

# 13. KFKI-Seminar zur Küstenforschung Integriertes Höhenüberwachungssystem in Küstenregionen (IKÜS) - Schwerpunkt Pegel -

Dr.-Ing. A. Sudau, Dipl.-Ing. R. Weiß  
Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz

Bremerhaven, den 05. November 2008

# Projekt IKÜS

- > Aufbau eines **I**ntegrierten Höhenüberwachungssystems in **KÜ**stenregionen durch Kombination höhenrelevanter **S**ensorik (Laufzeit: 01.10.2005 – 30.09.2008)

➔ Kombination verschiedener Messverfahren

- > Verbundprojekt mit folgenden Projektpartnern:



- > Geodätisches Institut, TU-Dresden



- > Referat Geodäsie, BfG

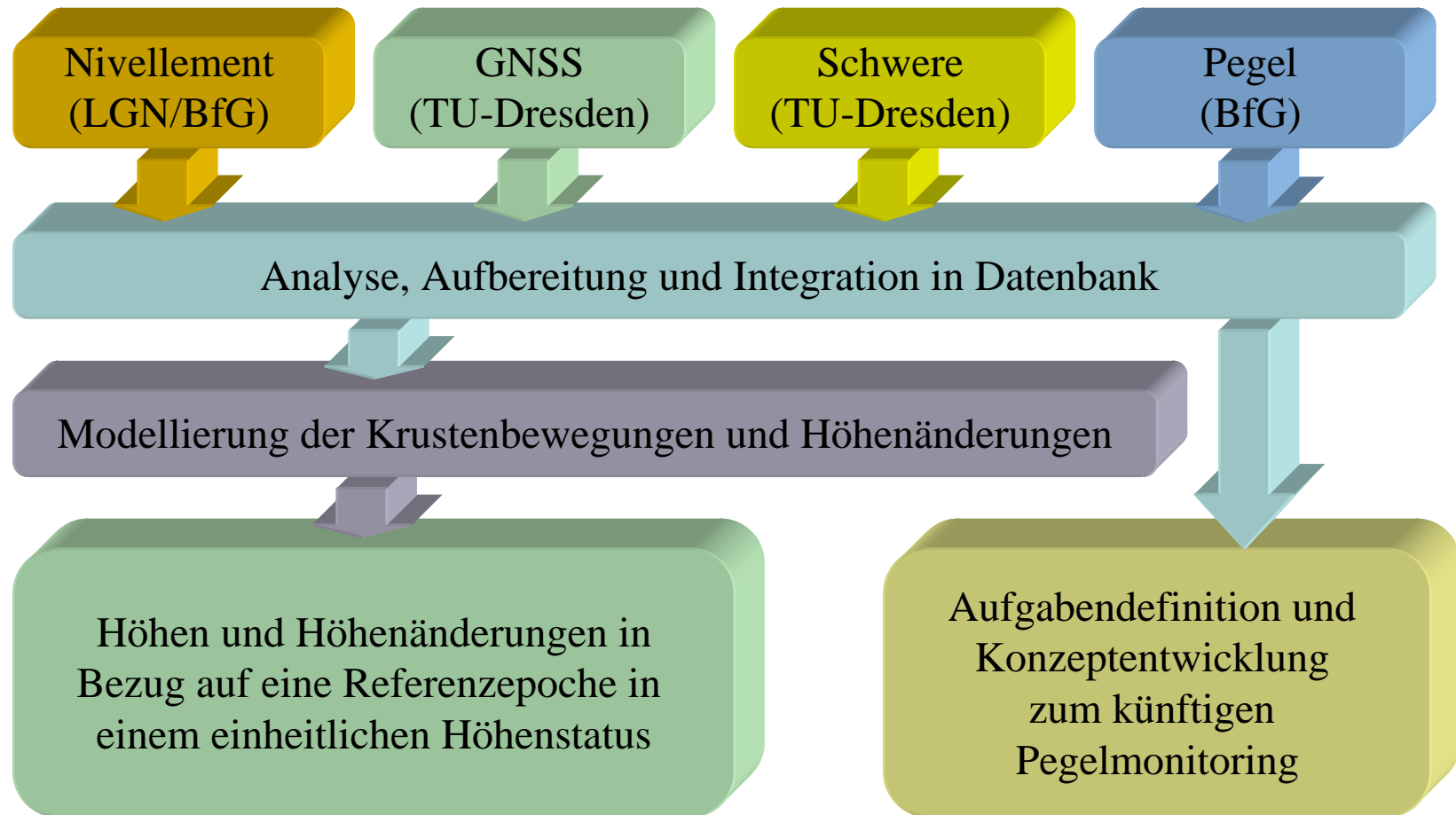


- > Institut für Photogrammetrie, TU-Braunschweig



- > Landesvermessung + Geobasisinformation  
Niedersachsen

# Projekt IKÜS



# Projekt IKÜS - Pegel

- > Aufgabenpakete
  - > Konzeptentwicklung für die Integration der Pegelmessungen
  - > Projektbezogene Analyse und Aufbereitung der Wasserstandsregistrierungen
  - > Projektbezogene Analyse und Aufbereitung der geodätischen Pegelinformationen
  - > Bereitstellung der Höhenkontrollmessungen und Wasserstandsregistrierungen für die IKÜS-Datenbank
  - > Aufgabendefinition und Konzeptentwicklung zum zukünftigen Pegelmonitoring

# Projektbezogene Analyse und Aufbereitung der Wasserstandsregistrierungen

- > Amtliche Scheitelwerte
  - > Tidehoch-, Tideniedrig- oder Tidemittelwasser
  - > Monatsmittelwert, maximaler oder minimaler Wert für Tideniedrig- oder Tidehochwasser
  
- > Metadaten
  - > Art des Sensors
  - > Art der Datenerfassung (analog / digital)
  - > Kontinuierliche Ablesung oder diskrete Lattenablesung zum Zeitpunkt der Tidehoch- bzw. Tideniedrigwasser
  - > Herkunft der Wasserstände

# Projektbezogene Analyse und Aufbereitung der Wasserstandsregistrierungen

- > Analyse der Wasserstandsdaten
  - > Ableitung von hydrologischen Kennzahlen
  - > Scheitelwerte und ggf. Tidemittelwasser

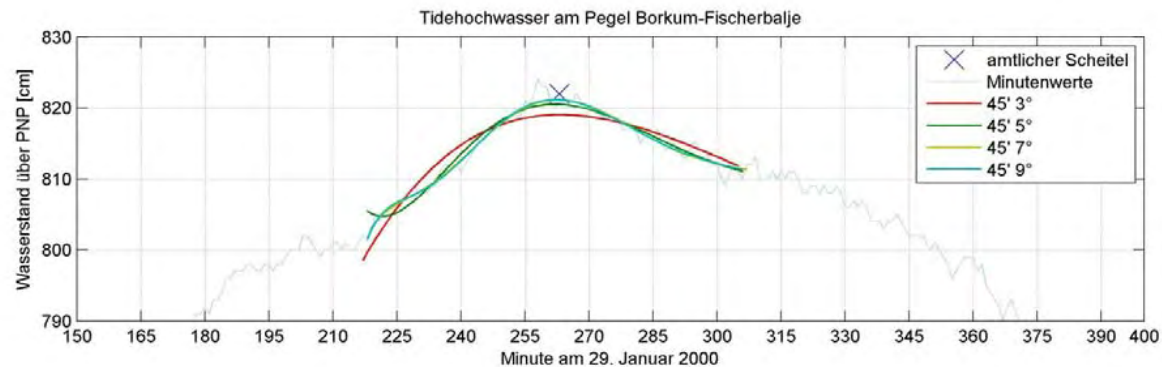


Abb.: Scheitelwertermittlung nach Kunz/Köves

- > Eliminierung des Messrauschens
  - > Ortsbereichsfilterung
  - > Filterung im Frequenzbereich (Fourier-Analyse)

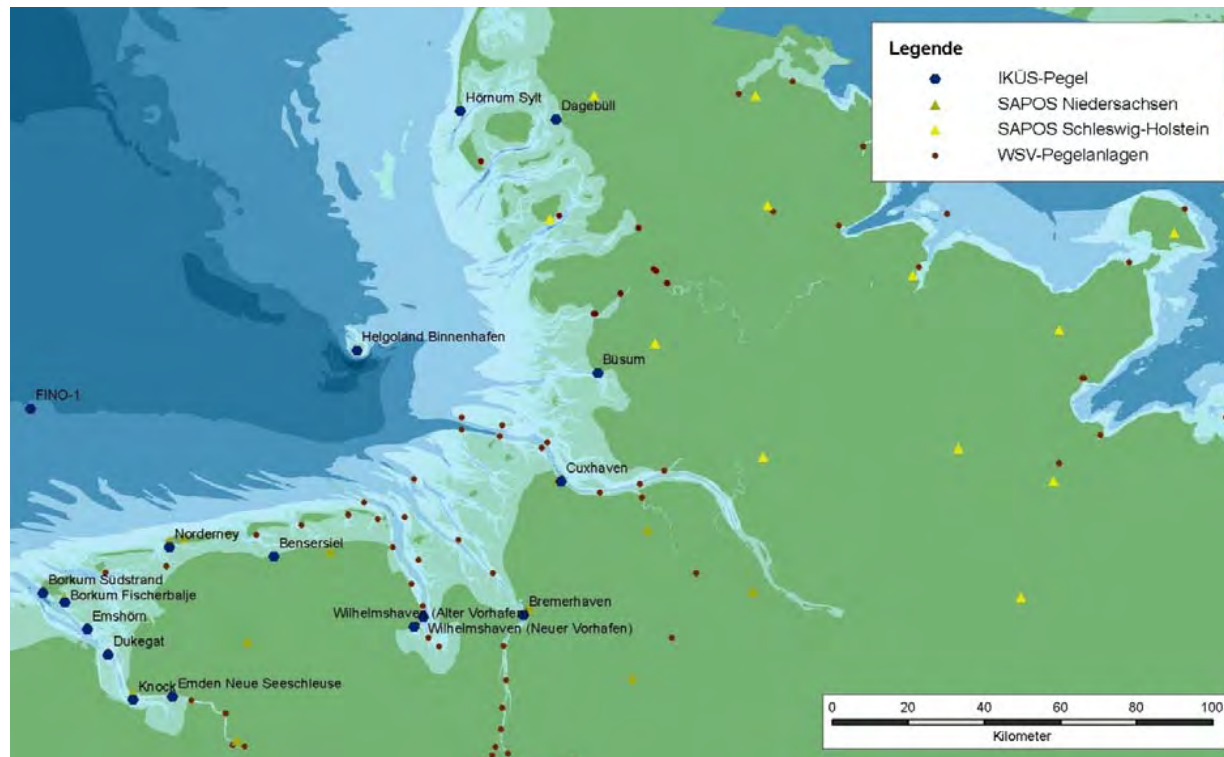
# Projektbezogene Analyse und Aufbereitung der geodätischen Pegelinformationen

- > Aufbereitung und Implementierung von Nivellements der BfG entlang der Bundeswasserstraßen zur Stabilisierung des IKÜS-Modells



# Projektbezogene Analyse und Aufbereitung der geodätischen Pegelinformationen

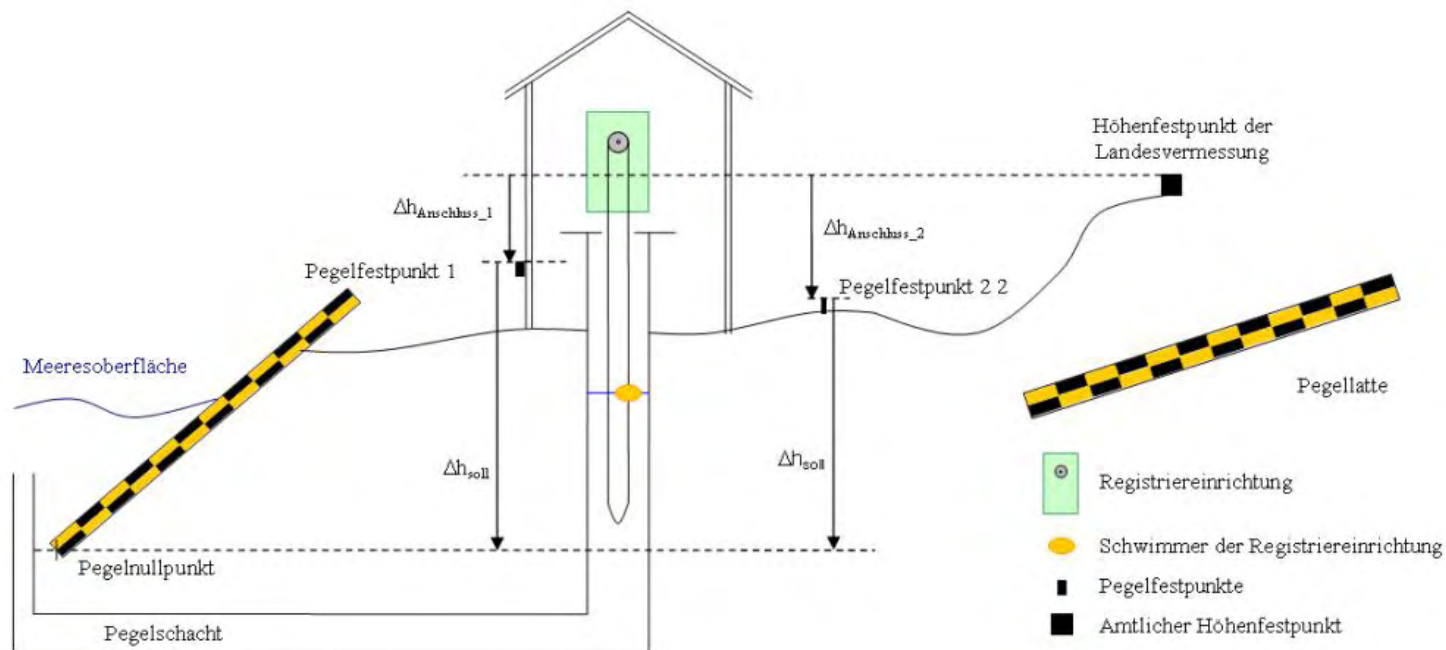
- > Aufbereitung und Implementierung der Anschlussmessungen  
und Kontrollen der Höhenlage ausgewählter Pegel





# Projektbezogene Analyse und Aufbereitung der geodätischen Pegelinformationen

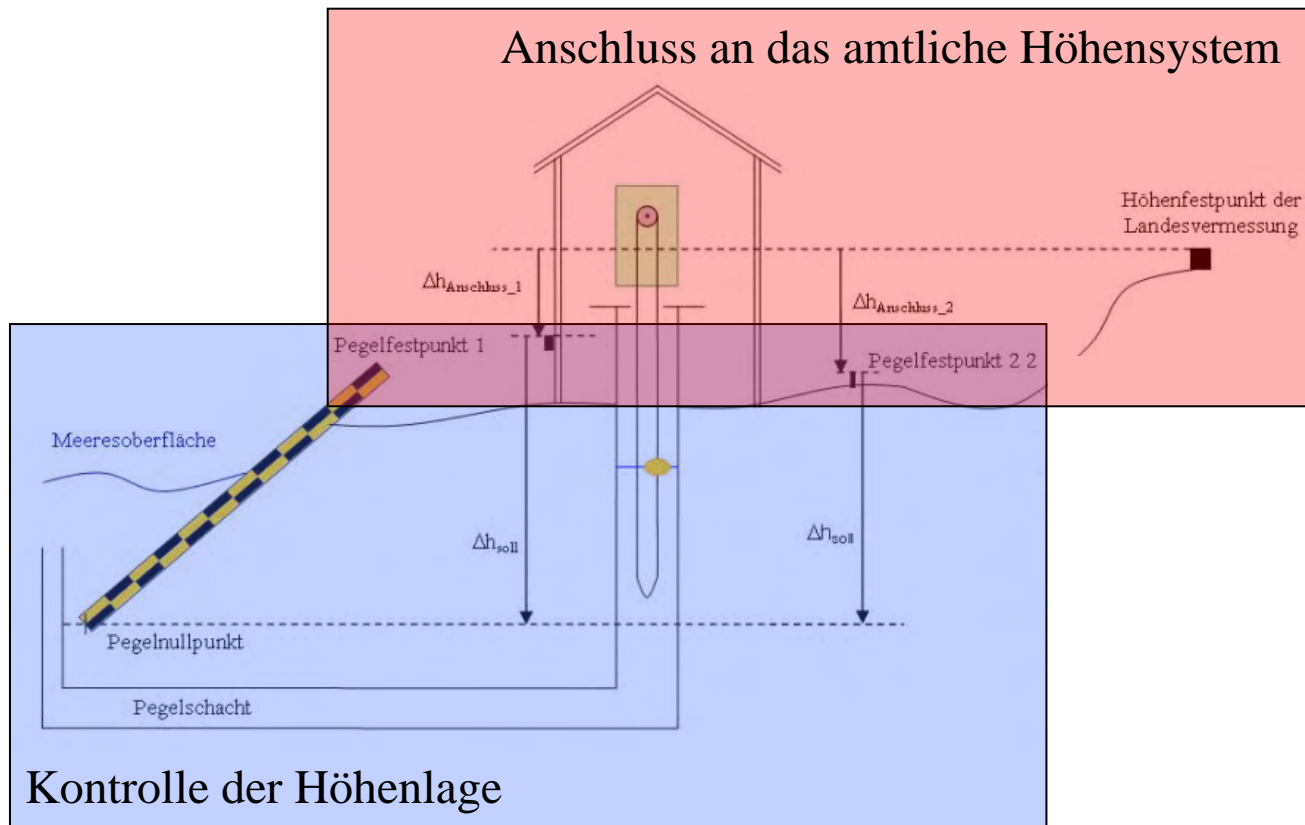
- > Aufbau eines Pegels nach Pegelvorschrift



- > Pegelfestpunkte repräsentieren die Vertikalbewegung der Umgebung des Pegels

# Projektbezogene Analyse und Aufbereitung der geodätischen Pegelinformationen

- > Anschlussmessung und Kontrolle der Höhenlage



# Projektbezogene Analyse und Aufbereitung der geodätischen Pegelinformationen

- > Ursache für Höhenänderungen der Pegelfestpunkte:
  - > Rezente Krustenbewegungen (tektonisch und anthropogen bedingt)
  - > Systemsprünge aufgrund wechselnder Höhenreferenzsysteme

# Projektbezogene Analyse und Aufbereitung der geodätischen Pegelinformationen

- > Pegelvorschrift schreibt vor:
  - > Im Küstengebiet soll bei der erstmaligen Einrichtung der PNP eine Höhenlage von N.N. -5,000 m aufweisen
  - > Vergleichbarkeit der Wasserstände verschiedener Pegel
  - > Sollhöhenunterschiede sollen konstant bleiben
  - > Innere Geometrie des Systems Pegel (Pegelfestpunkte und Lattenpegel / Pegelnullpunkt) soll erhalten bleiben
- > Je nach Interpretation der Pegelvorschrift können bei Höhenänderungen der Pegelfestpunkte beide Forderungen nicht gleichzeitig erfüllt werden

# Projektbezogene Analyse und Aufbereitung der geodätischen Pegelinformationen

- > Bisherige Vorgehensweisen bei Höhenänderungen der Pegelfestpunkte (nach wiederholter Anschlussmessung):

## Variante 1:

- > Pegelnullpunkt wurde auf N.N. -5,000 m gehalten und Sollhöhenunterschiede wurden abgeändert
  - ➔ Innere Geometrie des Systems Pegel wurde geändert
  - ➔ Mechanische Kompensation der Höhenänderungen
  - ➔ Relative Änderungen der Wasserstände gegenüber der näheren Umgebung wurden nicht festgestellt (Küstenschutz)

# Projektbezogene Analyse und Aufbereitung der geodätischen Pegelinformationen

- > Bisherige Vorgehensweisen bei Höhenänderungen der Pegelfestpunkte (nach wiederholter Anschlussmessung):

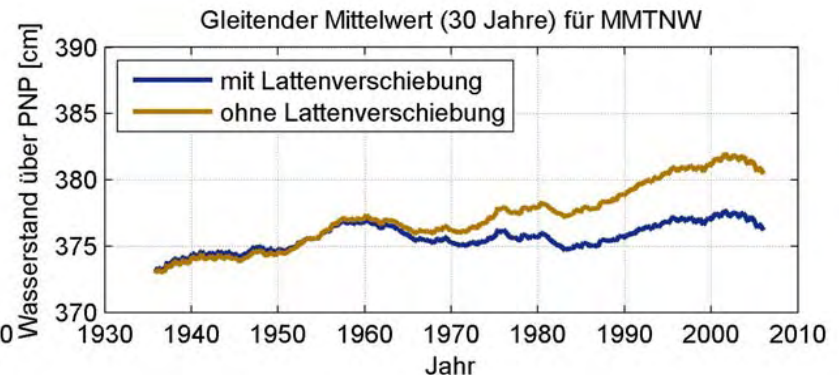
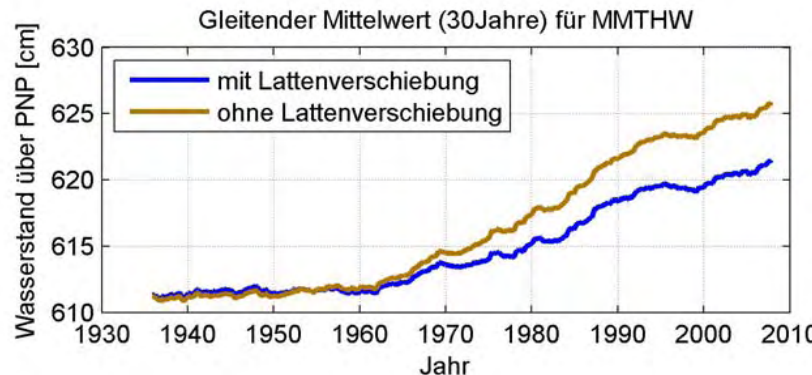
## Variante 2:

- > Sollhöhenunterschiede wurden beibehalten und Höhenlagen der Pegelnulldpunkte wurden fortgeführt
  - ➔ Innere Geometrie des Systems Pegel blieb erhalten
  - ➔ Keine mechanische Kompensation der Höhenänderungen
  - ➔ Relative Änderungen der Wasserstände gegenüber der näheren Umgebung wurden festgestellt (Küstenschutz)

**Tatsache: Beide Varianten wurden an ein und dem selben Pegel im Laufe der Zeit praktiziert**

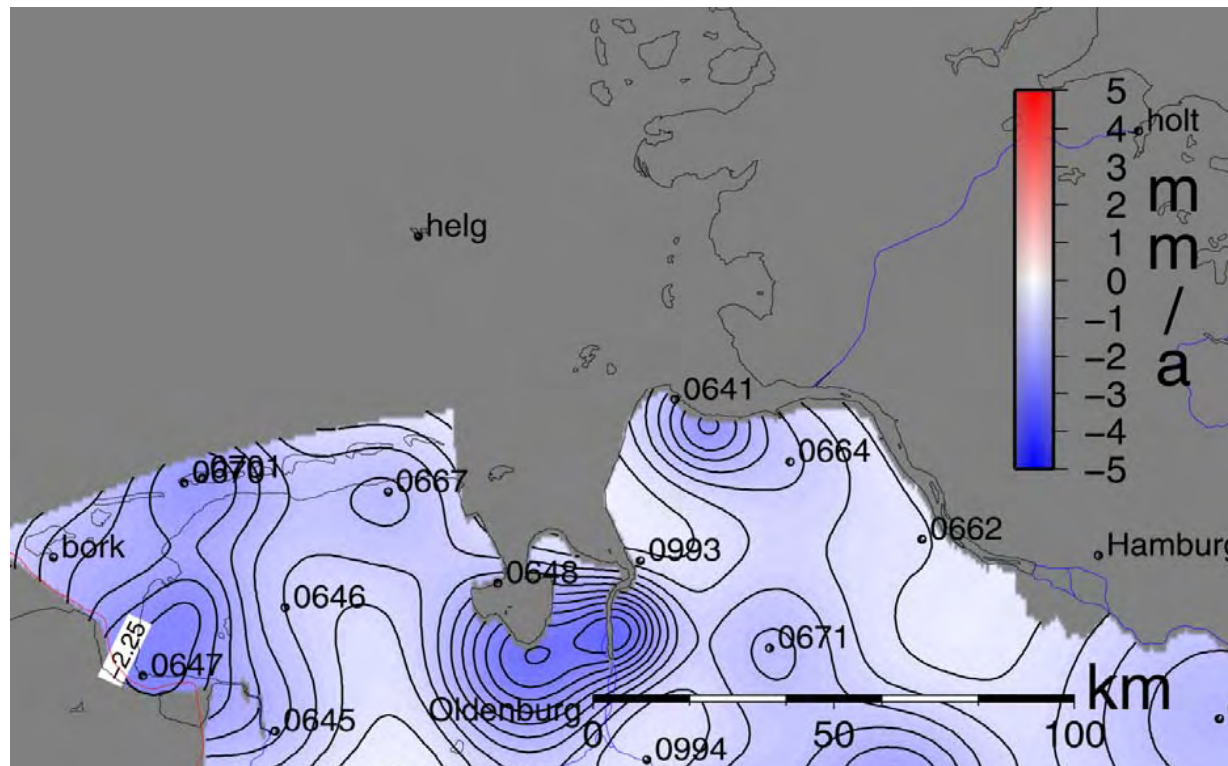
# Projektbezogene Analyse und Aufbereitung der geodätischen Pegelinformationen

- > Relative Änderung des Wasserstandes (Pegel Norderney)
  - > Mit Lattenverschiebungen aufgrund von Änderungen der Pegelfestpunkthöhen (amtliche Wasserstände)
  - > Lattenverschiebungen wurden (in IKÜS) rechnerisch berücksichtigt
  - > Relative langwellige Wasserstandsänderungen gegenüber der unmittelbaren Umgebung sind in diesem Fall größer als angenommen



# Projektbezogene Analyse und Aufbereitung der geodätischen Pegelinformationen

- > Ergebnisse der Kombinationslösung der TU-Braunschweig

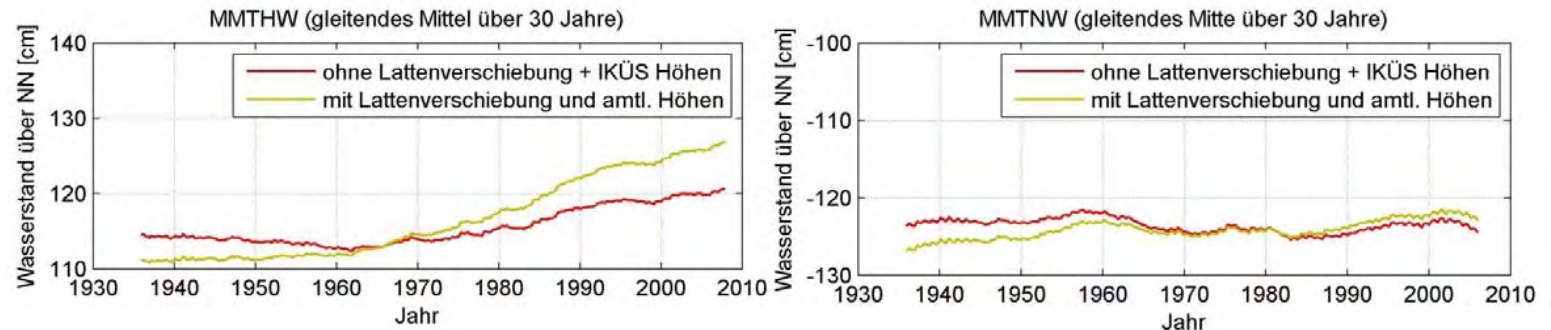


Quelle: IPG TU-Braunschweig



# Projektbezogene Analyse und Aufbereitung der geodätischen Pegelinformationen

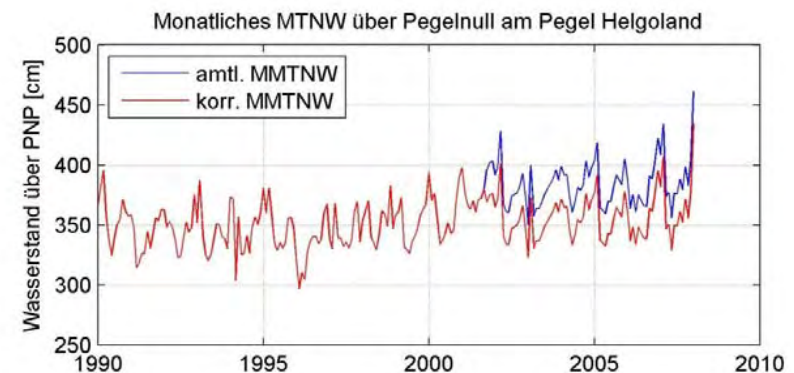
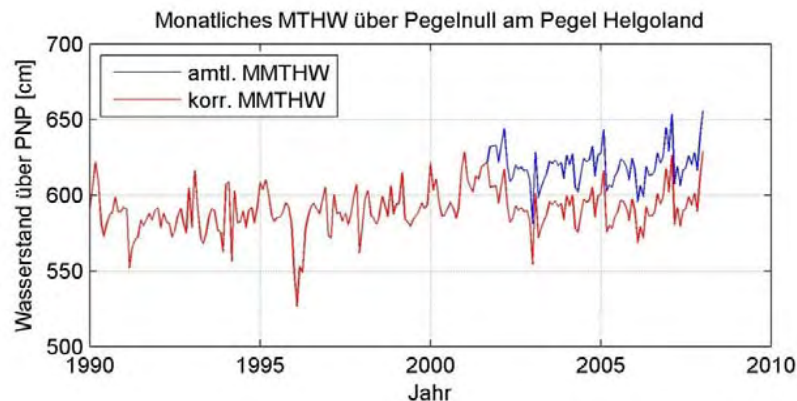
- > Kombination der homogenisierten Pegel mit dem IKÜS Modell der rezenten Krustenbewegungen
  - ➔ Absolute langwellige Wasserstandsänderungen (im IKÜS Bezugssystem) sind geringer als angenommen



Kombination der homogenisierten Pegelinformationen mit den Rezenten Krustenbewegungen des IKÜS-Modells am Beispiel Norderney (Senkungen etwa 2,2mm/Jahr)

# Projektbezogene Analyse und Aufbereitung der geodätischen Pegelinformationen

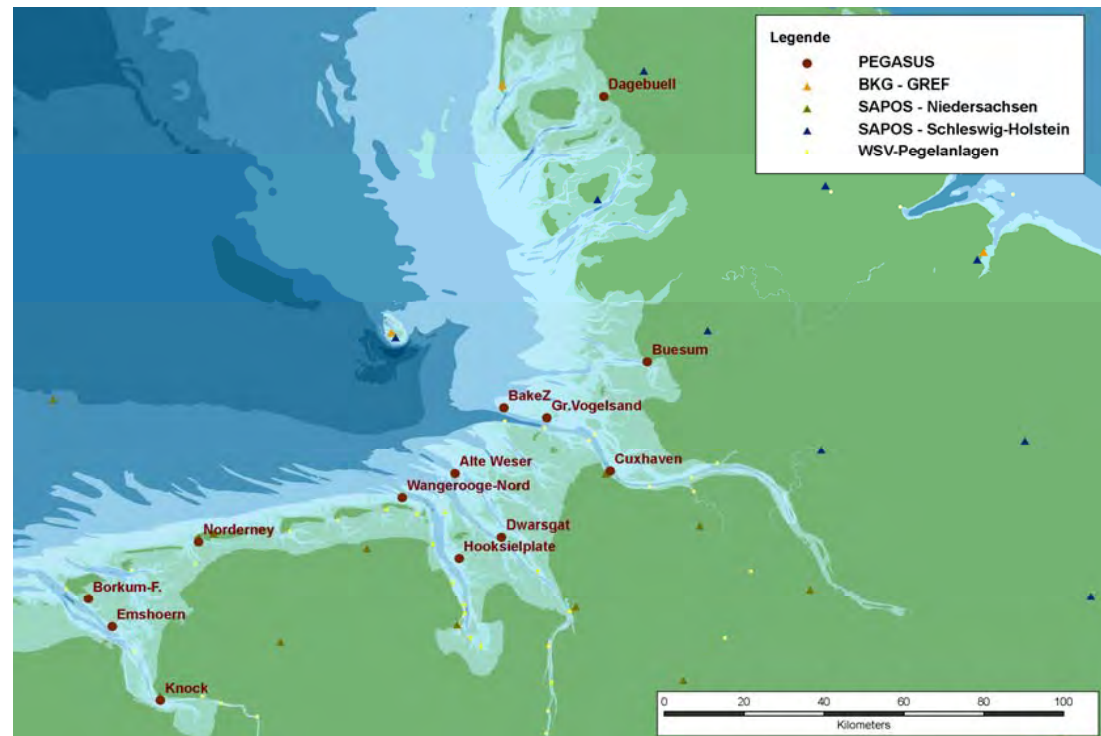
- > Auswirkungen von Änderungen der Höhenreferenzsysteme am Beispiel Helgoland
  - ➔ Bis 2000: Höhensystem Helgoländer Null H.N.
  - ➔ Ab 2000: Höhensystem NormalNull N.N. bzw. NormalHöhenNull N.H.N.



# Konzeptentwicklung zum zukünftigen Pegelmonitoring

## PEGASUS

**PE**rmanentes  
**GNSS** gestütztes  
**A**utomatisiertes und  
**S**tandardisiertes  
**U**eberwachungs  
**S**ystem



Karte der geplanten PEGASUS-Stationen

# Konzeptentwicklung zum zukünftigen Pegelmonitoring

- > Permanent arbeitende GNSS-Stationen auf Pegeln
- > Administrative und wissenschaftliche Ansprüche werden erfüllt
- > Zentrale Steuerung und Auswertung in der BfG
- > Stationen werden derzeit aufgebaut bzw. sind bereits in Betrieb
  - > Pegel Knock (seit Mai 2008)
  - > Unterfeuer Dwarsgat (seit August 2008)
  - > LT Alte Weser (ab November 2008)
  - > Pegel Cuxhaven (vor. Dezember 2008)
  - > ....
  
- > Neues KFKI-Projekt PEGASUS  
Laufzeit: 01.10.2008-31.03.2009



Pegasus-Station Dwarsgat

# Zusammenfassung

- > Zusammenstellung von amtlichen Wasserstandsdaten und zugehörige Metainformationen
- > Zusammenführung von Nivellements der Landesvermessung und der Bundesanstalt für Gewässerkunde
- > Wasserstandszeitreihen sind inhomogen aufgrund von:
  - > Verschiebungen der Pegellatten
  - > Änderungen der Höhenreferenzsysteme
  - > Rezenter Krustenbewegungen
- > Unterscheidung zwischen
  - > Relativen Wasserstandsänderungen gegenüber der Umgebung
  - > Absolute Wasserstandsänderungen
- > Absolute Änderung = relative Änderung – rezente Krustenbewegung
- > Künftige Höhenüberwachung von Pegeln mit permanenten GNSS



**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit**