

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Article, Published Version

Ellmer, Wilfried

Nutzung von SAPOS-Korrekturdaten in der Seevermessung

Hydrographische Nachrichten

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/107866>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Ellmer, Wilfried (2018): Nutzung von SAPOS-Korrekturdaten in der Seevermessung. In: Hydrographische Nachrichten 109. Rostock: Deutsche Hydrographische Gesellschaft e.V.. S. 6-11. <https://doi.org/10.23784/HN109-01>.

Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



Nutzung von SAPOS-Korrekturdaten in der Seevermessung

Ein Beitrag von WILFRIED ELLMER

Schon immer war es notwendig, die im Rahmen der Seevermessung geloteten Tiefen auf einen einheitlich definierten Horizont zu beziehen, weil immer zu dem gerade vorherrschenden Wasserstand gelotet wurde und weil dieser Wasserstand variabel ist. Insofern ist die Gezeitenbeschickung, also die Reduktion der geloteten Tiefen auf einen Bezugshorizont, neben der Tiefenmessung selbst und der Bestimmung der zugehörigen Position eine der Hauptaufgaben der Seevermessung. Lange Zeit war mit ihr der größte Fehlereinfluss verbunden, zumindest in der Nordsee. Und auch heute noch erfordert das Verfahren der Gezeitenbeschickung eine große Sachkenntnis und viel Erfahrung, um große Fehler zu vermeiden. Im Beitrag wird der Werdegang der Gezeitenbeschickung aufgezeigt und der aktuelle Stand beschrieben, und schließlich werden noch einige Gedanken zur Weiterentwicklung angerissen.

Autor

Dr. Wilfried Ellmer war bis November 2017 am BSH in Rostock Leiter des Sachgebiets »Geodätisch-hydrographische Verfahren und Systeme«.

wilfried.ellmer@t-online.de

Beschickung | Pegel | Wasserstandserrechnungskarte | Normalhöhennull – NHN | Seekartennull – SKN | Lowest Astronomical Tide – LAT | SAPOS | Precise Point Positioning – PPP | AWZ-Vernetzung | FAMOS

Vorbemerkung

Die Ausführungen in diesem Beitrag konzentrieren sich auf die Seevermessung (im Bereich der Binnengewässer sind teilweise andere Schwerpunkte zu setzen) und auf die behördliche Vermessung in Deutschland, die zum allergrößten Teil mit den GNSS-Korrekturdaten des Satellitenpositionierungsdienstes der Landesvermessung (SAPOS; weitere Infos unter [1]) arbeitet (Riecken u. Kurtenbach 2017).

Vorgeschichte

Traditionell werden Wasserstandsmessungen für die Gezeitenbeschickung verwendet. Dazu wird an einem für das Arbeitsgebiet repräsentativen Pegel die Höhe der Gezeit abgelesen, also die Differenz zwischen dem Wasserstand am Pegel und dem Seekartennull (SKN) (Gezeitentafeln 2017, S. 11 ff). Mit Hilfe einer Wasserstandserrechnungskarte (WEK) wird die Höhe der Gezeit vom

Pegelort auf den Lotungsort übertragen, siehe Abb. 1 (DHI 1946, Band 1, Teil 1, S. 303, und Teil 2, S. 100; Pijarowski 1984). Diese Karte liefert zwei Größen: Die Differenz der Hochwassereintrittszeiten und die Differenz der Springtidenhübe; beide jeweils zwischen dem Lotungsort und dem Pegelort. Im Laufe der letzten Jahrzehnte wurden diese Karten digitalisiert, sodass das Verfahren der Wasserstandserrechnungskarte bereits bei der Datenerfassung digital genutzt werden kann. Üblicherweise werden dabei die Zeitdifferenzen in Zonen von 10 Minuten (Zeitzonen) und die Springtidenhübe in Dezimeter (Hubzonen) aufgelöst. Bei genauen Vermessungen machen sich diese Zonen in Form von Kanten in der Darstellung der Bodentopographie bemerkbar. Bereits in den 90er Jahren des vergangenen Jahrhunderts war diese Form der Gezeitenbeschickung der größte Beitrag zum Fehlerbudget der Seevermessung.

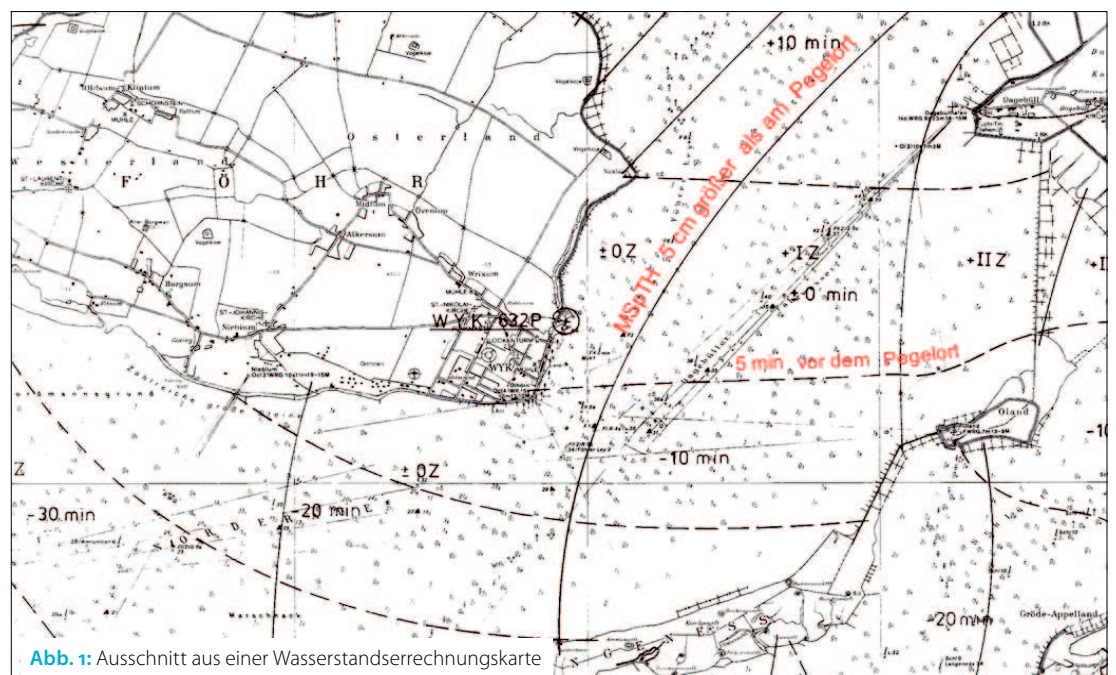


Abb. 1: Ausschnitt aus einer Wasserstandserrechnungskarte

Dieses Verfahren wird seit 2006 am Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) sukzessive durch GNSS-Messungen ersetzt. [Abb. 2](#) macht die Unterschiede in den benutzten Messgrößen deutlich: Das Ziel ist es, die Kartentiefe zu bestimmen. Bisher wurde neben der Lotung der Wasserstand am Pegel gemessen und auf den Lotungsort übertragen. Neben dem Fehlereinfluss dieser Übertragung machte sich auch der Fehlereinfluss des Seegangs und der Eintauchtiefe bemerkbar, insbesondere der dynamische Anteil (Squat) (Reinking u. Härting 2002). Bei der GNSS-Gezeitenbeschickung wird zusätzlich die Höhe der GNSS-Antenne gemessen und mit Hilfe eines Geoidmodells (z. B. German Combined QuasiGeoid 2016, GCG2016) auf den Landeshorizont bezogen, zusätzlich korrigiert um die vertikale Differenz zwischen Antenne und Echolotschwinger (weitere Infos unter [2]).

Stand der GNSS-Beschickung

Im BSH kam das Verfahren erstmals 2006 auf dem Vermessungsschiff VS »Capella« zum Einsatz. Dazu wurden auf dem Schiff und den beiden Booten GPS-Empfänger Leica SR530 installiert, die in der Lage waren, mit 10 Hz Daten zu liefern. In Voruntersuchungen wurde diese Datenrate als notwendig ermittelt, um auch auf den Booten den Seegangseinfluss exakt genug zu ermitteln (Pohlmann 2002). Um die notwendige Dezimeter-Genauigkeit zu erreichen, müssen die Trägerphasenmessungen genutzt werden, was wiederum nur möglich ist, wenn in nicht zu großer Entfernung die Messungen einer Referenzstation genutzt werden. Zwei Bedingungen müssen dabei erfüllt sein:

- Der Abstand zwischen der Referenzstation und dem mobilen GNSS-Empfänger darf nur so groß sein, dass die wesentlichen zu korrigierenden Fehlereinflüsse an beiden Orten nicht zu sehr voneinander abweichen, sodass es noch möglich ist, die Phasenmehrdeutigkeiten aufzulösen. Bisher wurde im BSH allerdings nicht untersucht, wie groß dieser Abstand maximal sein darf. Das hängt von verschiedenen Parametern ab.
- Der mobile Empfänger muss sich in einem Gebiet befinden, in dem noch die Korrekturdaten empfangen werden können.

Weil gerade in der Anfangszeit die zweite Bedingung die größere Herausforderung darstellt, wurden mehrere Wege gewählt, um die Daten zu übertragen:

- Korrekturdatenempfang mit Hilfe des 2-m-Funks (VHF),
- Korrekturdatenempfang mit Hilfe des Mobilfunks (GSM),
- lokaler Korrekturdatenempfang durch einen eigenen SR530 als Referenzstation und Übertragung der Daten im 70-cm-Funk (UHF).

[Abb. 3](#) zeigt die GNSS- und Mobilfunkantennen auf einem der »Capella«-Boote.

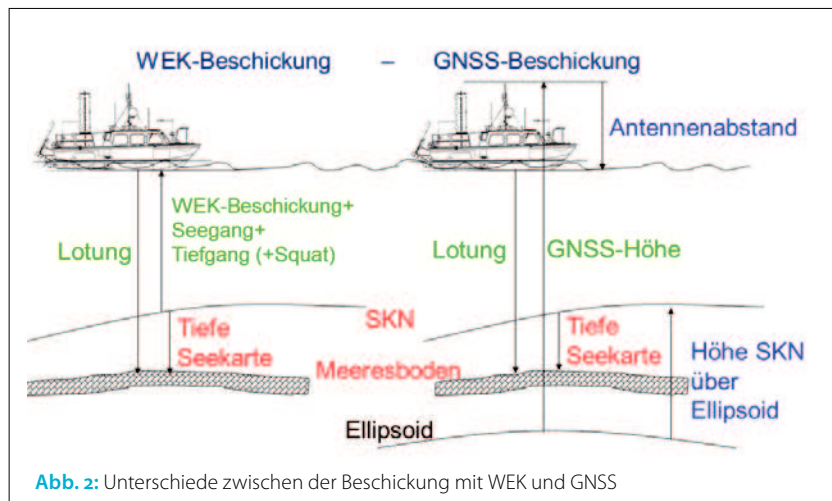


Abb. 2: Unterschiede zwischen der Beschickung mit WEK und GNSS

Die ersten Testmessungen fanden im Bereich der Süderauë Ost statt. Die Ergebnisse der GNSS-Messungen wurden mit den Pegelablesungen des Pegels Hooge-Anleger verglichen. Um die Fehlereinflüsse der Übertragung vom Pegelort zum Lotungsort zu minimieren, wurde weitgehend in der »Zone Null« gearbeitet, also mit einer Zeitdifferenz $< \pm 5$ Minuten und einer Differenz der Springtidenhöhe $< \pm 5$ cm ([Abb. 4](#)). Die Differenzen der Beschickungswerte liegen fast überall im Bereich von ± 1 dm. Das deutet darauf hin, dass die beiden Verfahren gleichwertige Ergebnisse liefern, und dass keine systematischen Fehler zu erwarten sind, die für den Zweck der Seevermessung von Bedeutung sind. Erst später, nachdem lange Praxiserfahrungen mit der GNSS-Beschickung vorliegen, lässt sich sagen, dass die Differenzen im Wesentlichen von der Pegelbeschickung stammen.

Auffällig sind in diesem Differenzbild die Dezimetersprünge an den Hubzonengrenzen. Und vor allem sind einige Ausreißer zu beobachten, die darauf zurückzuführen sind, dass an diesen Stellen die Phasenmehrdeutigkeiten nicht mehr aufgelöst werden konnten. Diese Probleme sind im Laufe der Jahre, insbesondere durch neuere Empfänger-technik deutlich geringer geworden. Gleichwohl bedeutet das, dass nach wie vor eine unabhängige Beschickung notwendig ist; der Vorteil der wasserstandsabhängigen Beschickung ist der, dass sie wirklich von den GNSS-Messungen unabhängig ist, und sich somit sehr gut als Kontrolle eignet. Sie ist zwar deutlich ungenauer als die GNSS-Beschickung, aber sehr gut geeignet, um sicherzustellen,



Abb. 3: GNSS- und Mobilfunkantenne

Abkürzungen und Fachwörter

- BKG – Bundesamt für Kartographie und Geodäsie
- BSCD2000 – Baltic Sea Chart Datum 2000, einheitliches Seekartennull Ostsee
- BSHC – Baltic Sea Hydrographic Commission, Regionalkommission der IHO für die Ostsee
- DHHN2016 – Deutsches Haupthöhennetz 2016
- ETRS98 – European Terrestrial Reference System 1989 (europaweit vorgegeben)
- EVRS – European Vertical Reference System (europaweit vorgegeben)
- FKP – Flächenkorrekturparameter (Interpolationsverfahren für Korrekturdaten)
- Gezeitenbeschickung – Reduktion einer Lotung auf den Bezugshorizont
- GNSS – Global Navigation Satellite System, Sammelbezeichnung für GPS, GLONASS, Galileo ...
- Höhe der Gezeit – Differenz zwischen Wasserstand am Pegel und SKN
- ITRS – International Terrestrial Reference System, globales Bezugssystem des Internationalen Erdrotationsdienstes (IERS)
- LAT – Lowest Astronomical Tide, Grundlage des Seekartennull seit 2005
- MAC – Master-Auxiliary-Concept, (Interpolationsverfahren für Korrekturdaten)
- NHN – Normalhöhennull, vertikaler Bezug der deutschen Landesvermessung
- NTRIP – Networked Transport of RTCM via Internet Protocol (Korrekturdatenprotokoll des BKG)
- SKN – Seekartennull, Bezugshorizont der jeweiligen Seekarte
- SAPOS – Satellitenpositionierungsservice der deutschen Landesvermessung
- Springtidenhub (mittlerer) – vertikale Differenz zwischen dem mittleren Springniedrig- und Springhochwasser
- Squat – Veränderung der Eintauchtiefe durch die Fahrt durch Wasser
- THD – Transmitting heading device, Satellitenkompass
- VRS – virtuelle Referenzstation (Interpolationsverfahren für Korrekturdaten)
- WEK – Wasserstandsrechnungskarte, Verfahren zur Übertragung der Höhe der Gezeit vom Pegelort auf den Lotungsort

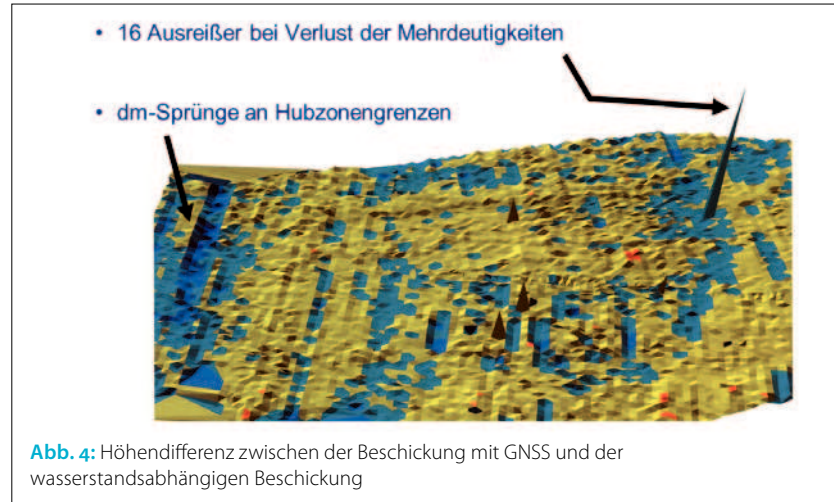


Abb. 4: Höhendifferenz zwischen der Beschickung mit GNSS und der wasserstandsabhängigen Beschickung

Literatur

AdV (2017): Richtlinie für den einheitlichen integrierten geodätischen Raumbezug des amtlichen Vermessungswesens in der Bundesrepublik Deutschland, Version 3.0 Stand 16.05.2017; Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland

Bilker-Koivula, Mirjam; Jyrki Mononen; Timo Saari; Christoph Förste; Franz Barthelmes; Biao Lu; Jonas Ågren (2017): Improving the geoid model for future GNSS-based navigation in the Baltic Sea; FIG Working Week, Helsinki, 29. Mai bis 2. Juni 2017

BMVI (2014): Seit 2005 – Neues Seekartennull, Stand; Mai 2014; Druckschrift des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur

DHI (1946): Handbuch für die Vermessungen des Deutschen Hydrographischen Instituts; DHI, Hamburg

Ellmer, Wilfried; Patrick Goffinet (2006): Tidal Correction Using GPS – Determination of the Chart Datum; XXIII FIG Congress, München, 8. bis 13. Oktober 2006

Gezeitentafeln (2017): Gezeitentafeln 2018 Europäische Gewässer; BSH, Hamburg und Rostock

...

dass ein Verlust der Phasenmehrdeutigkeiten sofort erkannt werden kann.

Etwa zeitgleich mit diesen ersten Pilotstudien kam von Gunther Braun, dem damaligen Leiter der Kartenstelle an der WSD Nordwest, die Anregung, alle diejenigen zu einem Treffen einzuladen, die GNSS im Küstenbereich nutzen. Daraus entwickelte sich der inzwischen jährlich stattfindende SAPOS-Workshop Hydrographie, der erstmalig 2006 zustande kam. Das wesentliche Ziel dieses Treffens war und ist ein Erfahrungsaustausch zu dem komplexen Verfahren der GNSS-Beschickung. Die Themen dieser Treffen sind vor allem

- die Datenübertragung,
- die Konfiguration der Systemkomponenten,
- die Nutzung der verschiedenen Interpolationsverfahren (Flächenkorrekturparameter usw.) (weitere Infos unter [3]).

Die Teilnehmer dieser Treffen sind auf der Nutzerseite:

- BSH-Mitarbeiter, insbesondere von Bord der fünf Vermessungsschiffe,
- WSV-Mitarbeiter,
- Vermessungsingenieure der Küstenschutzverwaltungen der Länder.

Von der Anbieterseite kommen folgende Teilnehmer zu den Treffen:

- Zentrale Stelle SAPOS,
- SAPOS-Dienststellen der Küstenländer,
- BKG – Bundesamt für Kartographie und Geodäsie.

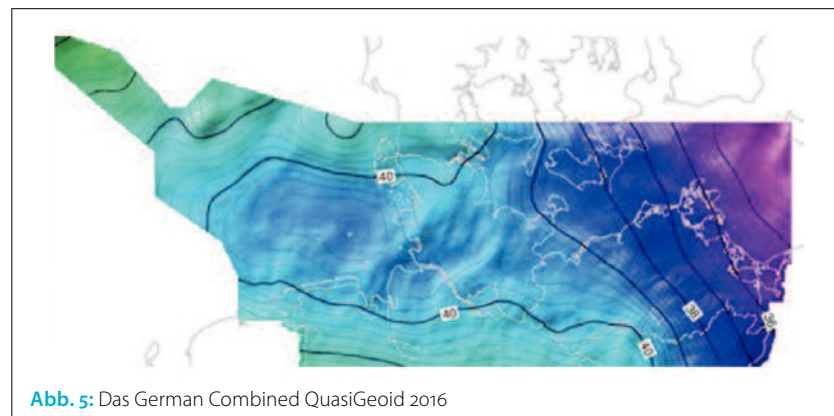


Abb. 5: Das German Combined QuasiGeoid 2016

Wesentliche Entwicklungen

Im Laufe der folgenden zehn Jahre ergaben sich verschiedene Weiterentwicklungen, von denen nur einige wenige erwähnt werden können. Eine Weiterentwicklung ist die des vertikalen Bezugs. GNSS-Messungen beziehen sich grundsätzlich immer auf den Erdschwerpunkt. Sie sind direkt auf das Ellipsoid bezogen, das durch die Korrekturdaten vorgegeben ist. SAPOS-Messungen sind auf das Ellipsoid des European Terrestrial Reference System 1989 (ETRS89) bezogen. Tiefenmessungen darauf zu beziehen ist wenig anschaulich und nicht direkt nutzbar. Deshalb wird üblicherweise ein physikalischer Bezug verwendet, das ist in Deutschland das System des Normalhöhennull (NHN), auf See realisiert durch ein Quasigeoidmodell (Abb. 5). Das BKG stellt das German Combined QuasiGeoid in den Versionen GCG2005, GCG2011 und GCG2016 bereit. Letzteres hat die Besonderheit, dass es in einer gemeinsamen Aktion der Landesvermessung verknüpft ist mit der Erneuerung des Nivellementsnetzes, eines neuen GNSS-Netzes und einer neuen Version des ETRS89 (AdV 2017). Das ist durch die Konsistenz zwischen Nivellement und Schwere sowohl für alle vertikalen Daten als auch für die Tiefenmessungen von Vorteil. Inzwischen sind alle Dienststellen der Seevermessung dazu übergegangen, ihre Tiefendaten auf NHN zu beziehen; das BSH seit der Einführung der Seevermessungsdatenbank im Jahr 2013. Bedingt durch die wasserstandsabhängige Beschickung wurden früher grundsätzlich alle Tiefen doppelt vorgehalten, bezogen auf den Landeshorizont als auch bezogen auf das Seekartennull. Inzwischen sind jedoch die auf NHN bezogenen Tiefen deutlich genauer, sodass nur diese in der Datenbank vorgehalten werden. Erst bei der Abgabe von Tiefendaten für nautische Zwecke werden diese mit Hilfe eines Differenzmodells auf Seekartennull umgerechnet.

Das Seekartennull der Nordsee selbst wurde bereits im Rahmen einer nordseeweiten Vereinheitlichung 2005 auf Lowest Astronomical Tide (LAT) umgestellt (Gezeitentafeln 2017; BMVI 2014). Zur Realisierung im Rahmen der GNSS-Beschickung wurden seitens der Abteilung Meereskunde des BSH Modellberechnungen für LAT bereitgestellt und mehrmals aktualisiert: LAT2007, LAT2010 und LAT2015 (Ellmer u. Goffinet 2006).

Die Übertragung der Korrekturdaten auf das Schiff oder das Boot ist aufgrund der Reichweite auf See immer eine besondere Herausforderung gewesen. In den Anfangsjahren wurden vor allem Übertragungen über den 2-m-Funk (VHF) und Mobilfunk (Direkteinwahl bei der Landesvermessung über GSM) verwendet. Um bei der Bootsvermessung die Reichweite zu verbessern, wurde eine Unterverteilung der Korrekturdaten über das Schiff auf die Boote eingeführt. Das Schiff empfängt dabei die Korrekturdaten und verteilt sie

mittels 70-cm-Funk (UHF) auf die in der Nähe operierenden Boote (Abb. 6).

Inzwischen wird in den Küstenländern sukzessive die Verbreitung von Korrekturdaten über GSM eingestellt. Das hat zur Folge, dass zunehmend die Daten über Internetverbindungen unter Verwendung des Protokolls »NTRIP« bezogen werden müssen (weitere Infos unter [4]). Dazu werden die Mobilfunkempfänger auf den Schiffen und Booten modernisiert, damit sie in der Lage sind, auch die neueren Mobilfunkangebote zu nutzen, z. B. LTE. Diese Veränderungen sind erheblich, verbessern jedoch die Datenübertragungen nicht grundsätzlich, da nach wie vor im küstenfernen Bereich kein Korrekturdatenempfang möglich ist. Deshalb sind in naher Zukunft noch weitere Veränderungen nötig (siehe weiter unten).

Mit zunehmender Nutzung von GNSS zur Beschickung hat sich herausgestellt, welches Genauigkeitspotenzial in dem Verfahren liegt, solange man nicht den Bereich verlässt, in dem die Phasenmehrdeutigkeiten noch zuverlässig lösbar sind. Hubänderungen aufgrund von Seegang und Squat haben ihre Bedeutung verloren. Damit wurde der Rollwinkel zum größten Fehleranteil, zumindest auf allen Fahrzeugen, auf denen kein Bewegungssensor für Hub, Roll- und Stampfwinkel zur Verfügung steht. Deshalb wurden diese Fahrzeuge mit THD – transmitting heading devices – ausgerüstet, GNSS-Empfänger mit zwei Antennen, deren relative Lage zueinander gemessen wird. Sie werden üblicherweise zur Messung des rechtweisenden Kurses verwendet, geben aber auch den Stampfwinkel aus. Anders als sonst üblich, werden sie hier quer zur Vorausrichtung eingesetzt und eignen sich damit zur Messung des Rollwinkels, siehe Abb. 7.

Schließlich wurden in den letzten Jahren auch mehrere Untersuchungen zum Precise Point Positioning (PPP), zunächst im Postprocessing, später auch in Echtzeit durchgeführt. Die Ergebnisse zeigten, dass damit Seevermessungen möglich sind, wenn auch mit etwas geringerer Genauigkeit als im küstennahen Bereich. Zusätzlich wurde ein am Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Niedersachsen (LGLN) entwickeltes Verfahren getestet, mit dem auf virtuellen Punkten im küstenfernen Bereich Korrekturdaten gerechnet werden, die wie von tatsächlichen Referenzstationen im Internet bereitgestellt werden, siehe Abb. 8, die sogenannte »AWZ-Vernetzung« (Jahn 2015). Das ist eine Alternative zum Precise Point Positioning und hat den Vorteil, dass dafür nicht spezielle GNSS-Empfänger verwendet werden müssen.

Diese Entwicklungen machen deutlich, dass sich die GNSS-Beschickung bewährt hat, sie hat eine deutliche Verbesserung der Genauigkeit gebracht. Es gibt jedoch immer noch Probleme mit der Zuverlässigkeit, die vor allem von der Datenübertragung herrühren. Um diese Probleme zu überwinden, ist es notwendig, mit Hilfe von Wasserstandsmessungen eine unabhängige

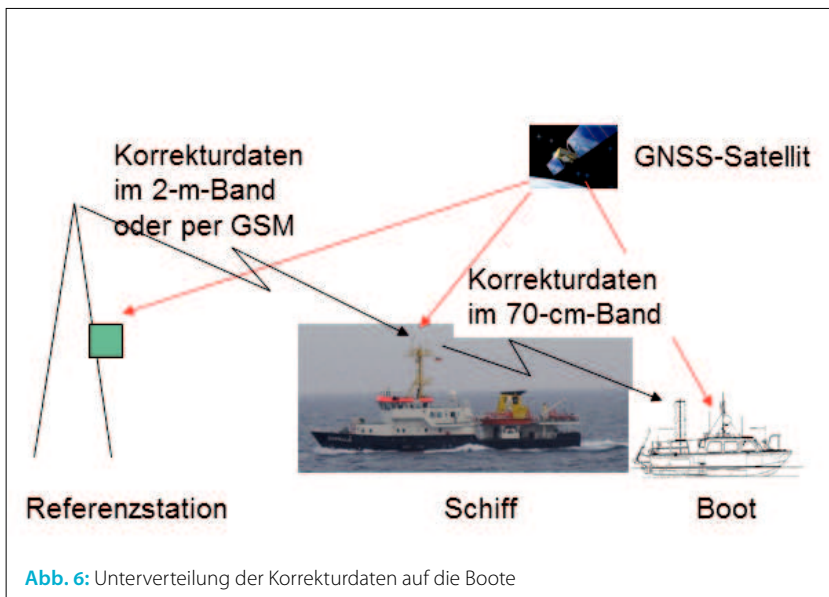


Abb. 6: Unterverteilung der Korrekturdaten auf die Boote

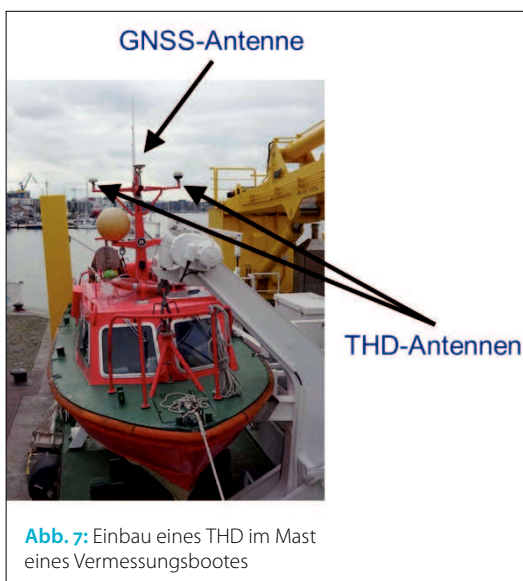


Abb. 7: Einbau eines THD im Mast eines Vermessungsbootes

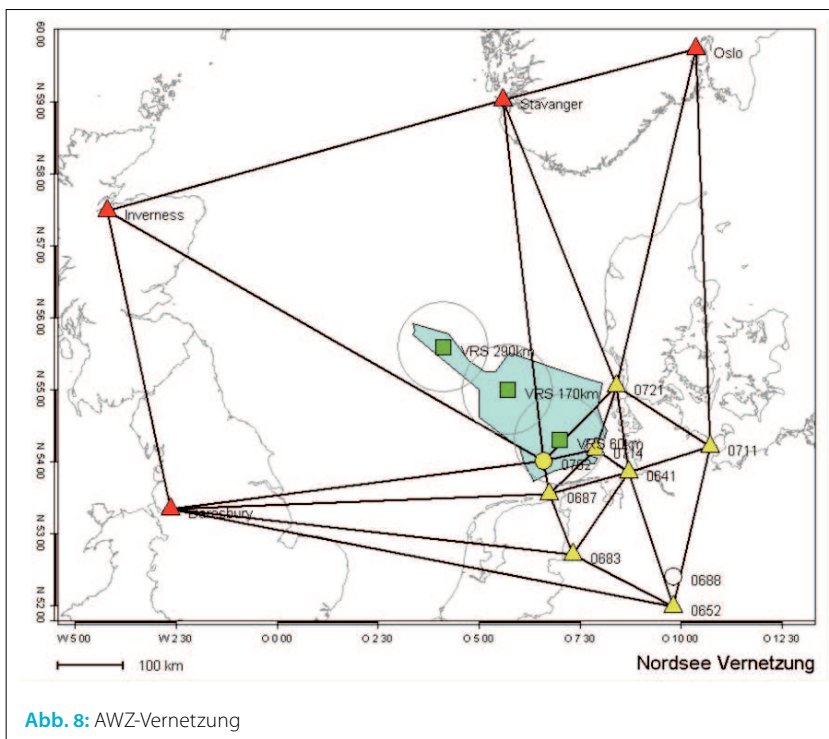


Abb. 8: AWZ-Vernetzung

Abb. 9: Einbau einer VSAT-Antenne auf VVWS »Deneb«



Jahn, Cord-Hinrich (2015): Strategien des geodätischen Raumbezugs in Deutschland; Intergeo, Stuttgart, 15. bis 17. September 2015

Mononen, Jyrki (2017): A Harmonized Vertical Reference System for the Baltic Sea; FIG Working Week, Helsinki, 29. Mai bis 2. Juni 2017

Pijarowski, D. (1984): Gezeiten, Bezugshorizont, Beschickung; in: DVW (Hrsg.): Einführung in die Hydrographie – Vortragsdokumentation; 16. DVW-Seminar, Hamburg, 24. bis 25. Mai 1984

Pohlmann, Martin (2002): Überprüfung der GPS-bestimmten Hubbewegung von Vermessungsschiffen; unveröffentlichte Diplomarbeit an der Fachhochschule Neubrandenburg

Reinking, Jörg; Alexander Härting (2002): GPS-gestützte Seegangskorrektur hydrographischer Messungen aus Einzelpfänger-Daten; Zeitschrift für Vermessungswesen, Vol. 127, Nr. 3, S. 153-158

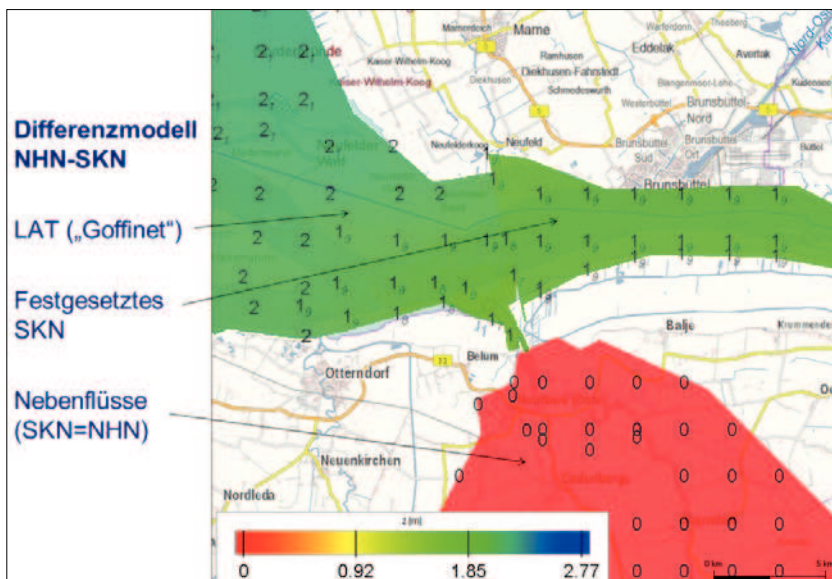
Riecken, Jens; Enrico Kurtenbach (2017): Der Satellitenpositionierungsdienst der deutschen Landesvermessung – SAPOS®; Zeitschrift für Vermessungswesen, Vol. 142, Nr. 5, S. 293-300

ge Kontrolle durchzuführen. Außerdem ist die GNSS-Beschickung aufgrund der derzeitigen Einschränkungen nur in Küstennähe einsetzbar, es sei denn, man weicht auf kommerzielle Systeme aus, die derzeit aber nicht auf das Landessystem bezogen sind.

Ausblick

Das derzeit größte Defizit liegt in der Übertragung der Korrekturdaten auf die Messplattform. Die derzeitigen Kommunikationsverfahren arbeiten unzuverlässig und decken den küstenfernen Bereich nicht ab. Deshalb ist es notwendig, neben der landgestützten Kommunikation auch Satellitenkommunikation zu nutzen. Offen ist noch, ob es das bewährte, aber teure Inmarsat sein wird oder Systeme wie VSAT oder andere. Um abschätzen zu können, wie teuer, wie zuverlässig und wie aufwendig die verschiedenen Systeme sind, wurde im Rahmen eines Gravimetrieprojektes auf VVWS »Deneb« ein VSAT-System installiert, das bis zum Ende des Projektes verfügbar sein soll (Abb. 9). Damit soll die Entscheidung über die zukünftig einzusetzenden Satellitenkommunikationssysteme erleichtert werden.

Abb. 10: Differenzmodell zur Bereitstellung von SKN-Tiefen der Nordsee



Die GNSS-Empfänger der BSH-Flotte haben inzwischen ein Alter erreicht, dass sie ersetzt werden müssen. Diese Ersatzbeschaffung ist die Gelegenheit, die GNSS-Positionierung neu und als ein einheitliches Gesamtsystem zu gestalten. Bisher handelt es sich, wie oben gezeigt, um Einzelsysteme, GNSS-Empfänger, Bewegungssensor bzw. THD, jedes dieser Einzelsysteme liefert seine Daten an das Datenerfassungssystem, wo diese Daten zeitlich zusammengeführt werden.

Künftig sollen die Systeme so miteinander verknüpft werden, dass sie als Gesamtsystem die Position einschließlich der Antennenhöhe, Roll- und Stampfwinkel und den rechtweisenden Kurs ausgeben. Diese Verknüpfung hat dann auch den Vorteil, dass dabei gleichzeitig die notwendigen Genauigkeitsinformationen berechnet und ausgegeben werden können.

Eine weitere anstehende Entwicklung ist die küstenferne Positionierung. Das ist nicht nur eine Frage der Kommunikation (siehe oben), sondern auch eine Frage der Positionsberechnung. Grundsätzlich gibt es kommerzielle Systeme, die insbesondere im Bereich der Offshore-Vermessung genutzt werden. Diese arbeiten jedoch nicht im Bezugssystem der Landesvermessung, sondern üblicherweise im globalen International Terrestrial Reference System (ITRS). Außerdem handelt es sich um geschlossene Systeme, deren Datenverarbeitung nur dem anbietenden Betreiber bekannt ist. Daneben bieten sich zwei Wege an:

- Der eine ist die AWZ-Vernetzung, die bereits teilweise realisiert wurde (Abb. 8). Sie hat den Vorteil, dass sie mit jedem GNSS-Empfänger realisierbar ist. SAPOS müsste diesen Dienst jedoch operationell anbieten.
- Der andere ist das Echtzeit-PPP, auch das wurde bereits mit Erfolg getestet. Nachteilig ist, dass eine gute Standardisierung der Datenübertragung noch in Arbeit ist und ein erfolgreicher Abschluss noch nicht absehbar ist; als Entwurf wird SAPOS den Standard voraussichtlich noch nicht umsetzen. Außerdem ist dafür ein spezieller Empfänger nötig. Ein Dienst für die Datenübertragung wird voraussichtlich erst nach erfolgreichem Abschluss der Standardisierung aufgebaut werden.

Schließlich sind noch Entwicklungen bei der Festlegung des Seekartennulls abzusehen:

- In der Ostsee ist seit einigen Jahren eine Vereinheitlichung des Seekartenbezugs in Arbeit. Die Baltic Sea Hydrographic Commission (BSHC) hat die Arbeitsgruppe Chart Datum Working Group konstituiert mit dem Ziel, für alle Ostseeanrainer einen einheitlichen Bezug zu realisieren (weitere Infos unter [5]). Im Rahmen dieser Arbeiten wurde das Baltic Sea Chart Datum 2000 (BSCD2000) definiert, das sich auf das European Vertical Reference System (EVRS) bezieht (Mononen 2017). Der deutsche Bezug DHHN2016 wird als die deutsche Realisierung dieses Bezugs betrachtet. Auf See muss dieses Bezugssystem

für die vermessungstechnische Praxis durch ein einheitliches Geoidmodell realisiert werden. Dazu wurde das EU-Projekt Finalising Surveys for the Baltic Motorways of the Sea (FAMOS) um eine Aktivität erweitert, die zum Ziel hat, zum geplanten Projektende ein einheitliches Geoidmodell für die gesamte Ostsee bereitzustellen (Bilker-Koivula et al. 2017; weitere Infos unter [6]). Da die Datenlage jedoch keineswegs ausreichend ist, sind im Rahmen des Projektes Schweremessungen geplant und teilweise auch bereits durchgeführt. Das Ostseemodell soll am Ende mit dem künftigen deutschen Geoidmodell so verbunden werden, dass es ein nahtloses Modell über Deutschland und die ganze Ostsee geben wird.

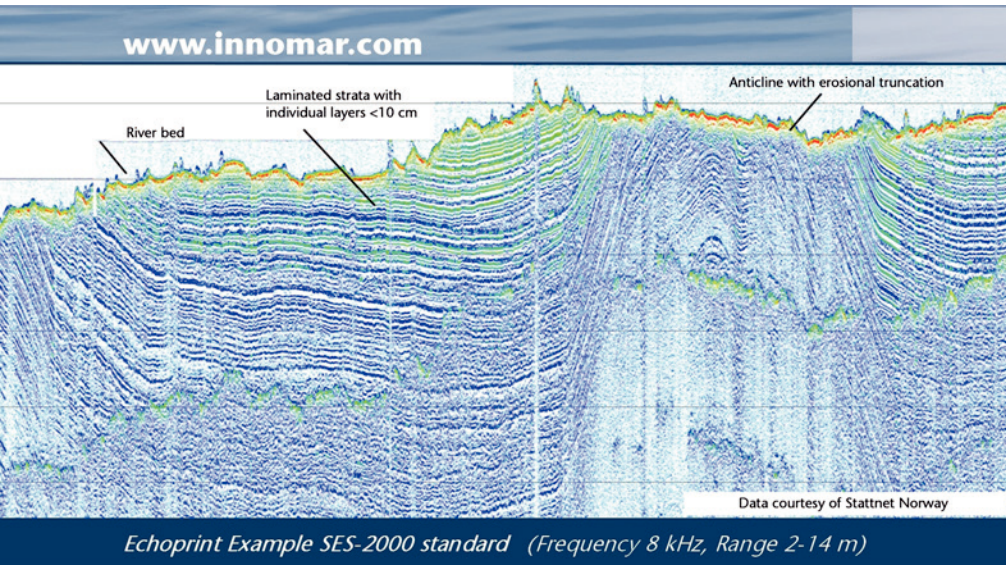
- In der Nordsee wird seit 2005 das Seekartennull auf LAT bezogen. Lediglich in den Tideflüssen wird ein festgesetztes SKN in der Nähe von LAT verwendet. Die Definition des SKN lehnt sich aber immer noch an das alte Verfahren der Beschickung mit Wasserstandserrechnungskarten an (Abb. 1), indem für jeden Küstenpegel jährlich eine neue LAT-Berechnung für das SKN zugrunde gelegt wird. In der Praxis wird jedoch inzwischen nahezu durchgängig mit

GNSS beschickt, für den SKN-Bezug wird also das aktuelle LAT-Modell verwendet, das nur etwa alle fünf Jahre neu gerechnet wird und damit nicht exakt mit den LAT-Werten an den Pegeln übereinstimmen kann. Hier soll mit der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung ein aktuelles Verfahren abgestimmt werden. Diese Neudefinition des SKN wird dann dazu dienen, das Differenzmodell zu aktualisieren, mit dem auf NHN bezogene Tiefen auf SKN umgerechnet werden können (Abb. 10). Im Wesentlichen handelt es sich dabei um die Differenz zwischen dem Quasigeoidmodell und dem LAT-Modell, in den Tideflüssen müssen jedoch die von der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung festgesetzten SKN-Werte berücksichtigt werden.

Als Fazit lässt sich sagen, dass in der Seevermessung inzwischen praktisch nicht mehr mit Wasserstandsdaten beschickt wird. Die GNSS-Beschickung wird genutzt, wo immer möglich. Allerdings muss sie noch deutlich zuverlässiger werden, und das ist insbesondere eine Frage der Kommunikation. Außerdem ist es dringend notwendig, dieses Verfahren auch auf die küstenfernen Bereiche der deutschen AWZ auszudehnen. [↕](#)

Weitere Infos

- [1] www.sapos.de
- [2] www.bkg.bund.de/DE/Produkte-und-Services/Shop-und-Downloads/Digitale-Geodaten/Quasigeoid/quasigeoid.html;jsessionid=3FC08322C06D888B9B57B63EE22297CC.live21
- [3] www.sapos-bw.de/messverfahren.php
- [4] <https://igs.bkg.bund.de/ntrip/about>
- [5] www.bshc.pro/working-groups/cdwg
- [6] www.famosproject.eu/activities/future-navigation



SES-2000 Parametric Sub-Bottom Profilers

Discover sub-seafloor structures and embedded objects with excellent resolution and determine exact water depth

- ▶ Different systems for shallow and deep water operation available
- ▶ Menu selectable frequency and pulse width
- ▶ Two-channel receiver for primary and secondary frequencies
- ▶ Narrow sound beam for all frequencies
- ▶ Sediment penetration up to 200m (SES-2000 deep)
- ▶ User-friendly data acquisition and post-processing software
- ▶ Portable system components allow fast and easy mob/demob
- ▶ Optional sidescan extension for shallow-water systems