bereits oben ausgeführt, bei GNSS- und/oder Absolutschweremessungen zeitgleich ermittelt und berücksichtigt werden.

Bei einigen wenigen GGP sind im Zusammenhang mit den Kontrollnivelllements und GNSS Messungen signifikante Auffälligkeiten bis 1,5 cm in der Lage und bis 4 cm in der Höhe aufgetreten, die aktuell untersucht werden. Die Untersuchungen einschließlich zusätzlicher Messungen und Auswertungen werden in enger interdisziplinärer Zusammenarbeit mit anderen Behörden und Institutionen (LAGB, Umweltforschungszentrum etc.) durchgeführt. Auch wenn für die Grundlagenvermessung primär die Sicherung der GGP und der Nachweis der jeweiligen Komponenten im Vordergrund stehen, lassen die wissenschaftlichen Untersuchungen neben der Beurteilung zusätzlicher Sicherungs- oder gar notwendiger Verlegungsarbeiten Rückschlüsse auf die erreichte Vermarkungs- und Messqualität zu. Folgende Auffälligkeiten werden aktuell untersucht:

- ◆ im Zusammenhang mit lokalen geologischen Veränderungen, geologischen Störungen, innerhalb kurzer Zeiträume (im Millimeterbereich),
- ◆ im Zusammenhang mit klimabedingten Veränderungen durch Bodenfeuchte und Grundwasserpegel (mehrere Zentimeter) sowie
- ◆ Lage- und Höhenänderungen im Zusammenhang mit Boden- und Hangbewegungen (im Zentimeterbereich).

Darüber wird nach Abschluss der interdisziplinären Untersuchungen zu berichten sein.

Für die überwiegende Zahl der GGP liegen zwischenzeitlich Wiederholungsmessungen der Absolutschwere vor, auch hier gibt es signifikante Auffälligkeiten bis 40 μ Gal. Erste noch nicht belastbare Interpretationen gehen von Auswirkungen des Klimawandels aus. Hier müssen gezielte Untersuchungen folgen.

Last, but not least werden mit Spannung die Ergebnisse der GNSS-Bundes- und Länderkampagne 2021 erwartet, die auf der Basis des oben dargestellten, ausgezeichneten Ausbaus des Grundnetzes Sachsen-Anhalts die Analyse von regionalen und überregionalen Veränderungen erhoffen lassen.

Laura Vaßmer

E-Mail: Laura.Vassmer@sachsen-anhalt.de

Anschriften

Ralf Däbel

E-Mail: Ralf.Daebel@sachsen-anhalt.de

Sven Magnus-Wolfram

E-Mail: Sven.Magnus-Wolfram@sachsen-anhalt.de

Landesamt für Vermessung und Geoinformation Sachsen-Anhalt

Otto-von-Guericke-Straße 15

39104 Magdeburg

Literaturverzeichnis

AdV 2004a:

Projektgruppe „Erneuerung des DHHN“, I. – 4. Arbeitstreffen von 11.03.2003–13.03.2004, Protokolle und Mitschriften, n.v., Hannover 2004.

AdV 2004b:

Plenumsbeschluss 115/7 und 115/8 gemäß Nr. 5.1 der GO-AdV, n.v., Wismar 2004.

AdV 2006:

Richtlinien für den einheitlichen Raumbezug des amtlichen Vermessungswesens in der Bundesrepublik Deutschland vom 26.01.2006.

AdV 2008:

Feldanweisung für GNSS-Messungen zur Erneuerung und Wiederholung des DHHN 30.05.2006 in Verbindung mit der Handlungsanweisung der GNSS Kampagne 2008 des AK Raumbezug, n.v., 2008.

Beul, D. 2009:

Entwicklung der Grundlagenvermessung in Sachsen-Anhalt, in: Zeitschrift für das Öffentliche Vermessungswesen des Landes Sachsen-Anhalt (LSA VERM), 15. Jahrgang, Heft 1, Seite 5–16, Magdeburg 2009.

Götze, G. 1963:

Die neue, für geologische Nivellementslinien im Gebirge entwickelte unterirdische Festlegung, in: Vermessungstechnik (VT), 11. Jahrgang, Heft 11, Seite 429–432, 1963.

Heger, W., Geschwind, S. 2011:

Neue Lattenfahrzeuge für das motorisierte Nivellement, in: Zeitschrift für das Öffentliche Vermessungswesen des Landes Sachsen-Anhalt (LSA VERM), 17. Jahrgang, Heft 2, Seite 95–102, Magdeburg 2011.

Sievers, H., Bahnenmann, H.-P. 2015:

Mitteldeutsche GNSS-Kampagnen 2013 und 2015 in: Zeitschrift für das Öffentliche Vermessungswesen des Landes Sachsen-Anhalt (LSA VERM), 21. Jahrgang, Heft 2, Seite 123–134, Magdeburg 2015.

Wolfram, S. 2008:

Die Erneuerung des Deutschen Haupthöhennetzes 2006–2011, in: Zeitschrift für das Öffentliche Vermessungswesen des Landes Sachsen-Anhalt (LSA VERM), 14. Jahrgang, Heft 1, Seite 33–44, Magdeburg 2008.

Wolfram, S. 2010:

Das Präzisionsnivelllement Sachsen-Anhalt im Deutschen Haupthöhennetz 2006–2011, in: Zeitschrift für das Öffentliche Vermessungswesen des Landes Sachsen-Anhalt (LSA VERM), 16. Jahrgang, Heft 1, Seite 19–34, Magdeburg 2010.