

IKÜS – Integriertes Höhenüberwachungssystem in Küstenregionen

Hier: IKÜS – C : Kombination höhenrelevanter Messinformation

Bearbeitung: TU Braunschweig, Institut für Geodäsie und Photogrammetrie
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Wolfgang Niemeier

1. Aufgabenstellung

Eigentliches Ziel des Projektes IKÜS ist es, die derzeitigen Höhenänderungen im Nordsee-Küstenbereich nachzuweisen. Die Bestimmung erfolgte durch eingehende Aufbereitung und Analyse der verfügbaren primär geodätischen Messinformationen und anschließende algorithmisch-numerische Kombination. Das Bestreben dabei war die strenge Kombination physikalisch unterschiedlicher Sensoren, um durch Nutzung von Redundanzen eventuell verbliebene Restsystematiken aufdecken und eliminieren zu können.

Übergeordnete Zielsetzung war die Ableitung von belastbaren Aussagen über die *landseitig* zu erwartenden bzw. bekannten Höhenänderungen, die in der derzeitigen Diskussion über den zu erwartenden Meeresspiegelanstieg für die Dimensionierung von speziellen Ingenieurbauwerken, insbesondere den Deichbau zu berücksichtigen sind.

Die aufbereiteten Messungsdaten sowie die definitiven Ergebnisse werden mit zugehöriger Meta-information in einer eigenen Datenbank abgespeichert, die nach Fertigstellung der eigenen Arbeiten der KFKI-Community zur Verfügung steht.

2. Datenbasis

Als Datenbasis dienen die innerhalb von IKÜS aufbereiteten Nivellementsdaten der vergangenen ca. 100 Jahre und Aufzeichnungen kontinuierlich arbeitender GPS-Stationen, meist SAPOS-Stationen, von bis zu 10 Jahren Länge. Das Arbeitsgebiet von IKÜS ist grundsätzlich die deutsche Nordseeküste. Da die für unser Projekt verfügbaren GPS-Zeitreihen in Schleswig-Holstein allerdings nur für maximal 2 Jahre vorlagen, wurde dieses Teilgebiet nicht in die kombinierte Auswertung aufgenommen.

Pegelregistrierungen wurden nicht selbst als Messinformation in das Auswertemodell einbezogen; die von der BfG vorgenommenen Aufbereitungs- und Analysearbeiten erlauben jedoch jetzt eine strenge Berücksichtigung von IKÜS-Höhenänderungen in den Pegelganglinien.

3. Mathematisches Modell für die Kombination

3.1 Direkte Bestimmung von Höhenänderungen

Der innovative Ansatz des IKÜS-Projektes besteht darin, Höhenänderungen als eigenständige Information abzuleiten. Bisher wurden je Messungsepoche eines Nivellements unmittelbar Höhen bestimmt, aus denen dann durch Vergleich die Höhenänderungen abgeleitet wurden. Probleme ergeben sich bei diesem klassischen Ansatz durch unterschiedliche Höhenanschlusspunkte der oft mehrjährigen Messkampagnen, deren Bewegungsverhalten a priori nicht bekannt ist und Wechsel in den Höhenbezugssystemen.

Zur Vermeidung diese „Datumsprobleme“ wurden in IKÜS-C aus den Nivellementsdaten sogenannte *Doppeldifferenzen* abgeleitet. Diese jetzt „datumsfreie“ Information wird durch doppelte Differenzbildung von Höhenunterschiede zwischen zwei benachbarten Punkten mit einem ausreichenden Zeitintervall zwischen den Wiederholungsmessungen gebildet.

Bei GPS-Zeitreihen liegen direkt und mit hoher Präzision die zeitlichen Veränderungen vor, auch wenn die absolute Position der Station nicht oder weniger genau bestimmt ist. Allerdings sind bei GPS-Daten durch oftmals erforderliche Wechsel der Antennen Offsets im Bewegungsmodell zu berücksichtigen.

3.2 Lineares, flächenhaftes Bewegungsmodell

Für die zu erwartenden Bewegungen der angemessenen Punkte wurde ein lineares Bewegungsmodell angesetzt. Dieser Ansatz nur linearer Veränderungen ist für den im geologischen Maßstab sehr kurzen hier betrachteten Zeitabschnitt von ca. 100 Jahren sicher gerechtfertigt. Allerdings werden anthropogene Einflüsse bisher nicht berücksichtigt, die z.B. durch Bergbauaktivitäten wie im Groninger Gasfeld und weitere aktive Öl- und Gasgewinnungen in der Region oder ggf. durch Ausbaggerungsarbeiten verursacht sein können.

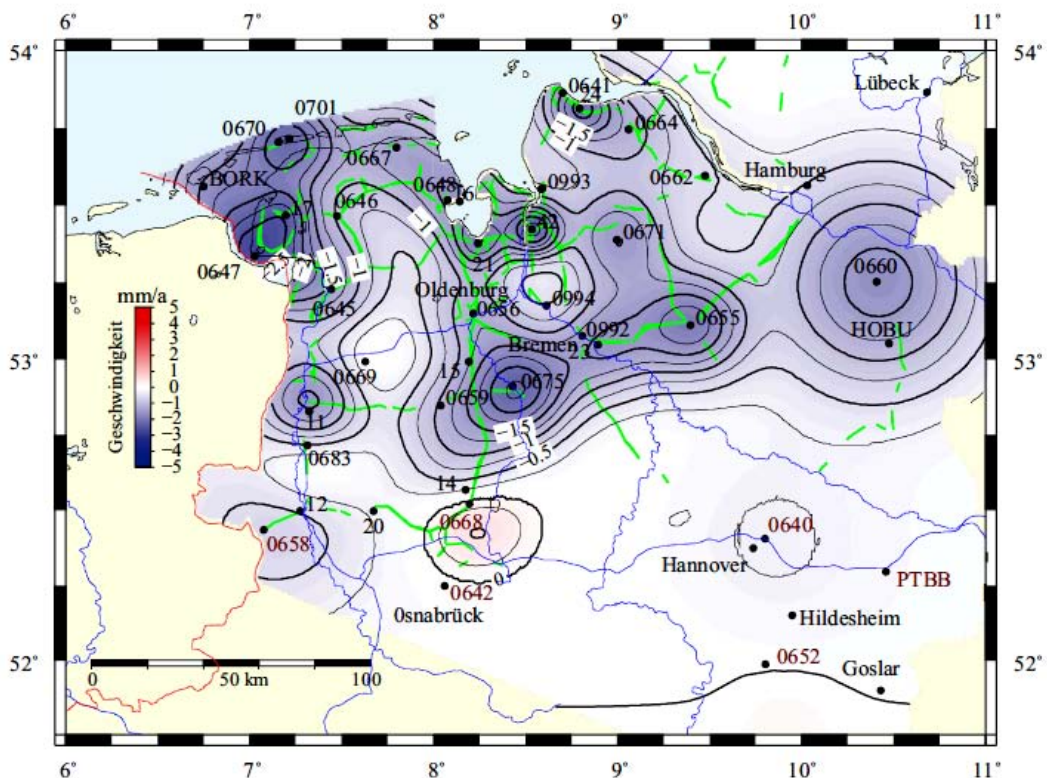
Zusätzlich sind saisonale Bewegungen mit in das Auswertemodell aufgenommen worden, was sich für einige küstennahe Punkte als sinnvoll erwiesen hat.

Eine Besonderheit im Auswerteansatz ist der Anspruch, flächenhafte Aussagen über die Bewegungen zu machen, d.h. geschlossene Bewegungsmuster für das gesamte Untersuchungsgebiet abzuleiten. Da die kontinuierlichen GPS-Informationen nur punktuell vorliegen und die Nivellements auch nur linienweise vorliegen, musste für diese räumliche und zeitliche Interpolation ein mathematischer Ansatz gewählt werden. Als geeignet erwies sich die Nutzung von *Radialen Basisfunktionen* (RBF), die in diesem Projekt in Form einer Gauß'schen Glockenkurve angesetzt wurde. Die Höhe der Glockenkurve entspricht den Geschwindigkeiten und wurde durch Approximation bestimmt, die Wirkungs- oder Interpolationsweite wurde vorgegeben.

4. Ergebnisse

Aufgabe des Projektes IKÜS-C war eine strenge Kombination der aufbereiteten Datensätze aus GPS und Nivellement unter Beachtung der bisher dargelegten Grundsätze für die Modellbildung unter Verzicht auf die schleswig-holsteinische Nordseeküste wegen mangelnder GPS-Daten.

Das Ergebnis ist in der beigefügten Abbildung zusammengefasst worden. Die Höhenänderungen in der Dimension mm/Jahr sind unter Nutzung der RBF flächenhaft interpoliert worden. Als Referenzpunkte wurden als stabil eingestufte GPS-Stationen im südlichen Niedersachsen angesehen. Es ist anzumerken, dass für die vorgelagerten Inseln weniger Nivellementsinformation und kaum GPS-Daten vorlagen und daher hier z.T. eher von einer Extrapolation gesprochen werden muss.



IKÜS-Ergebnis: Höhenänderungen aus strenger Kombination von GPS-Zeitreihen und Nivellementsdaten