

Manfred Spata,
Anton Kösters

Neuer Höhenbezug 2005 der niederländischen NAP-Höhen

Zu Beginn des Jahres 2005 führte der niederländische Dienst Rijkswaterstaat für das Höhensystem NAP einen neuen Höhenbezug ein. Dadurch erhalten alle Höhenfestpunkte in den Niederlanden neue NAP-Höhen, die wenige Zentimeter von den bisherigen NAP-Höhen abweichen können. An Hand von 7 deutschen Unterirdischen Festlegungen (UF) entlang der niederländisch-nordrhein-westfälischen Landesgrenze wird der Wechsel des NAP-Höhenbezugs untersucht und ein Vergleich mit den deutschen NN-Höhen angestellt. Insbesondere die Hebung der UF Aachen wird analysiert.

1 Das niederländische Höhensystem NAP vor 2005

Von 1875 bis 1885 wurde in den Niederlanden das Erste Hauptnivellement mit Anschluss an fünf Höhenmarken (Dijkpeilstenen) des Amsterdamer Stadtpegels (AP) aus dem Jahre 1684 ausgeführt. Seit 1891 führt dieser Höhenbezug die Bezeichnung **Normaal Amsterdams Peil (NAP)**, um die Höhen des Hauptnivellements nach 1875 eindeutig von älteren AP-Höhen vor 1875 zu unterscheiden. Der Höhenbezug hat sich hierdurch aber nicht geändert. Zur dauerhaften Sicherung der Höhenbezugsfläche NAP wurden im ganzen Land verteilt 48 unterirdische Vermarkungen (siehe Abb. 1) in das Hauptnivellement einbezogen. Im Laufe der Jahre gingen die NAP-Höhenmarken in Amsterdam verloren. Seit 1953 realisierte eine einzige unterirdische Vermarkung auf dem Dam-Platz im Zentrum von Amsterdam den NAP-Höhenbezug (GEDON 1992, SPATA 1998, HUISMAN 2002, BRAND 2004).

Alle Hauptnivellements hielten den Höhenbezug auf den NAP im Stadtgebiet Amsterdam unverändert an. So organisierte der zuständige „Meetskundige Dienst van de Rijkswaterstaat“ in Delft (heute: Adviesdienst Geo-informatie en ICT (AGI), www.rdnapi.nl) für das Zweite Hauptnivellement 1925–1940, Dritte Hauptnivellement 1950–1959, Vierte Hauptnivellement 1965–1978 und Fünfte Hauptnivellement 1995–1999 in gleicher Weise den Anschluss an den NAP. Dabei wurde der unveränderte NAP-Höhenbezug durch Kontrollmessungen zu den UF überprüft (MURRE 1985, BRAND und TEN DAMME 2004).

Die Nivellementmessungen sind nach der sogenannten Methode der Delfter Schule nicht schwerer reduziert. Eine Schwerereduktion ist für die flachen Niederlande auch vernachlässigbar, denn der Einfluss einer rein theo-

retisch angebrachten Normalorthometrischen Reduktion (NOR) würde einen Höhenunterschied von rund 200 Meter zwischen Amsterdam und dem höchsten Geländepunkt der Niederlande bei Maastricht/Aachen lediglich im Subzentimeterbereich, also in der Größenordnung der Niv-Messgenauigkeit, ändern. Die in der Regel nur 2 m langen Nivellementlatten wurden zwar überprüft, aber es wurden keine Lattenkorrekturen vorgenommen (MURRE 1985, GROENEWOUD et al. 1991, BRAND und TEN DAMME 2004). Im Rahmen einer Dissertation untersuchte L.M. MURRE 1985 die Qualität des Zweiten, Dritten und Vierten Hauptnivellements durch vollständige Neuausgleichung der Niv-Netze. Für die drei Netzausgleichungen hielt Murre wiederum den Höhenbezug NAP jeweils streng an, so dass seine Diagnosehöhen direkt miteinander verglichen werden können. Die Standardabweichungen aus den Diagnoseausgleichungen der Hauptnivellements sind in Tab. 1 zusammengestellt (MURRE 1985, BRAND und TEN DAMME 2004). Es bedeuten

- S_s = Standardabweichung für einen Kilometer Doppelnivellement, berechnet aus den Höhenwidersprüchen der Hin- und Rückmessung der Nivellementstrecken S ,
- S_U = Standardabweichung für einen Kilometer Doppelnivellement, berechnet aus den Höhenwidersprüchen der Nivellements Schleifen U ,

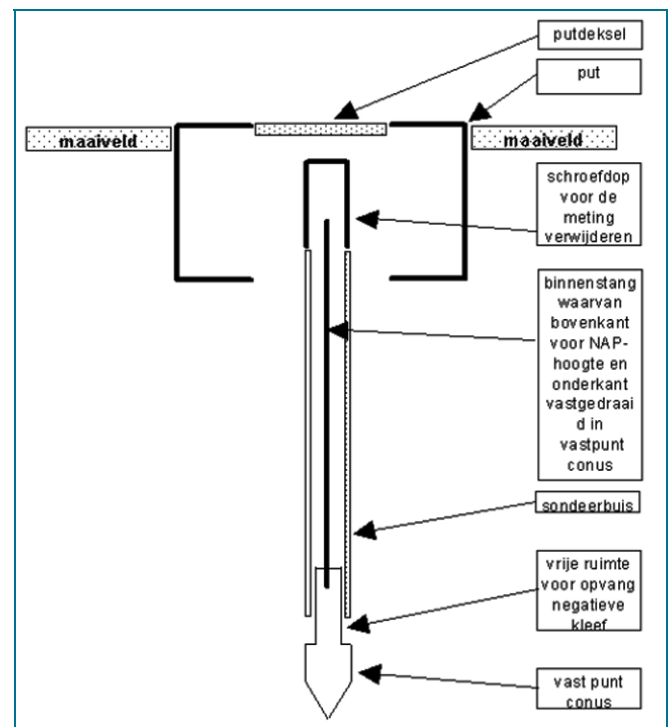
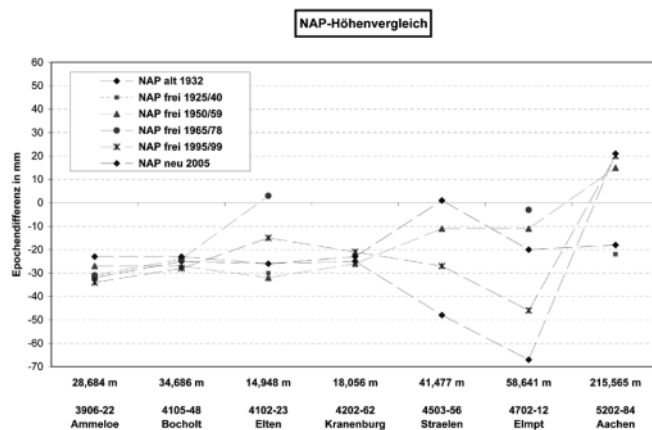


Abb. 1: Skizze einer niederländischen Unterirdischen Vermarkung (BRAND und TEN DAMME)

Tab. 1: Standardabweichungen der niederländischen Hauptnivellements

Hauptnivellements	Jahr	S_S	S_U	S_0
		mm/km	mm/km	mm/km
Zweites Hauptnivellement	1925–1940	0,66	0,65	0,72
Drittes Hauptnivellement	1950–1959	0,79	1,03	1,08
Viertes Hauptnivellement	1965–1978	0,50	0,99	1,00
Fünftes Hauptnivellement	1995–1999	0,54	0,58	0,72

Tab. 2: NAP-Höhenvergleich von sieben deutschen Unterirdischen Festlegungen mit Bezug auf ihre NN-Höhen



● S_0 = Standardabweichung der Gewichtseinheit für einen Kilometer Doppelnivellement, berechnet aus der freien Ausgleichung des Nivellementnetzes. Die Höhenergebnisse der Diagnoseausgleichungen sind für sieben deutsche Unterirdische Festlegungen (UF) entlang der niederländisch-nordrhein-westfälischen Landesgrenze in Tab. 2 graphisch dargestellt. Der entsprechende Vergleich der NN-Höhen findet sich bei SPATA et al. (2006).

2 Das neue Höhensystem NAP seit 2005

Die Diagnoseausgleichung des Fünften Hauptnivellements bestärkte die bereits früher von MURRE (1985) und GROENEWOUD et al. (1991) geäußerten Vermutungen über säkulare Bodenbewegungen in den Niederlanden bzw. einen Anstieg des mittleren Meeresspiegels. Insbesondere der westliche Küstenbereich und der Raum Amsterdam mit dem NAP selbst zeigen Höhenänderungen gegenüber den bisherigen amtlichen NAP-Werten von bis zu -4 cm, wo hingegen der östliche Landesteil bis zu $+2$ cm Höhenänderungen aufweist. Wenn auch die Höhenänderungen weniger als 1 mm pro Jahr ausmachen, können diese Änderungsraten über einen längeren Zeitraum von bis zu 100 Jahren für die Überwachung der gesamten niederländischen Wasserstände nicht mehr ver-

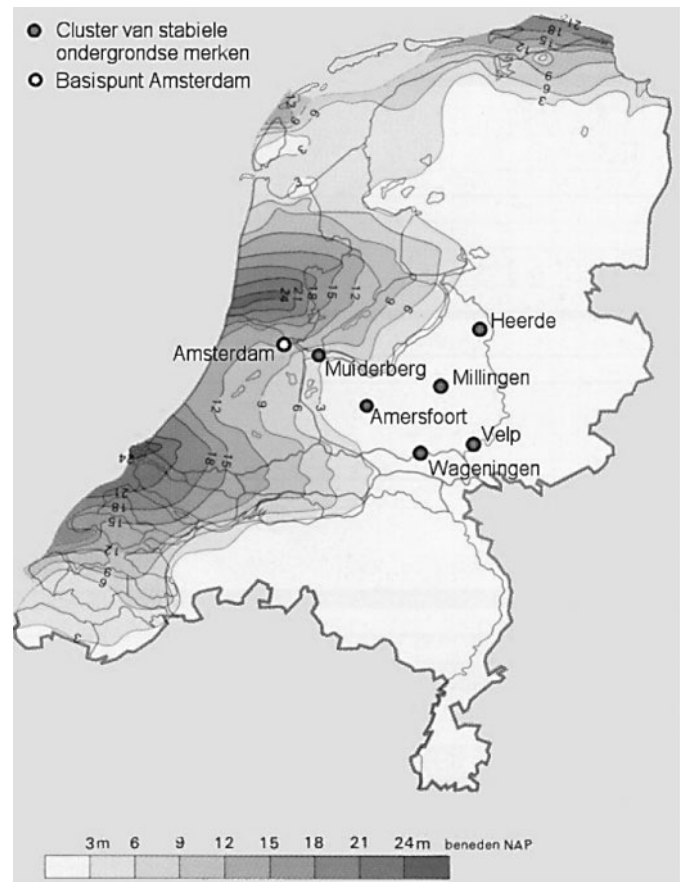


Abb. 2: Basispunkte des neuen Höhenbezugssystems NAP 2005 (BRAND)

nachlässigt werden (BRAND 2004, BRAND und TEN DAMME 2004, AGI 2005).

Seit Januar 2005 veröffentlicht der AGI neue NAP-Höhen (nieuwe NAP-publicatie 2005). Deren Höhenbezug ist nicht mehr allein durch den NAP im Stadtgebiet Amsterdam gegeben, sondern durch eine mittlere Lagerung des Fünftes Hauptnivellementnetzes auf sechs innerhalb der Niederlande gelegene unterirdische Vermarkungen, die sogenannten Basispunkte Amersfoort, Heerde, Millingen, Muiderberg, Velp und Wageningen (siehe Abb. 2). Die Auswahl der Basispunkte geschah nach folgenden Kriterien (BRAND 2004):

- geologische Stabilität der unterirdischen Vermarkung,
- gute Anbindung an das aktuelle Fünfte Hauptnivellement,
- vollständige Verknüpfung mit älteren (Zweiten bis Vierten) Hauptnivellements.

Die Höhenänderungen zwischen NAP-Alt und NAP-Neu liegen zwischen -25 mm im Westen und $+50$ mm im Osten des Landes (siehe Abb. 3). Berechtigte Nutzer können im Internet die neuen NAP-Höhen der Höhenfestpunkte abfragen (www.rdnap.nl, AGI 2005).

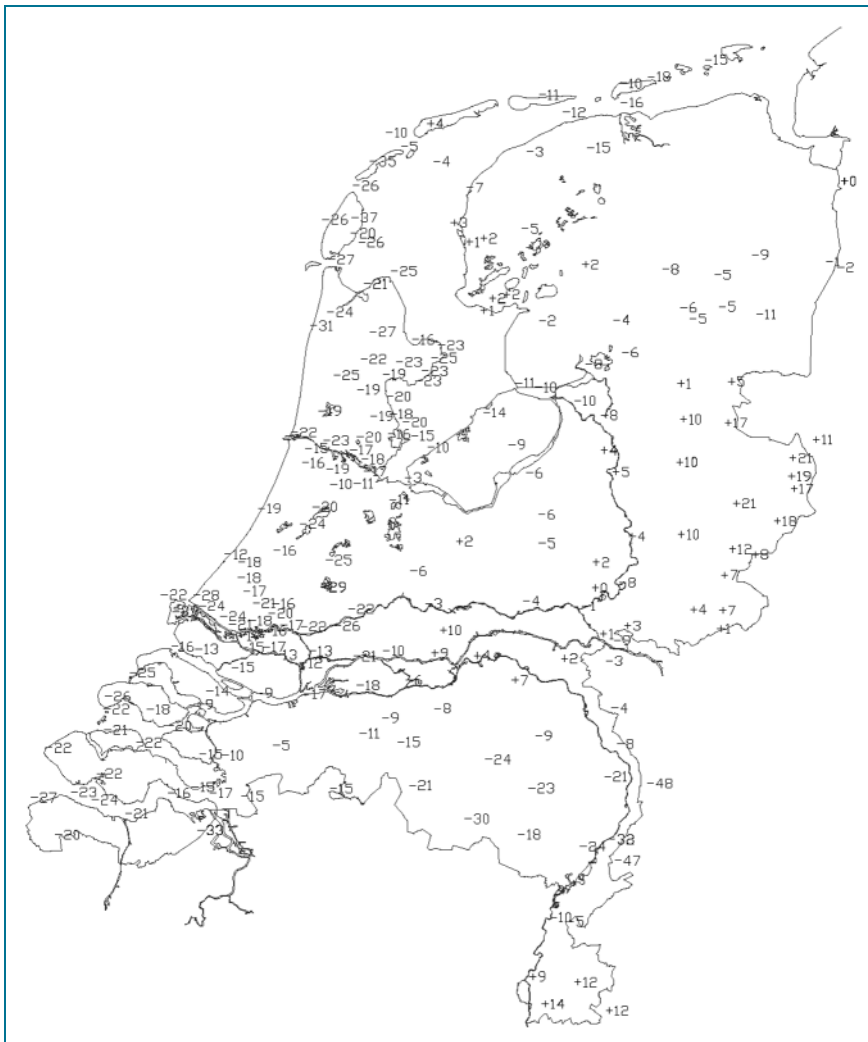


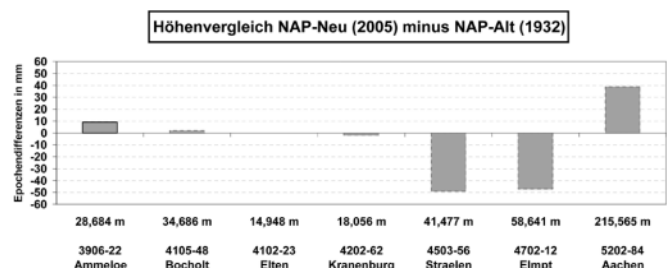
Abb. 3: Übersicht der Höhenänderungen NAP-Neu (2005) minus NAP-Alt 1932) (BRAND) in Millimeter

3 Vergleich der NAP-Höhen und NN-Höhen im NL-NRW-Grenzbereich

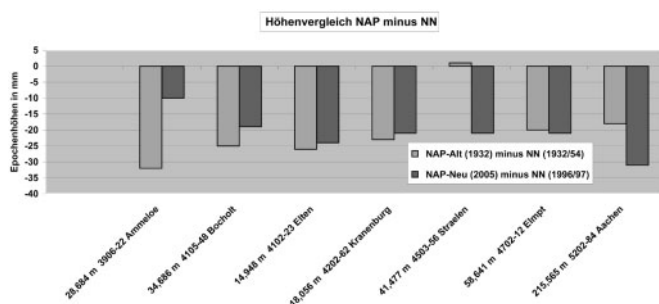
Im Zuge der Auswertung der niederländischen Hauptnivellements erhielten auch sieben grenznahe deutsche Unterirdische Festlegungen (UF) ihre NAP-Höhen (SPATA et al. 2006, siehe Tab. 2). Der NAP-Höhenvergleich für die einzelnen UF basiert auf NN-Höhen der Epoche 1952/54, um zugleich die Höhenunterschiede zwischen NAP und NN zu demonstrieren. Die UF Ammeloe, Bocholt, Elten und Kranenburg zeigen nur geringfügige Höhenänderungen von < 17 mm, abgesehen vom nicht erklärbaren Ausreißer Elten 1965/78. Die Höhenänderungen der beiden UF Straelen und Elmpt sind teils durch lokale Grundwasserentnahmen der letzten Jahrzehnte verursacht und teils durch den NAP-Systemwechsel. Die UF Aachen erfährt offensichtlich eine Hebung von $+43$ mm. Die Tab. 3 enthält einen Höhenvergleich NAP-Neu (2005) minus NAP-Alt (1932). Die UF Ammeloe, Bocholt, Elten und Kranenburg weisen keine signifikanten Differenzen auf; sie liegen nur im Subzentimeterbereich. Für die UF Straelen und Elmpt bestätigen sich wiederum die bekannten Senkungsbeträge. Die UF Aachen hebt sich in diesem Szenario.

Aus Tab. 4 ist ein Vergleich der UF-Höhen zwischen den NAP-Werten (MURRE 1985, BRAND 2004) und den NN-Werten (SPATA et al. 2006) ersichtlich; danach beträgt die durchschnittliche Höhendifferenz NAP minus NN = -20 mm, bei NAP-Alt-Höhen im Mittel um $-20,6$ mm und bei NAP-Neu-Höhen um $-21,1$ mm. So betragen z.B. die Höhen der UF Kranenburg 1954: $H_{NN} = 18,056$ m und $H_{NAP} = 18,033$ m.

Tab. 3: Höhenvergleich NAP-Neu minus NAP-Alt für die sieben Unterirdischen Festlegungen



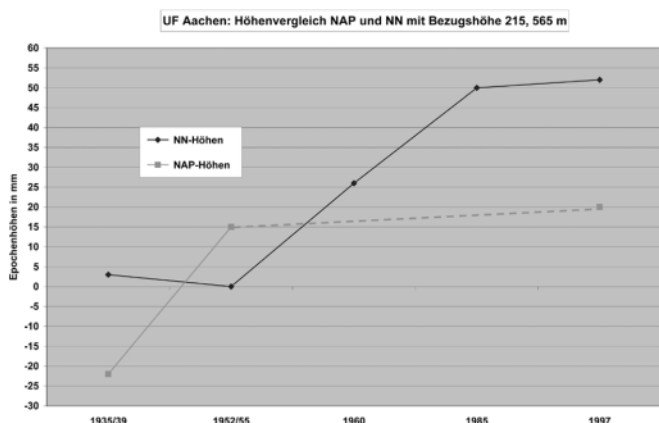
Tab. 4: Höhenvergleich NAP minus NN für die sieben Unterirdischen Festlegungen



4 Analyse der Höhenänderungen in Aachen (Nordeifel)

In Tab. 5 sind die NAP- und NN-Höhen der UF Aachen gesondert zusammengestellt. Danach erfährt die UF Aachen in der Zeit von 1935 bis 1997 im NAP-System eine Hebung von +43 mm und im NN-System von +49 mm (MURRE 1985, BRAND 2004, SPATA et al. 2006). Dies wird bestätigt durch die Auswertergebnisse des Deutschen Haupthöhennetzes 1985 (DHHN85) mit einem Wert von +50 mm (MÜLLER 1990). Der bereits im Niv-Netz 60 vorhandene Trend von +25 mm (AdV 1975) scheint sich offensichtlich bis heute fortzusetzen. Mälzer und Zippelt ermittelten aus Wiederholungsnivellements der Jahre 1951/54 und 1969/73 im Raum Blankenheim-Gemünd in der Nordeifel vergleichbare Hebungsraten von +30 mm bzw. rund 2 mm/a (MÄLZER und ZIPPELT 1979). Die schon länger vermutete geologisch-tektonische Hebung der Nordeifel ist nunmehr durch unabhängige Höhenergebnisse bestärkt worden, die auf Jahrzehnte langen deutschen und niederländischen Nivellements beruhen.

Tab. 5: Höhenvergleich NAP und NN für die UF Aachen



Literatur

- [1] Adviesdienst Geo-informatie en ICT (AGI) (2005): Een nieuwe NAP-publicatie – Feiten en achtergronden (Eine neue NAP-Veröffentlichung – Fakten und Hintergründe). Delft (www.rdn.nl/NWE_PUB/html)
- [2] Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV) (1975): Nivellementnetz 1960. Druck und Vertrieb: Bayerisches Landesvermessungsamt, München
- [3] BRAND, G. B. M. (2004): Herberekening van het primaire net van het NAP (Neuausgleichung des Hauptnivelements des NAP). AGI/GAP-04/004 (Rijkwaterstaat, Adviesdienst Geo-informatie en ICT)
- [4] BRAND, G. B. M.; TEN DAMME, H. (2004): De waterpasmetingen van de 5^e NWP (Die Höhenmessungen des 5. NWP). AGI-GAP-2004-15 (Rijkwaterstaat, Adviesdienst Geo-informatie en ICT)
- [5] GEDON, R. (1995): Höhensysteme und Nivellements der Nachbarstaaten Deutschlands. In: AdV (Hg.), Deutsches Haupthöhennetz 1992. Druck: Bayerisches Landesvermessungsamt, München, 39–56
- [6] GROENEWOUDE, W.; LORENZ, G. K.; BROUWER, F. J. J.; MOLENDIJK, R. E. (1991): Geodetic Determination of recent Land Subsidence in the Netherlands. In: Land Subsidence, Fourth International Symposium on Land Subsidence, IAHS Publ. 200, 463–471
- [7] HUISMAN, P. (2002): Vermessung, Grundlage der niederländischen Wasserwirtschaft. In: K. Kröger und H. Junius (Hg.), Keine Bodenordnung ohne Vermessung – eine kulturgeschichtliche Betrachtung, Stuttgart (8. Symposium zur Vermessungsgeschichte in Dortmund, Vermessungswesen bei Konrad Wittwer, Band 35), 25–38
- [8] MÄLZER, H.; ZIPPELT, K. (1979): Local height changes in the Rhenish Massif area. In: AVN, Heft 10, 402–405
- [9] MÜLLER, G. (1990): Wiederholungsmessungen im nordrhein-westfälischen Anteil des DHHN 1980/85 und im Netz 2. Ordnung – Erfahrungen, erste Ergebnisse, Ausblick. In: Vermessungswesen und Raumordnung (VR), 52. Jg., 130–149
- [10] MURRE, L. M. (1985): Hervereffening van de tweede, derde en vierde nauwkeurigheidswaterpassing van Nederland en vergelijking van de resultaten (Neuausgleichung der zweiten, dritten und vierten Höhennetzerneuerung der Niederlande und Vergleich der Ergebnisse). Afstudeerscriptie, Technische Hochschule Delft, Abteilung Geodäsie
- [11] SPATA, M. (1998): Historische Pegel und Bezugshöhen in Europa. In: Deutsches Schiffsarchiv (Zeitschrift des Deutschen Schifffahrtsmuseums), 21. Jg., 379–392
- [12] SPATA, M.; BOJE, R.; KLEIN, W.; SCHULZ, J. (2006): Zur Überprüfung der NN- und NAP-Höhen der Unterirdischen Festlegungen (UF) entlang der niederländisch-nordrhein-westfälischen Landesgrenze. In: Nachrichten aus dem öffentlichen Vermessungswesen Nordrhein-Westfalen (NÖV), 2. Heft, 81–92

Anschriften

MANFRED SPATA, Landesvermessungsamt NRW, Postfach 20 50 07, D-53170 Bonn, www.lverma.nrw.de; spata@lverma.nrw.de

Anton Kösters, Rijkswaterstaat – Geo-information and ICT Department (AGI), PO-Box 50 23, NL-2600 GA Delft, www.rws-agi.nl; a.j.m.kosters@agi.rws.minvenw.nl



Zusammenfassung

Seit Jahrhunderten beruhten die niederländischen NAP-Höhen stets auf demselben Höhenbezug in Form mehrerer Höhenmarken des Amsterdamer Pegels (NAP). Durch Verlust der Höhenmarken im Laufe der Zeit realisierte seit 1953 nur noch eine einzige unterirdische Höhenmarke auf dem Dam-Platz im Zentrum von Amsterdam den NAP-Höhenbezug. Die Ergebnisse des Fünften Niederländischen Hauptnivelements 1995–1999 veranlassten den Rijkswaterstaat, den Höhenbezug des NAP nicht mehr allein durch die 1953 verbliebene unterirdische NAP-Marke festzuhalten, sondern durch eine mittlere Lagerung des Hauptnivelementnetzes auf 6 unterirdische Höhenmarken, sogenannte Basispunkte, verteilt in der Mitte und im Osten des Landes. Die Änderungen der NAP-Höhen betragen in der Regel nur wenige Zentimeter, maximal 4 cm. Die Änderungen zu den deutschen NN-Höhen betragen im NL-NRW-Grenzbereich nur wenige Millimeter. Die langjährigen niederländischen Höhenmessungen weisen für die UF Aachen einen signifikanten Hebungsbetrag von + 4,3 cm aus, der durch gleichwertige deutsche Höhenmessungen bestätigt wird.

Abstract

The Netherlands Height Reference System (Amsterdam Ordnance Datum or NAP) has always been based on heights of some 8 benchmarks in the inner city of Amsterdam. Many of these traditional 17th century benchmarks have been lost during the years. Since 1953, a single underground benchmark situated below the Dam-square in the city has replaced the older benchmarks. The results of the 5th Primary Levelling has lead to the conclusion that subsidence of geological structures in the West part of the Netherlands may have affected the stability of the datum. Therefore, a set of six underground benchmarks have been selected in more stable areas in the Middle and in the East part of the country. The height of the original datum-point in Amsterdam and all other underground benchmarks in the Netherlands have been recomputed using the data of the 5th Primary Levelling. The differences with the previous heights are small, 4 cm at maximum. The differences at the German-Netherlands border are only some millimetres. The long term height observations of the underground benchmark in Aachen indicate a significant lift from + 4.3 cm, which is confirmed by the results of the German data.