Höhenänderungen im Küstenbereich der Ostsee

Jens Wendt und Reinhard Dietrich

Institut für Planetare Geodäsie

TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN

8. KFKI Seminar
Bremerhaven, 29. Oktober 2003

Förderkennzeichen: 03KIS022

Höhenänderungen im Küstenbereich der Ostsee

Projekzeitraum 05/2001 bis 04/2004

- Ziele des Vorhabens
- Schwerpunkte
  - Aufbereitung historischer Nivellementsdaten
  - säkulare Niveauverschiebungen aus Pegelmessungen
  - Interpretation der ermittelten Höhenänderungen
- bisherige Ergebnisse

Höhenänderungen im Küstenbereich der Ostsee

- Wasserstand in Bezug auf die Küste
  zentraler Parameter bei der Erfassung und Vorhersage von Naturvorgängen im Küstenbereich
- Niveauverschiebung zwischen Wasseroberfläche und Festland durch Pegelmessungen erfaßbar
  mögliche Ursachen:
  - Veränderung der Meeresoberfläche – eustatischer Effekt
  - Höhenänderung der Landseite – Isostasie, Tektonik

Separierung beider Ursachen zur Präzisierung langfristiger Prognosemodelle unerläßlich

Ziele des Vorhabens

Höhenänderungen an der Küste örtlich und zeitlich variabel

$\rightarrow$ Erfassung und Separierung der Höhenänderungen (aus Nivellements)

$\rightarrow$ gemeinsame Interpretation mit Pegeldaten

$\rightarrow$ Einbettung in größere räumliche und zeitliche Skalen

Beitrag zur Verifizierung und gegebenenfalls Präzisierung der naturwissenschaftlich-technischen Grundlage für die Festlegung von Bemessungswasserständen

Aufbereitung historischer Nivellementsdaten

nahezu einzigartige Ausgangssituation – seit 1869 wurden an der deutschen Ostseeküste bis zu neun Präzisionsnivellements ausgeführt

heterogene Datenmaterial lag bislang nur in Teilmengen bei verschiedenen Landes- und Bundesbehörden sowie in einzelnen Publikationen vor

Aufbau einer weitgehend homogenisierten Datenbasis

- Recherche und Erfassung der historischen Nivellementsdaten
- Erkundung und Wiedereinmessung historischer Höhenmarken, die nicht mehr Bestandteil der aktuellen Höhenbezugssysteme sind
- Bestimmung der Höhenänderungen
- Abschätzung der Genauigkeit und Zuverlässigkeit dieser Daten

Recherche historischer und aktueller Nivellementsdaten hoher Präzision

- Landesvermessungsamt Mecklenburg-Vorpommern
- Landesvermessungsamt Schleswig-Holstein
- Bundesamt für Kartographie und Geodäsie
- Geoforschungszentrum Potsdam

Historische Präzisionsnivellements an der deutschen Ostseeküste

Großherzoglich Mecklenburgische LV	1869–1873
LA des Königreichs Preußen	1869–1889
Gradmessungsnivellements des GI Potsdam	1869–1884
Küstennivellement (OKN 1)	1896–1898
Büro für Hauptniv. und Wasserstandsbeobachtungen	1906
Reichsamt für Landesaufnahme	1913–1941

West		Ost	
DHHN	1949–1964	SNN I. und II. Ord.	1954–1959
		OKN 2	1966
DHHN	1980–1987	SNN I. und II. Ord.	1974–1982

Großherzoglich Mecklenburgisches Landesnivellement (1869–1873)

GROSSHERZOGLICH MECKLENBURGISCHE

LANDESVERMESSUNG.

IV. THEIL.

DIE GEOMETRISCHEN NIVELLEMENTS.

AUSGEFÜHRT DURCH DIE

GROSSHERZOGL. MECKLENB. LANDESVERMESSUNGS-COMMISSION

UNTER DER WISSENSCHAFTLICHEN LEITUNG

VON

F. PASCHEN,

WEILAND GROSSHERZOGL. GEH. KANZLEIRATH.

HERAUSGEGEBEN

IM AUFTRAGE UND AUF KOSTEN DES GROSSHERZOGLICHEN MINISTERIUMS DES INNERN

VON

KÖHLER, GENERALMAJOR Z. D. ZU SCHWERIN.

BRUHNS, WEILAND GEH. HOFRATH, PROFESSOR U. DIRECTOR DER STERNWARTE ZU LEIPZIG.

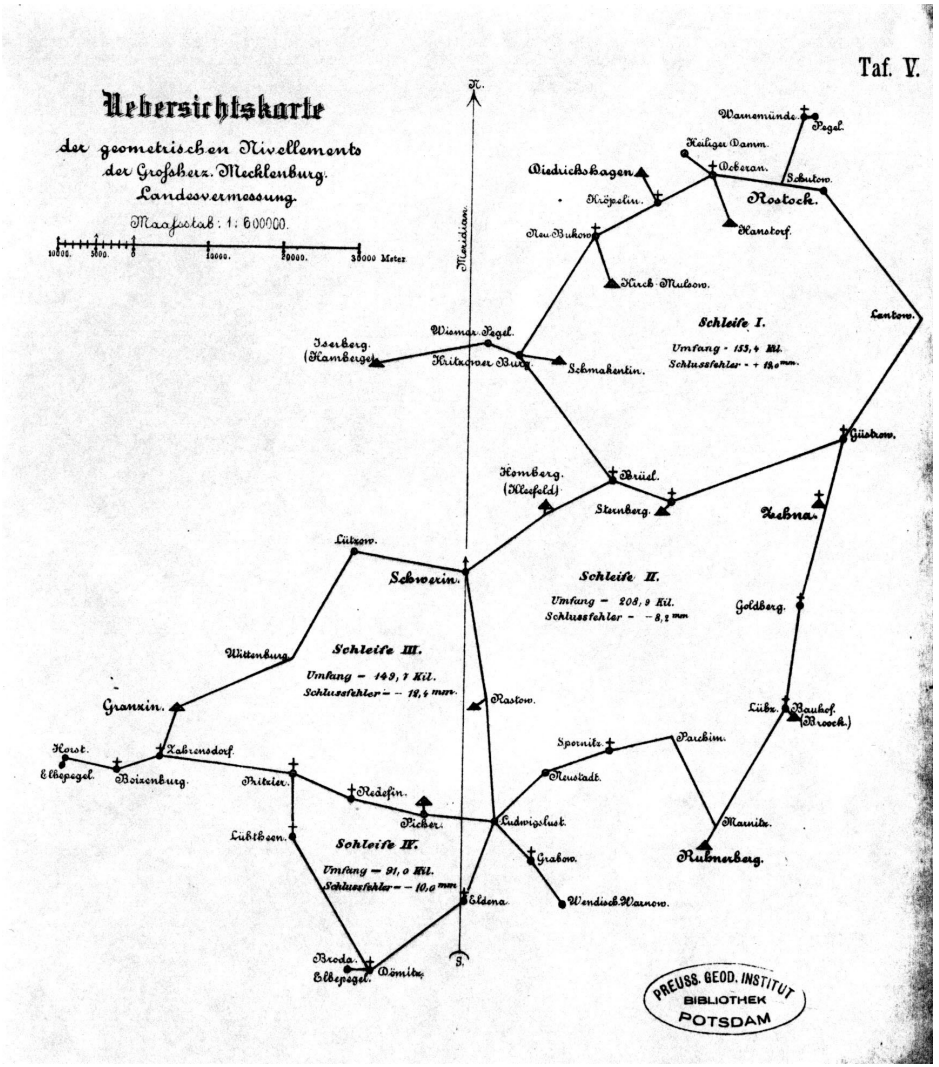
FOERSTER, PROFESSOR U. DIRECTOR DER STERNWARTE ZU BERLIN.

I. 492 d.

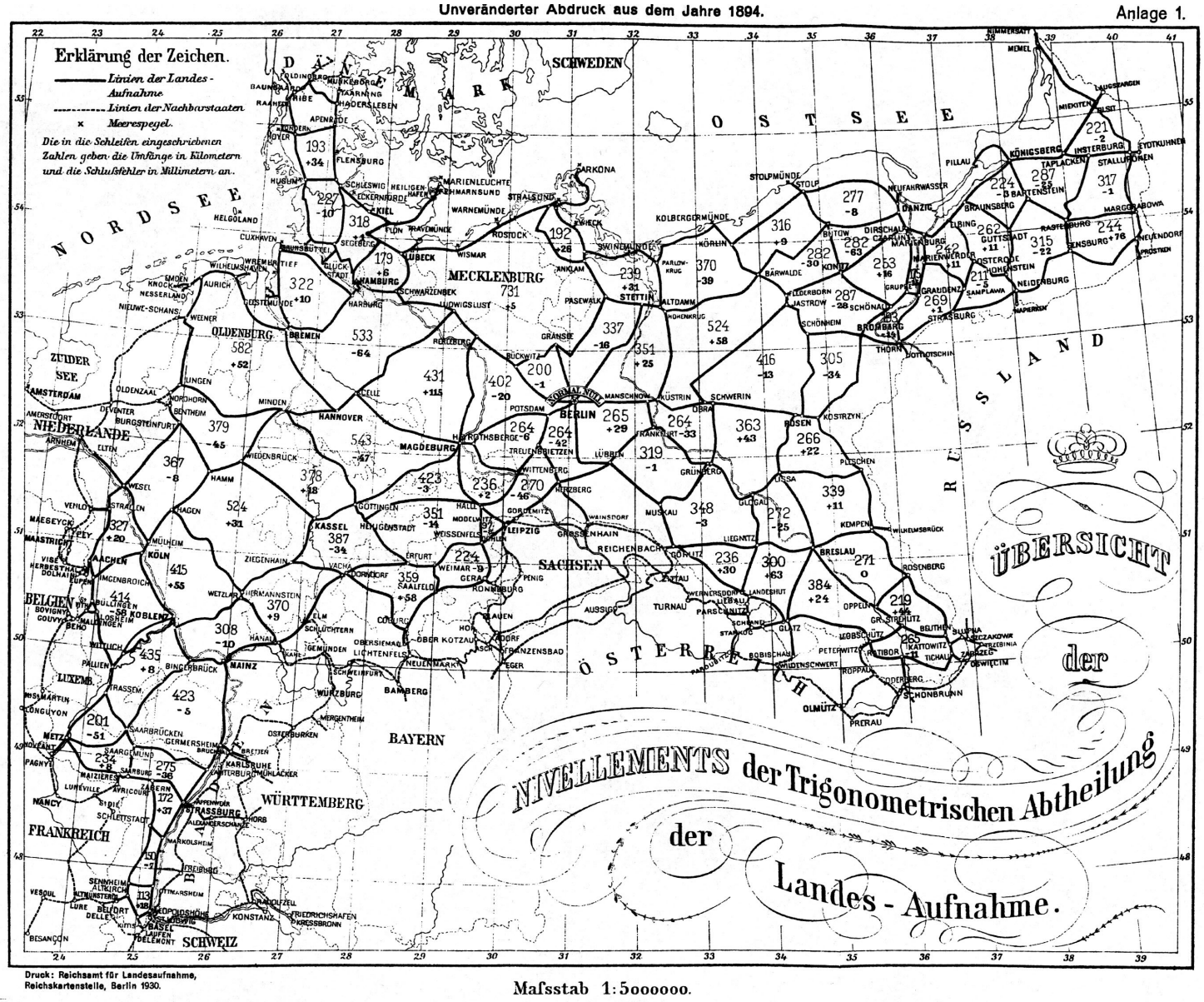
SCHWERIN

1882.

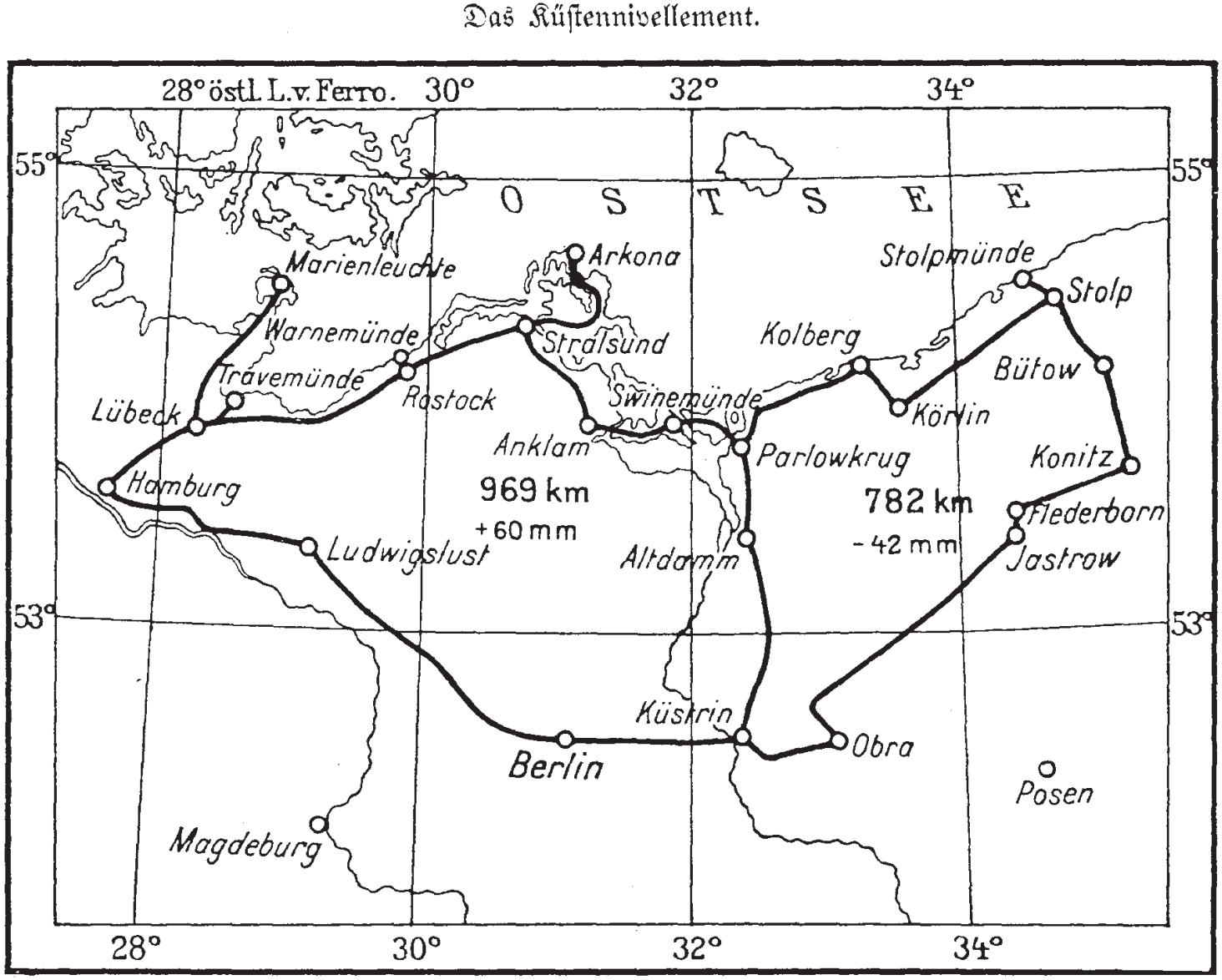
Königl. Preuß. Geodätisches Institut u. Polytechn. Bibliothek Q. 791.



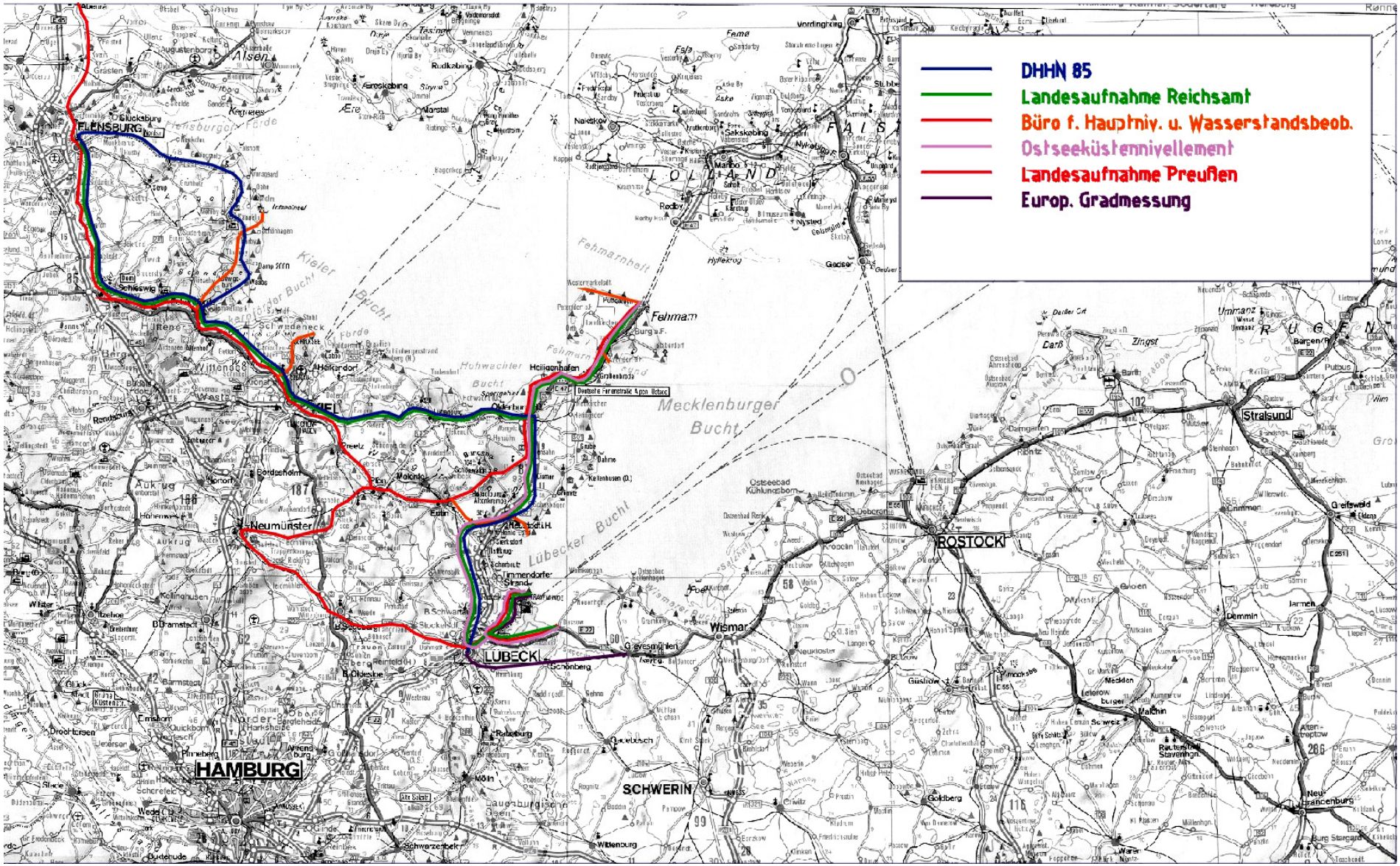
Nivellements der Königlich Preußischen Landesaufnahme (1869–1889)



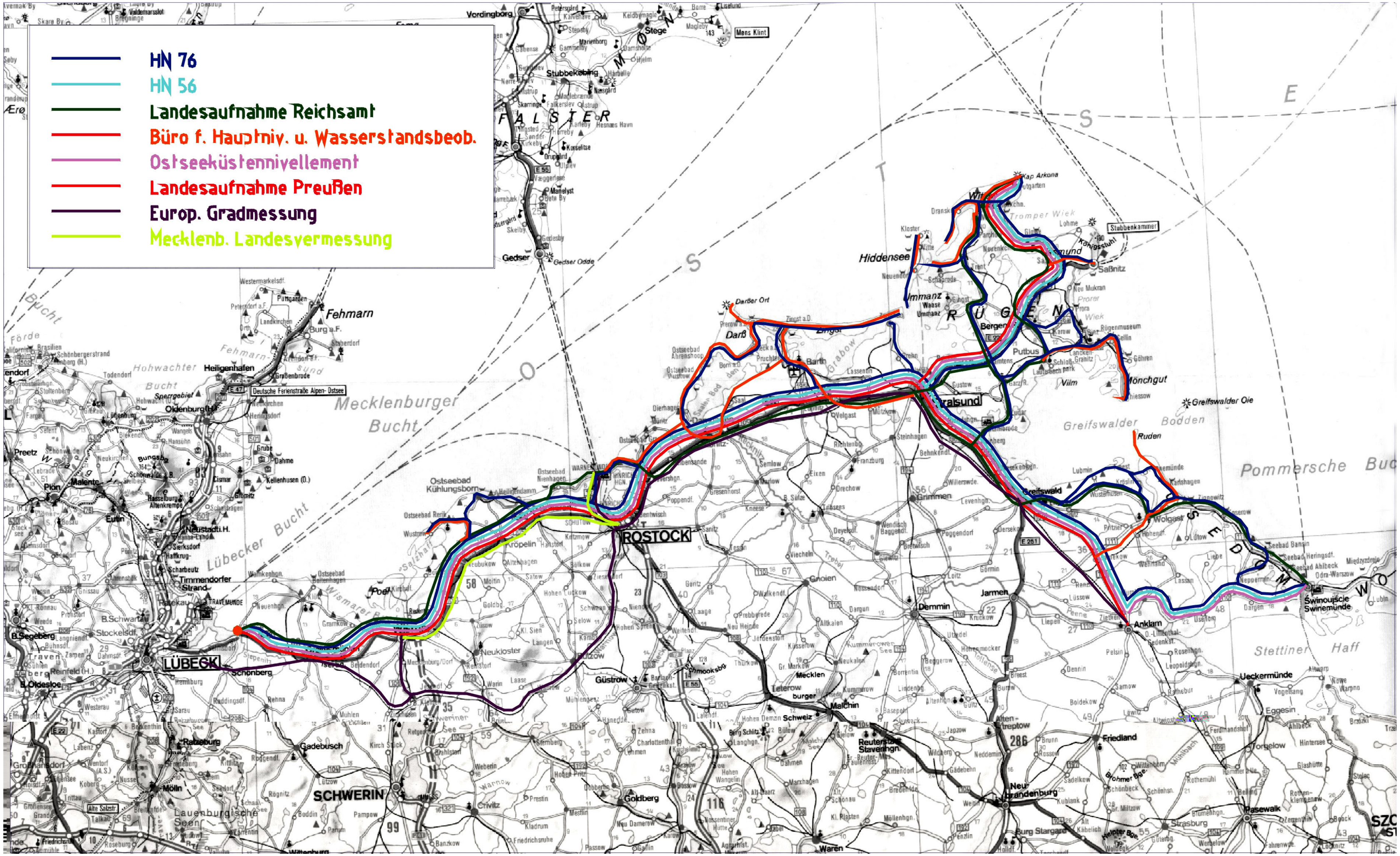
Küstennivellement (1896-1898)



Nivellementslinien im Küstenbereich der Ostsee (westlicher Teil)



Nivellementslinien im Küstenbereich der Ostsee (östlicher Teil)



Heterogenität der Präzisionsnivellements bezüglich . . .

- Vermarkung der Höhenpunkte
- Instrumententechnik
- Meßverfahren (Elinimierung systematischer Einflüsse)
- Genauigkeit der Nivellements
- Maßeinheit (Meterkonvention)
- Berücksichtigung von Korrektionen
- Netzgeometrie
- Höhensystem (keine physikalische Höhendefinition, normalorthometrische Höhen, Normalhöhen)
- Festlegung des geodätischen Datums
- Berechnungs- und Ausgleichungsverfahren

Beispiele für die Vermarkung von Höhenpunkten

Geodätisches Institut Potsdam

LA des Königreiches Preußen

Vergleich der Präzisionsnivellements bzgl. Instrumententechnik, Beobachtungsverfahren und Genauigkeit

	Nivellierlatte	Zielweite	Beobachtungs-reihenfolge	Genauigkeit (m_1)
GMLV	Holz	75-112m	R V	2.59mm
RHN	Holz	$<$50m (nach 1879)	2x R V	1.33mm
EGM	Holz	15-100m	2x R V V R	0.56mm
OKN 1	Holz	$<$50m	R V V R	0.58mm
DHHN 12	Holz/Invar	$<$50m	R V V R	0.34mm
DHHN 60	Invar	$<$50m	R V V R	k.A.
HN 56	Invar	$<$40/50m	R V V R	0.28mm
OKN 2	Invar	$<$40/50m	R V V R	0.28mm
HN 76	Invar	$<$40/50m	R V V R	0.38mm
DHHN 85	Invar	$<$50m	R V V R	0.37mm.

Vergleich der Präzisionsnivellements bzgl. Meterkonvention, Höhensystem und Datumsfestlegung

	Meter	Höhensystem	Pegel	Datumspunkt
GMLV	legales	–	Wismar, Amsterdam	Pegelnullpunkt Wismar
RHN	legales	–	Amsterdam, Neufahrwasser	N.H. 1879
EGM	legales	–	Amsterdam	N.H. 1879
OKN 1	internat.	normalorthom.	Amsterdam	N.H. 1879
DHHN 12	internat.	normalorthom.	Amsterdam	N.H. 1912
DHHN 60	internat.	normalorthom.	Amsterdam	Wallenhorst
HN 56	internat.	Normalhöhen	Kronstadt	N.H. 1912
OKN 2	internat.	Normalhöhen	Kronstadt	N.H. 1912
HN 76	internat.	Normalhöhen	Kronstadt	N.H. 1912
DHHN 85	internat.	normalorthom.	Amsterdam	Wallenhorst
DHHN 92	internat.	Normalhöhen.	Amsterdam	Wallenhorst

Maßeinheit (Meterkonvention)

- vor 1868: Besselsche Toisen, Ruten
- Einführung des metrischen Systems (legale Meter) mit dem Gesetz vom 17. August 1868 durch den Norddeutschen Bund
- 1875: Gründung der Internationalen Meterkonvention
- 1889: Fertigung eines neuen Urmaßes aus Platiniridium (internationales Meter)
- 1 legales Meter = 1.000 013 55 internationales Meter
- Einführung des internationalen Meteres durch das Reichsgesetz vom 26. April 1893
- Höhenangaben von 1868 bis 1893 beziehen sich auf das „legale Meter“, später auf das „internationale Meter“
- Maßstabsfehler kann vernachlässigt werden (Höhendifferenzen von etwa 2mm bei einem Höhenunterschieden von 150m)

Erkundung historischer Höhenmarken

Beipspiel: Punktbeschreibung – Kirchdorf

Dokumentation historischer Höhenmarken

Nr.: 70 Ort: KIRCHDORF

Pktnr. HN76: 4063231190

Vermarkung: H.M.

Jahr der Erstbestimmung: 1890/91

Punktbeschreibung: Kapelle; Westseite des Turmes; 0,38m südlich der NW-Kante; 0,98m über dem Boden

nahegelegene Höhenfestlegungen: Nr. 71

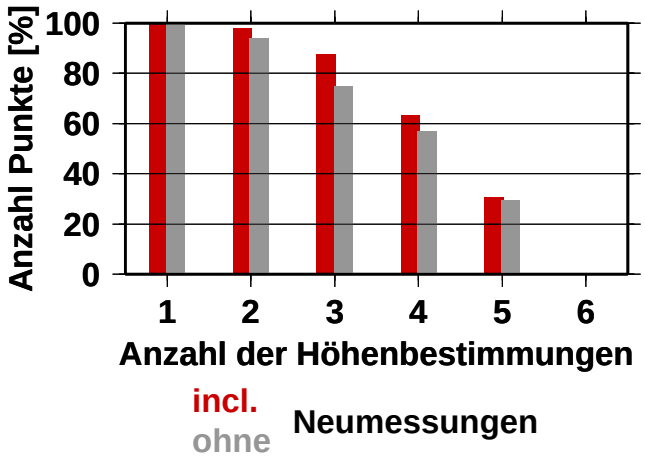
Foto: Kirche Westseite mit H.M. und Südseite mit M.B. am Pfeiler

Bemerkungen:
- Kirche und Punkt gut erhalten
- Unterlagen HN76: 0,57m über Sockel
- von der B96 gen Süden Richtung Kirchdorf / Horst fahren; Kirche östlich der Dorfstraße

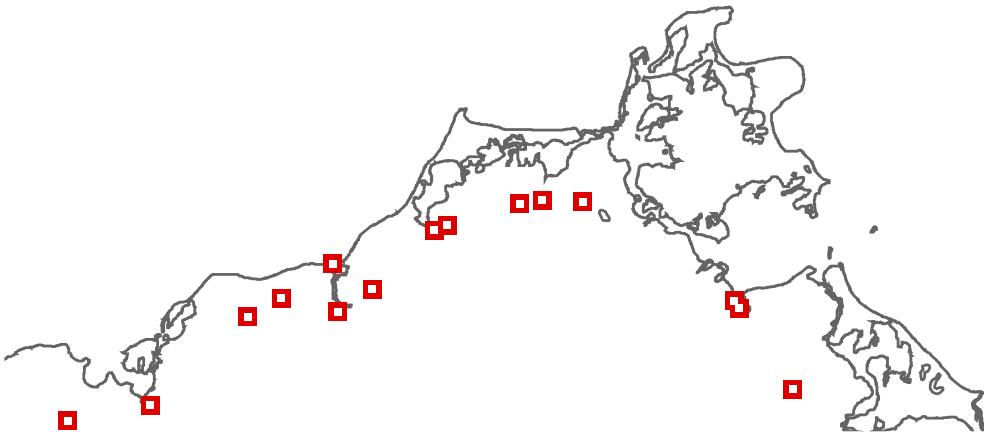
Einmessung historischer Höhenmarken

Präzisionsnivellement von 23 historischen Höhenmarken zu aktuellen Festpunkten des DHHN 92

⇒ mehr homologe Punkte zwischen den einzelnen Nivellementsepochen verfügbar



Punktidentitäten zw. HN 76 und:		ohne Neumessungen	**mit**
RHN	1874	56	**77**
EGM	1883	2	**15**
OKN 1	1897	50	**58**
DHHN 12	1937	43	**48**
HN 56	1957	59	**61**



Wiedereinmessung von historischen Höhenmarken

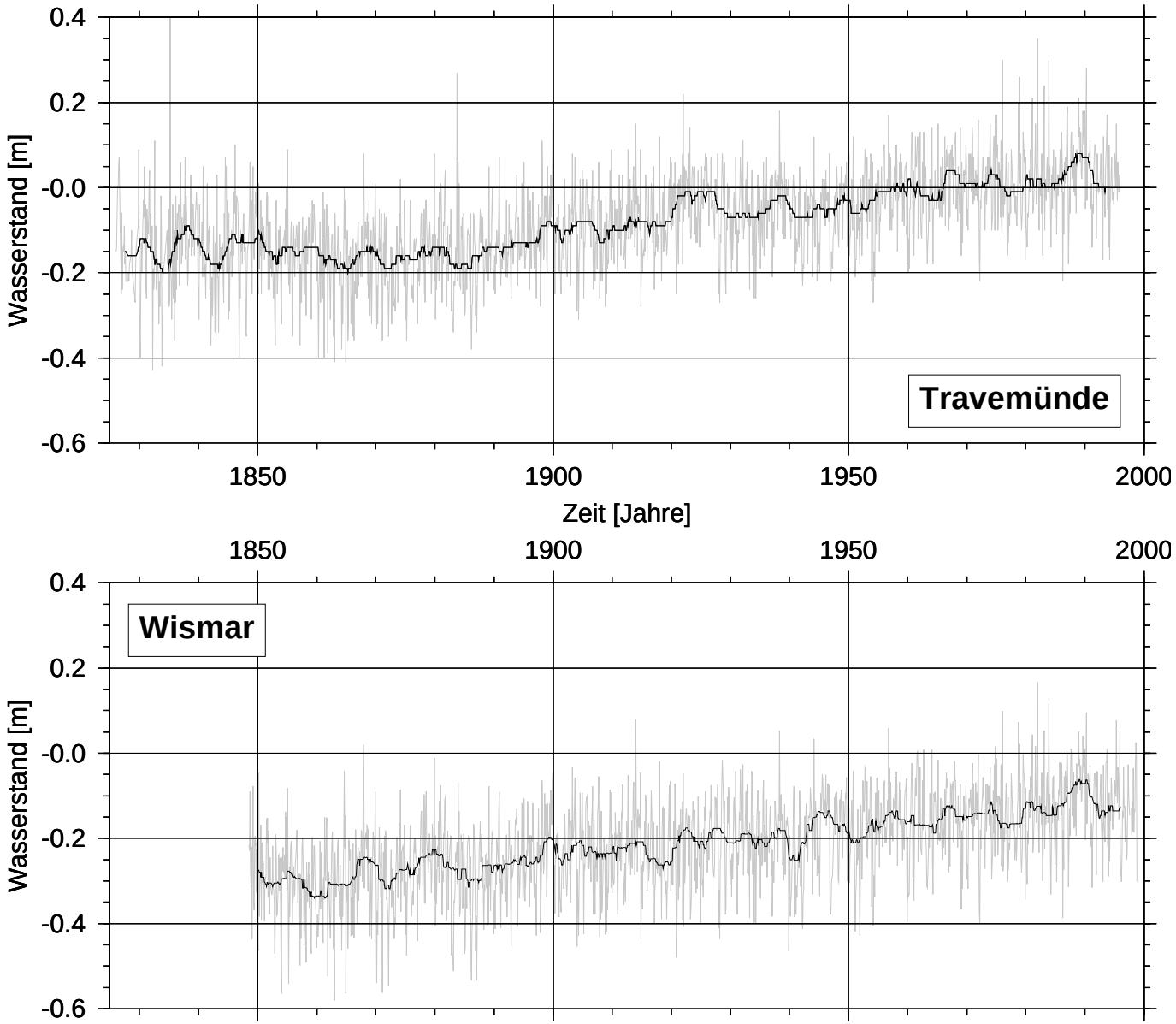
Beispiel: Kirche Damgarten

Säkulare Niveauverschiebungen aus Pegelmessungen

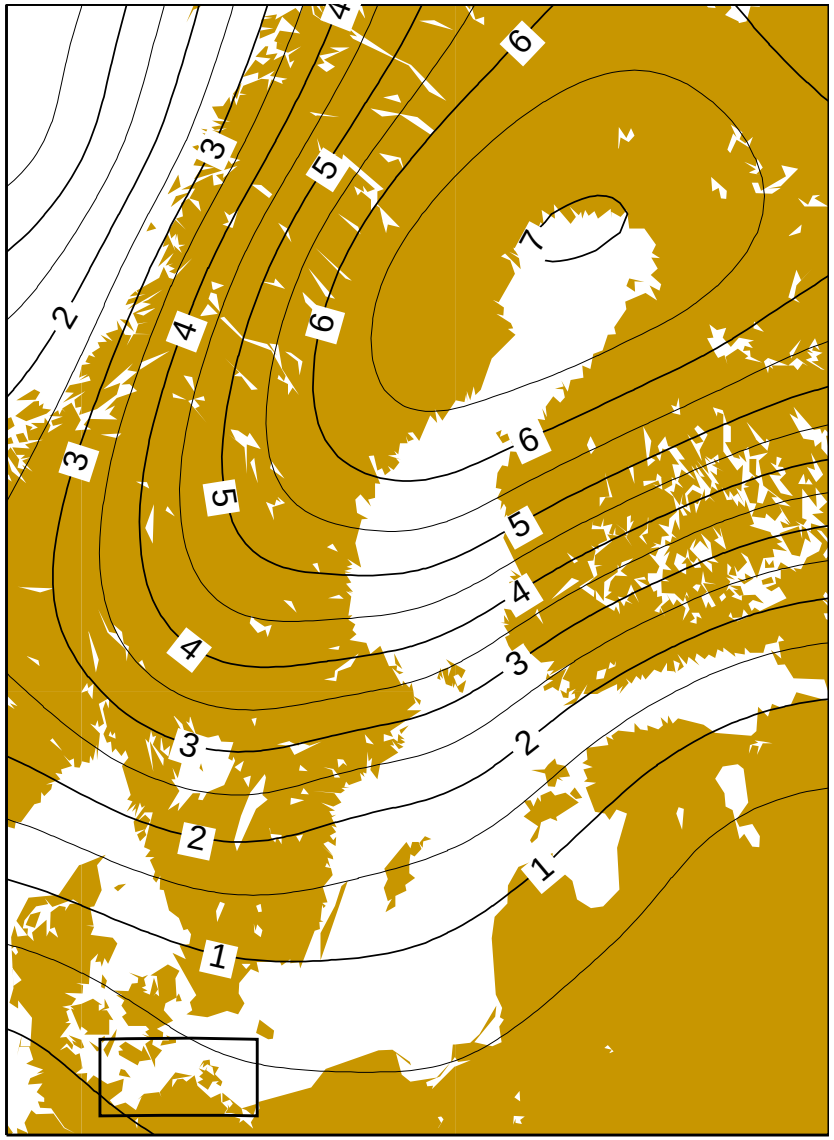
Recherche der Pegeldaten:

- Landesarchiv Greifswald
- Wasser- und Schiffahrtsamt Stralsund
- Bundesamt für Seeschiffahrt und Hydrographie
- Publikationen (z. B. Jensen/Töppe)
- Geoforschungszentrum Potsdam
- Permanent Service for Mean Sea Level (Nordsee, Schweden, Dänemark)

Deutsche Küstenpegel der Ostsee

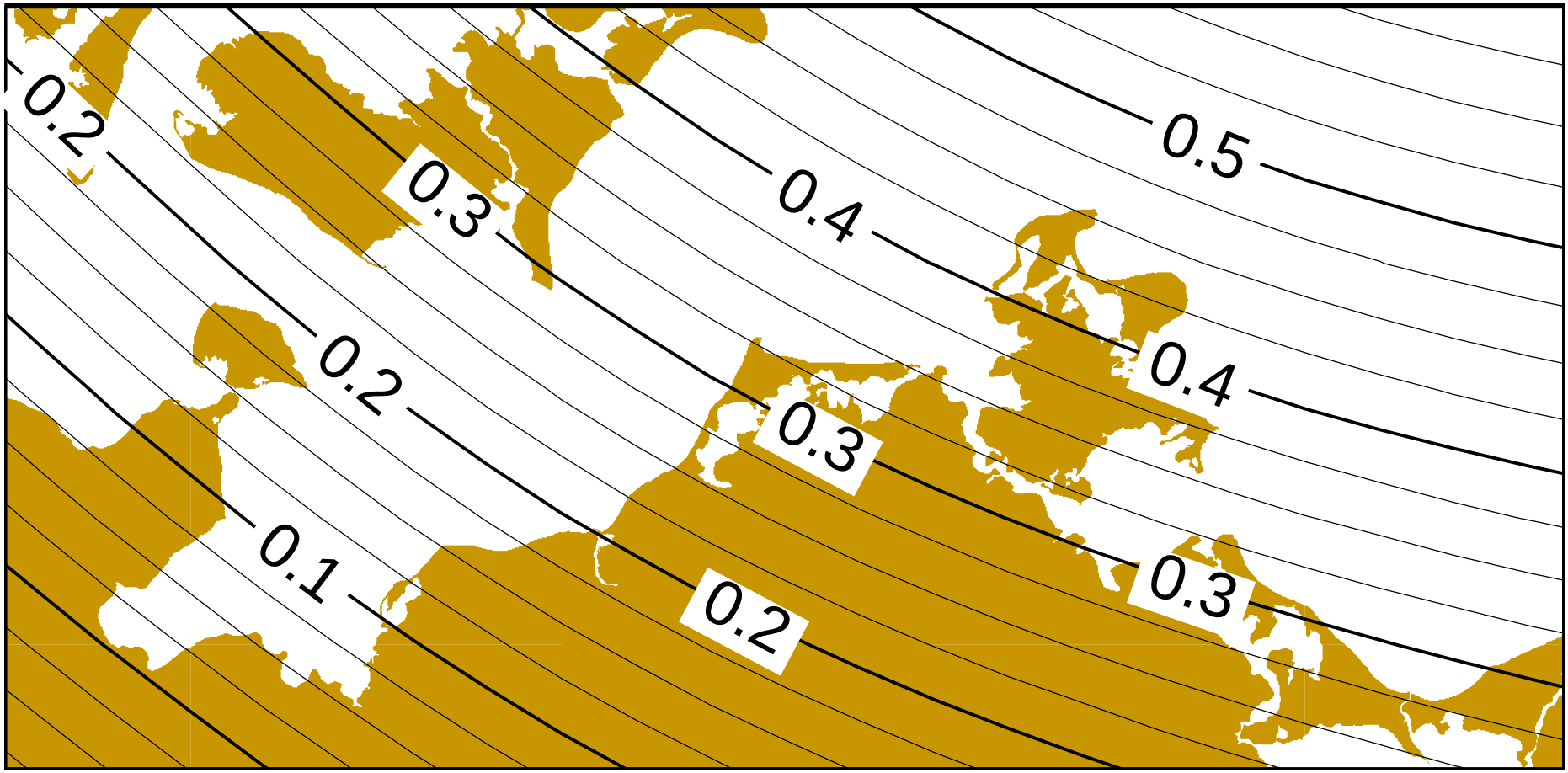


Postglaziale Landhebungen im Ostseeraum



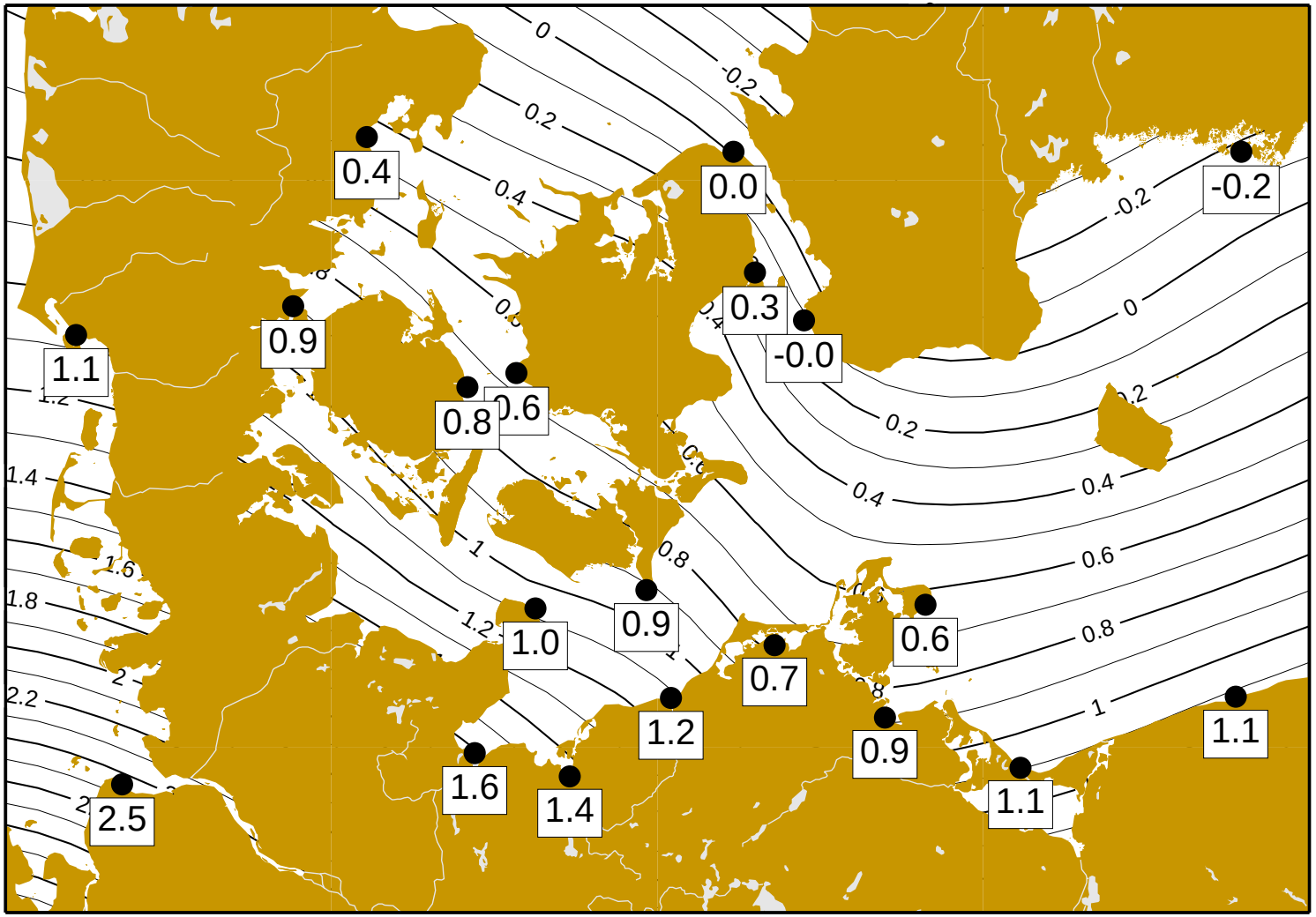
Modell ICE4G (Peltier, 1998)
Einheit: mm/a

Postglaziale Landhebungen im südlichen Ostseeraum



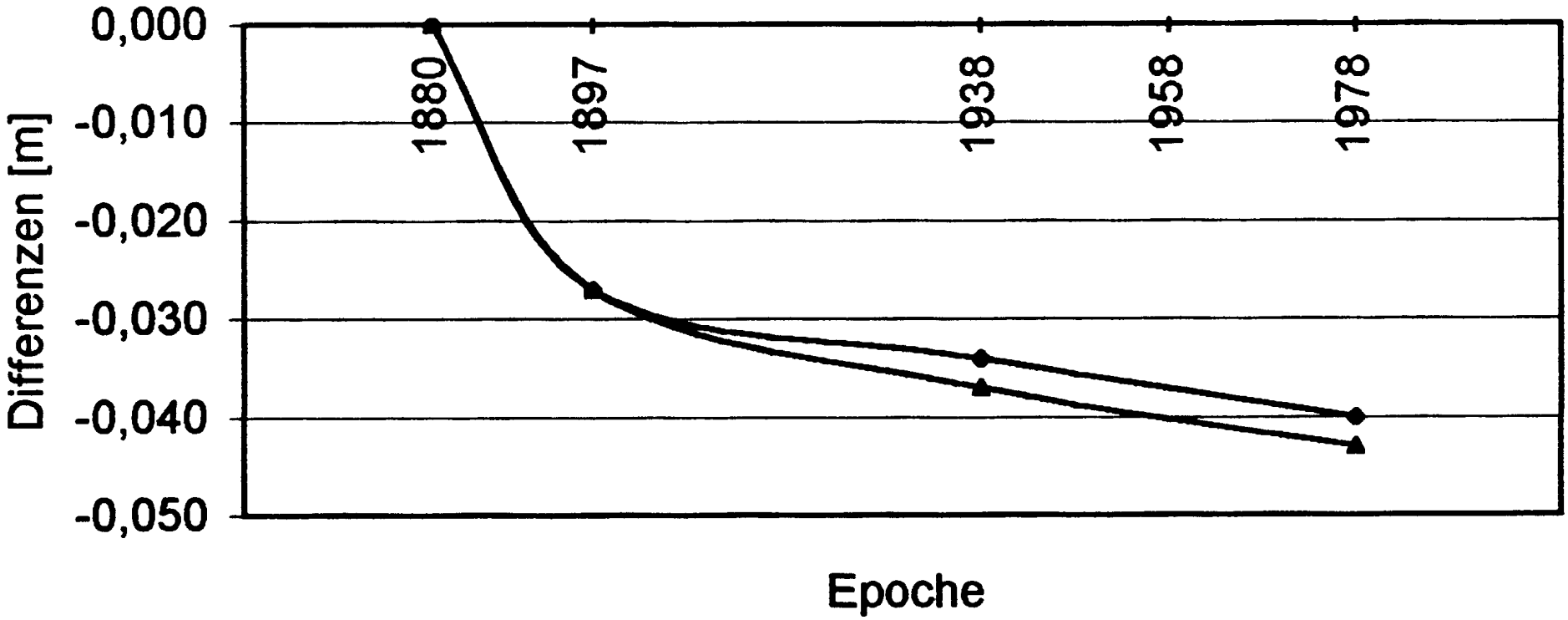
Modell ICE4G (Peltier, 1998) Einheit: mm/a

Relative Meeresspiegeländerungen in der südlichen Ostsee



Einheit: mm/a

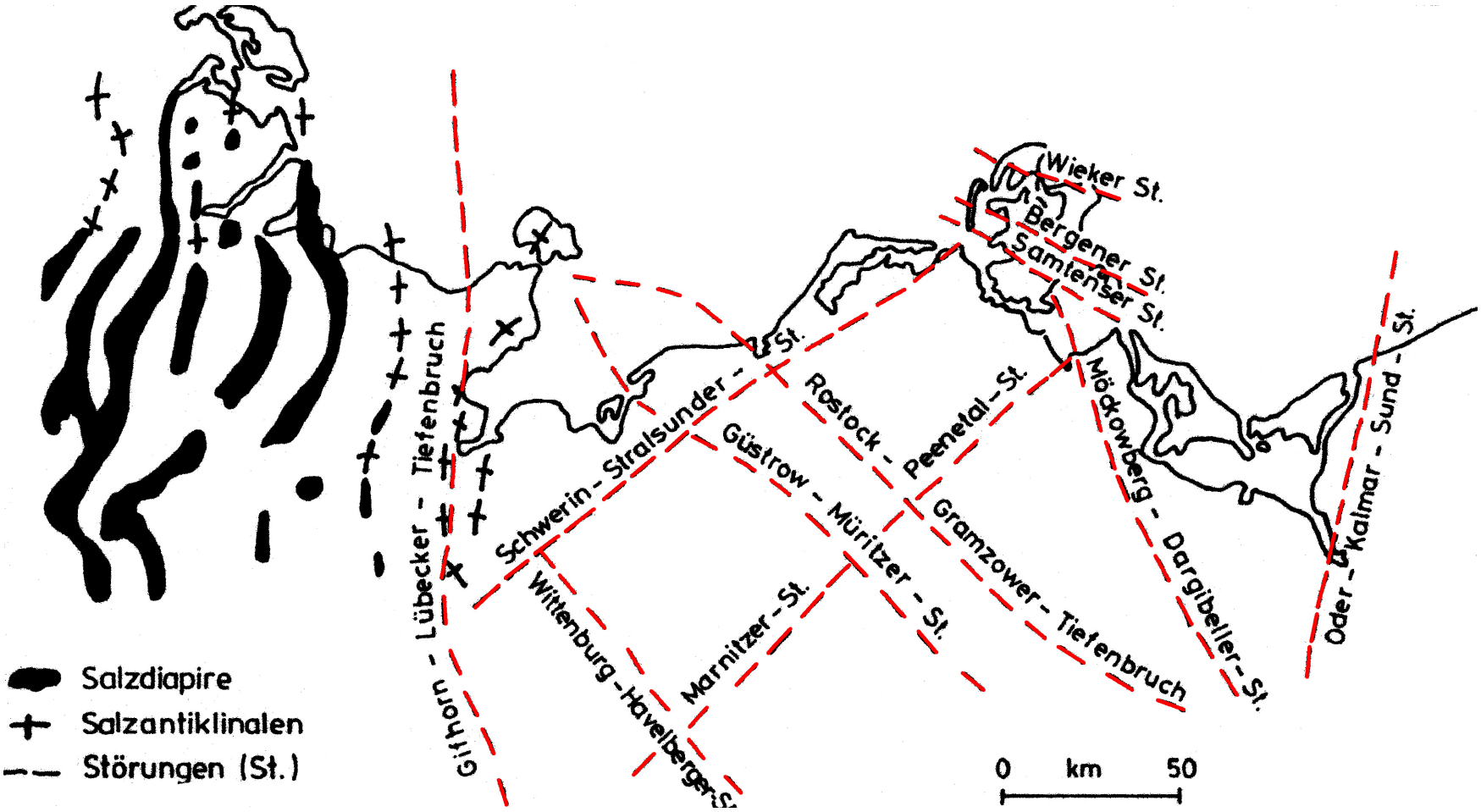
Eigenbewegung von Höhenpunkten



Typisches Muster für die Eigenbewegung eines Höhenpunktes infolge von Bauwerkssetzung – Beispiel Punkt 26 b, Warnemünde, die benachbarten Höhenpunkte 23 und 25 dienten als Referenz

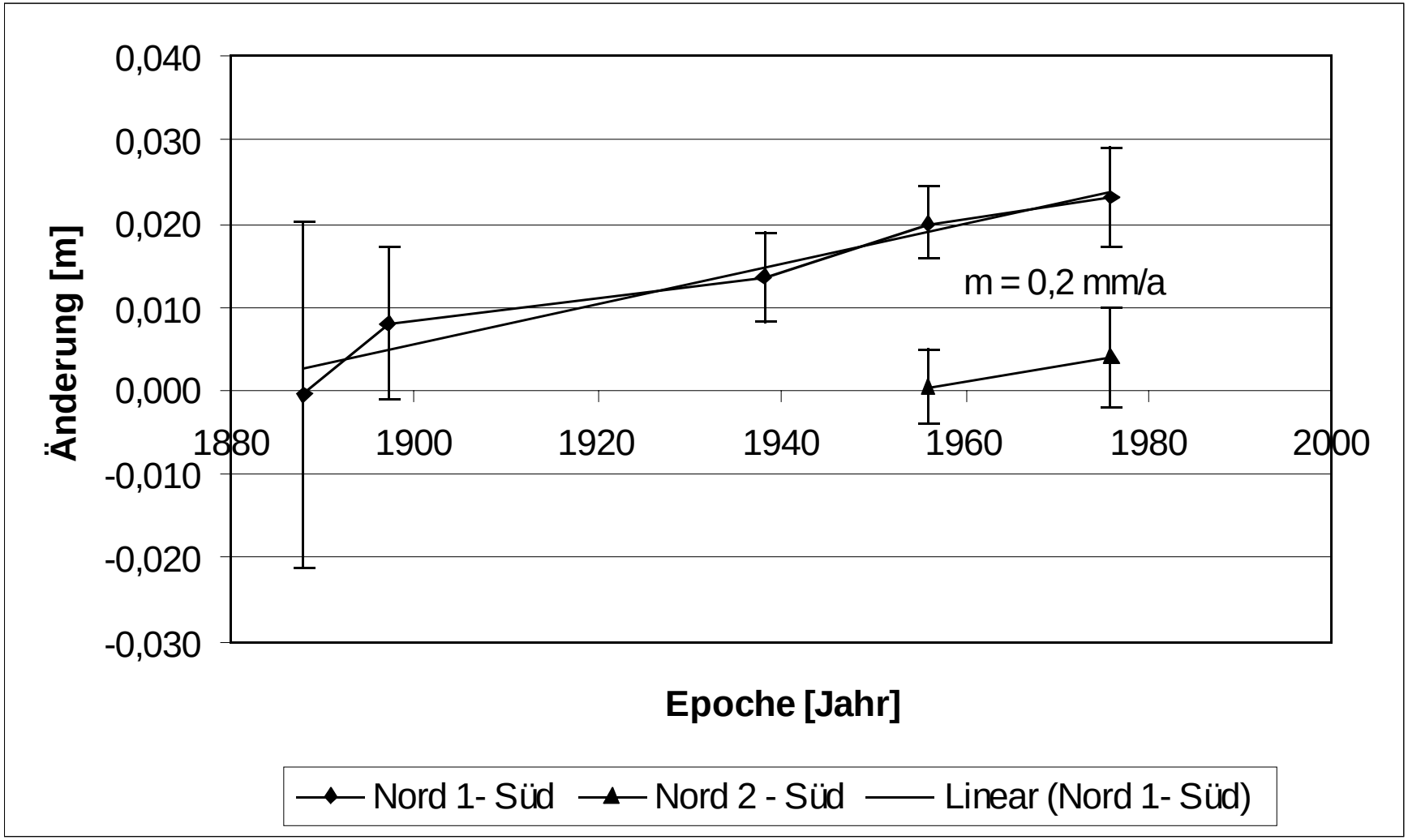
→ derartig veränderliche Höhenpunkte sind von weiteren Betrachtungen auszuschließen

Neotektonische Strukturen an der deutschen Ostseeküste



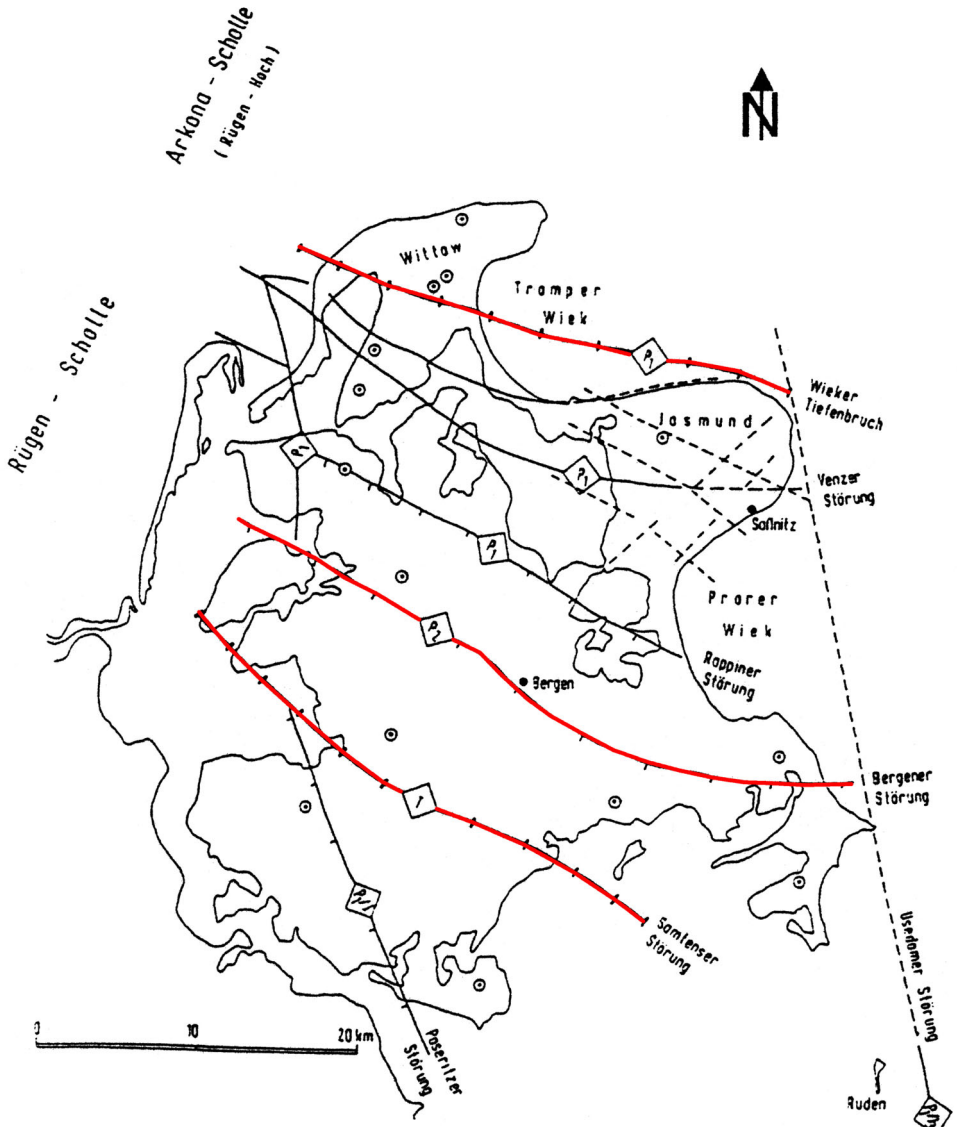
(nach Duphorn, K., Kliewe, H., Niedermeyer, R.-O., Janke, W, und Werner, F. (1995): Die deutsche Ostseeküste – Sammlg. Geol. Führ., 88, Abb.2, Berlin.)

Höhenänderungen zwischen Nord- und Südrügen



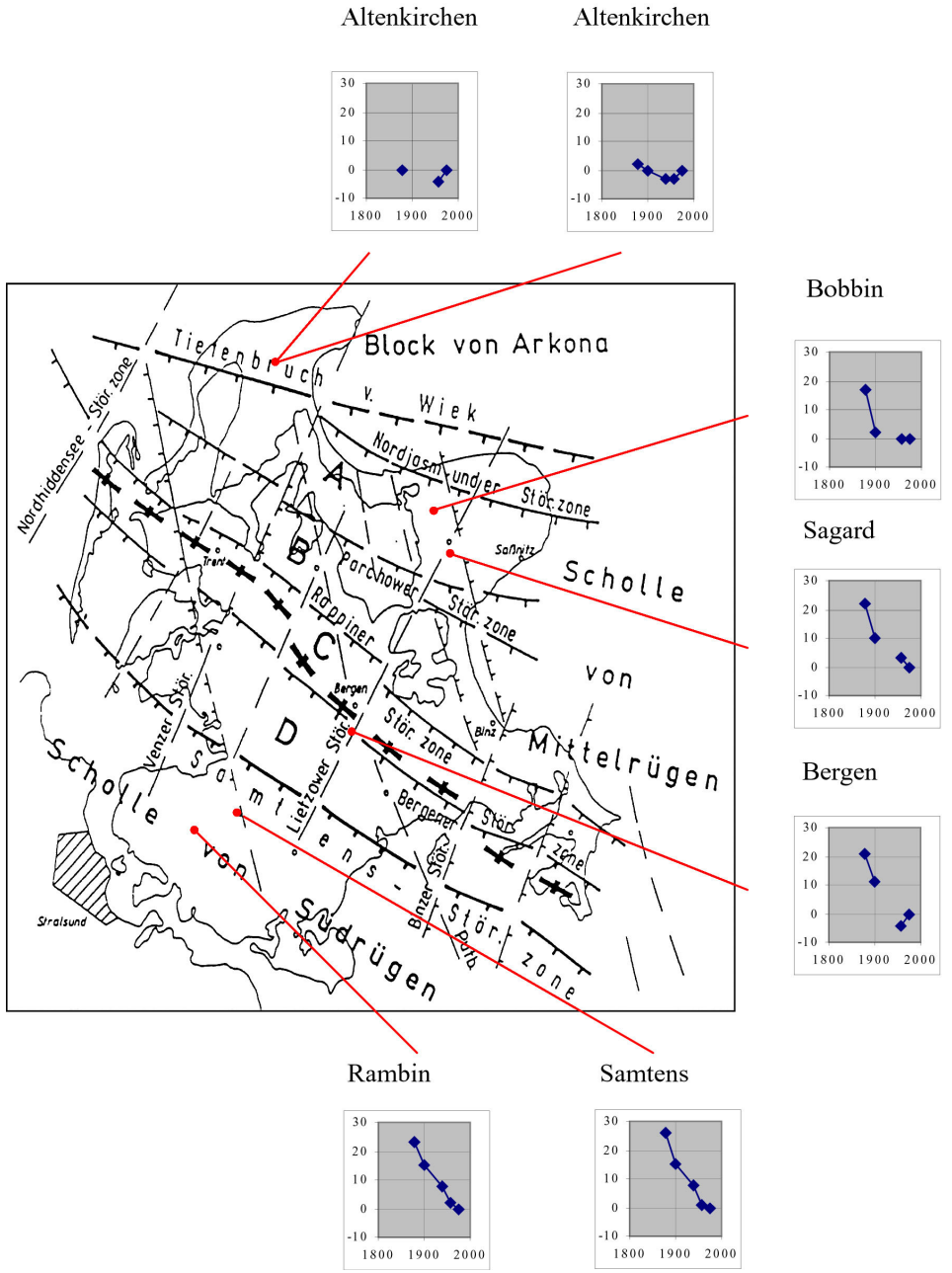
Änderung des Höhenunterschiedes zwischen Süd- und Nordrügen über einen Zeitintervall von ca. 100 Jahren (m . . . jährliche Höhenänderung)

Tektonische Störungen auf der Insel Rügen



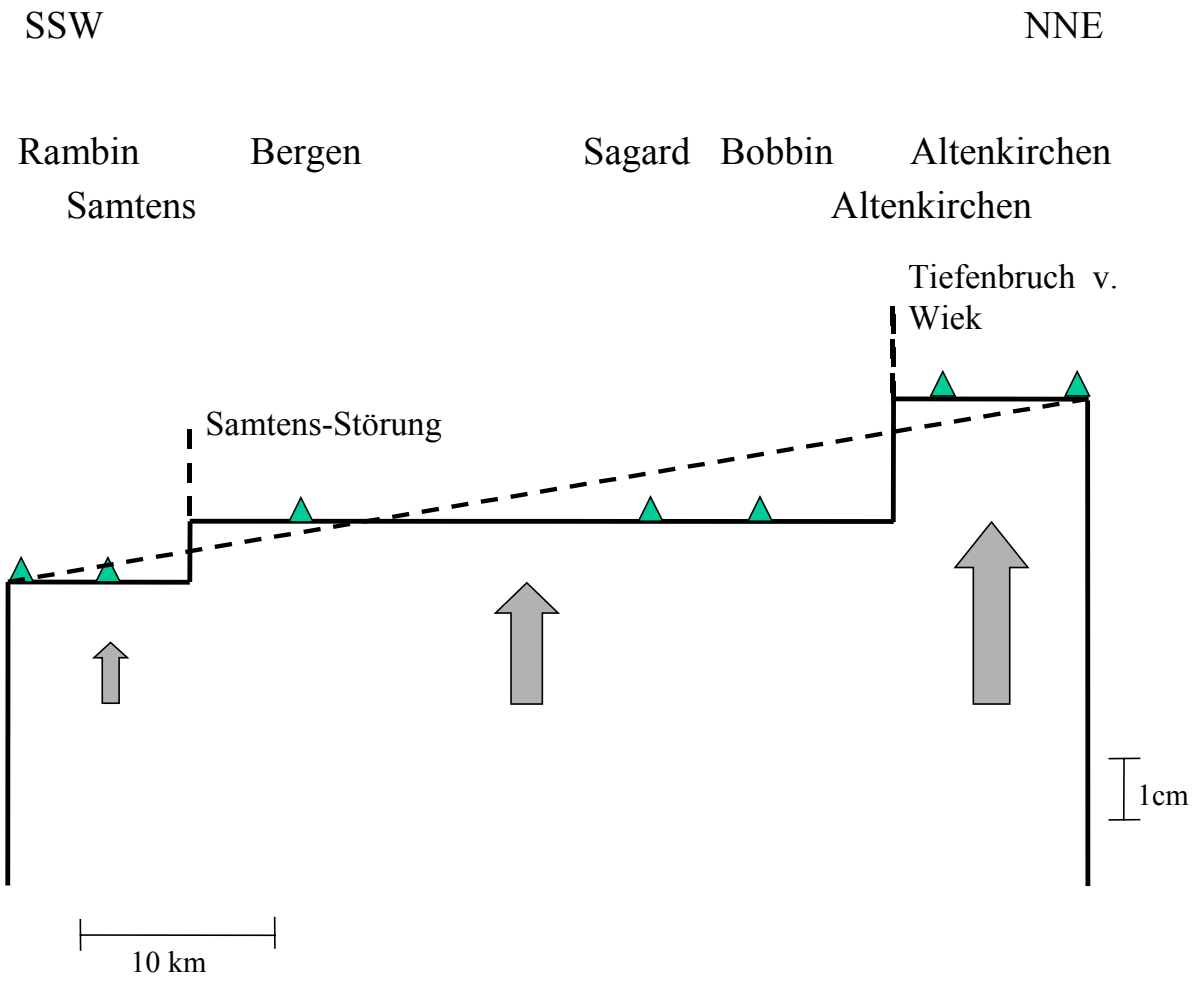
(verändert nach Münzberger, E., Gusen, R., Schnick, H. (1993): Kreide und Quartär auf Rügen. - In: Scholle und Kraus [eds.]: Rügen - Bornholm. Kristallin, Struktur und Sedimente am Südrand des Baltischen Schildes und dessen Beziehung zu Mitteleuropa. – Ges. für Geowissenschaften, Berlin)

Höhenänderungen auf Rügen



(aus Barnasch, J. (2001): Hinweise auf Neotektonik im Bereich der Ostseeküste Mecklenburg-Vorpommerns. Abb. 18, Greifswald)

Schematische Darstellung der Höhenänderungen auf Rügen



(aus Barnasch, J. (2001): Hinweise auf Neotektonik im Bereich der Ostseeküste Mecklenburg-Vorpommerns. Abb. 19, Greifswald)

Fazit

- historische Nivellements entlang der deutschen Ostseeküste zusätzliche Quelle zur Bewertung langzeitiger Meeresspiegeländerungen
- Daten weitgehend bearbeitet und in Datenbank erfaßt
- Interpretation und Bewertung bilden Arbeitsschwerpunkt bis zum Projektende
- Bewegungsmuster der postglazialen Landhebung dominiert das regionale Bewegungsfeld
- kleinskalige tektonischen Einflüsse überlagern das regionale Bewegungsfeld