TUHH
Technische Universität Hamburg-Harburg

WASSERBAU
River and Coastal Engineering

Analyse von hochaufgelösten Wasserstandverläufen und Ermittlung des MSL sowie von Extremwasserständen an der südlichen und südwestlichen Ostseeküste

(AMSeL_Ostsee)

-

Teilvorhaben B – Zeitliche Entwicklung von Extremwasserständen unter Berücksichtigung von vertikalen Landbewegungen auf die relativen Wasserstandänderungen

ABSCHLUSSBERICHT

TUHH
Technische Universität Hamburg-Harburg

WASSERBAU
River and Coastal Engineering

Analyse von hochaufgelösten Wasserstandverläufen und Ermittlung des MSL sowie von Extremwasserständen an der südlichen und südwestlichen Ostseeküste

(AMSeL_Ostsee)

-

Teilvorhaben B – Zeitliche Entwicklung von Extremwasserständen unter Berücksichtigung von vertikalen Landbewegungen auf die relativen Wasserstandänderungen

ABSCHLUSSBERICHT

FÖRDERKENNZEICHEN 03KIS115

Auftraggeber: **Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)**
Kuratorium für Küsteningenieurwesen (KFKI)

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. Peter Fröhle

Projektbearbeitung: M.Sc. Justus Patzke

Projektlaufzeit: 01.08.2015 – 31.07.2018

Dieser Bericht umfasst 114 Seiten und 8 Kapitel. Die Anlagen werden in einem separaten Dokument geführt.

Erstellt von:	M.Sc. Justus Patzke
22.12.2018	J.Patzke

Geprüft von:	Prof. Dr.-Ing. Peter Fröhle
20.01.2019	P. Fröhle

Freigegeben von:	Prof. Dr.-Ing. Peter Fröhle
31.01.2019	P. Fröhle

Dieser Bericht darf ohne die schriftliche Zustimmung des Instituts für Wasserbau der TUHH nicht auszugsweise vervielfältigt werden.

Zusammenfassung

Der vorliegende Abschlussbericht stellt die Ergebnisse des KFKI-Forschungsvorhabens „AMSeL_Ostsee – Analyse von hochaufgelösten Wasserstandverläufen und Ermittlung des MSL sowie von Extremwasserständen an der südlichen und südwestlichen Ostseeküste“, Teilvorhaben B – „Zeitliche Entwicklung von Extremwasserständen unter Berücksichtigung von vertikalen Landbewegungen auf die relativen Wasserstandsänderungen“ vor. In Kooperation mit der Universität Siegen (Teilvorhaben A) wurde eine umfassende Analyse zu den zeitlichen und räumlichen Entwicklungen von mittleren und extremen Wasserständen im Projektgebiet auf Basis einer im Zuge des Vorhabens zusammengestellten Datenbank für Wasserstandsdaten durchgeführt. Wesentliche Schwerpunkte des Teilvorhabens B bestanden in der Akquise und Überprüfung der wesentlichen Datensätze (u.a. Wasserstandsdaten, GIA-Informationen) sowie in der Auswertung der Wasserstandsdaten hinsichtlich der zeitlichen Entwicklung extremer Ereignisse.

Auf der Grundlage von Pegeldatenaufzeichnungen an der Ostseeküste wurde eine MySQL-Datenbank mit verfügbaren, möglichst hoch aufgelösten Wasserstandsdaten im Projektgebiet der südlichen und südwestlichen Ostseeküsten aufgebaut. Zu Vergleichszwecken, Konsistenzprüfungen sowie auch als Grundlage für ostseeweite Analysen wurde diese Datenbank durch verfügbare Wasserstandsdaten weiterer Anrainerstaaten der Ostsee ergänzt.

Die Ostsee ist geografisch und historisch gesehen eines der am besten bepegelten Meeresgebiete weltweit, sodass schlussendlich Wasserstandsdaten für 185 Pegelstationen zur Verfügung stehen. Die zeitliche Abdeckung reicht von 1777 bis 2016, wobei insbesondere in der Historie die Qualität sowie die zeitliche und räumliche Verfügbarkeit von Wasserstandsdaten abnehmen.

Im Zuge des Datenbankaufbaus wurden die Wasserstandsdaten in ein einheitliches Format überführt, sodass es möglich wird Programm-Routinen einheitlich auf Wasserstandsdaten anzuwenden und Auswertungen somit konsistent für die Ostsee durchzuführen. Insbesondere für die hochaufgelösten Wasserstandsdaten wurde eine Plausibilisierungsmethodik entwickelt, welche auf Basis von statistischen Vergleichsbetrachtungen eine halbautomatische Überprüfung mit nachgeschalteter Sichtkontrolle ermöglicht. Im Verlauf des Projekts konnten so Zeitabschnitte identifiziert werden, die im engen Austausch mit den pegelbetreibenden Institutionen als unplausibel identifiziert wurden. Als Folge dieses Austauschs wurden durch die Behörden auch Änderungen an den offiziellen Wasserstandsdaten vorgenommen. In weiteren Prüfungen wurden Informationen zu wechselnden Pegeloffsets (Änderungen des Pegelnullpunkts) zusammengetragen und als Zusatzinformation in die Datenbank eingearbeitet. Zusätzlich wurden alle verfügbaren hochaufgelösten Daten der deutschen Küste unter Zuhilfenahme akquirierter Pegelnullpunktinformationen auf Normalhö-

hennull (NHN) umgerechnet. Alle Auswertungen können somit in einem für alle Pegel einheitlichen Bezugsniveau durchgeführt werden. Die Wasserstandsdaten anderer Nationen wurden, soweit möglich, in das landeseigene Höhensystem überführt oder bereits in diesem akquiriert. In weiteren Arbeiten konnte in Zusammenarbeit mit dem Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) in Rostock die Digitalisierung von etwa 500 Pegelschrieben der Station Schleimünde aus dem Zeitraum 1943-1956 vorgenommen werden. Nach einer Postprozessierung am BSH werden diese Daten veröffentlicht.

Neben Wasserstandsdaten wurden auch Informationen zu vertikalen Landbewegungen zusammengetragen. Im Ostseeraum sind die Ausgleichsbewegungen der Kontinentalmassen infolge des Abschmelzens der Gletscher der letzten Eiszeit als dominant für die vertikalen Landbewegungen anzusehen. Durch diese vertikalen Bewegungen kommt es großflächig zu konzentrischen Hebungen, vor allem in der nördlichen Ostsee. Die Nullhebungslinie, also der Übergang von Hebungs- in Senkungszone ist dabei nicht eindeutig zu bestimmen. Verschiedene Datenauswertungen, die im Zuges dieses Projekts durchgeführt wurden, haben gezeigt, dass das aktuellste GIA-Modell der Nordischen Geodätischen Kommission (NKG) NKG2016LU die am meisten konsistenten und vor allem auch großflächig für die Ostsee anwendbare Ergebnisse liefert.

Für die statistischen Auswertungen wurde auf Basis des akquirierten Modells der NKG für jede Pegelstation eine Landhebungsrate ermittelt. Entsprechend den Fragestellungen, die den einzelnen Analysen zugrunde liegen, wurden die Zeitreihen um die ermittelte Landhebungsrate reduziert. In den Extremwertanalysen wurde die zeitliche Entwicklung der Wasserstandsdaten auf verschiedenen Zeitskalen betrachtet und ausgewertet. Stärker als bei Analysen der mittleren Wasserstände sind Extremwasserstände von kurzen meteorologischen Ereignissen und von der regionalen sowie lokalen Küstenform geprägt. Die Analyse der zeitlichen Entwicklung von Extremwasserständen ist daher nur bedingt auf größere Bereiche übertragbar. Eindeutig festgehalten werden kann jedoch, dass für alle analysierten Zeitreihen nach der Reduktion um den GIA-Effekt ein Anstieg der Höchstwasserstände über die Zeit beobachtet wurde. Die Pegelstationen an den Außenküsten der südlichen Ostsee im Bereich Mecklenburg-Vorpommerns bis Polen überschreiten detektierte signifikante Trends im Bereich von 3,3 ± 1,0 mm/a den Anstieg des mittleren Meeresspiegels. Die zeitliche Entwicklung besonders geringer Wasserstände ist in weit größerem Maße abhängig von lokalen Gegebenheiten (z.B. Süßwasserzufluss, Küstenquerprofil). Die Analysen zeigen eine größere Schwankungsbreite der ermittelten Trendraten im Bereich von 0,9 ± 0,8 mm/a, wobei weniger signifikante Steigungsraten ermittelt wurden.

In extremwertstatistischen Betrachtungen wurden für die Pegel im Untersuchungsgebiet Verteilungsfunktionen an die Wasserstandsdaten angepasst. Neben statistischen und pegelbezogenen Wasserstandskennwerten für leichtere Extremereignisse (z.B. HW5) wurden anhand der zusammengestellten langen Extremwertzeitreihen auch Extrapolationen für extrem seltene Ereignisse (z.B. HW200) vorgenommen. Aus einer gleitenden Verschiebung des Anpassungsbereichs für die ausgewählten Verteilungsfunktionen wurde für die Pegelstation Travemünde eine langperiodische Schwankung der Extremwasserstände detektiert.

Um bessere Vergleichsmöglichkeiten zu schaffen, wird eine fortgeführte Digitalisierung analoger Pegelschriebe und Wasserstandslisten dringend empfohlen.

Die hochaufgelösten Wasserstandsdaten wurden weiterhin für Analysen der Sturmhochwasserhäufigkeiten sowie der Verweilzeiten von Sturmhochwasserständen in festgelegten Höhenstufen herangezogen. Insbesondere für leichte Sturmhochwasserereignisse konnte eine statistisch signifikante Zunahme der Eintrittswahrscheinlichkeit nachgewiesen werden. Für die Verweilzeiten von selteneren und insbesondere für extreme Wasserstände konnte bislang kein statistisch signifikantes Trendverhalten nachgewiesen werden.

Abstract

The present report presents the results of sub-project B - "Temporal evolution of extreme water levels, taking into account vertical land movements on relative water level changes" of the KFKI research project "AMSeL_Ostsee - Analysis of high-resolution water levels and determination of MSL and extreme water levels on the southern and south-western Baltic coast". In co-operation with the University of Siegen (sub-project A), a comprehensive analysis of the mean and extreme conditions in the focus area based on the latest water level data base, which was compiled within the project, was carried out. Major goals of sub-project B were the acquisition and verification of various data sets (including water level data, GIA information) as well as the evaluation of the water level data with regard to the temporal development of extreme events.

Based on sea level records of the Baltic Sea coast, a MySQL database with available, high-frequency water level data was set up with a special focus on the data measured in southern and south-western Baltic Sea. For comparative purposes, consistency checks as well as Baltic Sea-wide analyzes, this database is supplemented by available water level data from other states bordering the Baltic Sea.

The Baltic Sea is geographically and historically one of the best tide-gauge equipped marine areas in the world, ultimately providing water level data for 185 gauge stations. The data covers a period ranging from 1777 to 2016, whereby the quality as well as the temporal and spatial availability of water level data decrease especially on historic timescales. For the set-up of the database, the water level data is converted into a uniform format, so that it is possible to apply software-routines uniformly to water level data and thus carry out evaluations consistently for the (southern) Baltic Sea. For the high-frequency water level data in particular, a methodology to plausibilization was developed. This allows a semi-automatic check with downstream visual inspection based on statistical comparison considerations. In the course of the project, it was possible to identify implausible intervals in close co-operation with the tide-gauge-controlling authorities. As a result, the authorities made changes to the official water level data. Information on level offsets was collected and implemented into the database. Additionally, all available high-resolution data of the German coast was converted to Normalhöhennull (NHN). Due to the tide-gauge related determined water level data, this allows an evaluation purely related to a single reference height. The water level data of other nations were transferred to the state-owned elevation system. In further work, in co-operation with the Federal Maritime and Hydrographic Agency (BSH) in Rostock, it was possible to digitize about 500 sheets of tide-gauge Schleimünde station from the interval of 1943-1956. These data will be published after post-processing at BSH.

Information on vertical land movements was collected additionally. In the Baltic Sea region, the compensatory movements of the continental masses due to the melting of the glaciers of the last ice age are to be regarded as dominant. These vertical movements lead to concentric uplift areas, which occur in the northern Baltic Sea. The location of the zero-elevation line has no consensus among researchers up to now. Data analyzes of this project have

shown that the most recent NKG2016LU GIA model from the Nordic Geodetic Commission (NKG) provides the most consistent and, above all, widely applicable results.

For the statistical evaluations, a rate for vertical land movement was determined for each gauging Station based on the NKG model. A reduction of the GIA effect has been conducted where necessary. The temporal development of the water level data on different time scales was considered and evaluated by using linear regression and moving average methods. More pronounced than analyzes of mean water levels, extreme water level phenomena are characterized by short meteorological events and regional and local coastal forms. The analysis of the temporal evolution of extreme water levels is therefore only partially transferable for larger areas. However, it can be stated that an increase in maximum water levels over time was observed for all analyzed time series. Sometimes, this exceeds the rise in mean sea level. The temporal evolution of particularly low water levels is to a greater extent dependent on local conditions (for example freshwater inflow, coastal cross-section).

In further extreme value statistical considerations, distribution functions were adapted to the water level data for the levels in the project area. In addition to statistical water level values for lighter extreme events (e.g., HW5), extrapolations for extremely rare events (e.g., HW200) have also been determined from the aggregated long-term time series. By using a moving window of the adjustment range for the selected distribution functions, a long-periodic fluctuation could be detected for water level at Travemünde gauging station. In order to create better comparison possibilities, a continuous digitization of analogue level records and water level lists is strongly recommended by the authors.

High-frequency water level data were also used to analyze storm flood frequencies and residence times of storm flood levels at specified altitudes. In summary, a statistically significant increase in the occurrence of light storm surges was found. The residence times of these extreme water levels have shown no statistically significant trend behavior so far.

Inhaltsverzeichnis

1 Einführung 1
2 Einordnung 3
2.1 Die Ostseeküste und Ihre Wasserstände 3
2.2 Definition und Terminologie von Sturmhoch- und Sturmniedrigwasser 6
2.3 Historische Wasserstandsdaten der südwestlichen Ostseeküste 8
2.4 Extremwertanalysen im südlichen Ostseeraum 13
3 Datenmanagement 16
3.1 Datenakquise 16
3.2 Datenhaltung in einer Projektdatenbank 20
3.3 Digitalisierung historischer Pegelaufzeichnungen 22
3.3.1 Digitalisierung von Pegelbögen der Station Schleimünde 22
3.3.2 Digitalisierung von Wasserstandslisten 23
3.4 Umrechnung der Pegeldaten auf ein einheitliches Bezugssystem 23
3.4.1 Reduzierung auf NHN für Pegel der dt. Küste 24
3.4.2 Reduzierung ins nationale Höhenbezugssystem für weitere Stationen 28
3.5 Detektion nicht plausibler Wasserstandsdaten 30
4 Auswertemethoden und Verfahren 36
4.1 Vertikale Landbewegungen 36
4.1.1 Globale Peltier Modelle: ICE5G und ICE6G 38
4.1.2 Modelle der Nordischen Geodätischen Kommission: NKG2005LU und NKG2016LU 38
4.2 Extremwertstatistik 39
4.2.1 Stichprobenauswahl 39
4.2.2 Unabhängigkeit 42
4.2.3 Signifikanzprüfung 42
4.2.4 Verteilungsfunktionen 44
4.3 Lineare Trendanalysen 45
4.4 Verweilzeiten 46
4.4.1 Definition der Verweilzeit 47

4.4.2 Untersuchung der Verweilzeiten ... 48
4.5 Sturmhochwasserhäufigkeiten ... 50
5 Ergebnisse ... 51
5.1 Ergebnisse der Plausibilisierung von Wasserstandsdaten ... 51
5.2 Vertikale Landbewegungen im Untersuchungsgebiet ... 53
5.3 Extremwertstatistik ... 56
5.4 Lineare Trendanalysen ... 70
5.4.1 Jahresextremwerte in der südwestlichen Ostsee ... 70
5.4.2 Jahresextremwerte der gesamten Ostseeküste ... 75
5.4.3 Saisonverhalten ... 78
5.5 Häufigkeiten von Sturmhochwassern ... 81
5.6 Verweilzeiten ... 85
6 Zusammenfassung und Ausblick ... 89
7 Schrifttum ... 91
8 Anlagen ... 100
8.1 Pegelprotokoll ... 100
8.2 Übersicht zum Stand der Datenakquise ... 100
8.3 Intervalle mit potentiell unplausiblen Wasserstandsdaten ... 100
8.4 Historische Informationen zu den vom WSA Lübeck betreuten Pegeln ... 100
8.5 Zeitliche Verfügbarkeit von Wasserstandsdaten in der Datenbank ... 100
8.6 Ergebnisse von Extremwertanalysen ... 100

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1: Küstenformen an Nord- und Ostsee (Seydlitz 1989) 4
Abbildung 3-1: Lage der Pegelstationen mit aktuell für das Projekt verfügbaren digitalen Zeitreihen und eingeführter Pegelnummerierung 18
Abbildung 3-2: Vorgehen zur Plausibilisierung von hochaufgelösten Wasserstandsdaten an der deutschen Küste (altes Verfahren) 33
Abbildung 3-3: Vorgehen zur Plausibilisierung von hochaufgelösten Wasserstandsdaten an der deutschen Küste (neues Verfahren) 35
Abbildung 4-1: Schrittweise Trendermittlung bei Verlängerung der betrachteten Zeitreihe (BF = Backfixed) 45
Abbildung 4-2: Abhängigkeit des linearen Trends von der Zeitreihenlänge bei der Betrachtung von Jahresmaximalwerten 46
Abbildung 4-3: schematische Darstellung von Verweilzeiten bei Wasserstandsganglinien mit einem Maximum; Quelle nach (Führböter 1982) 47
Abbildung 4-4: Vergleich der Interpolationsmethoden für den Scheitelverlauf des Sturmhochwassers von 11/2006 49
Abbildung 4-5: Verweilzeiten verschiedener Sturmflutklassen für das Extremereignis von 11/2006 49
Abbildung 5-1: Plausibilisierungsübersicht; gibt an, wie hoch der Anteil potentiell unplausibler Abschnitte innerhalb der Stundenwertzeitreihen ist 52
Abbildung 5-2: Angepasste Verteilungsfunktionen an die Daten der Station Travemünde, 1826-2016 57
Abbildung 5-3: Konvergenzuntersuchungen der Pegelstationen in Travemünde, Wismar und Warnemünde für Wiederkehrintervalle von T = 100 Jahren. 59
Abbildung 5-4: Konvergenzuntersuchung verschiedener Wiederkehrintervalle in Abhängigkeit der Stichprobenauswahl mit den höchsten Wasserständen aus N Jahren 60
Abbildung 5-5: Konvergenzuntersuchung verschiedener Wiederkehrintervalle in Abhängigkeit der Stichprobenauswahl mit den niedrigsten Wasserständen aus N Jahren 60
Abbildung 5-6: Angepasste GEV an die Jahresmaximalwerte mit N=5 der Stationen 1. Flensburg (H1921-2016), 2. Kiel-Holtenau (H1901-2016), 3. Travemünde (H1826-2016), 4. Wismar (H1848-2016), 5. Warnemünde (H1855-2016), 6. Sassnitz (H1882-2016) 63
Abbildung 5-7: Angepasste GEV an die Jahresminimalwerte (N = 1) der Stationen 1. Flensburg (H1955-2016), 2. Kiel-Holtenau (H1965-2016), 3. Travemünde (H1826-2016), 4. Wismar (H1910-2016), 5. Warnemünde (H1910-2016), 6. Sassnitz (H1931-2016) 64
Abbildung 5-8: Zeitliche Entwicklung der Wasserstandshöhen mit einem Wiederkehrintervall von 5 und 100 Jahren an ausgewählten Pegelstationen der Ostseeküste 66
Abbildung 5-9: Entwicklung der a) HW5, b) HW10, c) HW50, c) HW100 an der Pegelstation in Travemünde (H1826-2016) 69
Abbildung 5-10: Lage der für die länderübergreifenden Analysen ausgewählten Pegelstationen an der südlichen und südwestlichen Ostseeküste 70
Abbildung 5-11: Trendanalyse der Jahresmaximalwerte von 11 ausgewählten Stationen der süd(west)lichen Ostseeküste ohne GIA Korrektur, gesamter verfügbarer Zeitraum 71
Abbildung 5-12: Trendanalyse der Jahresmaximalwerte von 11 ausgewählten Stationen der süd(west)lichen Ostseeküste mit GIA Korrektur, gesamter verfügbarer Zeitraum 71
Abbildung 5-13: Trendanalyse der Jahresmaximalwerte von 11 ausgewählten Stationen der süd(west)lichen Ostseeküste ohne GIA Korrektur, Zeitraum: 1900-2006 72

Abbildung 5-14: Trendanalyse der Jahresmaximalwerte von 11 ausgewählten Stationen der süd(west)lichen Ostseeküste mit GIA Korrektur, Zeitraum: 1900-2006 72
Abbildung 5-15: Trendanalyse der Jahresminimalwerte von 10 ausgewählten Stationen der südwestlichen Ostseeküste ohne GIA Korrektur im Zeitraum 1910-2006 73
Abbildung 5-16: Trendanalyse der Jahresminimalwerte von 10 ausgewählten Stationen der südwestlichen Ostseeküste mit GIA Korrektur im Zeitraum 1910-2006 73
Abbildung 5-17: Lage der Pegelstationen für die Trendanalyse von Extremwasserstandsdaten der gesamten Ostsee 75
Abbildung 5-18: Trendanalyse der Jahresmaximalwerte von 19 ausgewählten Stationen der gesamten Ostseeküste ohne GIA Korrektur im Zeitraum 1910-2006 77
Abbildung 5-19: Trendanalyse der Jahresmaximalwerte von 19 ausgewählten Stationen der gesamten Ostseeküste mit GIA Korrektur im Zeitraum 1910-2006 77
Abbildung 5-20: Zeitl. Entwicklung monatlicher Maximalwerte der Station Travemünde (H1957-2016); Mit 11a-gleit. Mittel (rot), OLS - (schwarz) und Robust Fit Regression (blau); GIA reduziert 79
Abbildung 5-21: Zeitl. Entwicklung monatlicher Minimalwerte der Station Travemünde (H1957-2016); Mit 11a-gleit. Mittel (rot), OLS - (schwarz) und Robust Fit Re-gression (blau); GIA reduziert 79
Abbildung 5-22: mittlere Verhältnisse der monatlichen Extremwerte und Schwankungsbreite an den Stationen Flensburg, Kiel-Holtenau, Sassnitz, Travemünde, Wismar, Warnemünde für den Zeitraum H1957-2016 80
Abbildung 5-23: Sturmhochwasserhäufigkeiten für ausgewählte dt. Pegelstationen im Zeitraum H1957-2016 84
Abbildung 5-24: Mittlere Verweilzeit der Klassen je Station 85
Abbildung 5-25: Wasserstandsklassen bezogene zeitliche Entwicklung der Verweilzeiten sechs deutscher Pegelstationen im Zeitraum von H1957-2016 86
Abbildung 5-26: Verweilzeittrends der Wasserstandsklassen für eine Auswahl von MSL-reduzierten Wasserstandsdaten von 12 Pegelstationen im Raum dt. Ostseeküste und erweiterte Ostsee 87

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1: Klassifikation von Ostseesturmhochwasserständen mit unterschiedlichen Kriterien (verändert nach (Hupfer et al. 2003; Meinke 1998)) 8
Tabelle 3-1: Übersicht über im Forschungsprojekt AMSeL_Ostsee digitalisierte und akquirierte Pegelzeitreihen aus Literaturquellen 23
Tabelle 3-2: In AMSeL_Ostsee verwendete Pegelnullpunktshöhen in [m] bezogen auf Normalhöhennull 27
Tabelle 3-3: Liste der Umrechnungswerte abgeleitet aus Informationen vom PSMSL und Datenbereitstellern 29
Tabelle 3-4: Übersicht über potentiell unplausiblen Zeiträumen 30
Tabelle 3-5: Aus Datenkorrekturen hervorgehende Änderungen des MSL der betrachteten Zeiträume (max.: rot), Station Travemünde 31
Tabelle 3-6: Aus Datenkorrekturen hervorgehende Änderungen des MSL der betrachteten Zeiträume (max.: rot), Station Wismar 31
Tabelle 3-7: Aus Datenkorrekturen hervorgehende Änderungen des MSL der betrachteten Zeiträume (max.: rot), Station Warnemünde 31
Tabelle 5-1: Übersicht über die mit den beiden entwickelten Verfahren P-I und P-II geprüften Bereiche und daraus detektierten poentiell unplausiblen Abschnitten 51
Tabelle 5-2: Landbewegungsraten [mm/a] für Pegelstationen in AMSeL_Ostsee; ermittelt aus dem Modell NKG2016LU über bilineare Interpolation auf der Kugelgestalt der Erde; Modell nach (VESTØL ET AL. 2016) 53
Tabelle 5-3: Verfügbare Zeiträume von Jahresextremwerten ausgewählter Stationen der süd(west)lichen Ostsee im Projekt AMSeL Ostsee (A = Abflussjahr); 56
Tabelle 5-4: Ermittelte Wasserstände [m ü NHN] der betrachteten Pegelstationen mit Stichprobenerzeugung der Maximalwerte mit N=1 Jahren 61
Tabelle 5-5: Ermittelte Wasserstände [m ü NHN] der betrachteten Pegelstationen mit Stichprobenerzeugung der Maximalwerte mit N=5 Jahren 61
Tabelle 5-6: Ermittelte lineare Langzeittrends [$\boldsymbol{mma}$] der zu einem fixen Wiederkehrintervall zugewiesenen Wasserstände und Beurteilung der Signifikanz des Trends, Ablehnung mit H=0 bei > 5 %) 67
Tabelle 5-7: Übersicht der Ergebnisse der linearen Trendanalysen; Fett = statistisch signifikante Trends 74
Tabelle 5-8: Lineare Trends für GIA reduzierte Wasserstandsdaten verschiedener Betrachtungszeiträume ausgewählter Pegelstationen der gesamten Ostseeküste; fett = statistisch signifikant (MK) 76
Tabelle 5-9: Sturmfluthäufigkeiten an dt. Pegelstationen im Zeitraum H1957-2016 82
Tabelle 5-10: Sturmhochwasserhäufigkeiten an dt. Pegelstationen im Zeitraum H1957-2016 (10-Jahresabschnitte) 83

Abkürzungsverzeichnis

AMSeL Analyse von hochaufgelösten Tidewasserständen und Ermittlung des MSL an der deutschen Nordseeküste, Analyse von hochaufgelösten Tidewasserständen und Ermittlung des MSL an der deutschen Nordseeküste
AMSeL_Ostsee Analyse von hochaufgelösten Wasserstandverläufen und Ermittlung des MSL sowie von Extremwasserständen an der südlichen und südwestlichen Ostseeküste
BMBF Bundesministerium für Bildung und Forschung
BS *Bezugssystem*
BSH *Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie*
Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. *DWA*
DGJ *Deutschen Gewässerkundliches Jahrbuch*
DIN *Deutsches Institut für Normung e.V.*
EVRF *European Vertical Reference Frame*
FMI *Finnish Meteorological Institute*
fwu Forschungsinstitut Wasser und Umwelt
Generalisierte Extremwertverteilung *GEV*
GEV *Generalisierte Extremwertverteilung*
H1950 *Hydrologisches (H) Jahr, das vom 01.11. der Vorjahres bis zum 31.10 des genannten Kalenderjahres andauert*
HN *Höhennull-System*
IWb Institut für Wasserbau
KFKI Kuratorium für Küsteningenieurwesen
KGPI *Königlich Geodätisches Preussisches Institut*
MSL *Mean Sea Level - Mittlerer Meeresspiegel*
MUSTOK *Modellgestützte Untersuchungen zu extremen Sturmflutereignissen an der deutschen Ostseeküste*
MV *Mecklenburg-Vorpommern*
NHN *Normalhöhennull-System*
NKG Nordische Geodätische Kommission (Nordiska Kommissionen för Geodesi)
NN *Normalnull-System*
NN n.S. *Normal Null - neues System*
NW *Niedrigwasser*
OLS *Ordinary Least Squares Regression*
PbG *Projektbegleitende Gruppe*
PLP *Plotting Position oder empirische Unterschreitungswahrscheinlichkeit*
PNP *Pegelnullpunkt*
PSMSL *Permanent Service for Mean Sea Level*
PTJ Projektträger Jülich
RLR Revised Local Reference
SH *Schleswig-Holstein*
SHD *Seehydrologischer Dienst*
SMHI *Swedisch Meteorological and Hydrolocical Institute*
StALUMM *Staatliches Amt für Landwirtschaft und Umwelt Mittleres Mecklenburg*
TUHH *Technische Universität Hamburg*
VF *Verteilungsfunktion*
WSA *Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt*
Wst *Wasserstand*, *Wasserstand*
WSV *Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung*

1 Einführung

Das Forschungsvorhaben „Analyse von hochaufgelösten Wasserstandverläufen und Ermittlung des MSL sowie von Extremwasserständen an der südlichen und südwestlichen Ostseeküste“ (AMSeL_Ostsee) wurde in Kooperation zwischen dem Forschungsinstitut Wasser und Umwelt (fwu) der Universität Siegen (Teilprojekt A - Analyse vergangener, gegenwärtiger und zukünftiger Wasserstände in der südwestlichen Ostsee) und dem Institut für Wasserbau (IWb) der Technischen Universität Hamburg (TUHH) (Teilprojekt B - Zeitliche Entwicklung von Extremwasserständen in der südwestlichen Ostsee unter Berücksichtigung von vertikalen Landbewegungen auf die relativen Wasserstandänderungen) durchgeführt. Gefördert wurde das Projekt vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) über den Projektträger Jülich (PTJ). Die fachliche Begleitung und Steuerung des Projekts erfolgte durch das Kuratorium für Küsteningenieurwesen (KFKI) sowie durch eine vom KFKI zusammengestellte projektbegleitende Gruppe (PbG). Der vorliegende Bericht stellt die Arbeiten aus Teilprojekt B vor.

Anlass zur konsistenten Fortsetzung begonnener Forschungsarbeiten gab das Vorgängerprojekt „Analyse von hochaufgelösten Tidewasserständen und Ermittlung des MSL an der deutschen Nordseeküste“ (AMSeL), in welchem vergleichbare Untersuchungen und Fragestellungen für die deutsche Nordseeküste durchgeführt wurden (Jensen et al. 2010). Eines der Ziele des Vorhabens AMSeL_Ostsee war es folglich, die entwickelten Ansätze auf die deutsche Ostseeküste zu übertragen, um das Verständnis der Beziehungen zwischen Nord- und Ostseewasserständen zu erweitern. Darüber hinaus bestand eine Lücke in der Zusammentragung und einheitlichen Behandlung von Wasserstandsdaten im Untersuchungsgebiet. In konsekutiven Arbeitsschritten wurden Methoden der Datenakquise, der Datenaufbereitung sowie der Datenauswertung zur Zusammenstellung und Behandlung der aktuellsten Wasserstandsdaten angewendet.

Als Grundlage zur einheitlichen Auswertung der Wasserstandsdaten im Gesamtprojekt war ein wichtiger Aspekt der Arbeiten des Instituts für Wasserbau der TUHH die Implementierung der akquirierten Wasserstandsdaten inkl. der Angleichungsarbeiten und Plausibilisierungsschritte in eine konsistente Pegeldatenbank. Durch die im Vorhaben aufgebaute Datenbank wurde es möglich, statistische Auswertungen einheitlich für eine Vielzahl von Pegelstationen durchzuführen. Daneben wurden am Institut für Wasserbau umfangreiche Untersuchungen zur zeitlichen Entwicklung verschiedener Parameter im Zuge von Extremereignissen durchgeführt. Die Arbeiten der Universität Siegen im Teilprojekt A bestanden in der Analyse der Variabilität und der zeitlichen Entwicklung des MSL und werden in einem separaten Bericht zusammengefasst. Durch die Vielzahl getätigter Analysen sowie aufgrund großer Datenmengen können nicht alle Ergebnisse in diesen Abschlussbericht aufgenommen werden. Es sei an dieser Stelle auf die jährlichen Zwischenberichte verwiesen (Patzke et al. 2016a, 2017a, 2018).

Nachfolgend werden die wesentlichen behandelten Themenbereiche und Ergebnisse vorgestellt. Aufbauend auf eine Einordnung hinsichtlich von Einflussfaktoren auf die Wasserstände im Projektgebiet, historische Quellen für Wasserstandsinformationen sowie bisherige Extremwertanalysen im Untersuchungsgebiet (Kapitel 2) wird in Kapitel 3 die Akquise, Behandlung und Datenhaltung der Wasserstandsdaten diskutiert. Methodische Grundlagen, die zum Verständnis der Ergebnisdarstellung (Kapitel 5) notwendig sind, werden in Kapitel 4 vorgestellt. In Kapitel 6 folgt schließlich eine Zusammenfassung der Arbeiten mit einem Ausblick auf zukünftig zu behandelnde Fragestellungen, die sich aus den Arbeiten in AMSeL_Ostsee ergeben haben.

2 Einordnung

In diesem Kapitel soll dem Leser ein grundlegendes Verständnis zur behandelten Thematik gegeben werden. Um die Fokussierung auf verschiedene Aspekte zu erläutern, werden in Kap. 2.1 die wichtigsten Einflussfaktoren auf die Wasserstandsentwicklung in der Ostsee herausgearbeitet und in Kap. 2.2 mit einigen Definitionen und Begriffsbestimmungen hinterlegt.

Während der Recherchen zur Datenakquise im deutschen Raum wurde außerdem deutlich, dass eine Zusammenstellung der wichtigsten Originalquellen für historische Wasserstandsinformationen bislang nicht verfügbar war und auch noch nicht abschließend verfügbar ist. Die Übersicht in Kap. 2.3 dient somit dem Zweck zukünftigen Forschenden die Akquise zu erleichtern und stellt darüber hinaus eine Auflistung der wichtigsten verwendeten historischen Quellen dieser Arbeit dar.

Abschließend wird zur Einordnung der durchgeführten Analysen eine kurze Übersicht zu bereits durchgeführten Forschungsarbeiten zum Thema zeitliche Entwicklung extremer Wasserstände in der Ostsee vorgenommen. Eine hervorragende Quelle für wissenschaftliche Arbeiten aus diesem Themenbereich und für das betrachtete Untersuchungsgebiet bot das Archiv für Forschung und Technik der Nord- und Ostsee (Die Küste) des KFKI.

2.1 Die Ostseeküste und Ihre Wasserstände

Das Untersuchungsgebiet umfasst im weiten Sinne den gesamten Ostseeraum im Bereich der Küstenzonen, wobei die südliche und südwestliche Ostseeküste mit der deutschen und Teilen der polnischen Küste (bis Danzig) im besonderen Projektgebiet liegen. Die Betrachtungen schließen das Kattegat und den Skagerrak als Übergangsbereich zwischen Nord- und Ostsee nicht explizit aus. Vielmehr sollen auf Basis der zusammengestellten Wasserstandsdaten auch Aussagen zum Verhalten der Wasserstände im Übergangsbereich zwischen Nord- und Ostsee getroffen werden können.

Der Übergang zwischen der Nordsee im Westen und den kontinentalen Landmassen im baltischen Raum bedingt einen Wechsel von atlantischem See- zu einem kontinentalen Klima (Koppe 2002). Als Randmeer mit nur einer geringen Ausstromquerschnittsfläche von etwa 0,35 km² ist die Ostsee einem nennenswerten Süßwasserzufluss unterlegen, welcher im Mittel etwa dem Ausstromvolumen der Ostsee zur Nordsee entspricht (Hupfer et al. 2003). Insgesamt kann angenommen werden, dass etwa 75 % des Zustroms als Salzwasser über das Kattegat erfolgt. Demgegenüber stehen 25 % Süßwasserzufluss aus Flüssen und Niederschlag. Die Salinitätsverhältnisse unterliegen somit großen Schwankungen in Abhängigkeit von den Zustrombedingungen. In der Regel ist eine abnehmende Salinität von Nordseeseite hin zu den entfernteren Küsten in der finnischen Bucht sowie dem bottnischen Meerbusen zu beobachten.

Im Gebiet der deutschen Küste liegen von West nach Ost die schleswig-holsteinische Fördenküste, die holsteinisch-westmecklenburgische (Groß-)Buchtenküste, die mecklenburgische Ausgleichsküste und die Vorpommersche Boddenküste, siehe Abbildung 2-1 (Duphorn et al. 1995)). Insgesamt misst die deutsche Ostseeküste eine Länge von 2247 km, wovon 1712 km auf das Bundesland Mecklenburg-Vorpommern und 535 km auf das Bundesland Schleswig-Holstein fallen. 70% der deutschen Küstenzonen werden als Innenküste bezeichnet, so z.B. die Küsten der Förden in Schleswig-Holstein oder Teile der Boddenküsten Mecklenburg-Vorpommerns (Koppe 2002). Die polnische Küste im Projektgebiet besitzt von Swinemünde ostwärts eine geradlinige Ausgleichsküste mit nordnordwestlicher Ausrichtung. Ab der Danziger Bucht beginnt die polnische Nehrungs- und Haffküste. Die Küstenlinie der Ausgleichsküste ist obendrein geprägt von Haffen, die durch kleinere Nehrungen mit der offenen Ostsee in Verbindung stehen. Insgesamt umfasst der betrachtete polnische Küstenabschnitt etwa 500 km.

Die Außenküsten unterliegen einer besonderen Belastung durch die offene Ostsee, etwa 70% der Küstenabschnitte weisen einen negativen Sedimenthaushalt mit jährlichen Abtragungsraten zwischen 0,1 m und 1 m auf (Duphorn et al. 1995; Koppe 2002). Insbesondere die zumeist in den Wintermonaten auftretenden Sturmfluten scheinen diese Prozesse zu dominieren. So können in wenigen Tagen insbesondere an Steilküsten und an Dünen Küstenrückgänge von bis zu 20 m erfolgen (Duphorn et al. 1995), wobei die langfristige Erosion von Küsten ausschließlich mit dem Küstenlängstransport erklärt werden kann. In anderer Weise sind die Förden der deutschen Ostseeküste bei Sturmereignissen betroffen. Durch die trichterförmigen Buchten wird das bei Stürmen mit Windrichtungen aus Nordwest bis Nordost auf die Küste drückende Wasser weiter aufgestaut und führt dort zu erheblich höheren Wasserständen als an den offenen Küsten.

Das Ostseebecken weist eine mittlere Wasserstiefe von 55 m auf und besteht aus einer Reihe von Einzelbecken die zusammen genommen die Bathymetrie der Ostsee bilden. Entstanden ist die Form durch die Bewegungen der Gletschereismassen während bzw. nach der vergangenen Eiszeit (Hupfer et al. 2003).

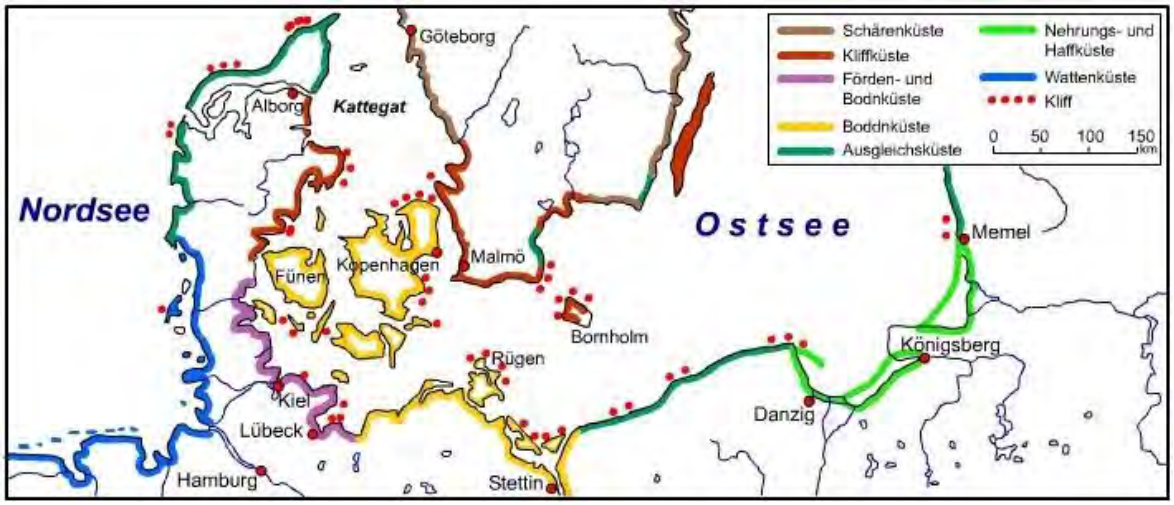


Abbildung 2-1: Küstenformen an Nord- und Ostsee (Seydlitz 1989)

Die täglichen Gezeiten, welche die Wasserstandsentwicklung an der Nordsee dominieren, spielen aufgrund der dämpfenden Wirkung des geringen Einstromquerschnitts zur Ostsee sowie der dänischen Inseln eine geringe Rolle, die gen Osten weiter abnimmt. Beispielsweise zeigen die Wasserstandsdaten bei ruhiger Wetterlage am Pegel Leuchtturm Kiel noch ca. 20 cm Tidenhub, während am Pegel in Sassnitz unter gleichen Bedingungen nur noch wenige cm verzeichnet werden. Dennoch treten auch an Pegelstationen in der südlichen Ostsee zeitweise deutlich höhere Wasserstandsschwankungen auf. Die treibende Kraft dahinter ist der Wind, welcher in Extremsituationen je nach Windrichtung und Lokation (ggf. zusätzlich Buchteneffekt) der Pegelstation, Erhöhungen von bis zu 3 m im Vergleich zum mittleren Wasserspiegel hervorrufen kann. Die Windverhältnisse der Ostsee werden durch den Westwindgürtel bzw. die Nordatlantische Oszillation (NAO) der nördlichen Hemisphäre bestimmt, wodurch im Mittel West- bis Südwestwinde mit mittleren Windgeschwindigkeiten im Frühsommer von 4 – 5 m/s und im Winter von 7 – 9 m/s dominieren (Koppe 2002). Die meteorologischen Bedingungen, die an der gesamten südlichen Ostseeküste zu besonders gefährlichen Stürmen im 20. Jahrhundert geführt haben, beruhen in der Regel auf Sturmtiefs die von der Norwegischen See in südöstlicher Richtung über Skandinavien und die Ostsee ziehen (Sztobryn et al. 2005). Ursächlich für Sturmhochwasser in der südlichen und südwestlichen Ostsee sind schließlich den Tiefs nachgelagerte nordwestliche bis nordöstliche Winde.

Aufgrund der einseitigen südwestlichen Öffnung der Ostsee über den Skagerrak hin zur Nordsee, sind die Austauschprozesse von Ostseewasser stark an die Ein- und Ausströmungsbedingungen dieses Bereichs gekoppelt. Über Tage und Wochen gleich bleibende Windverhältnisse einer dominierenden Windrichtung können so den mittleren Wasserstand (Wst) der Ostsee maßgeblich beeinflussen. Während Winde aus Osten das Wasser in Richtung Nordsee treiben und so für einen verringerten mittleren Wasserspiegel sorgen, begünstigen andauernde West- und Südwestwinde den Einstrom von Salzwasser in die Ostsee. Der daraus resultierende, über einen Zeitraum von wenigen Wochen variierende mittlere Wasserstand wird Füllungsgrad oder in Bezug auf nachfolgende Extremereignisse auch Vorfüllung genannt (Baerens 1998b; Hupfer et al. 2003). Eine erhöhte Vorfüllung kann zu erhöhten Wasserständen beitragen (Hupfer et al. 2003), hat im Vorlauf eines Extremereignisses jedoch keinen signifikanten Einfluss auf dessen Entstehung (Mudersbach und Jensen 2009b). Die Thematik der Ostseefülle und des Einflusses auf Extremwertereignisse wird u.a. in (Hupfer et al. 2003; Mudersbach und Jensen 2009a, 2009b) diskutiert. Durch die Dynamik der genannten Prozesse sowie die Ostseeform (großes Verhältnis von Länge zu Breite) können zusätzlich ein- und mehrknotige Eigenschwingungen (Seiches) des gesamten Ostseebeckens entstehen. Aufgrund der meteorologischen Bedingungen sowie der Größe und Form der Ostsee entstehen jedoch überwiegend einknotige Schwingungen, welche an den Schwingungsbäuchen bei einer Periode von ~31h Amplituden von bis zu 1 m erreichen können (Hupfer et al. 2003). Das Abklingen dieser Schwingungen dauert nicht länger als vier Perioden.

Durch ihre verhältnismäßig kurze und ereignisreiche (geologische) Geschichte befinden sich die Küstenzonen der Ostsee und dadurch auch die gemessenen Wasserstände weiterhin im Wandel. Insbesondere das Abschmelzen der skandinavischen Gletschereismassen infolge eines Klimawandels nach der Weichseleiszeit vor ca. 10000 Jahren bewirkt bis heute andauernde Änderungen der Küstenform. Durch die fehlende Auflast des Gletschereises auf den Landmassen ist ein Prozess im Gange der je nach Region die Landmassen (vorwiegend) vertikal hebt oder senkt. Dieses Phänomen wird als glaziale Isostasie bzw. dessen Bewegungsprozesse als glaziale isostatische Anpassung (GIA) bezeichnet. Sie ist Gegenstand zahlreicher Modelle und Forschungen, die die Landbewegungen versuchen möglichst exakt zu beschreiben und nachzuvollziehen (Ågren und Svensson 2007, 2011; Jivall et al. 2016; Peltier 2004; VESTØL ET AL. 2016). Die Größenordnung dieser Bewegungen kann im Bereich der global detektierten Änderungen des mittleren Meeresspiegels liegen und ist dadurch als wichtiger Einflussfaktor in die vorgesehenen Analysen einzubeziehen. Eines der Ziele des Projekts war es, die Prozesse der GIA für Pegelstationen zu quantifizieren um sie in die Auswertung und Beurteilung der langfristigen Meeresspiegelveränderungen einzubeziehen. Weitere Einflussfaktoren auf die vertikale Bewegung der Landmassen können z.B. Gas oder Grundwasserentnahmen sein.

Zusammenfassend entsteht die Variabilität der Ostseewasserstände stets aus der Interferenz der einzelnen Signalanteile (Vorfüllung, Gezeiten, Eigenschwingung, Windstau,…). Findet eine Überlagerung der Signalanteile statt, kann es zu besonders extremen Sturmhochwasserereignissen kommen (z.B. November 1872). Insgesamt werden die Wasserstände der Ostsee aufgrund der im Vergleich zur Nordsee geringeren Gezeiteneinflüsse als atmosphärisch dominiert angesehen (BACC II Author Team 2015; Meissner 1924).

2.2 Definition und Terminologie von Sturmhoch- und Sturmniedrigwasser

In der einschlägigen Literatur wird keine einheitliche Terminologie für besonders hohe oder niedrige Wasserstände in der Ostsee verwendet. So kommt es häufiger vor, dass trotz unterschiedlicher Entstehungsprägung für Nord- und für Ostseehochwasserstände von Sturmfluten gesprochen wird. Während die Wasserstände in der Nordsee dabei hauptsächlich durch die Gezeiten, also durch Ebbe und Flut bestimmt werden, dominieren in der Ostsee die Einflüsse aus Wind und Luftdruck (Hupfer et al. 2003). Der Begriff Sturmflut gilt für die Ostsee also nur dann, wenn bei der Verwendung darauf hingewiesen wird dass es sich bei Sturmfluten nicht um Hochwasserstände bedingt durch maßgeblichen Einfluss der Gezeitenwirkung im Sinne einer Sturmtide handelt (Hupfer et al. 2003). Es handelt sich dann um Fluten, die bedingt und überlagert durch verschiedene andere Faktoren in der Ostsee (Eigenschwingung, Vorfüllung, Windstau) erst zu extremen Wasserständen führen. Nach Kannenberg (1956) ist der Gebrauch dieser Terminologie jedoch zulässig, da es sich in seinem Erscheinungsbild, den Folgen und den meteorologischen Grundbedingungen nach um ein ähnliches Phänomen handelt wie es beispielsweise auch an der Nordsee vorzufinden ist. Für die vorliegende Arbeit wird die Terminologie des Sturmhochwassers verwendet, auch um Missverständnissen vorzubeugen.

Die Wahl der Definition von Sturmhochwasserereignissen bzw. Sturmhochwasserständen wurde bei Forschungsarbeiten in der Vergangenheit in der Regel an die zu untersuchende Fragestellung gekoppelt (Hupfer et al. 2003). So eignet sich die über das Deutsche Institut für Normung e.V. (DIN) in der Nr. 4049 (DIN 4049-3) gebräuchliche Festlegung üblicherweise, um eine vom Meeresspiegelanstieg unabhängige Untersuchung eines sich verändernden (ggf. trendbehafteten) Sturmflutgeschehens ermitteln zu können. Die Ermittlung der Wasserstandshöhen basiert definitionsgemäß auf einer mittleren jährlichen Überschreitungszahl, sodass diese pegelspezifisch und zeitbezogen stattfindet. Sollen die Einwirkungen auf den Küstenbereich untersucht werden, ist es zweckmäßig eine Festlegung zu wählen die den Meeresspiegelanstieg und daraus hervorgehende Belastungen für Küstenzonen einbezieht (z.B. (BSH 2017; Seidel 1994). Die Höhen sind dabei nach den potentiellen Gefahren für die Küstenbewohner ausgelegt.

Es existieren weitere Definitionen für Sturmhochwasser an der Ostsee. Ein Übersicht zu bestehenden Definitionen ist in Tabelle 2-1 aufgezeigt (u.a. nach Meinke (1998)). Es wird ersichtlich, dass Sturmfluten stets einer Differenzierung in mindestens drei Kategorien unterzogen werden. Der ehemaligen Definition des Seehydrologischen Dienstes (SHD) folgt das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) heutzutage nicht mehr. Aktuelle Sturmhochwasserdefinitionen sowie zweimal täglich Sturmflutvorhersagen können auf der Homepage des BSH (www.bsh.de) eingesehen werden.

Das BSH verwendet zum gegenwärtigen Zeitpunkt (2018) die Bezeichnungen Sturmflut (I), mittlere (II), schwere (III) und sehr schwere Sturmflut (IV). In Hupfer et al. (2003) wird von leichten, mittleren und schweren Sturmfluten gesprochen. Baerens (1998a) verwendete erstmals den Begriff von ausgeprägten Sturmfluten für solche der Kategorie III. In Hupfer et al. (2003) wird u.a. aufgrund der Ausführungen von Sterr (1985) zur besonderen morphologischen Relevanz der Sturmhochwasser zwischen 50-99 cm über Mittelwasser eine zusätzliche Klasse betrachtet. In dieser Arbeit wird im Wesentlichen der Definition nach BSH gefolgt. In Bezug auf extreme Niedrigwasserstände ergibt sich in der Literatur eine weniger stark ausgeprägte Divergenz zwischen den verwendeten Terminologien, da der zur Sturmflut korrespondierende Begriff „Sturmebbe“ in der Regel (auch an der Nordseeküste) nicht verwendet wird. Das BSH verwendet derzeit die folgenden Definitionen für Niedrigwasser (Sztobryn et al. 2009):

- Niedrigwasser sind solche, die 100 cm unter Normalmittelwasser (NMW) liegen
- Offizielle Alarm- und Warnpegelstände:
    - 75 cm u. NMW
    - 100 cm u. NMW
    - Schifffahrtswarnungen werden bei Wst ≤ 60 cm u. NMW ausgegeben

Der vom BSH vorgenommenen Einteilung für Sturmniedrigwasser wird auch in dieser Arbeit gefolgt.

Tabelle 2-1: Klassifikation von Ostseesturmhochwasserständen mit unterschiedlichen Kriterien (verändert nach (Hupfer et al. 2003; Meinke 1998))

	Krüger (1911)	Von Bülow (1954 a,b)	SHD (1964)	General-plan`94 (1994)	DIN 4049 (1994)	BSH (2018)
Kriterium:	Festlegung willkürlich	Ausmaß des materiellen Schadens bestimmt Wasserstandsstufen	Wasserstand, der die Bevölkerung gefährden und ihr materiellen Schaden zufügen kann	Küsten- und Hochwasserschutz der Außen- sowie Haff- und Boddenküsten MV's	Mittlere jährliche Überschreitungszahl von Wasserständen über Mittelwasser	
Kategorie[1]	**cm ü. MW**	**cm ü. MW**	**cm ü. MW**	**cm ü. NN**	**Überschreitungszahl**	**cm ü. MW**
I	Ab 125…130	125-150	100-124	100-140 (80-110)	2-0,2	100-125
II	Keine Angabe	150-200	125-149	141-170 (111-130)	0,2-0,05	125-150
III	Keine Angabe	> 200	≥ 150	≥ 170 (≥ 130)	<0,05	150-200
						IV >200

[1] Die Kategorien tragen unterschiedliche Bezeichnungen, am häufigsten werden leichte (I), schwere (II) und sehr schwere Sturmfluten (III) verwendet.

[2] Die in Klammern stehenden Zahlen beziehen sich auf Bodden- und Haffküsten.

2.3 Historische Wasserstandsdaten der südwestlichen Ostseeküste

Im Zuge des Aufbaus und der Bearbeitung der verfügbaren Pegelzeitreihen in einer Wasserstandsdatenbank wurden wissenschaftliche Abhandlungen und Dokumentationen zur Thematik historischer Wasserstände akquiriert. Aufgrund der Herausforderungen dieser Recherchen ist für dieses Kapitel eine Übersicht der für die Datenakquise bedeutenden Inhalte von Quellen historischer Wasserstandsdaten aufgeführt. Dies soll es Forschenden erleichtern eine Übersicht über die durchgeführten Aufzeichnungen von Wasserstandsdaten der südlichen und südwestlichen Ostseeküste zu erlagen und den Rechercheaufwand

minimieren. Ein Anspruch auf Vollständigkeit kann natürlich nicht erhoben werden, weiterführende Informationen finden sich beispielsweise im Schrifttum dieser und der aufgeführten Arbeiten.

(SEIBT 1881) – DAS MITTELWASSER DER OSTSEE BEI SWINEMÜNDE

Prof. Seibt fasst in dem im Jahr 1881 erschienenen Werk die Arbeiten des Königlichen Geodätischen Preussischen Instituts (KGPI) in Bezug auf den Pegel Swinemünde aus den Jahren 1826-1879 zusammen. Hierbei werden vornehmlich mittlere Jahres- und Monatswasserstände behandelt. Es wird dabei ebenso auf die Konstanz der Höhenlage des Pegels bei Swinemünde eingegangen.

(PASCHEN 1882) – DIE GEOMETRISCHEN NIVELLEMENTS

Das von der Großherzoglich Mecklenburgischen Landesvermessung herausgegebene Werk enthält Informationen zur Durchführung von Nivellements, Beschreibungen der verwendeten Geräte sowie Berichte über die durchgeführten Nivellements verschiedener Ordnungen. Der in Bezug auf Wasserstandsbeobachtungen wesentliche Teil befindet sich im Nachtrag. Es findet sich eine historische Informationssammlung zu den Pegeln in Wismar und Warnemünde wieder, die die Bestimmung der Lage der Festpunkte, die Höhenlage bzw. Verschiebungen und Höhenbezüge der Pegel und jährliche Wasserstandsangaben von 1848 bis 1881 aufzeigt. Jahresmittel- und Extremwasserstände sind von 1848-1881 für Pegel Wismar und von 1855-1881 für Pegel Warnemünde aufgeführt.

(SEIBT 1885) – DAS MITTELWASSER DER OSTSEE BEI TRAVEMÜNDE

In der Fortsetzung der Reihe von Prof. Seibt aus dem KGPI wird über die mittleren Wasserstandsverhältnisse des Pegels Travemünde berichtet. Es ist auch eine Zusammenstellung der Wasserstandsbeobachtungen aus den Jahren 1855-1884 vorhanden. Über die Höhenlage des betrachteten Pegels wird berichtet, ebenso wie über den Einfluss des Windes auf die mittleren Wasserstände.

(SEIBT 1890) – DAS MITTELWASSER DER OSTSEE BEI SWINEMÜNDE – ZWEITER TEIL

Das ebenso von Prof. Seibt veröffentlichte Werk bildet eine „Erweiterung der im Jahre 1881 veröffentlichten ersten Mitteilung um 24 Beobachtungsjahre“. Die betrachtete Beobachtungsperiode umfasst demnach die Jahre 1811-1888, wobei erneut auch die Konstanz der Höhenlage des geprüft wurde.

(KÜHNEN 1916; WESTPHAL 1900) - DAS MITTELWASSER DER OSTSEE

In den Berichten des Königlichen Preussischen Geodätischen Instituts wird um die Jahrhundertwende des 19. Jahrhunderts über die Wasserstände an der damaligen deutschen Ostseeküste berichtet. Diese können vor Einführung der Deutschen Gewässerkundlichen Jahrbücher (DGJ) 1901 als wichtige Quelle für Wasserstandsdaten aus dem 19. Jhd. herangezogen werden.

Die Berichte von Prof. Westphal (1900) und von Prof. Kühnen (1916) werden daher gesondert erwähnt, weil dort nicht nur über die Auswertung der mittleren Verhältnisse des Ostseewasserstandes berichtet wird, sondern auch Wasserstandslisten mit 12h-Terminwerten von 1882-1897 (Westphal) und von 1898-1910 (Kühnen) enthalten sind.

Recherchen im Projekt haben ergeben, dass die bereits von Liebsch (KFKI 2000; Liebsch 1997) digitalisierten Werte z.T. scheinbar wieder verloren gegangen sind. Daher ist innerhalb der Projektgruppe beschlossen worden, diese historischen Daten von bedeutendem wissenschaftlichem Wert erneut zu digitalisieren, diese in die Auswertungen für das Projekt einzubeziehen und sie für Forschungen u.a. über die für Wasserstandsdaten zuständigen Ämter verfügbar zu machen. Neben der reinen Widerherstellung der digitalen Datensätze ist im Hinblick auf die daraus hervorgehende Erstellung der Monatsmittelwerte zusätzlich eine Verbesserung aufgrund einer aktualisierten Gezeitenkorrektur durchgeführt worden (vgl. AMSeL Ostsee A: Kelln et al. 2019). Die von Liebsch (1997) errechneten Korrektionen beruhten auf Daten einer stündlichen Reihe von etwa 12 Jahren Länge und konnten demnach auch nur periodische Anteile dieser Länge korrigieren. Mittlerweile stehen den Projektpartnern jedoch hochaufgelöste Reihen über Zeiträume von 50 Jahren (und mehr) zur Verfügung, sodass die Korrektur des Gezeiteneinflusses verbessert werden konnte.

(KRÜGER 1910) – STURMFLUTEN AN DEN DEUTSCHEN KÜSTEN DER WESTLICHEN OSTSEE

In drei Abschnitten berichtet Krüger über das Quellenmaterial zur Kenntnis von Sturmfluten der westlichen Ostsee bis 1904 und zeigt eine Zusammenstellung von historisch bekannten (extremen) Hochwasserereignissen der südlichen Ostsee. Die Auswertung ergibt, dass in Trockenperioden vermehrt von Sturmfluten berichtet wird, da dort eine größere Neigung zu starken Luftdruckstörungen besteht. Weiterhin wird berichtet, dass etwa 78 % der Sturmhochwasser auf Herbst und Winter fallen. Im dritten Teil wird speziell die Sturmflut von 1904, deren Entstehung, Verlauf und Höhe diskutiert.

(MEISSNER 1924) – KURZE UND LANGE WASSERSTANDSÄNGERUNGEN DER OSTSEE

Meissner dokumentiert in dieser Publikation seine Erfahrungen mit den periodischen Komponenten der Wasserstandsdynamik. Hierbei werden sowohl Seebären und tägliche Gezeiten, als auch halb- und mehrjährige Perioden diskutiert. Erwähnt wird auch eine angenommene langfristige Periodizität mit einer Periode von etwa 100 Jahren. Dessen Minimum wird von Meissner um das Jahr 1860 und dessen Maximum um das Jahr 1910 angenommen.

(GAYE 1951) – WASSERSTANDSÄNDERUNGEN IN DER OSTSEE IN DEN LETZTEN 100 JAHREN

Gaye beschreibt in seiner Arbeit die mittleren Wasserstände der Ostsee. Für den Küstenbereich im Fokusgebiet fasst er hierbei die über 19j. gemittelten monatlichen Mittelwasserstände der Stationen Schleimünde, Travemünde, Marienleuchte, Barhoeft, Swinemünde, Kolberg und Pillau zusammen. Auch dänische (Hornbaek, Gedser), schwedische (Vyborg,

Nedre Södertalje, Björn, Draghallan und Ratan) sowie finnische (Rönnskar, Lyokkim, Lypittri, Jungfrusund, Söderskär) Monatsmittel werden dargestellt. Es wird auch auf die Entwicklung der mittleren Wasserstände in den einzelnen Monaten eingegangen. Die verwendete Datenbasis reicht (je nach Pegelstation) bis weit ins 19. Jhd. zurück. Eine Auflistung der numerischen Werte existiert jedoch nicht. Die Wasserstände sind stets als Verläufe dargestellt.

(PETERSEN 1952) – ABBRUCH UND SCHUTZ DER STEILUFER AN DER OSTSEEKÜSTE

Aus dieser Publikation ist die von Petersen fortgeführte Liste (siehe (Krüger 1910)) der extremen Hochwasserereignisse über einem Grenzwert von 1,5 m ü.MW besonders erwähnenswert.

(KANNENBERG 1956) – EXTREM-WASSERSTÄNDE AN DER DEUTSCHEN BELTSEEKÜSTE IM ZEITRAUM 1901-1954

Als besonders erwähnenswert kann in diesem Abschnitt die Veröffentlichung von Kannenberg betrachtet werden. Es wird eine Zusammenstellung bisheriger Literatur zur Analyse von Extremwasserständen bzw. Wasserstandsverläufen der Ostseepegel vorgestellt. Er merkt an, dass aus der guten durch die DGJ's noch keine genügende Gesamtschau der HW und NW Stände für eine Vielzahl von Pegelstationen eines größeren Küstenabschnittes (insb. Schleswig-Holstein und Mecklenburg-Vorpommern sind hier gemeint) geliefert wird. Im Weiteren fasst Kannenberg die Änderungen der Nullpunktlagen (NN-Bezüge) der Pegel Flensburg, Schleimünde, Kiel, Marienleuchte, Lübeck-Staatswerft, Travemünde, Wismar und Warnemünde im betrachteten Zeitraum zusammen. Als weiteres wichtiges Merkmal des Textes können die auf das neue NN System umgerechneten Listen der Hoch- und Niedrigwasserereignisse angesehen werden (i.d.R. Wst über 1,5m NN n.S.).

(MONTAG 1964) – DIE WASSERSTÄNDE AN DEN EHEMALIGEN PEGESTATIONEN DES GEODÄTISCHEN INSTITUTS POTSDAM BIS 1944

In der Veröffentlichung von Montag des Geodätischen Instituts Potsdam wird über die Wasserstände der Pegelstationen aus Travemünde, Marienleuchte, Wismar, Warnemünde, Arkona, Swinemünde, Stolpmünde und Pillau berichtet. Insbesondere werden dort auch Reduktionen der Daten auf ein einheitliches Höhensystem vorgenommen, sodass sich am Ende des Berichts eine Zusammenstellung von Wasserstandslisten mit Monatsmittelwerten der genannten Stationen wiederfindet. Diese Listen sind im Projekt AMSeL_Ostsee vollständig digitalisiert worden.

(JENSEN UND TÖPPE 1986) – ZUSAMMENSTELLUNG UND AUSWERTUNG VON ORIGINALAUFZEICHNUNGEN DES PEGELS TRAVEMÜNDE/OSTSEE AB 1826

Die in einem Sonderdruck der Deutschen Gewässerkundlichen Mitteilungen erschienene Veröffentlichung von Jensen und Töppe (1986) erläutert die Auswertung historischer Aufzeichnungen am Pegel Travemünde und stellt am Ende des Berichts die bis dato längste zusammenhängende Zeitreihe von Monatsmittelwerten an der deutschen Ostseeküste von

1826-1985 zusammen. Insbesondere vor 1855 hat es jedoch in häufigem und teils schwer nachvollziehbarem Maße Pegelverschiebungen gegeben. Aus heutiger Sicht sind die Verschiebungen nur schwer oder gar nicht zu korrigieren. Werden Wasserstände dieser Zeiträume in die Analysen einbezogen, sollten darauf aufbauende Interpretationen mit Bedacht vorgenommen werden. Empfohlen wird, Daten dieser Zeiträume außen vor zu lassen.

(LIEBSCH 1997) – AUFBEREITUNG UND NUTZUNG VON PEGELMESSUNGEN FÜR GEODÄTISCHE UND GEODYNAMISCHE ZIELSTELLUNGEN

Aus der Dissertation von Liebsch sind die Monatsmittelwertzeitreihen der Stationen Wismar (1848-1992) und Warnemünde (1855-1992) hervorgegangen. Liebsch (1997) beschreibt die Quellen für seine Daten sowie die Entwicklung von Korrekturfaktoren. Um diese anwenden zu können reduziert Liebsch (1997) die Daten aller herangezogenen Quellen auf einen einheitlichen Höhenbezug (HN 76). Liebsch dokumentiert als Quelle von Monatsmittelwerten vor 1882 Aufzeichnungen aus dem Archiv des königlichen Geodätischen Instituts Potsdam, welche jedoch bislang nicht erneut aufzufinden waren. In einer Analyse der Pegelreihen untersucht Liebsch (1997) den Einfluss der Zeitreihenlänge auf die Ermittlung eines linearen Trends. Die Zeitreihen für Wismar und Warnemünde nach Liebsch wurden in diesem Projekt digitalisiert und für Vergleichszwecke herangezogen. Die Gezeitenkorrektur nach Liebsch beruhte auf einem anderen Datensatz, der nun aktualisiert und verbessert werden konnte.

(SCHUMACHER 2003) – FLUTKATASTROPHEN AN DER DEUTSCHEN OSTSEEKÜSTE

Schumacher (2003) berichtet über besonders extreme Sturmfluten seit der mittelalterlichen Kolonialisierung. Darin ist auch ein ausführlicher Bericht über die Novembersturmflut vom 13.11.1872 enthalten. U.a. enthält die Monographie auch eine Liste mit einer chronologischen Übersicht von Sturmfluten mit mittleren Sturmfluthöhen der Ostseeküste (Mittelung über sechs Pegel) aus dem Zeitraum von 1872-2002.

(FEISTEL ET AL. 2008) – STATE AND EVOLUTION OF THE BALTIC SEA – 1952-2005

Das von Feistel et al. (2008) herausgegebene Buch enthält einen digitalen Anhang mit Aufzeichnungen von Wasserstandsdaten der Stationen Gedser, Hornbaek (beide Dänemark), Landsort (Schweden), Memel (heute Klaipeda, Litauen), Arkona, Warnemünde, Travemünde, Kiel-Holtenau und Sassnitz. Die zusammengestellten Wasserstandsdaten aus Landsort, Hornbaek und Gedser sowie von Kiel-Holtenau und Travemünde sind heutzutage auf Anfrage bei den pegelbetreibenden Institutionen frei verfügbar. Besonders interessant sind die Daten der Stationen Sassnitz, Arkona und Warnemünde. Der abgedeckte Zeitraum erstreckt sich von 1910-1940 wobei tägliche Terminwerte (zu unterschiedlichen Uhrzeiten) enthalten sind. Nach weiteren Recherchen wurde herausgefunden, dass das Archiv vom Institut für Ostseeforschung Warnemünde (IOW), an dem die Arbeiten für das Buch durchgeführt wurden, historische Wasserstandslisten weiterer Stationen der Ostseeküste beherbergt. Kopien einer Vielzahl dieser Wasserstandslisten liegen nun auch an der TU Hamburg vor.

Die genannten Dokumente zu Wasserstandslisten und Metainformationen wurden im Zuge des Projekts auf Ihre Nutzbarkeit hin ausgewertet und, wenn dies einen Mehrwert versprach, in die Digitalisierungsarbeiten einbezogen. Neben den genannten Veröffentlichungen sind sicherlich weitere historische Werke mit enthaltenen digitalen oder analogen Wasserstandslisten verfügbar, über dessen Existenz die Verfasser dieser Arbeit sehr gerne informiert werden würden.

2.4 Extremwertanalysen im südlichen Ostseeraum

Analysen extremer Wasserstände werden bereits seit geraumer Zeit (s. Kapitel 2.1), spätestens aber seit der höchsten gemessenen Sturmflut vom November 1872 für die an Pegelstationen der süd(west-)lichen Ostsee gewonnenen Wasserstandsdaten durchgeführt. In einer ersten Übersicht sind im Kapitel 2.3 wesentliche Werke mit historischen Wasserstandslisten aufgeführt. Darin werden z.T. auch Extremwertanalysen der vorgestellten Daten durchgeführt (Kannenberg 1956). In diesem Kapitel wird nun eine kurze Übersicht über den aktuellen Stand der Forschung gegeben.

Hupfer et al. (2003) haben zu Beginn des neuen Jahrtausends ein Übersichtswerk zur Thematik der Wasserstände der Ostsee geschaffen. Darunter findet sich auch eine Übersicht zu den Entstehungsbedingungen, historischen Wasserstandsmarken und die Klassifizierung von Extremwasserständen. Mudersbach und Jensen (2009b) haben im Projekt MUSTOK 10 deutsche Ostseepegel hinsichtlich extremer Wasserstände auf Basis mittlerer und jährlicher Höchstwasserstände untersucht. Hierbei wurde auch ein methodischer Ansatz entwickelt, der teils signifikante Unterschiede zur klassischen Anwendung hervorruft. Der Ansatz ermöglicht einzelne historische Ereignisse in die Auswertungen einzubeziehen („integrierte Extremwertstatistik“). In der Regel hat sich eine Reduktion der Jährlichkeit für besonders seltene Ereignisse ergeben (z.B. Travemünde 1872).

Im Weiteren hat das BSH Rostock gemeinsam mit Kollegen des polnischen Seedienstes eine Veröffentlichung zu den gefährlichsten Sturmfluten im Zeitraum von 1975 bis 2005 angefertigt (Sztobryn et al. 2005). In der Monographie enthalten ist neben der Zusammenstellung von Literaturangaben zur detaillierten Beschreibung einzelner Sturmflutereignisse (-kollektive) auch eine Übersicht der international gebräuchlichen Definitionen für Sturmfluten, ebenso wie die Beschreibung der Eigenschaften, Häufigkeiten sowie der meteorlogischen Umstände der beschriebenen Sturmfluten. Wie auch von Meinke (1998) wird ein vermehrtes Auftreten von Sturmfluten festgestellt. Die Auswertung nach Dekaden ergibt einen Anstieg von 13 (50er Jahre) über 15 (60er) und 22 (70er) bis hin zu 34 (80er) und 32 Sturmhochwasserereignissen in den 90iger Jahren.

In den Arbeiten von Salecker und Fröhle (2014) wurden Wasserstandsdaten der Nord- und der Ostsee analysiert. Anhand gemessener Sturmflutganglinien wurde eine Methodik zur Parametrisierung von Sturmfluten zur Erzeugung synthetischer Ganglinien individueller Pegelstationen erzeugt. Mit dem erzeugten Sturmflutsimulator lassen sich Ganglinien einer

beliebigen Wahrscheinlichkeit erzeugen. Für Mecklenburg-Vorpommern (MV) ist im Regelwerk Küstenschutz (Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz MV 2010) anhand von Analysen der Wasserstandsdaten von Ostseestationen in MV eine Methodik zur Bestimmung eines Bemessungshochwasserstands vorgestellt worden. Diese berücksichtigt einen Klimazuschlag von 0,5 m für die kommenden 100 Jahre.

Seit einiger Zeit kommen auch numerische und statistische Modelle zu Einsatz (Hupfer et al. 2003; Meinke 1998; Mudersbach und Jensen 2009a; Weidemann 2014). Es wird so versucht, das Verhalten der Ostseewasserstände nachzubilden um z.B. Projektionen für zukünftige Sturmflutereignisse abzuleiten. U.a. aus der Diplomarbeit von Meinke (1998) geht hervor, dass der mittlere zeitliche Abstand zwischen zwei Ostsee-Sturmfluten sich von drei auf zwei Jahre reduziert zu haben scheint. Diese Beobachtung hat sich bislang jedoch als nicht signifikant herausgestellt.

In der Dissertation von Weidemann (2014) werden Rekonstruktionen von Sturmfluten analysiert. Der Modellantrieb erfolgt über Luftdruck- und Windfelder. Der Einfluss anderer Faktoren (wie dem Meeresspiegelanstieg) wird damit versucht auszuschließen. Die von Weidemann festgestellten leichten Anstiege in der Häufigkeit der Sturmfluten werden u.a. anhand von erhöhten Häufigkeiten von Eigenschwingungen erklärt, die auch Meinke (1998) bereits feststellte. Zusammenfassend konstatiert Weidemann (2014) u.a., dass Eigenschwingungen oder eine erhöhte Vorfüllung der Ostsee maßgebliche Faktoren für Extremwasserstände sein können.

Der Frage, ob Sturmfluthöhen einer trendbehafteten Änderung bedingt durch klimatische Ereignisse unterliegen, haben sich Richter et al. (2012) angenommen. Es konnten jedoch keine klimabedingten Änderungen nachgewiesen werden. Auf diesen Umstand weisen auch die Autoren des zweiten Buches zur Bewertung des Klimawandels in der Ostsee hin (BACC II Author Team 2015). Dennoch werden von Weidemann (2014), Mudersbach und Jensen (2009a) und auch Meinke (1998, 1999) lineare Trends im Bereich weniger Millimeter pro Jahr bei den Extremwasserständen detektiert. Abhängig vom betrachteten Zeitfenster weisen diese jedoch erheblich variierende Trends im negativen (Meinke 1998) oder positiven (Gönnert et al. 2004) Bereich auf. Insgesamt deutet die vorhandene Literatur an, dass etwaige Trends bei extremen Wasserständen höher ausfallen als beim Mittelwasser. Weitere Literatur zu Extremereignissen wird in den Zwischenberichten des Projekts diskutiert (Patzke et al. 2016a, 2017a). Verweilzeiten von Sturmhochwasserereignissen nehmen maßgeblich auf die Schadenswirkung solcher Ereignisse Einfluss. An der Ostsee ist dieser durch die geringe Gezeitenwirkung besonders hoch, da Höchstwasserstände so über mehrere Tage wirken können. Untersuchungen finden sich u.a. in Meinke (1998) und Weidemann (2014), wobei eine Tendenz zu steigenden Verweilzeiten in mehreren Zeitskalen von Sturmflutwasserständen auf einem nicht signifikanten Niveau nachgewiesen wurde.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass in den bisherigen Studien meist wenige tatsächliche Pegelmessreihen betrachtet wurden (Gönnert et al. 2004; Meinke 1998), Auswertungen sich auf die Analyse von Jahreshauptwerten (tlw. mit Einbeziehung historischer Einzelereignisse) von Pegelstationen der deutschen Küste beschränkt (Mudersbach und

Jensen 2009a) oder das Modelle zur Analyse der Einflussgrößen verwendet wurden (Weidemann 2014). Im Projekt war es daher das Ziel auch Wasserstandszeitreihen des weiteren Ostseeraums mit in die Analysen einzubeziehen bzw. die Ergebnisse zu vergleichen. An dieser Stelle soll eine kurze Erwähnung internationaler Forschungsarbeiten zu Extremwasserständen in der Ostsee gegeben werden. Aus Polen (Wolski et al. 2014; Wolski und Wiśniewski 2014), Litauen (Dailidiene et al. 2006), Estland (Suursaar und Sooäär 2007), Finnland (Johansson et al. 2001; Johansson 2014), Russland (Bogdanov 2000; Bogdanov und Malova 2009; Kulikov und Medvedev 2013) und Schweden (Ekman 1988; Hammerklint 2009) sind u.a. die aufgeführten Arbeiten erwähnenswert.

In Bezug auf extreme Niedrigwasserereignisse (NW) und die Untersuchung von Verweilzeiten bei Sturmfluten ist die Informations- und Untersuchungslage weit weniger eindeutig. Extreme Niedrigwasserereignisse zwischen 1900-1954 wurden für acht Ostseepegel aus SH und MV mit Wasserständen von 150 cm unter NN neues System (NN n.S.) (an mindestens einem der untersuchten Pegel) bereits von Kannenberg (1956) zusammengestellt und beschrieben. In den meisten Untersuchungen von Extremereignissen findet die Form der NW-Ereignisse ungleich weniger Beachtung, da die Gefahr für Leib und Gut der Küstenbewohner nur in geringem Maße vorhanden ist. Kenntnisse über die zeitliche Entwicklung von Niedrigwasserereignissen sind jedoch gerade für die Schifffahrt von Interesse. Die Befahrbarkeit von Häfen hängt häufig von Grenzwasserständen ab, welche nicht unterschritten werden dürfen. Eine langfristige Änderung im Niedrigwasserverhalten wird demnach vorwiegend aus monetären Gesichtspunkten betrachtet, zumal sich das Aufkommen im Schiffsverkehr stetig erhöht und die genutzten Schiffe zunehmend mehr Tiefgang besitzen. Eine vom BSH Rostock zusammengestellte Monografie (Sztobryn et al. 2009) zu Niedrigwassern der südlichen Ostsee fasst die wesentlichen Charakteristika anhand einer Auswertung von fünf Pegelzeitreihen mit stündlichen Werten im Zeitraum von 1958-2005 zusammen und analysiert das Auftreten der Ereignisse auch anhand der meteorologischen Lage. Als wichtigster Faktor wird ablandiger Wind festgehalten (etwa 90 % der Fälle). Die häufigste Ursache sind jedoch zonale Zirkulationsbedingungen mit Westlage (Sztobryn et al. 2009). Die Stärke und Häufigkeit der meist in den Wintermonaten auftretenden NW nehmen dabei nach Osten hin ab.

Hinsichtlich der vorhandenen Untersuchungen zu Wasserständen und deren Entwicklung, Eigenschaften, Variabilität und Vorhersagen kann hier bei weitem kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben werden. Dennoch ist anzunehmen, dass es über die Übersicht der angegebenen Literatur möglich ist (zumindest für den deutschen Raum) einen Überblick zu bisherigen Arbeiten zu erlangen. Bei tiefergehendem Interesse empfiehlt sich das Studium des Schrifttums.

3 Datenmanagement

3.1 Datenakquise

Im Rahmen des Projekts sind digitale Wasserstandsdaten für Pegelstationen aller Anrainerstaaten der Ostsee akquiriert, umformatiert, digitalisiert und über eine Datenbank für die Projektteilnehmer in einem einheitlichen Format zur Verfügung gestellt worden.

Für den Datenbankaufbau wurden im Rahmen der Datenakquise Anfragen an die pegelbetreibenden Institutionen der Anrainerstaaten der Ostsee sowie innerhalb Deutschlands an die Bundesländer und zugehörige Institutionen gestellt, Daten von den Internetauftritten der jeweiligen Länderbehörden bezogen sowie umfassende Literatur- und Archivrecherchen durchgeführt. Das stets vorrangige Ziel war es dabei möglichst hochaufgelöste Daten zu akquirieren bzw. die wachsende Datenbasis um fehlende Informationen (z.B. historischer Daten) zu erweitern.

Die Wasserstanddatensätze und zugehörige Metainformationen stammen aus folgenden Quellen:

Deutsche Wasserstandsdaten:

- Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG)
- Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt (WSA) Lübeck
- Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt (WSA) Stralsund
- Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) Rostock
- Staatliches Amt für Umwelt und Natur (StAUN) Rostock und Internes Messnetz Küste (IMK)
- Institut für Ostseeforschung Warnemünde (IOW)
- Permanent Service for Mean Sea Level (PSMSL.org)
- PegelOnline Service der WSA
- Datensätze aus Forschungsprojekten: MUSTOK, Bemessungswasserstände
- Historische Datensätze aus Literaturquelle, siehe Punkt 3.3

Internationale Wasserstandsdaten:

- Allgemein: Permanent Service for Mean Sea Level (psmsl.org)
- Schweden: SMHI, Swedish Meteorological & Hydrological Institute
- Finnland: FMI, Finnish Meteorological Institute, GESLA, Global Extreme Sea Level Analysis (Woodworth et al. 2016)
- Russland: Literaturquellen (Bogdanov 2000)
- Estland: EEA, Estisches Umweltministerium
- Lettland: LVGMC, Lettisches Zentrum für Umwelt, Geologie und Meteorologie
- Litauen: EPA, Environmental Protection Agency
- Polen: GESLA, Global Extreme Sea Level Analysis (Woodworth et al. 2016)

- Dänemark: DMI, Danish Meteorological Institute sowie UHSLC University of Hawaii Sea Level Center

Ergänzend hinzugefügt wurden aus der Literatur zusammen getragene Informationen (u.a. (Bogdanov 2000; Ekman 1988; Kannenberg 1956; Kühnen 1916; Liebsch 1997; Montag 1964; Westphal 1900). Detaillierte Informationen hierzu finden sich unter Kapitel 3.3 zur Übersicht digitalisierter Listen und in der tabellarischen Datenübersicht unter Kapitel 8.2.

Der Anlage des Berichts ist außerdem ein Pegelprotokoll beigefügt (Kap. 8.1), welches nach den im Projekt vergebenen Pegelnummern entsprechend eingereiht nach Ländern sortiert ist. Zu jedem Pegel bzw. Datensatz sind folgende Informationen abgelegt (soweit verfügbar):

- der zeitliche Umfang,
- die Quellen,
- die geografische Lage der zugehörigen Pegelstation
- detektierte potentiell unplausible Zeiträume
- sowie ggf. weitere verfügbare Metainformationen der im Vorhaben vorliegenden Wasserstandsdaten.

Die aus der Akquise hervorgehenden Zeitreihen sowie daraus zusammengestellte Datensätze liegen in nachfolgend aufgeführten zeitlichen Auflösungen vor:

- Jahresmaximal-, Jahresminimal- und Jahresmittelwerte
- Monatsmaximal-, Monatsminimal- und Monatsmittelwerte
- Tagesmaximal-, Tagesminimal- und Tagesmittelwerte
- Momentanwerte mit unterschiedlichen Zeitabständen
- Stundenwerte
- 10-Minutenwerte
- Minutenwerte

Die Hauptwerte werden jeweils einzeln aufgelistet weil die Einzelkennwerte teils nicht für die gesamten Zeiträume oder nur für Einzelstationen verfügbar sind, siehe Pegelprotokoll. Übersichten zur zeitlichen Verfügbarkeit von Datensätzen bestimmter zeitlicher Auflösung und bestimmter Stationen finden sich in den Anlagen unter Punkt 8.5.

Wenn möglich wurden die Wasserstandsdaten mindestens auf das Jahr 2015 aktualisiert. Schlussendlich stehen 484 Datensätze zu 185 Pegelstationen zur Verfügung. In Abbildung 3-1 ist die Lage der im Vorhaben AMSeL Ostsee behandelten Pegelstationen verteilt über die Ostsee dargestellt. Das daraus entstehende Potential für statistische Analysen ermöglicht auch Untersuchungen, welche über die Ziele dieses Projekts hinausgehen. Die Ergebnisse dieses Arbeitspakets sind daher auch zukünftig von größtem (wissenschaftlichem) Wert.

Für den Vergleich von Wasserstandsdaten ist es zweckmäßig, die Daten in einem einheitlichen Referenzrahmen zu betrachten. Im Fokusgebiet der deutschen Küste werden aktu-

elle Wasserstandsdaten grundsätzlich bezogen auf den Pegelnullpunkt (PNP) bereitgestellt, sodass jede Station zunächst eine individuelle Höhenreferenz aufweist. Um eine Vergleichbarkeit herzustellen, wurden für die Wasserstandsdaten der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltungen (WSV bzw. WSA) aus Stralsund und Lübeck die Höhendifferenzen zum Höhenbezugssystem Normalhöhennull (NHN) bzw. Höhennull (HN) und die entsprechenden Systemdifferenzen (zw. HN und NHN) zusammen getragen. Eine Umrechnung in ein einheitliches Höhenbezugssystem (NHN) ist anschließend für die hochaufgelösten Wasserstandsdaten der dt. Küste vorgenommen worden, vgl. Abschnitt 3.4.1.

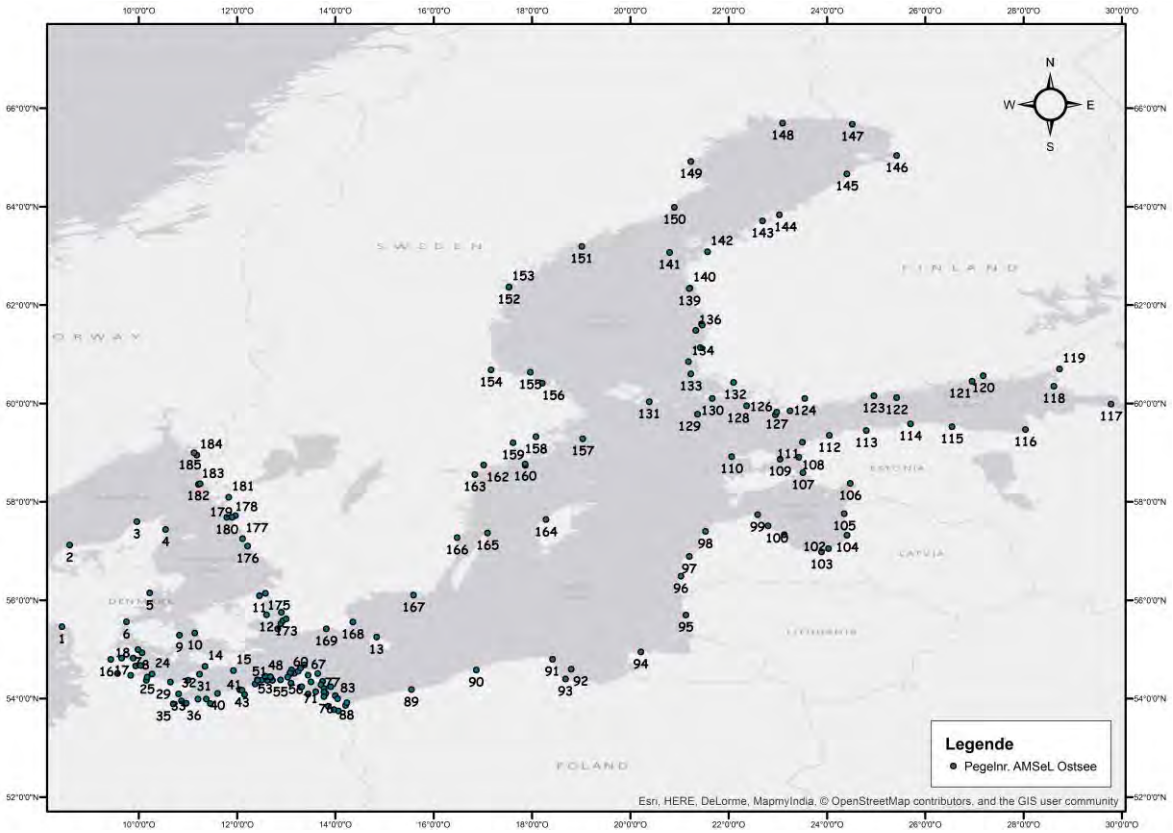


Abbildung 3-1: Lage der Pegelstationen mit aktuell für das Projekt verfügbaren digitalen Zeitreihen und eingeführter Pegelnummerierung

Für Stationen der mecklenburgischen Ostseeküste wurde zudem eine Umrechnung in das ältere HN-System (Höhennull) durchgeführt. Wurden in den Daten Offsets (z.B. in Wismar und Timmendorf, bedingt durch Pegelversetzungen vom 01.11.1985 und nachfolgende Betreuung durch das WSA Lübeck) detektiert bzw. sind Offsets bei den durchgeführten Recherchen bekannt geworden, sind diese nach bestem Kenntnisstand in die Umrechnung der Daten auf ein einheitliches Höhenbezugssystem eingeflossen. Es kann somit davon ausgegangen werden, dass die Datenbank weitgehend konsistente, hochaufgelöste Wasserstandsdaten der deutschen Küste enthält.

Die Überführung aller vorhandenen Daten des gesamten Ostseeraums in ein einheitliches Höhenbezugssystem war im vorliegenden Vorhaben nicht durchführbar. Daten eines Landes mit unterschiedlichen Höhenbezügen wurden, sofern möglich, jedoch auf das jeweilige nationale Höhensystem umgerechnet, um beispielsweise den Vergleich von Daten des Permanent Service for Mean Sea Level (PSMSL) mit Daten der nationalen Behörden durchführen zu können. Dies ermöglicht einen einheitlichen Bezug der für eine Station verfügbaren Daten und somit auch eine unter Umständen hilfreiche Zusammenführung von Datensätzen.

Zum Zweck der erweiterten Analyse und um die Vergleichbarkeit mit weiteren Datensätzen zu gewährleisten sind die im Zwischenbericht I (Patzke et al. 2016a) aufgeführten altimetrischen Daten sowie Daten von GPS-Messungen nahe Pegelstationen (wenn verfügbar ebenso für den gesamten Ostseeraum) zusammen getragen worden. Dies ermöglicht einen Vergleich der Ergebnisse unterschiedlicher Aufzeichnungsmethoden (vgl. mit Altimeterdaten) sowie die Reduktion von Wasserstandsdaten um den Einfluss vertikaler Landbewegungen (z.B. GPS/GIA Daten). Neben GPS-Messungen werden hierfür auch die aktuell verfügbaren GIA-Modelle (Ågren und Svensson 2011; Peltier 2004; STEFFEN ET AL. 2014) genutzt. Zur Einbeziehung von Landhebungserscheinungen wurden wegen Ihrer Übertragbarkeit auf jede im Projekt verfügbare Pegelstation schlussendlich GIA-Modelle bevorzugt behandelt.

3.2 Datenhaltung in einer Projektdatenbank

Neben der Archivierung der bezogenen Daten in einer Dokumentstruktur wurde projektübergreifend eine MySQL-Datenbank eingerichtet, in welche die Wasserstandinformationen in Tabellenform eingepflegt werden. Über die Oberfläche der Datenbanksoftware KueDaDeV2 können die Daten visualisiert und einfach Auswertungen durchgeführt werden (Patzke et al. 2016a).

Es sind alle verfügbaren Stundenwert-Zeitreihen, Einzelterminwert-Zeitreihen sowie die Monats- und Tagesmittelwert-Zeitreihen der bezogenen Rohdaten in die Datenbank eingepflegt worden. Weitere relevante Datensätze mit abweichenden zeitlichen Auflösungen wurden importiert. Um die großen Datenmengen automatisiert importieren zu können wurden für 17 verschiedene Datenformate Programmroutinen entwickelt. Darüber hinaus können aktualisierte Rohdatensätze in regelmäßigen Abständen nachgetragen werden. Wasserstände von PegelOnline (www.pegelonline.wsv.de/) werden beispielsweise fortlaufend in monatlichem Rhythmus in die Datenbank eingepflegt.

Neben den Zeitreihen der Wasserstände sind zu jeder Pegelstation die folgenden Informationen in der Datenbank hinterlegt:

- Geografische Lage (Längen- und Breitengrad)
- Start- und Endzeitpunkt der Zeitreihe
- Zeitliche Auflösung der Zeitreihe
- Küstentyp (Innen-, Außenküste)
- Pegelnummer (projektbezogen)
- Eindeutige Kennung
- Datenquelle
- Küstenkilometrierung (dt. Pegel, wo verfügbar)

Eine Datenbanktabelle enthält die Zeitreihen einer Station in einer bestimmten zeitlichen Auflösung, bezogen auf die verfügbaren Höhensysteme. Für jede Pegelstation existieren somit ebenso viele Datenbanktabellen wie es unterschiedliche verfügbare zeitliche Auflösungen gibt. Insgesamt enthält die Datenbank 484 unterschiedliche Kennungen, dh. für die verfügbaren 185 Pegelstationen stehen mindestens je eine, meist mehrere Zeitreihen zur Verfügung. Eine Kennung setzt sich zusammen aus einem Kürzel für einen Küstenabschnitt (in Deutschland differenziert, ansonsten das Länderkürzel) und einer fortlaufenden Zahl.

Die in Umrechnung der Wasserstandsdaten auf einen einheitlichen Höhenbezug wird in der Datenbank durch das Erstellen neuer Tabellenspalten zur jeweiligen Zeitreihe realisiert. Der ursprüngliche Höhenbezug bleibt somit stets verfügbar. Für die deutsche Küste existieren vier mögliche Parameterspalten, welche stellvertretend für den Bezugshorizont der darin liegenden Daten stehen: $Wst_{PNP}, Wst_{NN}, Wst_{NHN}, Wst_{HN}$. Für alle verwendeten deutschen Wasserstandsdaten wurde die Umrechnung in das Normalhöhennullsystem realisiert.

Hervorgehend aus der Zusammenarbeit mit den WSÄ in Lübeck bzw. Stralsund und dem BSH Rostock zur Detektion statistisch nicht plausibler Abschnitte innerhalb der Stundenwertzeitreihen von Travemünde, Wismar und Warnemünde ist den Datenbanktabellen zusätzlich eine Kommentarspalte hinzugefügt worden, um etwaige Änderungen, Auffälligkeiten und Besonderheiten in bestimmten Zeitbereichen langfristig dokumentieren zu können.

Im Zuge der durchgeführten Plausibilisierung von hochaufgelösten Wasserstandsdaten haben verschiedene Datengenerationen innerhalb der Datenbank an Relevanz gewonnen. Über Datengenerationen lassen sich Änderungen innerhalb der Zeitreihen dokumentieren. Die Datenbank enthält derzeit im besten Fall drei Datengenerationen, die sich wie folgt erläutern lassen:

a) Datengeneration 0: unveränderter Datensatz, wie akquiriert
b) Datengeneration 1: Bereichsgeprüfte Datensätze; automatisiert vorgenommene Prüfung anhand von Parameterbereichsgrenzen für Wasserstandsdaten (+3 bis -3 m des jeweiligen Bezugsparameters); Daten außerhalb dieser Grenzen werden gekennzeichnet
c) Datengeneration 2: im Projekt plausibilisierte Datensätze; als unplausibel eingestufte Werte werden als -999 festgelegt; die Kommentarspalte enthält eine Beurteilung des jeweiligen Werts

Die verwendete Datenbank bietet den Projektteilnehmern die Möglichkeit zeitgleich auf die vorliegenden Datensätze zuzugreifen und Analysen einheitlich und zeitsparend auf Daten der gesamten Ostseeküste anzuwenden. Dementsprechend wurde der Pflege und Qualitätssicherung der Datenbank höchste Priorität beigemessen. Eine Übersicht zu den in der Datenbank enthaltenen Daten findet sich im Anhang dieses Berichts.

3.3 Digitalisierung historischer Pegelaufzeichnungen

3.3.1 Digitalisierung von Pegelbögen der Station Schleimünde

Parallel zur Datenakquise bereits digitalisierter Wasserstandverläufe aus dem Ostseeraum sind in Kooperation mit dem BSH Rostock Digitalisierungen von historischen Wasserstandaufzeichnungen von Pegelbögen der Station Schleimünde in halbautomatisierter Form durchgeführt worden. Hierzu wurden vom BSH Rostock eingescannte Abbildungen von Pegelbögen der Station Schleimünde für die Jahre 1939-1981 zur Verfügung gestellt.

Da eine vollständige Digitalisierung der gesamten Bögen innerhalb des Projekts unrealistisch war, wurde mit dem BSH Rostock vereinbart, die Digitalisierung ausgehend von den ältesten Dokumenten zu beginnen. Da nach eingehender Prüfung festgestellt wurde, dass die Pegelbögen der Jahre 1939 bis einschl. 1942 in einem Zustand sind, sodass die vorgesehene Methodik nicht oder nicht zielführend durchführbar ist, wurde mit der Digitalisierung ab dem Jahr 1943 begonnen. Die Digitalisierung der historischen Pegelbögen sichert zum einen die Daten dieser Jahre und stellt zum anderen Informationen aus Jahren zur Verfügung in denen ein Informationsdefizit an Pegeldaten vorliegt. Die zum Abschluss des Projekts verfügbaren maximalen Zeitreihen hochaufgelöster Daten reichen bis längstens H1950 zurück (Station Travemünde). Das H vor einem Jahr zeigt auf dass es sich um die Betrachtung von hydrologischen Jahren handelt.

Nach der ersten Stufe der Digitalisierung wurden die digitalisierten Daten mit dem BSH Rostock ausgetauscht. Vom BSH wird nun ein Post-Processing betrieben, um die Daten in hoher Qualität und stündlicher zeitlicher Auflösung veröffentlichen zu können. Die ausführliche Dokumentation zur Methodik der Digitalisierung ist in Zwischenbericht I des Projekts festgehalten (Patzke et al. 2016b).

Bis zum Projektabschluss wurden 13 Pegeljahre (1943-1956, Fehljahr 1945) digitalisiert: dies entspricht einer Digitalisierung von insgesamt 495 Pegelbögen, die je eine Woche Wasserstandsdaten umfassen. Es sei an dieser Stelle angemerkt dass eine größere Anzahl an Pegelbögen aus den digitalisierten Jahren aufgrund von Beschädigungen / Alterungsprozessen nicht verfügbar bzw. zur Auswertung ungeeignet ist.

3.3.2 Digitalisierung von Wasserstandslisten

Zur Dokumentation über die im Projekt vorgenommenen Digitalisierungen historischer Wasserstandslisten wird an dieser Stelle eine tabellarische Übersicht (vgl. Tabelle 3-1) mit Informationen über die digitalisierten Zeiträume, der Quellen sowie der betrachteten Stationen gegeben.

Tabelle 3-1: Übersicht über im Forschungsprojekt AMSeL_Ostsee digitalisierte und akquirierte Pegelzeitreihen aus Literaturquellen

Quelle	Stationen	Zeitraum	Auflösung	Kommentar
Gewässerkundliches Jahrbuch (BSH Archiv, Hamburg)	Flensburg	1901-1970 (Fehljahre: 1912-1929, 1941-1954 und 1960-1964)	12h Terminwerte	digitalisiert und eingepflegt
Institut für Ostseeforschung Warnemünde (Archiv)	Sassnitz, Memel, Warnemuende		12h Terminwerte	
H. Montag (1964)	Wismar, Marienleuchte, Travemuende, Ustka, Swinoujscie, Pillau, Arkona, Warnemuende	1856*-1945	Monatsmittelwerte	digitalisiert und eingepflegt
Westphal (1900) & Kühnen (1916)	Marienleuchte, Travemuende, Memel, Swinoujscie, Pillau, Arkona, Warnemuende, Wismar,	1882-1910	12h- Terminwerte	digitalisiert und eingepflegt
Liebsch (1997)	Wismar und Warnemünde	1848*-1992	Monatsmittelwerte	digitalisiert und eingepflegt
Furmanzcyk (2008)	Ustka, Kolobrzeg, Swinoujscie, Gdansk,	1867*-2006		digitalisiert und eingepflegt
Hahn & Rietschel (1938)	Pillau, Stolpmünde, Kolberg, Swinemünde, Barhöft, Warnemünde, Travemünde, Schleimünde	1811*-1935	Jahresmittelwerte	digitalisiert
Richter et al. (2006)	Wismar, Barth, Marienleuchte, Sassnitz, Travemünde, Greifswald, Kolobrzeg, Swinoujscie, Warnemuende	1811*-2011*	Monatsmittelwerte	eingepflegt
Projekt Bemessungswasserstände (2009)	Wismar, Althagen, Barth, Zingst/Bodden, Sassnitz, Ueckermuende, Travemuende, Greifswald, Wolgast, Swinoujscie, Stralsund, Wittower Fähre, Warnemuende, Barhoeft	1826*-2009	Jahresextremwerte	eingepflegt
Feistel (2008)	Memel, Sassnitz, Warnemünde	1909-1940(2006)	variierende Terminwerte	eingepflegt
Landeshauptarchiv Brandenburg (Archiv)	u.a. Wilhelmshaven, Travemünde, Cuxhaven	Aufzeichnungen von vor 1900	teils 12h Terminwerte, teils Stundenwerte	inventarisiert

* Start/Endjahr variiert (max Wert genannt)

3.4 Umrechnung der Pegeldaten auf ein einheitliches Bezugssystem

Wasserstandsdaten an den Küstenzonen werden seit Mitte des 19. Jhd. an deutschen Pegelstationen erhoben (LAWA; BMV). Der meist mit Mareographen gemessene Wasserstand wird über dem Pegelnullpunkt der betrachteten Pegellatte aufgezeichnet. Erst durch Umrechnung dieser Angaben mit einem bekannten Höhenbezug zwischen Pegelnullpunkt und nationalem oder internationalem Höhensystem wird es möglich, die Absolutwerte der an verschiedenen Stationen erhobenen Daten miteinander zu vergleichen. Hierbei muss beachtet werden, dass weder die Pegelnullpunkte noch die Höhensysteme zeitlich unveränderlich sind.

Höhenbezugssysteme wie z.B. das Deutsche Hauptdreiecksnetz von 1992 (DHHN92) müssen in gewissen Intervallen aufgrund der Veränderlichkeit der Lage der Bezugspunkte überprüft und einem neuen Nivellement unterzogen werden. Dies ist in der aktuellen Version während des Projektverlaufs geschehen, sodass Höhen über Normalhöhennull (NHN) im Höhenbezugssystem DHHN2016 derzeit aktuell sind. Die bezogenen Höhen sind, soweit zum Bezugszeitpunkt möglich, aus dem aktualisierten Datensatz der Vermessungsingenieure der WSÄ akquiriert worden. Auch wenn das Höhensystem selbst keine offizielle Neuerung erfährt, kann sich der Pegelnullpunkt unabhängig dazu verschieben. Auch diese Änderungen müssen bei der Auswertung und Interpretation einbezogen werden. Dies ist insbesondere für die Stundenwertzeitreihen der deutschen Pegelstationen durchgeführt worden und wird im folgenden Abschnitt (3.4.1) beschrieben.

Für die Stationen der weiteren Ostseeküste sind, soweit verfügbar, Umrechnungen ins nationale Höhensystem durchgeführt worden. So wurden beispielsweise die finnischen Daten des PSMSL von der dort verfügbaren Revised Local Reference (RLR) zurück in den nationalen Höhenbezug überführt. Eine Dokumentation dazu findet sich in Kapitel 3.4.2.

3.4.1 Reduzierung auf NHN für Pegel der dt. Küste

Insbesondere für Daten aus Deutschland ist die Umrechnung mit besonderen Herausforderungen verbunden. Zum einen existier(t)en durch die bis 1990 bestehende Teilung der Bundesrepublik lange Zeit mit dem Normalnull (NN) und dem Höhennull (HN)-System zwei Höhenbezugssysteme (BS) parallel, welche erst mit Einführung des NHN-Systems durch ein einheitliches System ersetzt wurden. Zum anderen werden die Daten der vom WSA Stralsund betreuten Pegel in Mecklenburg-Vorpommern (MV) und die des WSA Lübeck aus Schleswig-Holstein (SH) auch heute nicht einheitlich behandelt. Während die Wasserstandsdaten aus MV auf einen einheitlichen Pegelnullpunkt, der exakt 5.14 m u. HN liegt, bezogen in der Datenhaltung des Bundes (WISKI) abgelegt werden, haben Daten der Stationen des WSA Lübeck keinen einheitlichen Nullpunktbezug. In diesem Fall obliegt die Umrechnung dem jeweiligen Anwender der Daten. Dies ist jedoch insofern schwierig, als dass die Informationen zur Umrechnung in eines der Höhensysteme erst auf Anfrage verfügbar sind. Als Sonderfall sind die Daten der Stationen in Wismar Baumhaus und in Timmendorf/Poel zu betrachten. Durch Ihre Lage in den neuen Bundesländern bei gleichzeitiger Betreuung durch das WSA Lübeck kann es zu Missverständnissen kommen. Beispielsweise ist im Zuge der Umstellung der Pegel von NN auf HN (am 01.11.1985 (Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz MV 2009)) keine Korrektur der abgelegten Wasserstandsdaten erfolgt. Der daraus resultierende Höhenversatz (Offset) muss vom Anwender der Daten eigenhändig vorgenommen und Informationen hierzu separat akquiriert werden.

Innerhalb des Projekts AMSeL_Ostsee sind im Austausch mit den Wasserstraßen- und Schifffahrtsämtern aus Stralsund und Lübeck sowie dem Staatlichen Amt für Landwirtschaft und Umwelt Mittleres Mecklenburg (StALUMM) die zur NHN-Umrechnung notwendigen Informationen aller verfügbaren hochaufgelösten Daten zusammen getragen worden. Die aus bereitgestellten Systemdifferenzen (z.B. NN-NHN) und direkten Differenzen zwischen PNP

und BZ (z.B. PNP-NN) ermittelten Ergebnisse dieses Prozesses sind in Tabelle 3-2 festgehalten. Zusätzlich wurden die im Zwischenbericht I (Patzke et al. 2016a) dokumentierten Offsets auf die stündlichen Pegelreihen aus Schleswig-Holstein angewandt. Die Anpassung Betrug lediglich wenige Millimeter und liegt daher außerhalb des Genauigkeitsbereichs (1 cm) der hier betrachteten Auswertungen.

Speziell für die Stationen Timmendorf/Poel und Wismar Baumhaus wurde auf Grund der obig genannten Pegelversetzung in MV vom 01.11.1985 eine Offsetkorrektur bei der Umrechnung des Pegelnullpunktbezugs in eines der Höhensysteme (NHN/HN) vorgenommen. Im Folgenden werden die verwendeten Beziehungen und Parameter dargestellt:

<u>Timmendorf/Poel:</u>

Systemdifferenzen und Korrekturwerte:

$Wst_{NHN} = Wst' + \delta Q$	mit $\delta Q = 0{,}15$ m
$Wst_{NN} = Wst_{HN} + \delta R$	mit $\delta R = 0{,}081$ m
$\delta K = 5{,}14\text{m} - 5{,}00\text{ m} - \delta R = 0{,}059$ m	(Restult. Korrekturwert)

Bezugsdifferenzen:

$Wst_{NHN} = Wst_{PNPalt} + \delta P + \delta K$	für t < 01.11.1985 00:00
$Wst_{HN} = Wst_{PNPalt} - 5{,}140\text{ m} + dK$	für t < 01.11.1985 00:00
$Wst_{NHN} = Wst_{PNP} + \delta P$	für t ≥ 01.11.1985 00:00
$Wst_{HN} = Wst_{PNP} - 5{,}140$ m	für t ≥ 01.11.1985 00:00

<u>Wismar Baumhaus:</u>

Systemdifferenzen:

$Wst_{NHN} = Wst_{HN} + \delta Q$	mit $\delta Q = 0{,}15$ m
$Wst_{NN} = Wst_{HN} + \delta R$	mit $\delta R = 0{,}098$ m
$dK = 5{,}14\text{ m} - 5{,}00\text{ m} - \delta R = 0{,}042$ m	(Restult. Korrekturwert)

Bezugsdifferenzen:

$Wst_{NHN} = Wst_{PNPalt} - 4{,}948$ m	für t < 01.11.1985 00:00
$Wst_{HN} = Wst_{PNPalt} - 5{,}098$ m	für t < 01.11.1985 00:00
$Wst_{NHN} = Wst_{PNP} - 4{,}990$ m	für t ≥ 01.11.1985 00:00
$Wst_{HN} = Wst_{PNP} - 5{,}140$ m	für t ≥ 01.11.1985 00:00

Erläuterungen:

Wst_{NHN} - auf NHN bezogener Wasserstand

Wst_{HN}	-	auf HN bezogener Wasserstand
Wst_{PNP}	-	auf PNP bezogener Wasserstand
δQ	-	örtliche Systemdifferenz HN-NHN
δR	-	örtliche Systemdifferenz HN-NN
δK	-	Korrekturwert zur Offsetanbringung
δP	-	Höhendifferenz von PNP zu NHN
t	-	betrachteter Zeitraum (dd.mm.yyyy hh:mm:ss)

Der resultierende Korrekturwert ergibt sich aus der Änderung der Pegelnulllage durch das Versetzen der Pegel vom 01.11.1985 00:00 auf PNP = -5,14 m HN und der vorherigen Lage von PNP = -5,0 m NN sowie der bekannten örtlichen Systemdifferenz δR zwischen NN und HN.

In Tabelle 3-2 sind die Höhendifferenzen δP als $PNP\ zu\ NHN$ Wert dargestellt. Diese Werte wurden, wie bereits in Kapitel 3.2 erwähnt, auf die Zeitreihen der Stundenterminwerte nach der folgenden Formel angewandt:

$$Wst_{NHN} = Wst_{PNP} + \delta P \qquad [1]$$

Tabelle 3-2: In AMSeL_Ostsee verwendete Pegelnullpunktshöhen in [m] bezogen auf Normalhöhennull

ID	Pegelname	Lati-tude	Lon-gitude	PNP to NHN	ID	Pegelname	Lati-tude	Lon-gitude	PNP to NHN
01	Flensburg	54.795	9.433	-5.008	39	Barth	54.371	12.723	-4.986
02	Langballigau	54.823	9.654	-5.017	41	Barhöft	54.434	13.032	-4.986
03	LT Kalkgrund	54.825	9.888	-4.987	42	Stralsund	54.315	13.099	-4.986
04	Kappeln	54.664	9.938	-4.994	43	Schaprode (IMK)	54.513	13.165	-4.990
05	Schleswig	54.511	9.569	-5.023	44	Neuendorf Ha-fen	54.510	13.090	-4.986
07	Schleimünde SP	54.673	10.037	-5.003	45	Neuendorf Ost-see	54.524	13.081	-4.986
08	Eckernförde	54.475	9.836	-5.004	46	Kloster	54.585	13.111	-4.986
09	LT Kiel	54.500	10.273	-4.985	47	Wittower Fähre	54.558	13.247	-4.986
12	Kiel-Holtenau	54.372	10.157	-4.995	48	Wiek / Rügen	54.622	13.292	-4.986
14	Lippe	54.336	10.646	-5.000	49	Varnkevitz (IMK)	54.684	13.370	-4.990
15	Heiligenhafen	54.373	11.006	-4.985	51	Sassnitz	54.511	13.643	-4.987
16	Marienleuchte	54.497	11.239	-4.981	52	Ralswiek	54.475	13.448	-4.987
17	Neustadt	54.097	10.813	-5.000	53	Göhren (IMK)	54.350	13.742	-4.990
19	Travemünde	53.953	10.872	-5.010	54	Thiessow	54.280	13.709	-4.987
20	Lübeck Bauhof	53.893	10.703	-5.013	55	Lauterbach	54.341	13.503	-4.987
21	Dassow (IMK)	53.906	10.968	-4.990	56	Glewitz	54.243	13.318	-4.988
22	Boltenhagen (IMK)	53.991	11.208	-4.990	57	Stahlprode	54.234	13.290	-4.988
23	Wismar B.	53.899	11.458	-4.990	58	Greifswald Eldena	54.093	13.446	-4.988
24	Timmendorf	53.992	11.376	-4.990	59	Greifswald Wieck	54.080	13.450	-4.988
25	Rerik (IMK)	54.106	11.605	-4.990	60	Lubmin (IMK)	54.141	13.603	-4.990
26	Rostock	54.083	12.155	-4.987	61	Wolgast	54.042	13.770	-4.988
27	Warnemünde (IMK)	54.181	12.057	-4.990	62	Karlshagen	54.108	13.808	-4.987
28	Warnemünde	54.170	12.103	-4.987	63	Peenemünde	54.134	13.769	-4.987
29	Dierhagen (IMK)	54.297	12.369	-4.990	64	Ruden	54.204	13.772	-4.987
30	IMK Ahrens-hoop	54.383	12.414	-4.990	65	Greifswalder Oie	54.241	13.907	-4.987
31	Althagen	54.372	12.419	-4.986	66	Koserow (IMK)	54.061	14.001	-4.990
32	Darßer Ort	54.375	12.498	-4.986	67	Koserow	54.060	14.001	-4.988
33	Prerow außen	54.455	12.573	-4.986	68	Stagnieß	53.996	14.047	-4.988
34	Prerow innen	54.442	12.575	-4.986	69	Karnin	53.826	13.857	-4.989
36	IMK Zingst	54.445	12.673	-4.990	70	Mönkebude (IMK)	53.776	13.972	-4.990
37	Zingst/Bodden	54.431	12.689	-4.986	71	Ueckermuende	53.750	14.066	-4.987
38	Zingst	54.443	12.679	-4.986	72	Kamminke	53.861	14.209	-4.988

3.4.2 Reduzierung ins nationale Höhenbezugssystem für weitere Stationen

Im Wesentlichen wurden für Pegelstationen außerhalb von Deutschland die PSMSL-Datensätze ins jeweils nationale Höhensystem überführt (soweit Informationen verfügbar waren), um einen Vergleich und ggf. eine Zusammenführung von erstellten Monatsmittelwertzeitreihen (der Projektpartner) zu ermöglichen. Anders als in Deutschland werden die Pegeldaten der anderen Nationen bereits bezogen auf ein einheitliches System übermittelt.

Hierzu ist anzumerken dass PSMSL Datensätze einen eigenen Höhenbezug (Revised Local Reference, RLR) erhalten, der abgeleitet aus den lokalen Höhensystemen Wasserstandswerte von im Mittel 7 m aufweist. Der Vorteil dass die über PSMSL abrufbaren Stationsdaten dadurch untereinander vergleichbar werden, ruft jedoch den Nachteil hervor, dass kein Vergleich mit weiteren Daten im nationalen Höhensystem möglich ist. Da innerhalb der Projektdatenbank jedoch umfassende Datensätze vorliegen die über die Zeiträume der PSMSL Daten hinausgehen wurde innerhalb der Projektgruppe eine Reduzierung auf die verfügbaren Höhensysteme vereinbart. Dies ermöglicht es die Genauigkeit der Monatsmittel zu verbessern, etwaige Datenlücken zu schließen und die Mittelwertzeitreihen insgesamt zu verlängern. Die Arbeitsschritte zur Erstellung von MSL-Zeitreihen wurden im Teilprojekt A vorgenommen.

Die notwendigen Umrechnungswerte zur Reduktion der PSMSL Daten wurden aus den beim PSMSL abrufbaren Informationen abgeleitet sowie ergänzend durch Differenzbildung zwischen den ermittelten MSL-Werten aus Stundendaten und denen des PSMSL überprüft.

Insbesondere für die finnischen Pegelstationen konnten Umrechnungswerte direkt über das Finnish Meteorological Institute (FMI) bezogen werden. Auch für die schwedischen Stationen konnten Informationen vom Swedisch Meteorological and Hydrological Institute (SMHI) akquiriert werden, die die vom PSMSL angegebenen RLR Werte bestätigen bzw. durch ergänzende Information eine Umrechnung ermöglichen. In Tabelle 3-3 werden die zur Umrechnung verwendeten Korrekturwerte δK dokumentiert. Diese werden nach folgender Formel auf die Zeitreihen angewandt und in der Datenbank in einer neuen Messwertspalte der jeweilig betrachteten Station eingefügt:

$$Wst_{nat} = Wst_{RLR} - \delta K \qquad [2]$$

Mit:

Wst_{nat}	-	auf das nationale Höhensystem bezogener Wasserstand
Wst_{RLR}	-	auf die vom PSMSL bestimmte Revised Local Reference bezogener Wasserstand
δK	-	Differenz zwischen RLR und nat. Höhensystem

Tabelle 3-3: Liste der Umrechnungswerte abgeleitet aus Informationen vom PSMSL und Datenbereitstellern

Land	DB-Code	Name	Quelle	∂K [m]
DNK	DN112	PSMSL Hornbaek	RLR Wert	7,002
DEU	BO103	PSMSL Wismar Baumhaus	RLR Wert	7,024
DEU	GO103	PSMSL Sassnitz	RLR Wert	6,987
DEU	KB102	PSMSL Kiel-Holtenau	RLR Wert	7,000
DEU	KO103	PSMSL Koserow	RLR Wert	6,883
DEU	LB103	PSMSL Travemuende	RLR Wert	7,000
DEU	WA103	PSMSL Warnemuende	RLR Wert	7,038
POL	PO102	PSMSL Wladyslawowo	RLR Wert	1,941
LIT	LI001	PSMSL Klaipeda	RLR Wert	1,471
FN	FN001	PSMSL Kemi	FMI Differenz	6,511
FIN	FN002	PSMSL Oulu / Uleaborg	FMI Differenz	6,557
FIN	FN003	PSMSL Raahe / Brahestad	FMI Differenz	6,55
FIN	FN005	PSMSL Pietarsaari / Jakobstad	FMI Differenz	6,538
FIN	FN006	PSMSL Vaasa / Vasa	FMI Differenz	6,566
FIN	FN008	PSMSL Kaskinen	FMI Differenz	6,594
FIN	FN011	PSMSL Mantyluoto	FMI Differenz	6,624
FIN	FN013	PSMSL Rauma / Raumo	FMI Differenz	6,586
FN	FN016	PSMSL Turku / Abo	FMI Differenz	6,681
FN	FN022	PSMSL Hanko	FMI Differenz	6,711
FIN	FN024	PSMSL Helsinki	FMI Differenz	6,762
FIN	FN027	PSMSL Hamina	FMI Differenz	6,724
FIN	FN028	PSMSL Föglö / Degerby	FMI Differenz	6,700
SWE	SW002	PSMSL Kungsvik	RLR Wert	7,036
SWE	SW003	PSMSL Smogen	RLR Wert	7,018
SWE	SW005	PSMSL Stenungsund	RLR Wert	6,900
SWE	SW008	PSMSL Goteborg-Torshamnen	RLR Wert	6,949
SWE	SW009	PSMSL Ringhals	RLR Wert	6,945
SWE	SW012	PSMSL Skanor	RLR Wert	6,963
SWE	SW014	PSMSL Barseback	RLR Wert	6,987
SWE	SW015	PSMSL Viken	RLR Wert	6,948
SWE	SW017	PSMSL Simrishamn	RLR Wert	6,863
SWE	SW018	PSMSL Kungsholmsfort	RLR Wert	6,899
SWE	SW019	PSMSL Oskarshamn	RLR Wert	6,914
SWE	SW020	PSMSL Olands Norra Udde	RLR Wert	6,778
SWE	SW021	PSMSL Visby	RLR Wert	6,868
SWE	SW023	PSMSL Marviken	RLR Wert	6,822
SWE	SW025	PSMSL Landsort Norra	RLR Wert	6,755
SWE	SW027	PSMSL Stockholm	RLR Wert	6,682
SWE	SW029	PSMSL Forsmark	RLR Wert	6,822
SWE	SW033	PSMSL Spikarna	RLR Wert	6,742
SWE	SW034	PSMSL Skagsudde	RLR Wert	6,804
SWE	SW035	PSMSL Ratan	RLR Wert	6,483
SWE	SW036	PSMSL Furuogrund	RLR Wert	6,555
SWE	SW037	PSMSL Kalix	RLR Wert	6,672

3.5 Detektion nicht plausibler Wasserstandsdaten

Neben der Einbeziehung von Pegelverschiebungen und der Reduktion von Wasserstandsdaten war es das Ziel, die hochaufgelösten Daten einer weitgehend automatisierten Plausibilisierung zu unterziehen. Im Zuge der Entwicklung einer Routine zur Detektion potentiell nplausibler Wasserstandsdaten wurde zur Qualitätssicherung die Kommunikation mit den pegelbetreibenden Institutionen deutscher Pegelstationen angestrebt. In der ersten Entwicklungsphase wurde anhand der Pegelstationen in Wismar Baumhaus, Travemünde und Warnemünde eine erste Routine entwickelt und potentiell unplausible Abschnitteherausgearbeitet. Innerhalb des Berichts wurde eine Typisierung in konstante Wasserstände, Ausreißer und aus einer Kreuzanalyse detektierte unplausible Bereiche vorgenommen. Die detektierten Abschnitte wurden in einem Arbeitsbericht zusammengestellt und dem BSH sowie den WSÄ in Lübeck und Stralsund übermittelt (Patzke et al. 2016d).

Tabelle 3-4: Übersicht über potentiell unplausiblen Zeiträumen

Nr.	Zeitraum	Station
1	11.11.-13.11.1985	Warnemünde
2	13.05.-21.5.1991	Travemünde
3	22.12.-23.12.1991	Travemünde
4	11.10.-13.10.1992	Travemünde
5	24.3.-31.3.1997	Travemünde
6	25.01.1958	Wismar
7	4.1.-11.1.1960	Travemünde
8	19.2.-26.2.1979	Wismar
9	2.7.-6.7.1995	Travemünde
10	7.8.-11-8-1958	Wismar
11	16.9.-17.9. 1961	Wismar
12	21.9.-22.9.1961	Wismar
13	17.10.-19.10.1979	Wismar
14	11.-13-11-1985	Warnemünde
15	18.2.-25.2.1991	Warnemünde

Anhand der Rückmeldungen zur tatsächlichen Korrekturnotwendigkeit einiger der Zeitabschnitte wurde schlussendlich die abschließende Routine entwickelt. Für die in Tabelle 3-4 dargestellten Zeiträume der jeweiligen Pegelstationen haben sich bereits in dieser Phase Änderungen der offiziellen Wasserstandsdaten ergeben. Die von den Behörden vorgenommenen Änderungen wurden als offizielle Daten in die Datenbank übernommen.

Zusätzlich zur Aktualisierung der Daten wurden auch die sich daraus ergebenden Änderungen der Monatsmittelwerte für die einzelnen Zeitabschnitte der drei Pegelstationen in Travemünde, Wismar und Warnemünde ermittelt. Tabelle 3-5 bis Tabelle 3-7 zeigen hierbei eindrücklich, welch wesentlichen Wert die Plausibilisierung von Wasserstandsdaten haben kann. Durch die Änderung von fehlerhaften in korrigierte Werte haben sich Abweichungen von mehrmals ca. 5 cm im Monatsmittel ergeben. Werden die Daten lediglich entfernt, treten gar Abweichungen bis ca. 10 cm auf. Daraus lässt sich schließen, dass auch die Trendermittlung des MSL maßgeblich durch die Korrektur von Wasserstandsdaten beeinflusst werden kann und dass insbesondere in den langen Zeitreihen auch weitere unplausible Abschnitte dieser Art zu erwarten sind.

Tabelle 3-5: Aus Datenkorrekturen hervorgehende Änderungen des MSL der betrachteten Zeiträume (max.: rot), Station Travemünde

Monat	Differenzen [mm]	
	korrigiert	entfernt
12.1959	1,35E-02	7,5
01.1960	-8,1	110,7
05.1991	-51,4	-55,8
12.1991	-5,3	-1,3
10.1992	-8,0	1,7
06.1995	0,4	2,3
07.1995	12,2	6,8
03.1997	48,6	-4,7

Tabelle 3-6: Aus Datenkorrekturen hervorgehende Änderungen des MSL der betrachteten Zeiträume (max.: rot), Station Wismar

Monat	Differenzen [mm]	
	korrigiert	entfernt
01.1958	10,2	-16,4
08.1958	-29,5	-13,1
09.1961	-13,3	15,5
02.1979	29,2	-43,8
10.1979	0,3	5,3

Tabelle 3-7: Aus Datenkorrekturen hervorgehende Änderungen des MSL der betrachteten Zeiträume (max.: rot), Station Warnemünde

Monat	Differenzen [mm]	
	korrigiert	entfernt
11.1985	-0,2	63,1
02.1991	6,4	-65,1

Im Folgenden wird nun das abschließend entwickelte und angewandte Verfahren zur Plausibilisierung von hochaufgelösten Wasserstandsdaten erläutert. Eine Kreuzanalyse von räumlich nahe gelegenen, sich statistisch ähnlich verhaltenden Zeitreihen zeigte die größte Effizienz beim Aufdecken tatsächlicher unplausibler Abschnitte. Häufiger auftretende Unregelmäßigkeiten wie *konstante Wasserstände* und *Ausreißer* führen zum einen lediglich zu Abweichungen außerhalb des Genauigkeitsbereichs der untersuchten Datenbasis (Ausreißer). Zum anderen wird der Sachverhalt von tatsächlichen Mess- oder Datenfehlern teilweise nicht erfüllt (konstante Wasserstände). In der Konsequenz dieser Erkenntnis wurde im weiteren Verlauf die Autoanalyse der Zeitreihen nicht weiter verfolgt. Über die Kreuzanalyse detektierte konstante Wasserstandsverläufe und auch Ausreißer wurden dennoch aus den Zeitreihen entnommen, sofern sie nach einer Sichtkontrolle als unplausibel eingestuft wurden.

Die nachfolgend vorgestellten Verfahren basieren folglich auf einer Kreuzanalyse von je zwei Zeitreihen. Es ist jedoch zu beachten, dass die Plausibilisierungsroutine II die Informationen mehrerer Vergleichszeitreihen zusammenführt, um eine Prüfzeitreihe für die Kreuzanalyse zu erzeugen während die Plausibilisierungsroutine I zwei Basiszeitreihen miteinander vergleicht. Im Ergebnis dieser Bearbeitung stehen nun zwei Analysetools die in der Lage sind auffällige Bereiche innerhalb der Wasserstandszeitreihen der Ostsee zu identifizieren.

Das *Plausibilisierungsverfahren I* stellt diejenige Methode dar, welche zur Analyse der weit zurück liegenden Zeitabschnitte (vor ~1990) verwendet wird. Die Identifikation von unplausiblen Zeitbereichen ist hierbei weniger effizient, sodass erst über den Abgleich der detektierten Zeiträume von mindestens zwei Vergleichsstationen eindeutig wird ob tatsächlich

auffällige Abweichungen vorliegen. Das *Plausibilisierungsverfahren I* ist für erheblich längere Zeitreihen durchführbar, jedoch auch mit einem erhöhten Zeitraufwand in der Nachbearbeitung (z.B. Sichtkontrollen) verbunden und weniger scharf.

Das *Plausibilisierungsverfahren II* ist im Hinblick auf die Detektion von unplausiblen Abschnitten effizienter, es werden insgesamt weniger potentiell unplausible Abschnitte ausgegeben und diese werden häufiger als tatsächlich unplausibel identifiziert. Dies basiert auf strengeren Kriterien die jedoch auch dazu führen, dass weit zurückliegende Zeitreihen aufgrund Ihrer größer werdenden Abweichungen und der insgesamt geringeren Anzahl an möglichen Vergleichsstationen nicht mit diesem Vorgehen untersucht werden können.

Durch die Verwendung der *Plausibilisierungsverfahren I & II* konnte ein Großteil der im Projekt für die untersuchten deutschen Pegel vorliegenden hochaufgelösten Zeitreihen überprüft werden.

Die Ergebnisse des ersten Plausibilisierungsberichts (Patzke et al. 2016d) haben gezeigt, dass der hohe zeitliche Aufwand dieser Analyse zu einer erheblichen Verbesserung der Zeitreihen im Sinne der Korrektheit der verwendeten Werte führt. Gleichzeitig ist anzunehmen, dass ältere Zeitreihen allein aufgrund der Erstellungshistorie (Digitalisierung, Alterung der Dokumente, kaum Vergleichswerte) potentiell vermehrt unplausbile Bereiche enthalten. Diesen Umstand als Ausgangspunkt nehmend wurde beschlossen, diese Zeiträume zusätzlich zu untersuchen. Für gewisse Zeiträume liegen schlicht keine geeigneten Vergleichszeitreihen vor, wodurch auf eine Plausibilisierung verzichtet werden muss.

Die nötigen Schritte zum Erreichen einer im Projekt plausibilisierten Zeitreihe lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Entwicklung der Routinen
2. Anwendung der Routinen auf die Stundenwertzeitreihen der Datenbank
3. Zusammenführen der detektierten potentiell unplausiblen Abschnitten je Vergleichsstation
4. Sichtprüfung und Beurteilung der potentiell unplausiblen Abschnitte
5. Aktualisierung der Datenbank mit den als tatsächlich unplausibel beurteilten Abschnitte

Insgesamt wurde mit einem hohen zeitlichen Aufwand eine sehr gute Datengrundlage an plausibilisierten Stationen erreicht und die Datengrundlage so erheblich verbessert. Sowohl die räumliche als auch die zeitliche Abdeckung der Zeitreihen liefert gute Ergebnisse. Als tatsächlich unplausibel beurteilte Abschnitte werden innerhalb der Projektdatenbank in einer neuen Datengeneration (2) in -999 er Werte umgewandelt. Die Ausgangsdatensätze bleiben stets erhalten. Die Informationen mit den als unplausibel detektierten Abschnitten finden sich in den Anlagen zu diesem Bericht.

In den weiteren Abschnitten dieses Kapitels werden die beiden Plausibilisierungsverfahren (I und II) im Detail vorgestellt.

a) Verfahren I zur Plausibilisierung von Wasserstandsdaten

Dieses Verfahren beruht auf einer Kreuzanalyse von Zeitreihen. Das Fließdiagramm in Abbildung 3-2 verdeutlicht das Vorgehen. Ausgehend von einer Testzeitreihe X werden zu jeder in der Datenbank vorliegenden deutschen Station mit Stundenterminwerten lineare Korrelationskoeffizienten r gebildet. Liegen Werte mit $r < 0{,}925$ vor, wird eine Zeitreihe als Vergleichszeitreihe zur Bestimmung potentiell unplausibler Abschnitte herangezogen. Die nachfolgenden Schritte müssen für jede dieser Stationen vorgenommen werden, sodass am Ende für jede der ausgewählten Vergleichsstationen potentiell unplausible Abschnitte in Bezug zur Teststation ausgegeben werden.

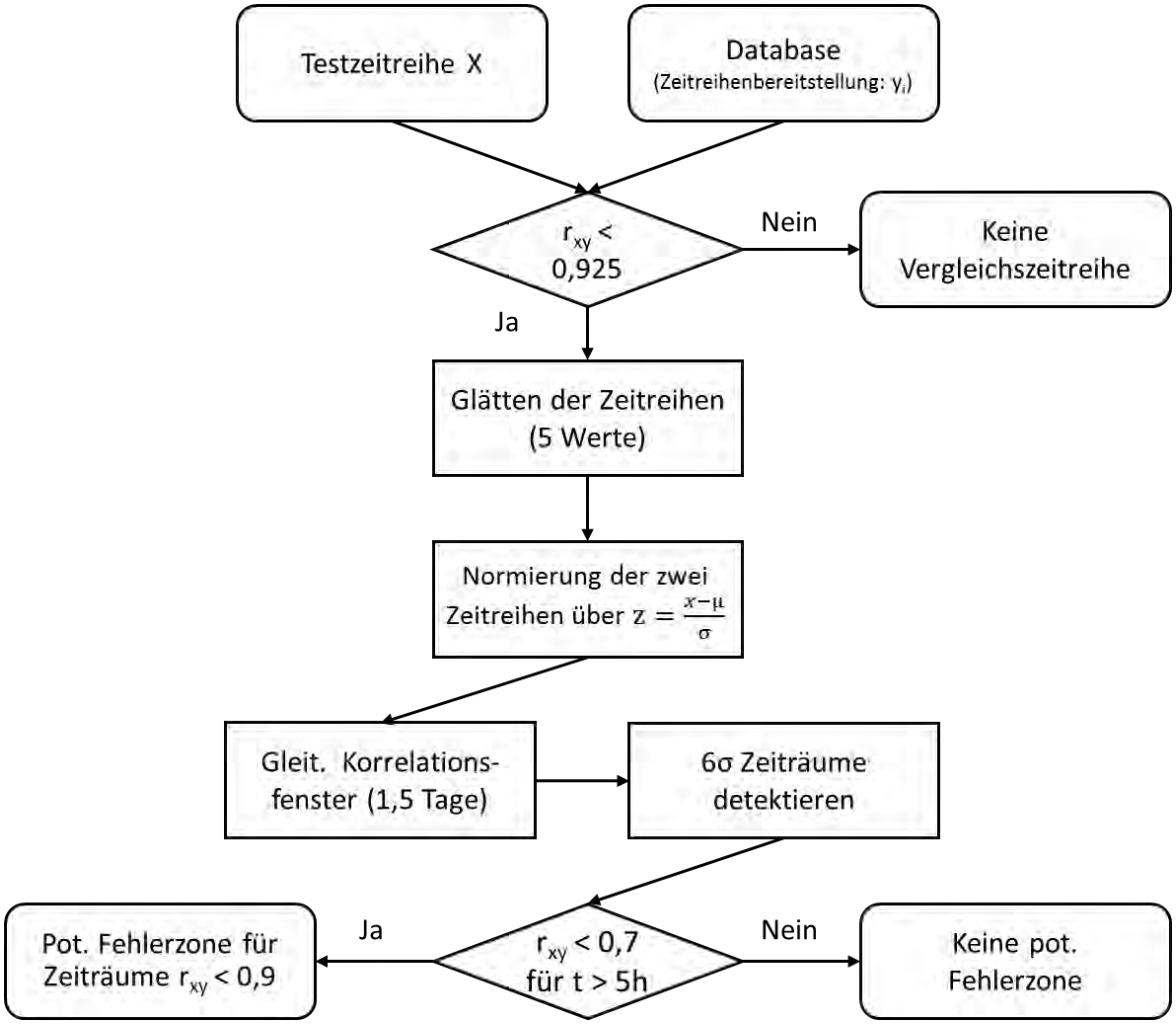


Abbildung 3-2: Vorgehen zur Plausibilisierung von hochaufgelösten Wasserstandsdaten an der deutschen Küste (altes Verfahren)

Im nächsten Schritt wird für beide aktuell betrachteten Zeitreihen (Testzeitreihe und ausgewählte Vergleichszeitreihe) eine Glättung vorgenommen, um vor dem Vergleich minimale Schwankungen (Rauschen) innerhalb der Zeitreihen auszugleichen. Anschließend werden die Zeitreihen über Ihren Erwartungswert und die Standardabweichung normiert. Um die zu

untersuchenden Bereiche weiter einzuschränken werden nur diejenigen Bereiche näher untersucht, bei denen die Differenzen zwischen den geglätteten Zeitreihen aus dem 6σ-Intervall fallen. Nun folgt der Entscheidungsprozess für die Auswahl potentiell unplausibler Zeiträume. Hierbei werden diejenigen Bereiche als unplausibel ausgegeben, bei welchen der Korrelationskoeffizient im gleitenden Fenster für länger als 5h unter 0,7 fällt. Der ausgegebene Bereich potentiell unplausibler Werte umfasst dann denjenigen zeitlichen Bereich um das $r < 0{,}7$ Fenster, bei welchem die Korrelation unter $r < 0{,}9$ gelangt ist.

Die Routine gibt im Abschluss diejenigen Bereiche aus, die die obig genannten Kriterien erfüllen. Dieses Vorgehen muss für jede der Vergleichszeitreihen durchgeführt werden, sodass im Abschluss für eine Testzeitreihe je Vergleichsstation ein Dokument mit potentiell unplausiblen Abschnitten entsteht. Erst durch das Zusammenführen dieser Dokumente, den Vergleich der ausgegebenen potentiellen unplausiblen Zeiträume von mindestens zwei Vergleichszeitreihen und die abschließend folgende Sichtprüfung aller enthaltenen Bereiche kann festgelegt werden welche Zeiten als tatsächlich unplausibel eingestuft werden.

Dieses Verfahren wurde zur Detektion derjenigen Bereiche verwendet, welche für die Erstellung des Plausibilisierungsberichts (Patzke et al. 2016c, 2017b) verwendet wurden. Es zeigt somit sehr gute Ergebnisse, bedarf jedoch eines enorm hohen zeitlichen Aufwands zur Sichtung und Beurteilung der ausgegebenen Bereiche. Als vorteilhaft sollte die Möglichkeit verstanden werden Wasserstandsdaten aus weit zurückliegenden Zeiträumen untersuchen zu können.

b) Verfahren II zur Plausibilisierung von Wasserstandsdaten

Aufgrund der Tatsache dass bei Verwendung des *Plausibilisierungsverfahrens II* jede Vergleichszeitreihe einzeln untersucht werden muss, was eine erhöhte Anzahl an ausgegebenen und zu vergleichenden Zeiträumen zur Folge hat, und die Effizienz zwischen detektiertem und tatsächlich unplausiblem Abschnitt weiteren Optimierungsbedarf zeigte, wurde das vorherige Verfahren weiter verfeinert.

Die wesentliche Neuerung ist das Zusammenführen der Vergleichszeitreihen zu einer Prüfzeitreihe sowie schärfere Auswahlkriterien. Im Fließdiagramm aus Abbildung 3-3 sind die einzelnen Schritte der Routine dargestellt. Zu Beginn werden erneut die Korrelationskoeffizienten potentieller Vergleichszeitreihen (y_i) in Bezug zur Testzeitreihe (x) gebildet. Zur Bildung einer Prüfzeitreihe werden diejenigen Zeitreihen zugelassen, welche Korrelationskoeffizienten $r_{xy} > 0{,}975$ aufweisen. Vor der Zusammenführung durch Mittelung der Einzelwerte der zugelassenen Zeitreihen findet zusätzlich eine Glättung über die Bildung von gleitenden Polynomen statt, um kleinere Schwankungen in den Zeitreihen auszugleichen.

Zwischen der nun erstellten Prüfzeitreihe (z) und der Testzeitreihe (x) werden gleitende Fenster von 1,5 Tagen länge gelegt, für die erneut Korrelationskoeffizienten r_{xz} gebildet werden. Nun folgt der Entscheidungsprozess zur Festlegung potentiell unplausibler Zeiträume innerhalb der Testzeitreihe. Gelangt der Korrelationskoeffizient für einen Zeitraum von $t > 5h$ unter $r_{xz} < 0{,}7$ werden diejenigen Bereiche als unplausibel ausgegeben bei denen die Korrelation um das betrachtete Kriterium mit $r_{xz} < 0{,}925$ liegt.

Im Abschluss steht für jede der Teststationen ein Dokument mit den ermittelten Abschnitten potentiell unplausibler Werte zur Verfügung. Durch die Zusammenführung der Vergleichsstationen und die Verwendung geringfügig anderer Kriterien konnte schlussendlich die Anzahl an ausgegebenen Dokumenten und Abschnitten potentiell unplausibler Werte reduziert und die Effizienz der ausgegebenen Zeiträume erhöht werden. Auch für dieses Verfahren ist es unerlässlich anschließend eine Sichtprüfung der ausgegebenen Zeiträume durchzuführen um eine abschließende Beurteilung treffen zu können. Der hierfür notwendige Zeitaufwand konnte jedoch erheblich reduziert werden. Es muss jedoch festgehalten werden, dass für dieses (und weitere) präzise statistische Verfahren ein möglichst flächendeckendes Stationsnetz notwendig ist.

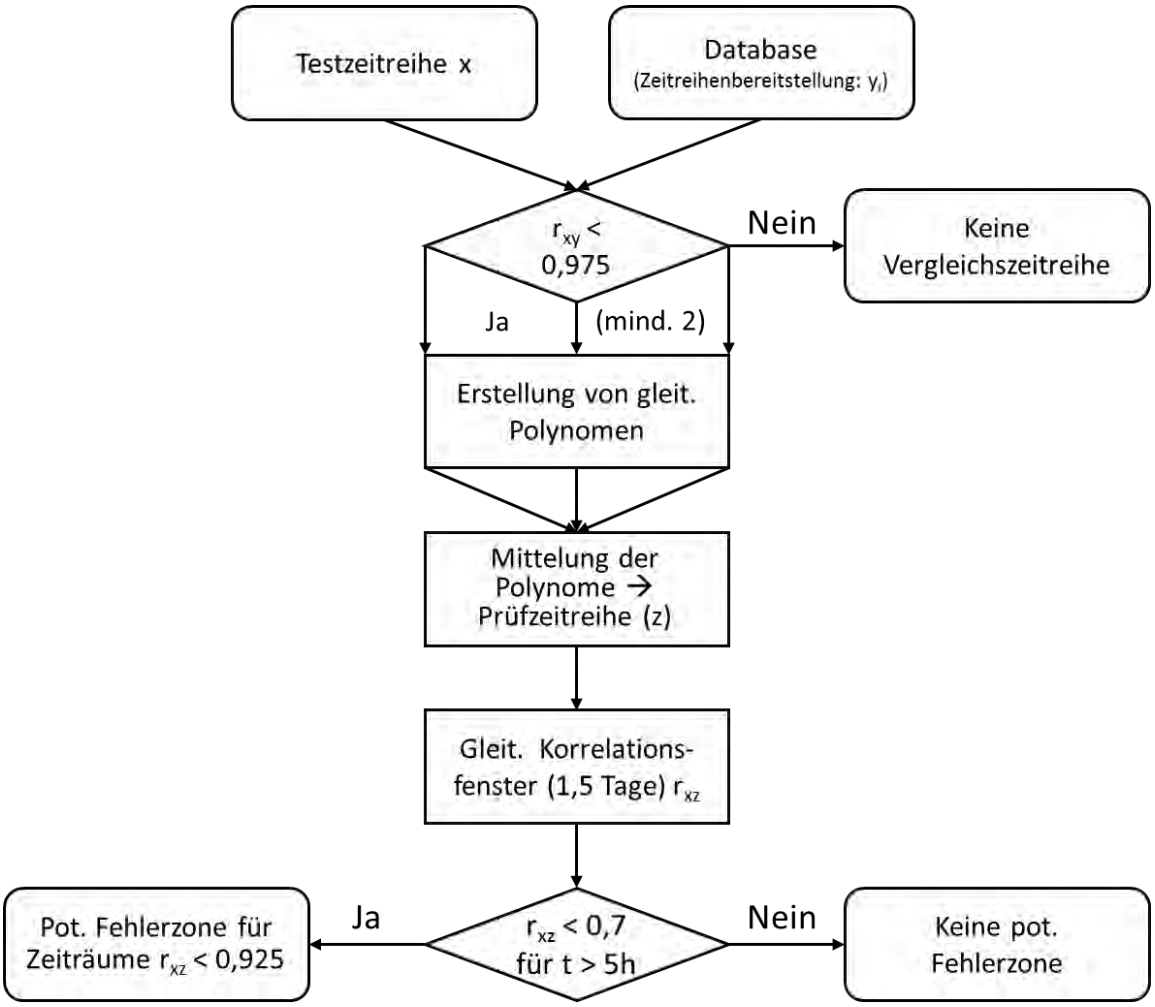


Abbildung 3-3: Vorgehen zur Plausibilisierung von hochaufgelösten Wasserstandsdaten an der deutschen Küste (neues Verfahren)

Eine kurze Zusammenstellung der untersuchten Stationen sowie der innerhalb der Stationen als unplausibel detektierten Anteile ist im Ergebniskapitel unter Punkt 5.1 dargestellt. Die exakten Zeiträume zu den untersuchten Pegelstationen finden sich gesondert im Anhang.

4 Auswertemethoden und Verfahren

In den folgenden Unterkapiteln werden die für das Verständnis der Auswertungen wichtigsten Methoden vorgestellt. Hierzu zählen die Betrachtung der vertikalen Landbewegungen, die für die extremwertstatistischen Analysen verwendeten Verfahren, die Auswertungsmethodik hinsichtlich der Verweilzeiten von Extremwasserständen ebenso wie die Anwendung von linearen Trendanalysen und darauf aufbauender Auswertungen. Abschließend werden in diesem Kapitel die Verfahren zur Ermittlung der zeitlichen Entwicklung von Sturmhochwasserständen vorgestellt.

4.1 Vertikale Landbewegungen

Für die Bearbeitung von Fragestellungen hinsichtlich eines langfristig steigenden Meeresspiegels ist es notwendig, Signale vertikaler Landbewegungen bestmöglich innerhalb von mit Wasserstandspegeln aufgezeichneten Zeitreihen zu identifizieren und entsprechend zu bereinigen. Die derzeit besten verfügbaren Methoden zur Beschreibung dieser Bewegungen sind Trendraten ermittelt aus GPS-Daten oder Landbewegungsmodellen (Wanninger et al. 2009; Weiß und Sudau 2011). GPS-Daten sind lediglich für kurze Zeiträume (frühestens 1990er Jahre) verfügbar, messen jedoch die Gesamtheit vertikaler Landbewegungen an einer Lokation. Landbewegungsmodelle beschreiben dagegen großflächig ein langfristiges Bewegungsverhalten, (meist) basierend auf Messdaten und einer mathematischen Beschreibung der Vorgänge. Nachteilig ist, dass Landbewegungsmodelle lokale Besonderheiten wie kurzfristige Landbewegungen hervorgerufen durch z.B. Gas- oder Grundwasserentnahmen nicht abbilden.

Durch die feste Position der Pegelstationen auf den Landmassen wird stets ein relativer Meeresspiegel in Bezug zur Position der Pegelstation gemessen. Bewegen sich die Landmassen in vertikaler oder horizontaler Richtung, verändert sich mit der Bewegung der aufgezeichnete Wasserstand. Im Untersuchungsgebiet der Ostsee treten in übergeordnetem Maß vertikale Bewegungen der Landmassen auf, welche auf isostatische Ausgleichsbewegungen infolge des Abschmelzens von Gletschereismassen der letzten Inlandseiszeit zurückzuführen sind (Richter et al. 2006). Seitdem findet ein Ausgleichsprozess mit vertikalen Landhebungen von bis zu rd. 10 mm/a (Hupfer et al. 2003; Milne et al. 2004; Richter et al. 2006) im Bereich Nordschwedens statt. Bis zur südlichen Ostseeküste schwächen sich die Bewegungen ab. Auch die Arbeiten von Vestøl (2016), Richter et al. (2012), Ekman (1996) sowie Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt BIFROST (Scherneck 2001) bestätigen die stärksten Ausgleichsbewegungen nördlich des bottnischen Meerbusens im Bereich um schwedische die Pegelstation Furuogrund. Lokale vertikale Bewegungen infolge von z.B. Gasentnahmen spielen im Verhältnis zu den Gesamtbewegungen im Ostseeraum eine untergeordnete Rolle, können jedoch bei der Betrachtung einzelner Pegelstationen relevant sein. Nicht-isostatische Bewegungen können z.B. durch detektierte Abweichungen in zwischen den Trends des absoluten Meeresspiegels von Nachbarstationen identifiziert wer-

den. Die alleinige Einbeziehung von direkten GPS-Messungen inkludiert wiederum alle Bewegungen der Landmassen. Hinsichtlich der großflächigen Quantifizierung langfristiger Trends im Vorhaben AMSeL Ostsee stellen die zum aktuellen Zeitpunkt noch relativ kurzen Zeitreihenlängen kontinuierlicher GPS-Messungen in der Nähe von Pegelstationen eine Herausforderung dar. Ebenso sind nur an wenigen der Pegelstationen kontinuierliche GPS-Messstationen eingerichtet, sodass sich die Ergebnisse dieser Messungen derzeit am besten für einen Vergleich mit verfügbaren Daten aus GIA-Modellen bzw. zur Anwendung auf einzelne Stationen eignen.

Die Einführung von satellitenbasierten Messmethoden (Satellitenaltimetrie) ermöglicht es heutzutage geozentrisch orientierte Messungen des Meeresspiegels vorzunehmen und auszuwerten (Novotny 2007). Da diese Technologie jedoch erst seit Mitte der 1990er Jahre vertrauenswürdig funktioniert liegen noch keine verlässlich langen Wasserstandszeitreihen vor. Derzeit ist eine Phase zu beobachten, in welcher die Satellitendatenauswertung hinsichtlich der großflächigen Messung von Wasserständen auf Basis von Pegeldaten optimiert wird. Die Auswertung solcher Altimeterdaten liefert bis dato für mittlere Verhältnisse oder Flächeninformationen verlässliche Ergebnisse (Kelln et al. 2017). Die Optimierung der Präzision von Altimetermessungen im küstennahen Bereich ist weiterhin Gegenstand der Forschung (Gomez-Enri 2009; Novotny 2007). Für die GIA-reduzierte Betrachtung historischer Sturmflutwasserstände bzw. dessen zeitlicher Entwicklung ist es daher aktuell noch nicht zweckmäßig (allein) auf Satellitendaten zurückzugreifen.

Um die Pegeldaten in diesem Vorhaben einheitlich im Sinne einer konsistenten Beurteilung und einer für die Ostsee möglichst präzisen Beschreibung der vertikalen Bewegungen behandeln zu können ist es wichtig, konsistente und für den gesamten Ostseeraum gültige Informationen zu verwenden. Aus diesem Grund wurde innerhalb der Projektgruppe entschieden auf bereits bestehende Modelle zur Beschreibung der glazialbedingten isostatischen Ausgleichsbewegungen zurückzugreifen. Die so ermittelten Trends des von pegelbasierten Wasserstandsdaten wurden zusätzlich mit den aus altimetrischen Messungen ermittelten Trendraten für Wasserstandsdaten verglichen. Die zeitreihenbezogene Anwendung der GIA-Landbewegungsraten findet hierbei als Reduktion eines linearen Trends statt. Dies beruht auf der Annahme dass die hier betrachteten Zeiträume (100-200 Jahre) im Verhältnis zum geologischen Gesamtausgleichsprozess isostatischer Landbewegungen (mehrere Tausend Jahre) klein sind.

Über einen Vergleich der globalen GIA-Modelle von Peltier (Peltier 1998, 2004) und denen der Nordischen Geodätischen Kommission (NKG) (ÅGREN 2009; STEFFEN ET AL. 2014; VESTØL ET AL. 2016) wurden Unterschiede deutlich. Der Vergleich mit den ermittelten linearen Trends der Wasserstandszeitreihen sowie dessen GIA-reduzierter Version ergab, dass lediglich über die Anwendung der Modelle des NKG für den gesamten Ostseeraum konsistente Anstiegsraten des mittleren Meeresspiegels ermittelt werden können (vgl. (Kelln et al. 2019)).

Aus den rasterbasierten Informationen der vom NKG bezogenen Modelle NKG2005LU und NKG2016LU muss zunächst die Punktinformation für die jeweilig untersuchte Pegelstation

entnommen werden. In der im Rahmen dieses Projekts angefertigten Bachelorarbeit von Breidenstein (2018) werden verschiedene GIA-Modelle miteinander verglichen und eine Methodik programmiert, die per bilinearer Interpolation bzw. inverser Distanzrechnung die Rasterinformationen auf die Pegelstandorte der in der aufgebauten Datenbank verfügbaren Stationen interpoliert. Im Ergebnis stehen die vertikalen Bewegungsraten für jede in diesem Projekt verwendete Pegelstation zur Verfügung. Die Ergebnisse aus dem Modell NKG2016LU werden schließlich durch Anwendung der Methode der bilinearen Interpolation auf den Kugelausschnitt als derzeit bestmögliche Variante identifiziert, um unter den gegebenen Bedingungen vergleichbare und konsistente Ergebnisse zu erzeugen.

Nachfolgend werden die untersuchten Modelle von Peltier und des NKG kurz beschrieben. In Kapitel 5.2 werden die Ergebnisse der ermittelten Landhebungsraten zur Reduktion von Wasserstandsdaten angegeben.

4.1.1 Globale Peltier Modelle: ICE5G und ICE6G

Peltier (1998) hat in seinen Arbeiten den Einfluss auflastinduzierter Deformationen der Erdkruste untersucht. Hierzu wurde ein viskoelastisches Modell (VM2) der Erde entworfen, das auf dem Relaxationsspektrum für Fennoskandien von McConnel (1968) beruht. Bei Peltier (1998) enthaltene Bewegungsgleichungen besitzen nach einer Laplace-Transformation dieselbe Gestalt wie statisch-elastische Gleichungen, es sind lediglich die entsprechenden Relaxationsfunktionen ersetzt worden (Engels 2006). Mit der Zeit sind die Modelle zum viskoelastischen Erdmantel und der Eislast von Peltier stetig weiterentwickelt worden. Ergänzt wurde das Modell, ähnlich wie das von Lambeck (Lambeck 1993), durch zeitveränderliche Küstenlinien und die Variation der Erdrotation. Auch beobachtete Schwereänderungen werden eingearbeitet.

Peltier hat im Ergebnis mehrere global anwendbare Rekonstruktionsmodelle der Veränderungen der weltweiten Eisschilde entwickelt, von denen das ICE 5G (Peltier 2004) und das ICE 6G (Peltier et al. 2015) akquiriert und verglichen worden sind.

4.1.2 Modelle der Nordischen Geodätischen Kommission: NKG2005LU und NKG2016LU

Die 1953 gegründete NKG ist entstanden aus einer Kooperation von Geodäten der Länder Dänemark, Finnland, Island, Norwegen und Schweden. Ihr Ziel ist die Zusammenarbeit und der wissenschaftliche Austausch auf dem Gebiet der Geodäsie, zum Beispiel zur Verbesserung einer gemeinsamen geodätischen Infrastruktur im nordischen Raum. Aus diesen Arbeiten sind u.a. die nordischen Geoidmodelle, die Landhebungs- und Landaufbaumodelle, ein gemeinsames GNSS-Analysezentrum und eine gemeinsame Gravitationsdatenbank entstanden. Aus den Arbeiten der NKG sind auch die GIA-Modelle NKG2005LU und NKG2016LU hervorgegangen.

Das im Jahr 2005 erstmals veröffentlichte Modell NKG2005LU ist zur Berechnung des *Baltic Levelling Ring*, also zur Anpassung der im baltischen Raum vorgenommenen Nivellements sowie der Realisation des europäischen Höhensystems *European Vertical Reference Frame* (EVRF2007, (Augath und Ihde 2000)) entstanden. Das Modell ist das Ergebnis

einer Kombination aus GNSS-Messungen, Pegeldaten, wiederholten Nivellements und dem geophysikalischen Modell nach Lambeck et al. (1998).

Ergänzend dazu existiert nun das überarbeitete und aktuellere Modell NKG2016LU (STEFFEN ET AL. 2014; VESTØL ET AL. 2016), welches nicht auf Pegeldaten aufbaut. Das auf geodätischen Messungen basierende empirische Landbewegungsmodell nach Vestøl (2006) (GNSS Messungen aus dem BIFROST Projekt (Scherneck 2001) und NKG Nivellements) sowie das vorläufige NKG2016GIA_prel0306 Modell der NKG-Arbeitsgruppe Geodynamiken bilden dabei die Grundlage für die Berechnung des NKG2016LU. NKG2016LU_abs gibt absolute Landhebungsraten in ITRF2008 (International Terrestrial Reference Frame) bezogen auf den Erdmassenmittelpunkt aus, wogegen die Werte des NKG2016LU_lev Landbewegungsraten bezogen auf das verwendete Geoid angeben.

Da das NKG2016LU mit seiner Einführung auch auf internationaler Basis für den baltischen Raum das vorherige Model NKG2005LU ersetzt hat (STEFFEN ET AL. 2014; VESTØL ET AL. 2016) und übergreifend eines der wenigen Modelle darstellt welches speziell zur Beschreibung der glazialen Ausgleichsbewegungen im Ostseeraum entwickelt wurde, wird in dieser Arbeit das Modell NKG2016LU verwendet (VESTØL ET AL. 2016). Untersuchungen zu den Unterschieden in den resultierenden Landhebungsraten der betrachteten GIA-Modelle finden sich in der im Rahmen dieses Forschungsprojekts angefertigten Bachelorarbeit von Breidenstein (2018).

4.2 Extremwertstatistik

Im Bereich der Sturmflutvorsorge der küstennahen Bereiche spielt die Kenntnis zur Eintrittswahrscheinlichkeit bestimmter Wasserstandshöhen eine wichtige Rolle. Die Bemessung von Deichen und anderen Hochwasserschutzanlagen basiert vielfach auf einer Abschätzung der Wasserstände bestimmter Wiederkehrintervalle. Im Zuge des Forschungsprojekts AMSeL_Ostsee wurden die hochaufgelösten Wasserstandsdaten der Ostsee aufbereitet. Durch die Erstellung und Zusammenführung von konsistenten Datensätzen wurden bislang nicht untersuchte Zeitreihenlängen generiert. Für die Anpassung von Verteilungsfunktionen wurden die Daten anschließend um Ihren linearen Trend bereinigt. Die Auswahl einer geeigneten Verteilungsfunktion basiert auf dem Vergleich von fünf verschiedenen Verteilungen, welche für eine ausgewählte Anzahl von Stationen angepasst wurden. Die Parameterschätzung erfolgt stets mit der Maximum-Likelihood Methode.

4.2.1 Stichprobenauswahl

Je nach Fragestellung und Datenverfügbarkeit werden verschiedene Methoden zur Datenauswahl angewandt. Die beiden übergeordneten Methoden lassen sich unterteilen in eine regelmäßige (Block-Methode) sowie eine unregelmäßige (Peak over Threshold (PoT)-Methode) Stichprobenauswahl.

Für die Auswahl regelmäßiger Stichprobenwerte wird für ein gewähltes Zeitintervall (Block) stets eine bestimmte Anzahl an Datenpunkten nach einem festgelegten Kriterium (z.B.

größte/kleinste Werte) ausgewählt. Demgegenüber steht die unregelmäßige Auswahl, bei welcher alle Stichprobenwerte über oder unter einem vorgegebenen Schwellenwert ausgewählt werden. Es entsteht eine partielle Serie. Die Methoden sind im Folgenden näher erläutert.

4.2.1.1 Block-Methode

Das Separieren einer aufgezeichneten Zeitserie von Messwerten in jeweils gleich große, nicht überlappende Teilabschnitte zur weiteren Auswertung wird als Block-Methode bezeichnet. Werden nun aus den erstellten Blöcken jeweils die Maximalwerte ermittelt entsprich dies der Block-Maxima-Methode. Analog hierzu können auch andere Parameter, wie z.B. das Minimum eines Blocks gewählt oder andere Zeitabschnitte zur Einteilung in Blöcke vorgenommen werden. Die so erzeugte neue Stichprobe folgt einer Extremwertverteilung. Die vorhergehende Auswertung eines betrachteten Zeitraums kann zu einer jährlichen Stichprobe führen, was u.a. auf die Bildung von Jahresmittelwerten zutrifft. Diese folgen jedoch keiner Extremwertverteilung. Bei kurzen Zeitreihenlängen ist ein weiterer Ansatz das Einbeziehen der i-extremsten Werte eines Blocks. Hierbei sollte jedoch darauf geachtet werden, dass i klein genug bleibt um lediglich Extremereignisse in die Auswahl einzubeziehen.

Beispiel einer Jahresreihe: Bezogen auf die Stichprobenauswahl N lässt sich eine Extremwertstatistik einer Zeitreihe der Jahresanzahl n mit den Ausprägungen x_i (Messwerte) zum Zeitpunkt t_i aufstellen:

$$N(t_{n,\max(x_{i\epsilon n})}) = \max[x_{i_1}, \dots, x_{i_n}] \qquad [3]$$

Die Messwerte x_{i_n} eines jeden Jahres lassen sich als neue Zeitreihe X_n interpretieren, von welcher jeweils der Maximalwert bestimmt wird. Aus der Stichprobenauswahl entsteht im Endeffekt eine Reihe, welche einen Umfang entsprechend der Beobachtungszeitspanne (hier: Jahre) aufweist (Stichprobenwerte N entspricht der Jahresanzahl n).

Einen Informationsverlust zeigt dieses Verfahren, wenn in hochwasserstarken Jahren mehrere Extremereignisse auftreten und lediglich das größte ausgewählt wird. Umgekehrt können in hochwasserschwachen Jahren Ereignisse in eine Reihe einbezogen werden, die den Kriterien eines seltenen Extremereignisses in Form zu niedriger absoluter Wasserstände wiedersprechen. Nachteilig ist auch, dass bei Reihen mit einer geringen Anzahl an Beobachtungsblöcken ein ggf. zu kleiner Stichprobenumfang entsteht um weitere Auswertungen durchführen zu können. Dies erschwert die Interpretation von Auswertungsergebnissen bzw. die Güte der Anpassungen von Verteilungsfunktionen.

Gegenüber anderen Auswahlmethoden zeichnet sich die Block-Methode dadurch aus, dass stets eine vordefinierte Menge von Messwerten zur Stichprobe hinzugefügt wird. Der Bearbeiter kann weitere, auf der Stichprobe aufbauende Auswertungen dementsprechend anpassen. Darüber hinaus tritt eine Abhängigkeit von ausgewählten Ereignissen lediglich auf, wenn diese nahe den Blockübergängen liegen.

Im Projektverlauf hat sich gezeigt, dass historische Wasserstände von Extremereignissen meist auf Basis jährlicher Maximalwerte zur Verfügung stehen. Dies ist eine Folge der unregelmäßigen Aufzeichnungen im 19. Jahrhundert. Dort wurden meist mittlere Wasserstände aus Ganglinien ermittelt und einzelne Extremwasserstände notiert. Entsprechend dieser Verfügbarkeit wurden diese Reihen ergänzt und geprüft. Partielle Serien können in der Regel nur für diejenigen Zeiträume erstellt werden in welchen hochaufgelöste Wasserstandsdaten zur Verfügung stehen. Beim Vergleich der Jahresmaximalwerte aus historischen und verfügbaren hochaufgelösten Daten wurde jeweils derjenige Wert eines Jahres beibehalten, welcher in seinem Betrag größer ist. Begründet wird dieses Verfahren auf der einen Seite durch die fortschreitende technische Entwicklung und Datenprüfung (Abgleich mit Nachbarpegeln) bei hochaufgelösten Daten, wodurch bei beidseitiger Verfügbarkeit hochaufgelöste Daten Einzelwerten vorgezogen werden könnten. Auf der anderen Seite liegen die Stundendaten als Momentanwerte vor. Ein Sturmhochwasserscheitel der zwischen zwei Stundenwerten erreicht wurde kann demnach größer sein als der ermittelte Höchstwert einer stündlichen Reihe und ist diesem daher vorzuziehen.

4.2.1.2 PoT-Methode

Zur Auswahl einer partiellen Reihe, auch Peak-Over-Threshold-Methode (PoT) genannt, können verschiedene Varianten herangezogen werden. Das Hauptmerkmal dieser Methode ist die Festlegung eines Grenzwerts zur Auswahl von Stichprobenmerkmalen. Alle den Grenzwert passierenden Ereignisse fallen somit in die Stichprobe, wodurch (in der Regel) die Stichprobengröße gegenüber der Methode der jährlichen Extremwerte steigt. Der Informationsgehalt bezüglich seltener Ereignisse nimmt dabei nicht zu (DWA 2012). Dieses Verfahren wird insbesondere für kurze Zeitreihenlängen angewandt.

An dieser Stelle sollen auch einige Beispiele genannt werden, mit welchen Kriterien häufig gearbeitet wird. Grundsätzlich sind alle Grenzwerte zulässig, welche zu Stichproben mit Einzelereignissen führen. Im Fall der Betrachtung von Extremwasserstandsereignissen werden häufig die Grenzen von Sturmflutklassifizierungen als Grenzwerte verwendet. Bei Untersuchungen von Extremwasserständen an den südlichen und südwestlichen Ostseeküsten können dies z.B. die Sturmflutklassifizierungen des BSH sein. Aus einer jährlichen Betrachtung mit der Block-Methode kann jedoch auch ein Grenzwert für die PoT Analyse hervorgehen. Die DWA empfiehlt unter anderem den untersten Wert einer jährlichen Reihe als Grenzwert zur Betrachtung in partiellen Reihen (DWA 2012). Durch die absolute Wahl eines Grenzwerts bleibt jedoch die Problematik bestehen, dass der Meeresspiegelanstieg Einfluss auf die Stichprobengröße nimmt. Unter Umständen können dadurch Sturmhochwasserereignisse aus aktuelleren Daten bevorzugt behandelt werden und es entsteht ein künstlicher Trend der zu Fehlinterpretationen führen kann. Gleichzeitig zeigt diese Form der Stichprobenauswahl schwächen wenn für mehrere Stationen unterschiedlicher Lage einheitliche absolute Werte ausgewählt werden.

Um diese Schwierigkeiten zu umgehen werden auch wahrscheinlichkeitsbezogene Grenzwerte, z.B. Quantile, gewählt (Haigh et al. 2016). Das Kriterium für die Auswahl der Stichprobe ist somit ein für jeden Pegelstandort spezifischer Wasserstand, der einem gewählten

Widerkehrintervall entspricht. Um obendrein den Einfluss des Meeresspiegelanstiegs zu minimieren werden die Daten jeweils zuvor um ihr gleitendes Mittel reduziert.

4.2.2 Unabhängigkeit

Um statistische Auswertungen von Messdaten vorzunehmen werden nach definierten Kriterien Stichproben erstellt und analysiert. Ein wesentliches Kriterium ist die statistische Unabhängigkeit der ausgewählten Ereignisse. Hiermit ist gemeint, dass betrachtete Ereignisse nicht denselben meteorologischen Entstehungsursachen unterliegen sollten.

Aufeinander folgende Sturmflutscheitel mit kurzem zeitlichem Versatz können beispielsweise demselben Sturmereignis zugrunde liegen und wären demnach nicht unabhängig. Fröhle (2000) schlägt vor, dass zwischen zwei unabhängigen Ereignissen ein Grenzwert, der mittlere Verhältnisse beschreibt, unterschritten werden muss. Zudem gibt Fröhle (2000) ein Verfahren an, nach dem abhängig von den untersuchten meteorologischen oder ozeanographischen Größen ein definierter Zeitraum zwischen zwei Ereignissen liegen muss, damit diese als unabhängig voneinander angesehen werden können. Mudersbach (2009) beschreibt eine Prüfung auf Unabhängigkeit mittels Autokorrelationsfunktion. In den Empfehlungen der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA 2012) werden Unabhängigkeiten über den Wasserstandsverlauf definiert. Sind Extremereignisse mehr als sieben Tage auseinander sind diese als unabhängig anzusehen. Die EAK schlägt den Phasenhäufigkeitstest von Wallis und Moore zur Prüfung auf Unabhängigkeit einer Stichprobe vor (KFKI 2007).

Aufgrund der geringen Einflüsse der täglichen Gezeiten sowie der dominierenden Einflüsse von länger wirkenden Prozessen wie dem Füllungsgrad und Windstau können Sturmflutwasserstände an den untersuchten Ostseeküsten mehrere Tage andauern. Die mittlere jährliche Verweilzeit von Sturmflutwasserständen (Wst > 1 m NHN) an untersuchten Stationen wurde in diesem Projekt mit bis zu 81h ~ 3,3 Tage (Kiel-Holtenau) ermittelt. Nimmt man an, dass eine Sturmflut in etwa die gleiche Zeitspanne als Abkling- sowie Anspringzeit benötigt ergibt sich die auch von der DWA empfohlene Zeitspanne von 7 Tagen. Diesen Ausführungen folgend ist für die hier vorliegenden Untersuchungen ein zeitlicher Abstand von sieben Tagen als Kriterium für die Unabhängigkeit von Einzelereignissen ausgewählt worden. Dies gilt sowohl für erstellte jährliche als auch partielle Serien.

4.2.3 Signifikanzprüfung

Um die Gültigkeit eines Trends statistisch zu verifizieren ist es zweckmäßig die ermittelten Trends auf Signifikanz zu prüfen. Hierzu eignen sich verschiedene Hypothesentests, bei welchen eine Nullhypothese (z.B.: Trend liegt nicht vor) gegen eine Alternativhypothese (z.B.: Trend liegt vor) über einem gewählten Signifikanzniveau α getestet wird. Neben dem Student-t-Test wird u.a. von Fröhle (2000) der nichtparametrische Mann-Kenndall-Test (MK) zur Prüfung auf Existenz eines linearen Trends verwendet. Der MK-Test ist in der Lage lineare und nicht-lineare Trends zu detektieren und erfordert keine Normalverteilung der Daten. Der Test macht jedoch keine Aussagen über die (Nicht-) Linearität eines Trends. In den durchgeführten Arbeiten ermittelte Trends wurden mithilfe des MK-Tests auf Signifikanz geprüft, sodass im Folgenden die Ausführung eines MK-Tests beschrieben wird.

Für eine Ausgewählte Zeitreihe $x_1, \ldots, x_n$ wird zunächst eine Nullhypothese aufgestellt, welche besagt dass die Stichprobe unabhängig und gleichverteilt ohne Trend vorliegt. Die Gegenhypothese lautet, dass ein Trend existiert und die Zeitreihe abhängig ist. Es wird dabei jeder Wert mit jedem folgenden, jüngeren Wert der Zeitreihe verglichen. Stimmt die Nullhypothese, kann das Vorhandensein eines Trends abgelehnt werden:

$$H_0: P(x_j > x_i) = 0{,}5\,; j > i$$

$$H_1: P(x_j > x_i) \neq 0{,}5\ (zweiseitiger\ Test)$$

Im Anschluss wird die Mann-Kenndall-Statistik S wie folgt berechnet:

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k-1}^{n} sgn(x_j - x_k)\,, wobei\ gilt: sgn(x_j - x_k) = s_{ij} = \begin{cases} 1, für\ s > 0 \\ 0, für\ s = 0 \\ -1\ für\ s < 0 \end{cases}$$

Ein positiver Wert für S weist also einen steigenden, ein negativer Wert einen fallenden Trend aus. S ist dabei normalverteilt, hat einen Mittelwert von 0 und eine Varianz gemäß der Formel:

$$Var[S] = \frac{\{n(n-1)(2n+5) - \sum_{j=1}^{p} t_j(t_j-1)(2t_j+5)\}}{18}.$$

Der Wert p beschreibt die Anzahl Gruppen gleicher („tied“) Werte, wobei eine Klassifizierung zweckmäßig ist (LANUV NRW 2010). Jetzt kann geprüft werden ob ein Trend signifikant von 0 abweicht. Dabei ist Z eine standard-normalverteilte Zufallsgröße die auf die Signifikanz α mit der Standardnormalverteilung getestet wird.

$$Z = \begin{cases} \dfrac{S-1}{[Var(S)]^{1/2}}, wenn\ S > 0 \\ 0 \qquad\qquad , wenn\ S = 0 \\ \dfrac{S+1}{[Var(S)]^{1/2}}, wenn\ S < 0 \end{cases}$$

Bei einem zweiseitigen Test wird die Nullhypothese mit der Signifikanz α abgelehnt, wenn $abs(Z) > \frac{Z_\alpha}{2}$ ist, wobei $\frac{Z_\alpha}{2}$ der Wert der Standardnormalverteilung mit einer Überschreitungswahrscheinlichkeit von $\frac{\alpha}{2}$ ist. So wird u.a. auch der p-Wert ausgegeben, welcher bei einem zweiseitigen Test der doppelten Wahrscheinlichkeit entspricht, ein gleiches oder größeres (resp. kleineres) Z als das errechnete zu erhalten. Es folgt daraus dass je größer der p-Wert ist sich die Wahrscheinlichkeit für die Annahme der Nullhypothese erhöht, also kein Trend vorliegt. Kendalls-Tau wird nun ermittelt, in dem das maximal mögliche S bestimmt (hier D genannt) und in Bezug zu dem tatsächlichen S gesetzt wird:

$$D = \left[\frac{1}{2}n(n-1) - \frac{1}{2}\sum_{j=1}^{p} t_j(t_j-1)\right]^{1/2} \left[\frac{1}{2}n(n-1)\right]^{1/2}$$

mit

$$\tau = \frac{S}{D}$$

Das Mann-Kendall-Tau bewegt sich in den Grenze -1 ≤ Tau ≤ 1.

Für die Interpretation der dargestellten Ergebnisse wird der Ausgang der Hypothese aufgeführt (H1 oder H0) sowie die ermittelte Ablehnungswahrscheinlichkeit p und das gewählte Signifikanzniveau α. In der Regel werden Signifikanzniveaus von α = 5 % bzw. α = 10 % gewählt.

4.2.4 Verteilungsfunktionen

Für die statistischen Auswertungen ist auf eine Reihe von Extremwertverteilungen zurückgegriffen worden, aus welchen jeweils diejenige mit der besten Anpassung an die Daten ausgewählt wurde. An dieser Stelle werden kurz die verwendeten Dichte- und Verteilungsfunktionen aufgeführt. Für ein vertiefendes Studium sei auf die vielfach verfügbare Literatur verwiesen (Coles 2001; DWA 2012; Gumbel 2013(1958); KFKI 2007; Mudersbach 2009; Sachs und Hedderich 2006; Sackl 1994). In den folgenden Formeln steht x für die betrachtete Zufallsvariable:

- Generalisierte Extremwertverteilung (GEV) (DWA 2012)

  Definitionsbereich: $a > -1,\ d > 0$

  $x \leq c + \frac{d}{a}\ f\text{ür}\ a > 0$

  $c + \frac{d}{a} \leq x\ f\text{ür}\ a < 0$

  Dichtefunktion: $f(x) = \frac{1}{d}\left(1 - a\frac{x-c}{d}\right)^{\frac{1}{a}-1} * e^{[-\left(1-a\frac{x-c}{d}\right)^{\frac{1}{a}}]}$

  Verteilungsfunktion: $F(x) = e[-\left(1 - a\frac{x-c}{d}\right)^{\frac{1}{a}}\ f\text{ür}\ a \neq 0$

- Gumbel-Verteilung bzw. Extremal-Typ-1-verteilung (Gumbel) (DWA 2012):

  Definitionsbereich: $-\infty < x < +\infty;\ d > 0$

  Dichtefunktion: $f(x) = \frac{1}{d}e^{-\frac{x-c}{d}}e^{-e^{-\frac{x-c}{d}}}$

  Verteilungsfunktion: $F(x) = e^{-e^{-\frac{x-c}{d}}}$

- Weibull-Verteilung (Weibull) (DWA 2012):

  Definitionsbereich: $0 \leq c < x; a, d > 0$

  Dichtefunktion: $f(x) = \frac{a}{d}\left(\frac{x-c}{d}\right)^{a-1} e^{-\left(\frac{x-c}{d}\right)^{a}}$

  Verteilungsfunktion: $F(x) = 1 - e^{-\left(\frac{x-c}{d}\right)^{a}}$

- Logarithmische Normalverteilung (LogN) (DWA 2012):

  Definitionsbereich: $c < x < \infty; c < x_{min}; d > 0$

  Dichtefunktion: $f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}(x-c)d}e^{-\frac{1}{2}(\frac{\ln(x-c)-e}{d})^2}$

  Verteilungsfunktion: $F(x) = \Phi[-\frac{\ln(\mathrm{x-c})-\mathrm{e}}{d}]$

Als Schätzmethode für die Parameter der Verteilungsfunktionen wurde die Maximum-Likelihood-Methode („Methode der größten Mutmaßlichkeit“) zurückgegriffen. In der Regel lie-

fert diese Methode eine bessere Anpassung als andere Methoden (z.B. Momentenmethode) (Sackl 1994). Da diese Methode einen hohen Rechenaufwand zur numerischen Lösung der Gleichungssysteme erfordert ist für die Durchführung das Softwaretool MATLAB verwendet worden.

4.3 Lineare Trendanalysen

In den Auswertungen sind lineare Trendanalysen durchgeführt worden, um die zeitliche Veränderung bestimmter Kennwerte bei der Betrachtung von Extremereignissen zu beurteilen. Vorwiegend wurde hierfür die Methode der kleinsten Quadrate (ordinary least squares - OLS) zur linearen Regression angewandt. Neben der OLS wurde für bestimmte Untersuchungen auch eine gegenüber Ausreißern robustere Trendermittlung gewählt (Huber 1981), um den Trendwert insbesondere bei kurzen Reihen zu stützen. Die Methode nutzt eine Gewichtung der Einzelwerte um starke Abweichungen einzelner Werte vom generellen Verhalten weniger stark den Trend beeinflussen zu lassen.

Bei linearen Trendanalysen ist die ermittelte Trendrate stark abhängig von den betrachteten Zeiträumen, weswegen für die aufgebaute Datenbasis immer wieder Beispielstationen (mit größtmöglicher Länge) ausgewählt wurden. Diese werden für den jeweilig betrachteten Fall als repräsentativ erachtet und nach Kriterien der Zeitreihenqualität, der Zeitreihenlänge und der geografischen Verteilung ausgewählt. Gerade bei den großen Schwankungsbreiten von Extremwasserständen ist die Trendermittlung für kurze Zeiträume häufig unpräzise und bedarf einer ergänzenden Information, weswegen stets auch die Signifikanz eines Trends nach dem in Kapitel 4.2.3 beschriebenen Verfahren ermittelt wurde. Insbesondere für eine ergänzende Beurteilung von Trendraten ermittelt aus den jährlichen Hochwasserständen ist eine Methodik angewandt worden, die Führböter (1976) seinerzeit als „langlebiger Chronist“ bezeichnete und auf Wasserstandsdaten der Nordsee angewandt hat. Das Verfahren beruht auf der schrittweisen Verlängerung einer betrachteten Zeitreihe um je einen Zeitschritt mit Ermittlung des linearen Trends für jeden weiteren Schritt, siehe Abbildung 4-1.

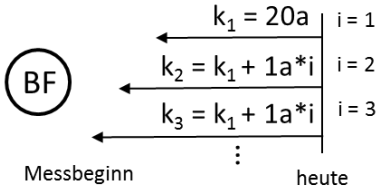


Abbildung 4-1: Schrittweise Trendermittlung bei Verlängerung der betrachteten Zeitreihe (BF = Backfixed)

Durch die anschließende Betrachtung der Entwicklung der ermittelten Trends für die wachsende Zeitreihe kann eine Grenzwertbetrachtung der linearen Trends vorgenommen werden. Die Untersuchungen wurden beginnend bei einer $k = 20$ jährigen Reihe für Mittel- und

Extremwertzeitreihen durchgeführt. Fortlaufend wird mit jedem Schritt i jeweils ein Jahr ergänzt und erneut die Trendrate ermittelt. Zur Visualisierung von dekadischen Periodizitäten sowie zum einfacheren Verständnis der Ergebnisse ist eine Glättung um ein 11-jähriges Mittel durchgeführt worden.

Abbildung 4-2 zeigt beispielhaft die Ergebnisse einer solchen Betrachtung für GIA reduzierte Jahresmaximalwerte aus langjährig verfügbaren hochaufgelösten Wasserstandsdaten der Ostseeküste. Es zeigt sich deutlich, dass die Unsicherheit in der Betrachtung von Trends aus Jahresextremwertzeitreihen sehr groß ist. Erst bei etwa 100-120 Jahren Zeitreihenlänge werden einigermaßen konstante Trendraten erreicht. Darüber hinaus werden aus den Analysen Periodizitäten deutlich, welche die Trendraten in erheblichem Maße beeinflussen. Werden alle Stationen zusammenfassend betrachtet, nähern sich die Trendwerte im Gesamten einem Wert von knapp unter 2 $\frac{mm}{a}$ an.

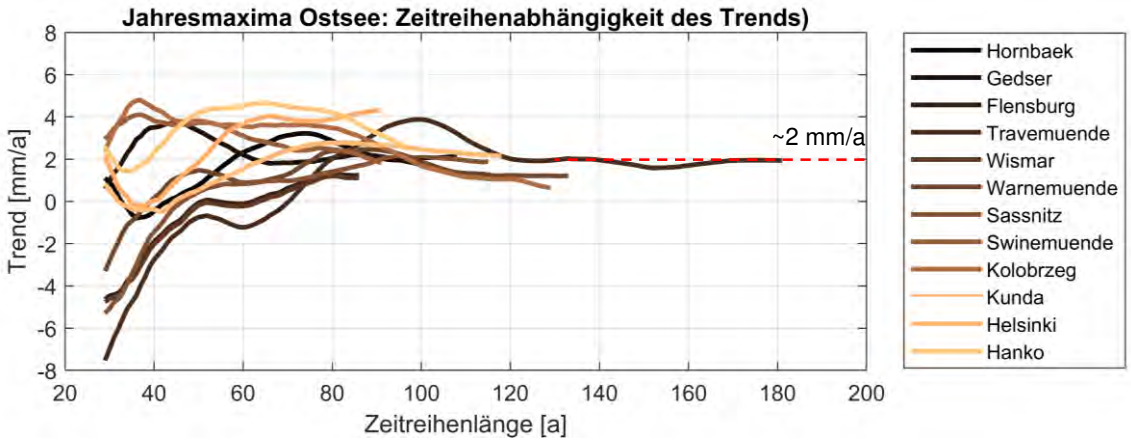


Abbildung 4-2: Abhängigkeit des linearen Trends von der Zeitreihenlänge bei der Betrachtung von Jahresmaximalwerten

4.4 Verweilzeiten

Neben den Scheitelhöhen von Extremwasserständen ist auch die zeitliche Dauer erhöhter Wasserstände Ursache von Schäden an Hochwasserschutzbauwerken und Küstenschutzmaßnahmen. Je länger ein Extremereignis dauert, desto höher sind auch die beobachteten Schäden (Meinke 1998). Dieses Zeitintervall wird als Verweilzeit oder Verweildauer bezeichnet. Verweilzeiten sind maßgeblich verantwortlich für im Ruhewasserstand entstehende Brandungsturbulenzen, die nachfolgend Anfangsschäden an Küstenschutzbauwerken oder küstenmorphologische Veränderungen hervorrufen können. Diese Initialschäden sind ursächlich für weitergehende Beschädigungen an Küstenschutzmaßnahmen.

Aus erhobenen Wasserstandsdaten mit ausreichend hoher Auflösung (minütlich) lassen sich Verweilzeiten berechnen (Jensen et al. 2010). Da im Zuge der Digitalisierung von Pegelbögen und anderen historischen Daten in der Vergangenheit größtenteils lediglich stünd-

liche Reihen erzeugt wurden, sind hochaufgelöste Reihen mit sinnvoll nutzbarer Zeitreihenlänge nur für Stundendaten verfügbar. Jensen et al. (2010) haben dabei für stündliche Nordseewasserstandsdaten nachgewiesen, dass eine Interpolation zu Minutendaten mit kubischen Spline-Funktionen ausreichend genaue Ergebnisse liefert. Um die Methodik auch für Wasserstandsdaten der Ostsee zu validieren ist eine Prüfung der Verweilzeiten ermittelt aus verschiedenen Daten vorgenommen worden, siehe Kapitel 4.4.2.

4.4.1 Definition der Verweilzeit

Verweilzeiten werden als diejenigen Zeiträume verstanden, in denen ein Wasserstand ein definiertes Niveau erreicht oder überschreitet. Nach Führböter (1982) sind Verweilzeiten definiert als *Zeitdauer* Δt, in denen sich ein *Wasserstand* H als Funktion der Zeit in einer definierten *Wasserstandsklasse* ΔH aufhält. Beispielhaft kann bei Vorhandensein nur eines Wasserstandsmaximums die Zeitdauer des Wasserstandsanstiegs Δt_1 und die Dauer des Wasserstandsabfalls Δt_2 im gewählten Höhenbereich ΔH als Verweilzeit verstanden werden (s. auch Abbildung 4-3):

$$\Delta t = \Delta t_1 + \Delta t_2$$

Nach diesem Schema kumulieren sich Zeitdauern von Wasserständen der gewählten Klasse innerhalb des Betrachtungszeitraums (z.B. ein Jahr). Im Endeffekt ergeben sich Zeitreihen der Verweilzeit im zeitlichen Verlauf über die Betrachtungsjahre. Durch diese Vorgehensweise lassen sich Veränderungen oder Muster erkennen, die eine kontinuierliche (lineare) oder periodische Änderung beschreiben.

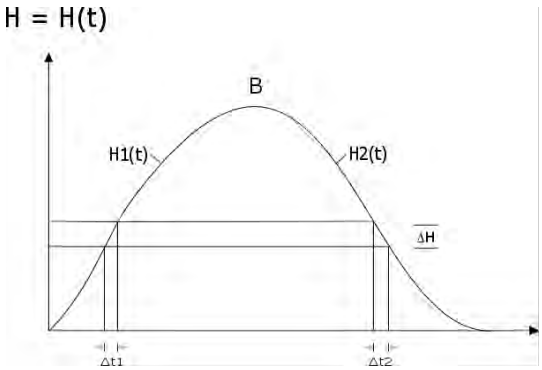


Abbildung 4-3: schematische Darstellung von Verweilzeiten bei Wasserstandsganglinien mit einem Maximum; Quelle nach (Führböter 1982)

Wesentlich für die Interpretation der Ergebnisse einer Verweilzeitanalyse ist die Wahl der Klassengröße für Wasserstände. Grundsätzlich sind diese frei zu wählen, jedoch sollten die Randbedingungen der Analyse das zu wählende Höhenintervall einschränken. Hierzu zählt vor allem auch die zu untersuchende Küstenlinie mit der für Sie typischen Relevanz der Einflussgrößen auf Wasserstände. Für die Nord- und die Ostsee hat Führböter (1982) Untersuchungen angestellt, die die Wahl unterschiedlicher Klassengrößen beinhaltet (0.1 m,

0.25 m, 0.5 m für Ost- und Nordsee (ohne 0.1 m)). Letztlich wurde sich an beiden Küstenzonen für eine Höhenstufe von 0.25 m entschieden, welche auch der Einteilung nach BSH-Sturmflutklassen entspricht. Begründet wird dies mit der Vergleichbarkeit bei der Wahl gleicher Sturmflutklassen sowie mit den für Deiche typischen Böschungsneigungen von 1:6 bzw. 1:4, welche Längen von etwa 1 m entsprechen. Nach Führböter (1982) repräsentieren diese die etwa einen Quadratmeter großen potentiellen Anfangsschäden eines späteren Totalversagens von Deichen bestmöglich. Meinke (1998) hat die Klasseneinteilung nach Führböter (1982) von 0.25 m aufgegriffen und Daten des Pegels Warnemünde von 1953-1995 ausgewertet. Die Verweilzeiten der Klassen a: $0.5 - 0.75$ und b: $0.76 - 1.0\ m\ NN$ zeigen dabei signifikante Zunahmen. Verweilzeiten höherer Klassenstufen weisen keine signifikanten Zunahmen oder zu geringe Ereignishäufigkeiten für einen statistischen Nachweis auf. Im Forschungsprojekt AMSeL (Jensen et al. 2010) wurde für die Analyse von Pegelstationen der Nordsee mit derselben Begründung eine etwas feinere Höheneinteilung von 0,2 m gewählt. Die etwas kleinere Klassengröße beruht hierbei auf der Annahme von modernen Deichprofilen mit geringer Böschungsneigung. In dieser Arbeit wurde den Argumentationen folgend die Höhenstufe von 0,25 m beibehalten.

4.4.2 Untersuchung der Verweilzeiten

Um einen Vergleich der ermittelten Verweilzeiten aus unterschiedlichen Datengrundlagen zu erzeugen wurden aus verfügbaren Minutendaten die Verweilzeiten für ausgewählte Sturmhochwasser bestimmt. Die Erläuterung wird hier am Beispiel des Sturmhochwasserereignisses vom November 2006 durchgeführt. Durch den Vergleich folgender Datensätze

- Stundendaten
- Minutendaten
- Stundendaten linear zu Minutendaten interpoliert
- Stundendaten per Splinefunktion zu Minutendaten interpoliert

konnte nachgewiesen werden das Verweilzeiten auf Basis von interpolierten Stundendaten zweckmäßig sind.

Abbildung 4-4 zeigt anhand des Sturmflutscheitelverlaufs des Ereignisses vom November 2006 die Ganglinien der unterschiedlichen Datensätze. Aus der Abbildung wird deutlich, dass insbesondere die zugrunde gelegte Datenquelle der Minutendaten starken minütlichen Schwankungen unterworfen ist, welche die Ergebnisse der Interpolation nicht entsprechend widergeben. Es findet eine leichte Unterschätzung der Wasserstände im Anstiegsbereich der Sturmflut statt, wogegen am abfallenden Ast nach dem Hochwasserscheitel die Wasserstände vermehrt überschätzt werden. Die Ursache hierfür kann in der Eigenschaft der Stundenwerte liegen, welche als Momentanwerte nicht zwangsläufig das Mittel im ansteigenden oder absteigenden Verlauf widerspiegeln. Spline-Funktionen zeigen sich manchmal sensibel im Bereich von Extremwerten und neigen zu Ausschlägen, weswegen diese in weiteren Prüfungen näher untersucht wurden. Abschließend konnten keine negativen Auswirkungen durch die Wahl einer Spline-Funktion festgestellt werden.

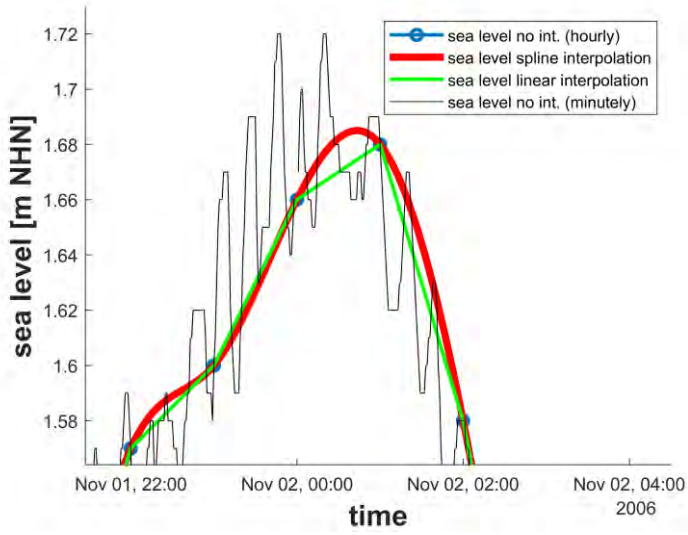


Abbildung 4-4: Vergleich der Interpolationsmethoden für den Scheitelverlauf des Sturmhochwassers von 11/2006

Die nachfolgende Abbildung 4-5 zeigt beispielhaft die ermittelten Verweilzeiten im positiven Bereich der eingeteilten Wasserstandsklassen. Es wird deutlich dass die linear und die mit Spline-Funktion interpolierten Zeitreihen in Ihren Verweilzeiten eine geringere Abweichung zu den aus der höher aufgelösten Minutenzeitreihe ermittelten Verweilzeiten besitzen. Aus den Ergebnissen zeigt sich auch, dass trotz nur geringer Unterschiede zwischen linearer und Spline-Interpolation letztere schließlich die bessere Anpassung bietet. Zur Untersuchung der Verweilzeiten aus den langjährig verfügbaren Stundenwertzeitreihen wird folglich analog zu den Arbeiten im Vorgängerprojekt AMSeL die Spline-Interpolation zu Minutendaten verwendet.

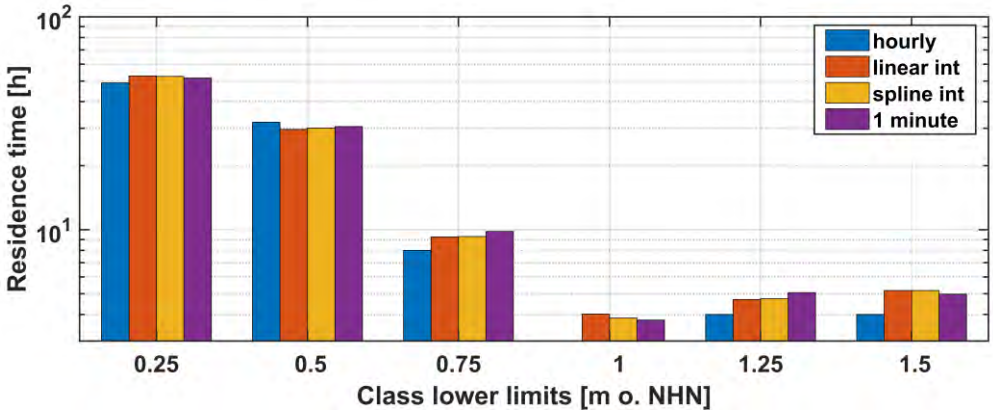


Abbildung 4-5: Verweilzeiten verschiedener Sturmflutklassen für das Extremereignis von 11/2006

Für die Analyse der zeitlichen Entwicklung von Verweilzeiten müssen die in der erstellen Datenbank verfügbaren Daten folglich präprozessiert werden. Die Vergleichbarkeit untereinander wird nur für einen einheitlichen Zeitraum gewährleistet sodass eine Anpassung der

Zeitreihenlänge stattfinden muss. Sind in einem Jahr mehr als 25 % der Daten unplausibel oder nicht vorhanden, werden für das entsprechende Jahr keine Verweilzeiten ermittelt.

Für die Analysen werden die Daten unterteilt nach hydrologischen Jahren innerhalb der beschriebenen Klassengrenzen untersucht. Die Beurteilung der zeitlichen Entwicklung erfolgt entsprechend der Sturmhochwasserdefinition. Für jede der gewählten Klassen werden die jährlichen Verweilzeiten ermittelt und anschließend einer linearen Trendanalyse mit Signifikanzprüfung unterzogen.

4.5 Sturmhochwasserhäufigkeiten

Als weiterer Aspekt zur Beurteilung der zeitlichen Entwicklung von Extremereignissen wurden deren absolute Häufigkeiten untersucht. Anhand der auch für die Verweilzeiten gewählten Klassifizierungen in 0,25 m Schritten wurde das Auftreten von Sturmhochwasserereignissen analysiert. Ergänzend hierzu sind nach den beschriebenen Verfahren jeweils auch die linearen Trends einzelner Klassen ermittelt und auf Signifikanz überprüft worden.

Die für die Analysen entwickelten Auswertungsroutinen sind grundsätzlich so programmiert worden, dass Sie grundsätzlich für alle Stationen der Datenbank anwendbar sind solange gewissen Kriterien erfüllt bleiben (z.B. Verfügbarkeit von stündlichen Daten). Innerhalb dieses Berichts wird aufgrund des Umfangs, wie bei den anderen Analysen auch, jeweils nur eine Auswahl der Ergebnisse (für das Fokusgebiet) präsentiert. Weitere Ergebnisse finden sich u.a. im (digitalen) Anhang.

5 Ergebnisse

Im Folgenden werden zunächst die Ergebnisse der Plausibilisierung zusammengefasst (siehe auch Anhang 8). Im Anschluss daran folgen die Ergebnisse der Auswertung des GIA-Modells mit der Angabe eines vertikalen Landbewegungstrends für die in AMSeL_Ostsee verfügbaren Pegelstationen sowie der Angabe des jeweiligen Längen- und Breitengrads. Darauf aufbauend werden die wesentlichen Ergebnisse zur Extremwertstatistik, zu den (linearen) Trendanalysen, zu den Häufigkeiten von Sturmhochwassern sowie zu den Verweilzeitbetrachtungen vorgestellt.

5.1 Ergebnisse der Plausibilisierung von Wasserstandsdaten

Die Ergebnisse der Untersuchungen zur Plausibilisierung der Daten werden in diesem Abschnitt erläutert und anhand von Tabelle 5-1 und Abbildung 5-1 räumlich und zeitlich eingeordnet.

Tabelle 5-1: Übersicht über die mit den beiden entwickelten Verfahren P-I und P-II geprüften Bereiche und daraus detektierten poentiell unplausiblen Abschnitten

		P-Verfahren I			P-Verfahren II			Gesamt		
Nr.	Station	Abschnitte	stat.sign.auffällig	Zeitraum	Abschnitte	stat.sign.auffällig	Zeitraum	Abschnitte	stat.sign.auffällig	Abdeckung
1	Timmendorf/Poel	21	2118	1961-1990	5	207	1990-2013	26	2325	0.96
2	Wismar Baumhaus	32	6761	1957-1991	3	320	1991-2013	35	7081	0.97
3	Sassnitz	3	3	1963-1984	3	114	1984-2015	6	117	0.85
4	Thiessow	x	x	x	2	101	1984-2014	2	101	0.97
5	Ueckermuende	x	x	x	3	240	1976-1990	3	240	0.28
6	LT Kiel	x	x	x	1	96	1989-2015	1	96	1.00
7	Kiel-Holtenau	1	48	1964-1989	7	5911	1989-2015	8	5959	1.00
8	Eckernförde	x	x	x	2	54	1989-2015	2	54	1.00
9	Schleimünde SP	x	x	x	9	6076	1990-2015	9	6076	1.00
10	Flensburg	3	108	1964-1989	1	43	1989-2015	4	151	0.84
11	LT Kalkgrund	x	x	x	3	366	1990-2015	3	366	1.00
12	Langballigau	x	x	x	4	446	1991-2015	4	446	1.00
13	Koserow	x	x	x	1	721	1984-2014	1	721	0.70
14	Ruden	1	72	1965-1984	5	369	1984-2014	6	441	0.98
15	Lübeck Bauhof	x	x	x	3	222	1990-2014	3	222	0.96
16	Neustadt	x	x	x	2	683	1991-2014	2	683	0.96
17	Travemünde	2	194	1957-1991	1	40	1991-2014	3	234	0.86
18	Greifswald Wieck	1	1	19631975	4	25	1975-2013	5	26	0.96
19	Lauterbach	x	x	x	2	349	1975-2013	2	349	0.95
20	Greifswalder Oie	x	x	x	4	386	1984-2014	4	386	0.97
21	Neuendorf Hafen	x	x	x	0	0	1997-2003	0	0	0.19
22	Stahlbrode	x	x	x	5	839	1975-2014	5	839	0.98
23	Rostock UP	26	4271	1968-2014	x	x	x	26	4271	0.98
24	Warnemünde	23	2302	1957-2015	x	x	x	23	2302	0.94
25	Barhöft	10	680	1965-2015	x	x	x	10	680	0.82
Gesamtbetrachtung		123	16558	Stunden	70	17608	Stunden	193	34166	Stunden
			1.89	Jahre		2.01	Jahre		3.9	Jahre
			0.20%	Prozent		0.22%	Prozent		0.42%	Prozent

Für 22 der in Tabelle 5-1 zusammengefassten Stationen konnten die aktuelleren Zeiträume nach ca. 1990 mit dem *Plausibilisierungsverfahren II (P-II)* geprüft werden. Insgesamt wurden 70 Abschnitte unterschiedlicher zeitlicher Länge als statistisch auffällig beurteilt und als potentiell unplausibel definiert. Aufsummiert umfassen diese potentiell unplausiblen Abschnitte einen Zeitraum von 17608 Stunden (ca. 2 Jahre). Für weiter zurückliegende Zeiträume wurde das *Plausibilisierungsverfahren I* (P-I) auf die Messdaten angewandt. Hierbei ergaben sich für die 11 untersuchten Stationen 123 Zeiträume unterschiedlicher zeitliche

Länge als potentiell unplausibel oder auffällig. Die Anwendung des *P-I* ist hierbei als manuelle Ergänzung (Vergleichspegel werden manuell definiert) des automatisierten (Vergleichspegel werden anhand einer statistischen Analyse automatisch zugeordnet) *P-II* für 11 der 21 betrachteten Stationen zu verstehen. Die Stationen Warnemünde, Rostock und Barhöft wurden dabei ausschließlich mit dem manuellen *P-I* geprüft, siehe Tabelle 5-1.

Die nachfolgende Abbildung 5-1 gibt eine räumliche Übersicht zur Qualitätsbeurteilung der jeweilig betrachteten Zeitreihe durch Ermittlung eines Plausibilisierungskoeffizienten (potentiell unplausibler Zeitraum/Gesamtzeitreihenlänge). Im projektintern angelegten Pegelprotokoll befindet sich darüber hinaus eine Auflistung aller als auffällig beurteilten Zeiträume. Einer Korrektur dieser Messwerte wird im Zuge der Plausibilisierung zunächst nicht durchgeführt; die potentiell unplausiblen Datensätze wurden an die jeweils zuständigen Behörden kommuniziert und wurden/werden dort im Einzelnen geprüft. Im Vorhaben wurden die detektierten Zeiträume zunächst für die weiteren Untersuchungen nicht berücksichtigt.

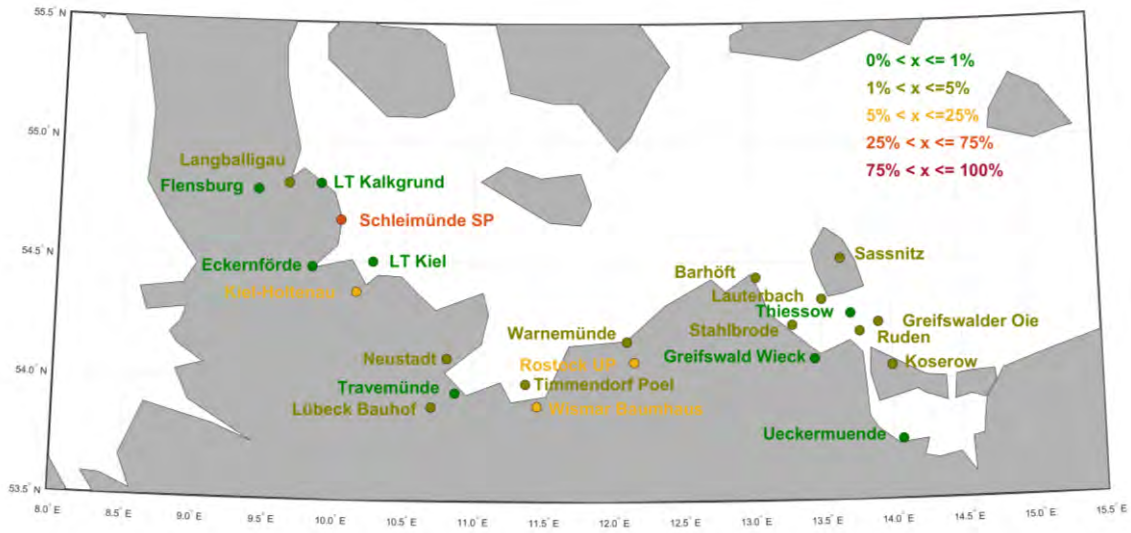


Abbildung 5-1: Plausibilisierungsübersicht; gibt an, wie hoch der Anteil potentiell unplausibler Abschnitte innerhalb der Stundenwertzeitreihen ist

5.2 Vertikale Landbewegungen im Untersuchungsgebiet

Die vertikalen Landbewegungen zur Reduktion des GIA-Trends wurden mit dem Modell NKG2016LU der Nordischen Geodätischen Kommission für die Positionen der im Projekt berücksichtigten Wasserstandspegel ermittelt

Die Stationen Kiel Alte Schleuse und Neustadt Radar werden in der Datenbank als Pegel geführt, enthalten jedoch keine verwendbaren Daten zur Auswertung. Die berechneten Landhebungsraten beziehen sich dabei auf die Lokation der Station in Bezug zum verwendeten GIA-Modell. Positive Werte zeigen dabei eine Landhebung, negative eine Landsenkung im Millimetern pro Jahr an.

Tabelle 5-2: Landbewegungsraten [mm/a] für Pegelstationen in AMSeL_Ostsee; ermittelt aus dem Modell NKG2016LU über bilineare Interpolation auf der Kugelgestalt der Erde; Modell nach (VESTØL ET AL. 2016)

P.Nr.	Pegelname	Latitude	Longitude	Trend [mm/a]	P.Nr.	Pegelname	Latitude	Longitude	Trend [mm/a]
1	Esbjerg	55.461	8.441	0.195	93	Gdansk	54.400	18.683	-0.053
2	Hantsholm	57.119	8.596	1.257	94	Kaliningrad	54.950	20.217	0.004
3	Hirtshals	57.596	9.964	1.981	95	Klaipeda	55.700	21.133	0.201
4	Frederikshavn	57.436	10.549	2.099	96	Liepaja	56.490	21.030	0.821
5	Aarhus	56.147	10.224	1.061	97	Pavilosta	56.890	21.200	1.131
6	Fredericia	55.561	9.754	0.392	98	Ventspils	57.400	21.530	1.571
7	Fynshav	54.995	9.987	0.218	99	Kolka	57.740	22.590	1.633
8	Mommark	54.933	10.067	0.204	100	Roja	57.510	22.800	1.330
9	Slipshavn	55.288	10.828	0.567	101	Mersrags	57.330	23.130	1.088
10	Korsor	55.332	11.142	0.579	102	Daugavgriva	57.050	24.033	0.727
11	Hornbaek	56.091	12.458	1.234	103	Lielupes Griva	56.980	23.890	0.664
12	Kobenhavn	55.705	12.600	0.979	104	Skulte	57.320	24.410	0.882
13	Teijn	55.250	14.838	0.604	105	Salacgriva	57.760	24.350	1.218
14	Rodbyhavn	54.656	11.349	0.237	106	Pärnu	58.376	24.473	1.701
15	Gedser	54.573	11.926	0.234	107	Virtsu	58.591	23.510	2.252
16	Flensburg	54.795	9.433	0.002	108	Rohuküla	58.904	23.426	2.704
17	Langballigau	54.823	9.654	0.058	109	Helterma	58.866	23.047	2.855
18	LT Kalkgrund	54.825	9.888	0.110	110	Ristna	58.919	22.060	3.451
19	Kappeln	54.664	9.938	0.049	111	Dirhami	59.211	23.501	3.091
20	Schleswig	54.511	9.569	-0.071	112	Paldiski	59.350	24.048	3.021
21	Olpenitz	54.670	10.030	0.068	113	Tallin	59.450	24.800	2.832
22	Schleimünde SP	54.673	10.037	0.071	114	Loksa	59.584	25.699	2.738
23	Eckernförde	54.475	9.836	-0.043	115	Kunda	59.526	26.544	2.356
24	LT Kiel	54.500	10.273	0.032	116	Narva joesnu	59.468	28.039	1.701
25	Strande	54.436	10.173	-0.009	117	Kronstadt	59.987	29.778	1.408
26	Friedrichsort	54.391	10.194	-0.024	118	Primorsk	60.350	28.617	2.217
27	Kiel-Holtenau	54.372	10.157	-0.037	119	Vyborg	60.700	28.733	2.509

28	Kiel Alte Schleuse				120	Hamina	60.563	27.179	3.037
29	Lippe	54.336	10.646	0.008	121	Kotka	60.450	26.950	3.030
30	Heiligenhafen	54.373	11.006	0.061	122	Soderskar	60.117	25.417	3.435
31	Marienleuchte	54.497	11.239	0.143	123	Helsinki	60.154	24.956	3.694
32	Neustadt	54.097	10.813	-0.074	124	Skuru	60.100	23.550	4.239
33	Neustadt Radar				125	Tvarminne	59.850	23.250	4.060
34	Travemünde	53.953	10.872	-0.123	126	Russaro	59.767	22.950	4.105
35	Lübeck Bauhof	53.893	10.703	-0.153	127	Hanko	59.823	22.977	4.163
36	IMK Dassow	53.906	10.968	-0.134	128	Jungfrusund	59.950	22.367	4.647
37	IMK Boltenhagen	53.991	11.208	-0.092	129	Uto	59.783	21.367	4.931
38	Wismar Baumhaus	53.899	11.458	-0.120	130	Lohm	60.100	21.667	5.207
39	Timmendorf	53.992	11.376	-0.085	131	Föglö / Degerby	60.032	20.385	5.701
40	IMK Rerik	54.106	11.605	-0.029	132	Turku / Abo	60.428	22.101	5.408
41	Rostock UP	54.083	12.155	-0.040	133	Lypyrtti	60.600	21.233	6.133
42	IMK Warnemünde	54.181	12.057	0.009	134	Lyokki	60.850	21.183	6.523
43	Warnemünde	54.170	12.103	0.003	135	Rauma / Raumo	61.134	21.426	6.813
44	IMK Dierhagen	54.297	12.369	0.062	136	Sappi	61.483	21.333	7.354
45	IMK Ahrenshoop	54.383	12.414	0.106	137	Mantyluoto	61.594	21.463	7.444
46	Althagen	54.372	12.419	0.100	138	Reposaari	61.617	21.450	7.477
47	Darßer Ort	54.375	12.498	0.098	139	Salgrund	62.333	21.200	8.308
48	Prerow außen	54.455	12.573	0.138	140	Kaskinen	62.344	21.215	8.312
49	Prerow innen	54.442	12.575	0.130	141	Ronnskar	63.067	20.800	9.079
50	Bodstedt	54.372	12.618	0.089	142	Vaasa / Vasa	63.082	21.571	8.794
51	IMK Zingst	54.445	12.673	0.126	143	Pietarsaari / Jakobstad	63.709	22.690	8.946
52	Zingst/Bodden	54.431	12.689	0.118	144	Ykspihlaja	63.833	23.033	8.897
53	Zingst	54.443	12.679	0.125	145	Raahe / Brahestad	64.666	24.407	8.714
54	Barth	54.371	12.723	0.082	146	Oulu / Uleaborg	65.040	25.418	8.300
55	Nisdorf	54.383	12.886	0.078	147	Kemi	65.673	24.515	8.596
56	Barhöft	54.434	13.032	0.096	148	Kalix	65.697	23.096	8.905
57	Stralsund	54.315	13.099	0.028	149	Furuogrund	64.916	21.231	9.445
58	IMK Schaprode	54.513	13.165	0.129	150	Ratan	63.986	20.895	9.506
59	Neuendorf Hafen	54.510	13.090	0.134	151	Skagsudde	63.191	19.013	9.478
60	Neuendorf Ostsee	54.524	13.081	0.143	152	Spikarna	62.363	17.531	8.941
61	Kloster	54.585	13.111	0.177	153	Draghallan	62.367	17.533	8.943
62	Wittower Fähre	54.558	13.247	0.150	154	Nedre Gavle	60.683	17.167	7.178
63	Wiek / Rügen	54.622	13.292	0.187	155	Bjorn	60.633	17.967	7.096
64	IMK Varnkevitz	54.684	13.370	0.224	156	Forsmark	60.409	18.211	6.755
65	Arkona	54.683	13.433	0.219	157	Gronskar	59.283	19.033	5.057
66	Sassnitz	54.511	13.643	0.090	158	Stockholm	59.324	18.082	5.328

67	Ralswiek	54.475	13.448	0.085
68	IMK Göhren	54.350	13.742	0.011
69	Thiessow	54.280	13.709	-0.020
70	Lauterbach	54.341	13.503	0.014
71	Glewitz	54.243	13.318	-0.021
72	Stahlprode	54.234	13.290	-0.023
73	Greifswald Eldena	54.093	13.446	-0.092
74	Greifswald Wieck	54.080	13.450	-0.097
75	IMK Lubmin	54.141	13.603	-0.077
76	Wolgast	54.042	13.770	-0.121
77	Karlshagen	54.108	13.808	-0.095
78	Peenemünde	54.134	13.769	-0.084
79	Ruden	54.204	13.772	-0.054
80	Greifswalder Oie	54.241	13.907	-0.039
81	IMK Koserow	54.061	14.001	-0.117
82	Koserow	54.060	14.001	-0.118
83	Stagnieß	53.996	14.047	-0.144
84	Karnin	53.826	13.857	-0.205
85	IMK Mönke-bude	53.776	13.972	-0.224
86	Ueckermuende	53.750	14.066	-0.234
87	Kamminke	53.861	14.209	-0.197
88	Swinoujscie	53.917	14.233	-0.176
89	Kolobrzeg	54.183	15.550	-0.061
90	Ustka	54.583	16.867	0.128
91	Wladyslawowo	54.800	18.417	0.153
92	Hel	54.600	18.800	0.022

159	Nedre Soder-talje	59.200	17.617	5.258
160	Landsort Norra	58.769	17.859	4.621
161	Landsort	58.742	17.865	4.580
162	Nedre Nyko-ping	58.750	17.017	4.719
163	Marviken	58.554	16.837	4.459
164	Visby	57.639	18.284	2.878
165	Olands Norra Udde	57.366	17.097	2.732
166	Oskarshamn	57.275	16.478	2.679
167	Kungsholmsfort	56.105	15.589	1.359
168	Simrishamn	55.558	14.358	0.889
169	Ystad	55.417	13.817	0.787
170	Skanor	55.417	12.829	0.769
171	Klagshamn	55.522	12.894	0.861
172	Limhamn	55.583	12.933	0.915
173	Malmö	55.620	13.000	0.948
174	Barseback	55.756	12.903	1.050
175	Viken	56.142	12.579	1.298
176	Varberg	57.100	12.217	2.360
177	Ringhals	57.250	12.113	2.504
178	Goteborg-Klippan	57.683	11.900	2.930
179	Goteborg-Ringon	57.717	11.967	2.991
180	Goteborg-Torshamnen	57.685	11.791	2.895
181	Stenungsund	58.093	11.833	3.380
182	Backevik	58.367	11.250	3.468
183	Smogen	58.354	11.218	3.440
184	Stromstad	58.950	11.183	3.947
185	Kungsvik	58.997	11.127	3.961

5.3 Extremwertstatistik

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse der extremwertstatistischen Untersuchungen für die Wasserstände an ausgewählten Pegelstationen zusammengefasst. Die Analysen basieren auf den im Projekt so genannten „Extremwertzeitreihen“. Zur Zusammenstellung der konsistenten Extremwertzeitreihen wurden die deutschen Gewässerkundlichen Jahrbücher, Informationen aus den Archiven/Datenbanken der WSÄ sowie bereits veröffentlichte Arbeiten anderer Forschungsprojekte (u.a. (Mudersbach und Jensen 2009b; Schlamkow und Fröhle 2009) verwendet (a).

Tabelle 5-3: Verfügbare Zeiträume von Jahresextremwerten ausgewählter Stationen der süd(west)lichen Ostsee im Projekt AMSeL Ostsee (A = Abflussjahr);

Station	*Typ*	*Zeitraum (A)*	*Typ*	*Zeitraum (A)*
Flensburg	Maxima	1921-2016	Minima	1955-2016
Kiel-Holtenau	Maxima	1901-2016	Minima	1965-2016
Travemünde	Maxima	1826-2016	Minima	1826-2016
Wismar	Maxima	1848-2016	Minima	1910-2016
Warnemünde	Maxima	1855-2016	Minima	1910-2016
Sassnitz	Maxima	1882-2016	Minima	1931-2016
Swinemünde	Maxima	1901-2006	Minima	1901-2006
Kolobrzeg	Maxima	1867-2006	Minima	1886-2006
Gdansk	Maxima	1886-2006	Minima	1886-2006

Dargestellt werden Ergebnisse für die Stationen in Flensburg, Kiel-Holtenau, Travemünde, Wismar, Warnemünde, Sassnitz, Swinoujscie, Kolobrzeg und Gdansk. Die maximale Stichprobengröße ist durch den abgedeckten Zeitraum mit Jahresextremwerten festgelegt. Diese sind in Tabelle 5-3 dargestellt. Die geografische Lage der untersuchten Stationen ist in Kapitel 5.4 in Abbildung 5-10 dargestellt. Die jeweils verfügbare Zeitreihenlänge ist in Tabelle 5-3 dargestellt. Die Stationen wurden so ausgewählt, dass sie aufgrund Ihrer räumlichen Verteilung über das gesamte Projektgebiet verteilt sind und jeweils einen repräsentativen Charakter für die deutsche und polnische Ostseeküste besitzen.

Die Arbeiten im Rahmen der extremwertstatistischen Untersuchungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

a) Zusammenstellung von möglichst langen Reihen der jährlich größten Hochwasserereignisse

b) Anpassung einer Vielzahl von Verteilungsfunktionen an die längste Reihe (Travemünde) und Wahl einer Verteilungsfunktion für Vergleiche (GEV)
c) Konvergenzuntersuchungen für die Zusammenstellung von Stichproben mit lediglich „seltenen“ Ereignissen; d.h. die größten Ereignisse aus N Jahren
d) Anpassung, Darstellung und Auswertung mit gewählten Verteilungsfunktion für eine Vielzahl von Pegelstationen
e) Untersuchung einer möglichen zeitlichen Veränderung durch die gleitende Anpassung von Verteilungsfunktionen an die Stichproben

Für die Wahl einer spezifischen Verteilungsfunktion als Grundlage für die extremwertstatistische Bewertung einer Zeitreihe oder eines Zeitreihenkollektivs sowie auch für die Ableitung von extremwertstatistisch charakteristischen Größen (z.B. Hochwasserwerte für definierte Wiederkehrintervalle) kann keine eindeutige mathematische Begründung geliefert werden (Maniak 2016; Reiss und Thomas 2007). Man bedient sich daher in der Regel zunächst einer Auswahl von einigen bewährten Verteilungsfunktionen, um die Werte für bestimmte Wiederkehrintervalle zu bestimmen. Die finalen Werte werden dann auf der Grundlage von Bewertungsroutinen (statistische Testverfahren, Konfidenzintervalle, subjektiv-visuelle Bewertung der Anpassung, etc.) festgelegt.

In einem ersten Schritt (b) wurden daher zunächst fünf verschiedene Verteilungsfunktionen (VF) an die Daten angepasst, um eine geeignete Verteilungsfunktion für Vergleiche untereinander zu wählen und um die Spannweite möglicher Abweichungen durch die Wahl unterschiedlicher Verteilungsfunktionen abschätzen zu können. Das bislang größte aufgezeichnete Ereignis vom 11./12. November 1872 kann extremwertstatistisch nur schwer eingeordnet werden (BACC II Author Team 2015; Mudersbach und Jensen 2009a; Oumeraci et al. 2012; Riemer 2015; Sztobryn et al. 2005) und wird daher zunächst aus der extremwertstatistischen Betrachtung ausgeschlossen. Auf der Grundlage der für die vorgenannten Pegel durchgeführten Untersuchungen wird anschließend der Versuch unternommen, ein Wiederkehrintervall für das Ereignis von 1872 abzuschätzen.

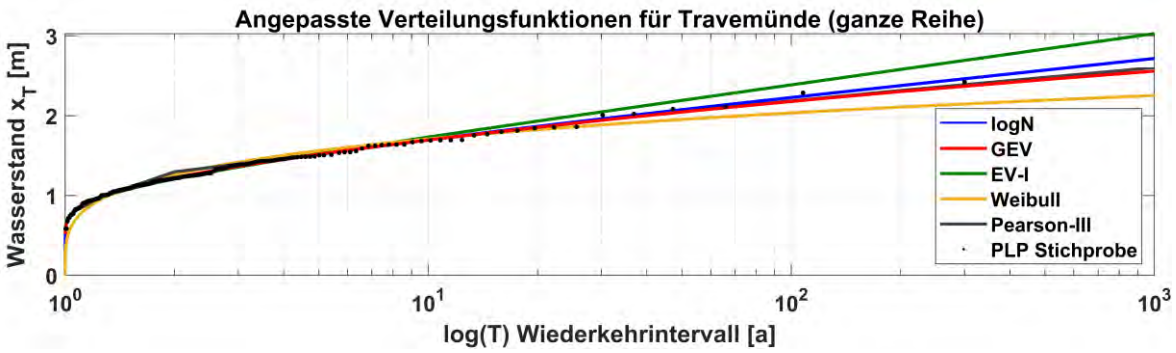


Abbildung 5-2: Angepasste Verteilungsfunktionen an die Daten der Station Travemünde, 1826-2016

Auf Basis eines Abgleichs der Anpassungen der Verteilungsfunktionen für eine Vielzahl von Pegelstationen wurde die generalisierte Extremwertverteilung (GEV) als geeignet für einen Stationsvergleich ausgewählt. Beispielhaft sind die angepassten VF für die Station Travemünde in Abbildung 5-2 dargestellt.

Im Anschluss wurde eine Programmroutine für die Datenbank entwickelt, die eine einheitliche Auswertung unabhängig von der Eingangszeitreihe durchführt (b). An dieser Stelle werden Extremwertzeitreihen vorgestellt, welche eine möglichst große Zeitspanne umfassen. Durch einen Abgleich mit den seit frühestens H1950 verfügbaren Stundenwertzeitreihen wurden die Einzelwerte bei zeitlicher Überschneidung gegeneinander auf Plausibilität überprüft. Die Wahl der Bestimmung der Plotting Positionen (PLP) ist in jeder Routine frei bestimmbar, für die aktuelle Analyse sind die PLP nach Gringorton mit einem Wert a = 0,44 ermittelt worden. Für eine extremwertstatistische Betrachtung müssen die Daten auf das Jahr bezogen werden, dem die Analyse zugrunde liegen soll (hier 2016). Der Ansatz folgt der Annahme, dass ein vor 100 Jahren auftretendes Ereignis mit einem Scheitelwert von 1,5 m NHN unter denselben Bedingungen bei einem heutigen um 15 cm erhöhten Mittelwasser mit 1,65 m NHN auflaufen würde. Ähnlich zum Ansatz von Mudersbach und Jensen (2008) wird für diese Form der Auswertung eine vereinfachte Annahme der Mittelwasserentwicklung vorgenommen. Die Reduktion der Zeitreihen um den GIA Effekt und die anschließende Ermittlung des linearen Trends für Monatsmittelwertzeitreihen der gesamten Ostsee hat einen mittleren Meeresspiegelanstieg von ~ 1,5 mm/a ergeben, welcher dieser Auswertung zugrunde gelegt wird.

In einem weiteren Schritt (e) soll die zeitliche Veränderlichkeit der Wasserstände bestimmter Wahrscheinlichkeit untersucht werden, in dem die gewählten Verteilungsfunktionen innerhalb eines gleitenden Fensters angepasst und jeweils um ein Jahr verschoben werden. Für jedes Zeitfenster werden die Wasserstände bestimmter Wiederkehr extrapoliert um dessen Entwicklung über das Fortschieben der Zeitfenster betrachten zu können. Sensitivitätsstudien haben ergeben, dass sich für die Wahl der Fensterlänge ein Vielfaches der Nodaltide anbietet. Die periodischen Schwankungen der Nodaltide, welche eine Periode von 18,6 Jahren aufweist, werden so geglättet und der Fokus auf darüber hinaus gehende langperiodische Schwankungen gelegt. Eine vergleichbare Auswertung mit umfassender Beschreibung des Vorgehens „langlebiger Chronist“ und seiner theoretischen Hintergründe hat Führböter (1976) für Pegel der deutschen Nordseeküste vorgenommen.

Die von Führböter (1976) durchgeführten Analysen werden mit jeweils dem Maximum aus N = 5 Jahren durchgeführt, weil angenommen wird das im statistischen Mittel die Wiederkehr eines seltenen Ereignisses etwa 5 Jahre beträgt. Es ist Führböter gelungen für Jahresreihen unterschiedlicher Zeiträume annähernd die gleichen Hochwasserwerte eines HW100 für ein und dieselbe Pegelstation zu erhalten. Um zu prüfen ob das Verfahren auch auf Pegelstationen der dt. Ostsee übertragbar ist und vorwiegend um festzustellen in welcher Periodizität seltene Ereignisse an der Ostsee auftreten (also ab welchem N sich der HW100 als konstant erweist), wird das von Führböter (1976) vorgeschlagene Verfahren auf die vorliegenden Daten übertragen und Verteilungsfunktionen für unterschiedliche N an die Daten angepasst.(c+d).

Die in Abbildung 5-3 dargestellten Ergebnisse der Konvergenzuntersuchungen für die Pegelstationen in Travemünde, Wismar und Warnemünde zeigen ein vergleichbares Bild zu den Ergebnissen nach Führböter (1976). Unter Beachtung der Stichprobengröße und der

Genauigkeit der Ergebnisse kann, ähnlich zu Führböter, von einem optimalen Verhältnis ausgegangen werden wenn Stichproben aus jeweils dem größten Wert aus etwa 5 Jahren zusammengestellt werden. Die Ähnlichkeit der für die Ostseestationen erzielten Ergebnisse aus Abbildung 5-3 bis Abbildung 5-5 mit denen für die Nordsee wird auf die gleichen meteorologischen Ursachen zur Entstehung von Sturmfluten an den angrenzenden Meeren zurückgeführt. Durch die Verbindung über den Skagerrak sind diese außerdem aneinander gekoppelt sodass Extremereignisse häufig mit geringem zeitlichem Versatz auftreten können.

Auch wenn jeweils individuelle Ausgangsbedingungen zu Sturmhochwasserereignissen führen, können durch eine geeignete Wahl der Stichprobenwerte ähnliche Wiederkehrintervalle trotz kleiner werdender Stichproben ermittelt werden. Ein wichtiges Kriterium ist die Vollständigkeit der Reihen. Durch die teils unvollständigen Reihen aus Wismar und Warnemünde (Datenlücken in den Kriegsjahren um 1940) sowie den gewählten Ausfallkriterien (zu viele fehlende Werte (>75%)) kann es bei wachsendem N dazu kommen dass die Stichprobengröße unter 10 fällt. Für diesen Fall werden die $H_x(N)$ Werte nicht für den Vergleich herangezogen. Für Wismar und Warnemünde tritt dies im Bereich von $N \geq 10$ auf.

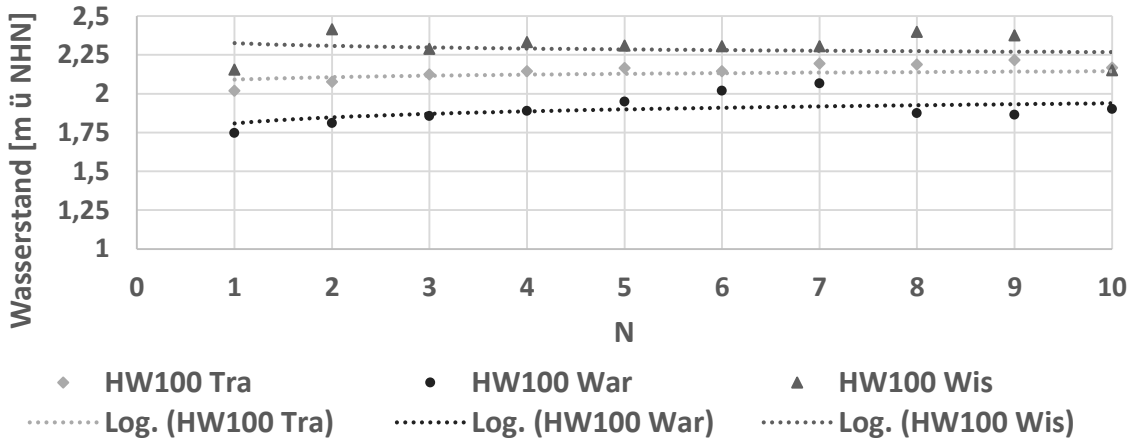


Abbildung 5-3: Konvergenzuntersuchungen der Pegelstationen in Travemünde, Wismar und Warnemünde für Wiederkehrintervalle von T = 100 Jahren.

Anders als bei Führböter (1976) führt die Hinzunahme von weniger starken Extremereignissen zu einer Unterschätzung der Höhe der seltenen Ereignisse. Es wird somit wichtiger bei Fragestellungen zur Untersuchung auf Wasserstände mit Eintrittswahrscheinlichkeiten gleich oder seltener als einmal in fünfzig Jahren das Kollektiv zur Auswertung sorgfältig zu wählen (z.B. N ≥ 5). Andernfalls kann eine Unterschätzung der für Bemessungsfragen angenommenen Wasserstände eintreten. Gleichzeitig ist es natürlich weiterhin essentiell die Stichprobe so groß wie möglich zu halten, was die Notwendigkeit der weiteren Digitalisierung historischer Wasserstandsaufzeichnungen sowie eine Aufrechterhaltung des Pegelwesens unterstreicht und bei der aktuellen Datenverfügbarkeit für eine Begrenzung des Wertes N sorgt.

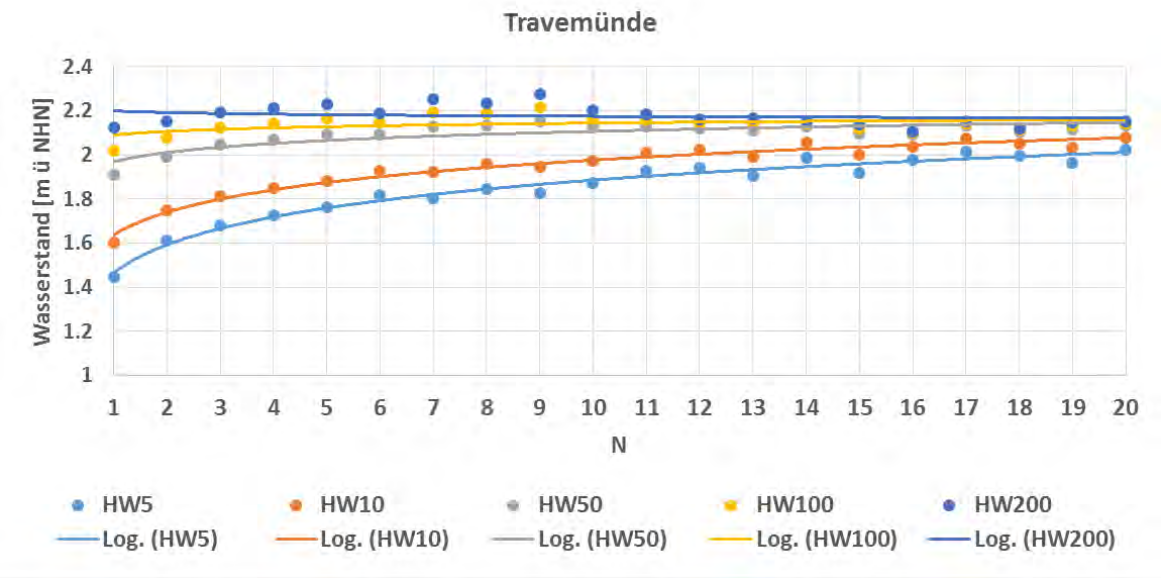


Abbildung 5-4: Konvergenzuntersuchung verschiedener Wiederkehrintervalle in Abhängigkeit der Stichprobenauswahl mit den höchsten Wasserständen aus N Jahren

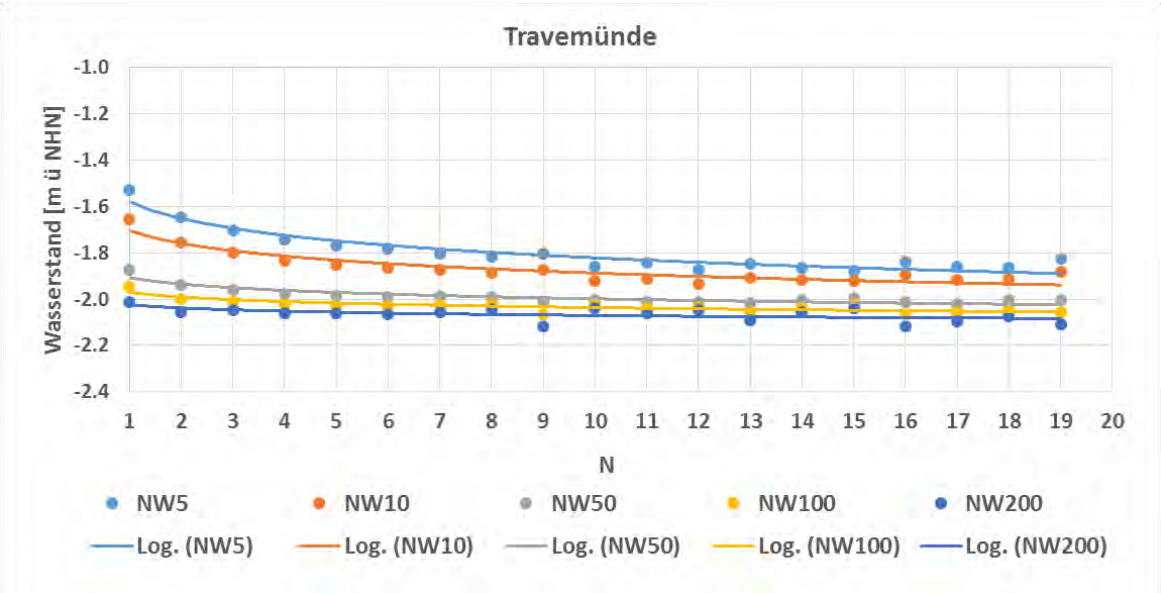


Abbildung 5-5: Konvergenzuntersuchung verschiedener Wiederkehrintervalle in Abhängigkeit der Stichprobenauswahl mit den niedrigsten Wasserständen aus N Jahren

Werden jedoch Wasserstände geringerer Jährlichkeit gesucht, eignet sich dieses Verfahren nicht bzw. tritt folgerichtig keine Konvergenz bis zu einem 20-Jahresintervall ein. Dies zeigen die Beispiele in Abbildung 5-4 für extreme Hochwasser und in Abbildung 5-5 für extreme Niedrigwasser der Station Travemünde. Die Stichprobenauswahl wird demzufolge in Abhängigkeit der Zieljährlichkeiten sowie der Verfügbaren Datenbasis zur Erzeugung der Stichprobe durchgeführt.

Für Wiederkehrintervalle < 50 Jahre bleibt die Wahl der Betrachtung der Methode mit jährlichen Blöcken (Jahresmaxima / Jahresminima) bestehen. Dies gilt ebenso für eine gleitende Betrachtung, bei der die Gesamtstichprobe in kleinere Teilstichproben unterteilt wird.

In Tabelle 5-4 und Tabelle 5-5 werden die für definierte Wiederkehrintervalle ermittelten Hoch- und Niedrigwasserstände aus der Anpassung der generalisierten Extremwertverteilung an die Daten der untersuchten Stationen für die Wiederkehr HW5, HW50, HW100 und HW200 dargestellt.

Tabelle 5-4: Ermittelte Wasserstände [m ü NHN] der betrachteten Pegelstationen mit Stichprobenerzeugung der Maximalwerte mit N=1 Jahren

N=1	MAX				MIN			
Wiederkehr	HW5	HW 50	HW 100	HW 200	NW5	NW 50	NW 100	NW 200
Flensburg	1.44	1.75	1.81	1.86	-1.48	-1.81	-1.89	-1.96
Kiel-Holtenau	1.48	1.90	2.01	2.10	-1.33	-1.71	-1.80	-1.90
Travemünde	1.44	1.91	2.02	2.13	-1.53	-1.87	-1.95	-2.01
Wismar	1.55	2.03	2.16	2.27	-1.38	-1.73	-1.82	-1.89
Warnemünde	1.30	1.66	1.75	1.83	-1.25	-1.82	-1.61	-1.67
Sassnitz	1.13	1.50	1.60	1.70	-0.97	-1.24	-1.32	-1.39
Swinoujscie	1.18	1.57	1.69	2.03	-1.00	-1.23	-1.29	-1.35
Kolobrzeg	1.22	1.73	1.88	2.04	-1.01	-1.27	-1.33	-1.38
Gdansk	1.10	1.42	1.50	1.57	-0.80	-1.01	-1.05	-1.09

Tabelle 5-5: Ermittelte Wasserstände [m ü NHN] der betrachteten Pegelstationen mit Stichprobenerzeugung der Maximalwerte mit N=5 Jahren

N=5	MAX				MIN			
Wiederkehr	HW5	HW 50	HW 100	HW 200	NW5	NW 50	NW 100	NW 200
Flensburg	1.44	1.81	1.83	1.84	-1.75	-1.91	-1.93	-1.95
Kiel-Holtenau	1.48	2.09	2.16	2.23	-1.64	-1.68	-1.68	-1.68
Travemünde	1.44	2.09	2.17	2.23	-1.77	-1.99	-2.03	-2.06
Wismar	1.55	2.24	2.31	2.37	-1.60	-1.78	-1.81	-1.83
Warnemünde	1.30	1.86	1.95	2.03	-1.38	-1.86	-2.04	-2.25
Sassnitz	1.33	1.66	1.79	1.93	-1.14	-1.28	-1.31	-1.34
Swinoujscie	1.37	1.82	2.00	2.21	-1.13	-1.23	-1.29	-1.35
Kolobrzeg	1.43	2.30	2.76	3.36	-1.16	-1.35	-1.38	-1.41
Gdansk	1.33	1.54	1.58	1.61	-0.91	-1.03	-1.04	-1.06

Aus den Ausführungen der größten Hochwasser aus $N = 5$ Jahren wird ersichtlich, dass für die Buchtenpegel in Kiel-Holtenau, Travemünde und Wismar im statistischen Mittel bereits alle 50 Jahre ein Sturmhochwasserereignis vom Typ „sehr schwere Sturmflut“ (BSH 2017) eintreten kann. Die Verläufe der angepassten GEV-Verteilung sind in Abbildung 5-6 und Abbildung 5-7 dargestellt. Während die gewählte Verteilungsfunktion für den Abschnitt

in welchem Daten vorliegen eine gute Anpassung bietet, zeigt sich für Extrapolationszeiträume mit Wiederkehrintervallen > 100 Jahren dass die Unsicherheitsbänder sehr groß werden. Weitere Ergebnisse finden sich im Anhang **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**. Bei Betrachtung der Minimalwerte ist es aufgrund der geringeren Basisstichprobengröße nicht für alle Stationen zweckmäßig das Auswahlkriterium auf N = 5 zu festzulegen. Für die Stationen in Flensburg, Kiel-Holtenau und Sassnitz sind die Ergebnisse daher nicht repräsentativ.

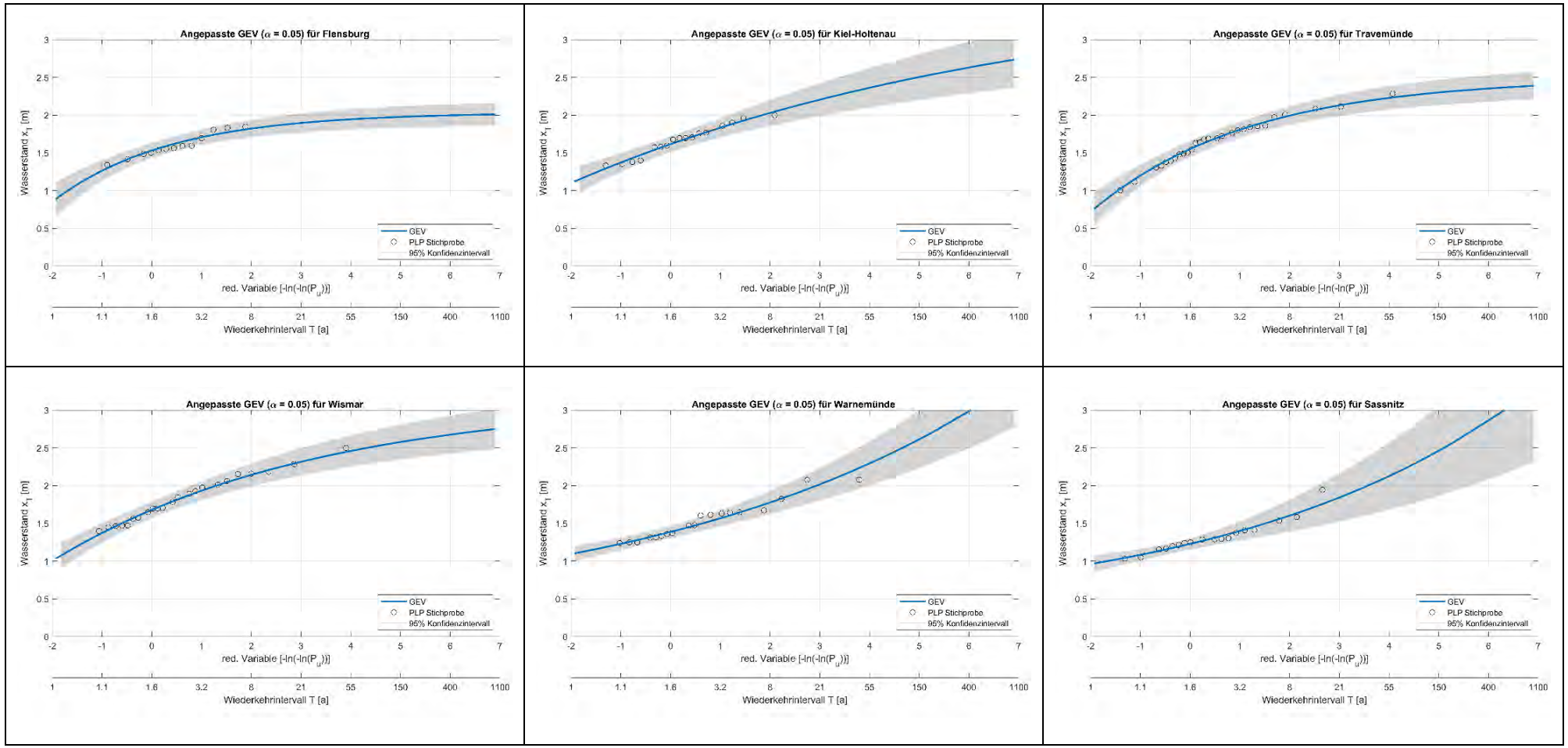


Abbildung 5-6: Angepasste GEV an die Jahresmaximalwerte mit N=5 der Stationen 1. Flensburg (H1921-2016), 2. Kiel-Holtenau (H1901-2016), 3. Travemünde (H1826-2016), 4. Wismar (H1848-2016), 5. Warnemünde (H1855-2016), 6. Sassnitz (H1882-2016)

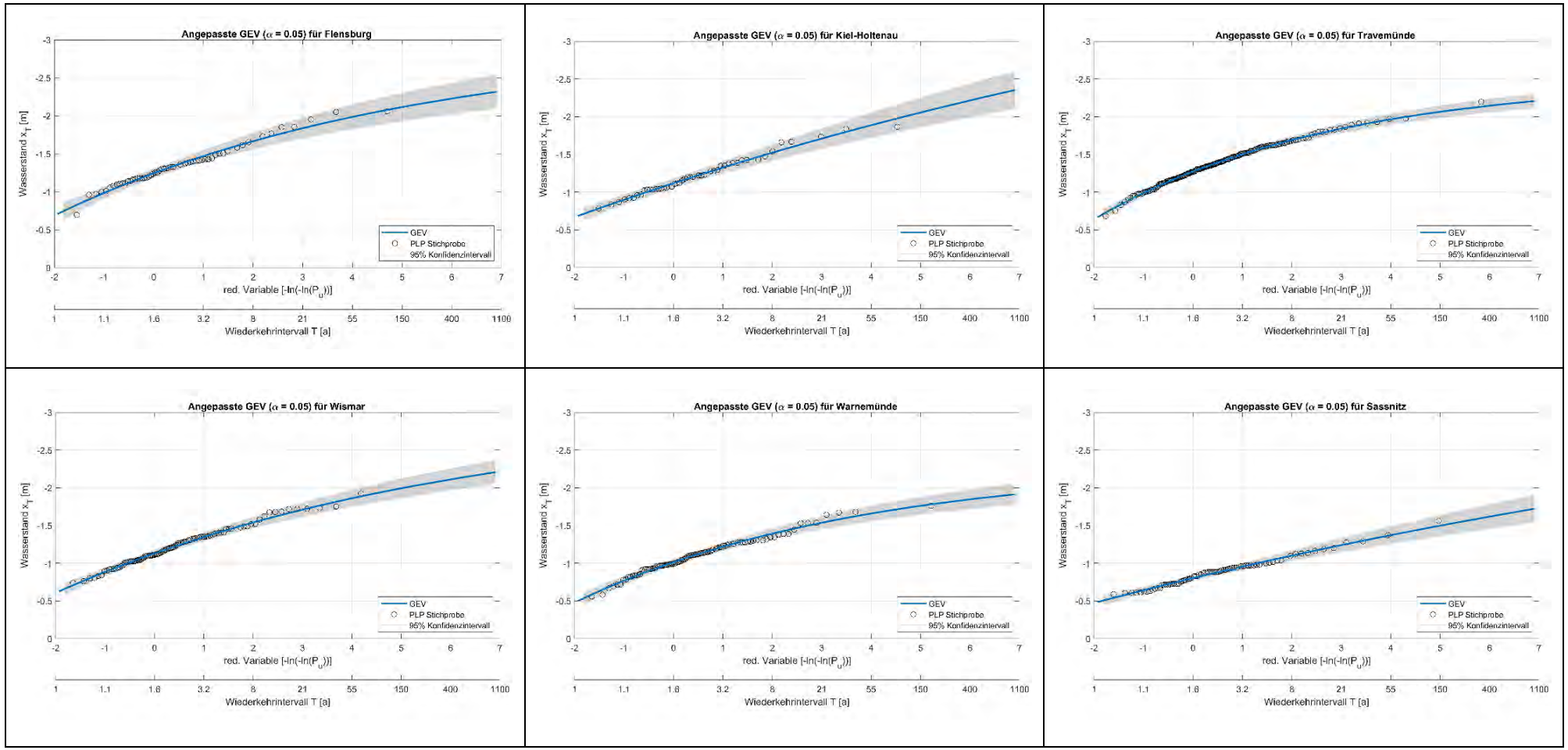


Abbildung 5-7: Angepasste GEV an die Jahresminimalwerte (N = 1) der Stationen 1. Flensburg (H1955-2016), 2. Kiel-Holtenau (H1965-2016), 3. Travemünde (H1826-2016), 4. Wismar (H1910-2016), 5. Warnemünde (H1910-2016), 6. Sassnitz (H1931-2016)

Zeitliche Entwicklung von Wasserständen bestimmter Wiederkehr

Um eine mögliche Veränderung der maximalen Wasserstände für Sturmhochwasser mit definierten Wiederkehrintervallen zu untersuchen, sind im Anschluss an die zuvor erläuterten Untersuchungen Analysen durchgeführt worden, welche die Basisstichproben der jährlichen Extremwerte (Jahresminima und Jahresmaxima sowie vergleichend auch für die POT-Werte) in fortschreitenden Zeitfenstern unterteilt. Nach einer Sensitivitätsuntersuchung wurde die Zeitfensterlänge zu 38 Jahren (38 Jahreswerte) festgelegt, welches die Stichprobendaten über die Periode von zwei Nodaltiden (Periode der Nodaltide rd. 18,6a glättet. Um Stichproben von geeignetem Umfang zu erhalten wurde die Analyse in diesem Fall mit jährlichen Extremwerten durchgeführt und auf eine Auswertung der POT-Stichproben verzichtet.

Für jedes Zeitfenster wurden die in Kapitel 4.2.4 aufgezeigten Verteilungsfunktionen an die Stichprobe angepasst. Um das Maß der Unbestimmtheit eines Hochwasserstandes für eine vorgegebene Überschreitungswahrscheinlichkeit zu beurteilen, werden außerdem für jede Verteilungsfunktion die Konfidenzgrenzen ermittelt und grafisch aufgetragen. Im Ergebnis der Untersuchungen wurde festgestellt, dass die Güte der Anpassung für die verschiedenen Stichproben schwankt. Durch die Verschneidung der ermittelten Konfidenzgrenzen lässt sich in der gewählten Darstellung jedoch eine Kernzone ermitteln, welche den wahrscheinlichen Wertebereich aufzeigt (s. Abbildung 5-9).

Durch die Verschiebung des Zeitfensters mit jeder Anpassung um 1 Jahr, kann schlussendlich eine zeitlich abhängige (instationäre) Betrachtung der Hochwasserwahrscheinlichkeiten vorgenommen werden, ohne dass die grundsätzliche Forderung nach Stationarität der Stichproben für jede einzelne Stichprobe aufgehoben wird.

Die aufgezeigte Methodik wurde in einer Programmroutine implementiert, sodass in Kombination mit dem erstellten Matlab-Tool zur Stichprobenauswahl und -Kontrolle (x-jährliche oder partielle Serien) alle Stationen entsprechend untersucht werden konnten. Um den Umfang der Auswertungen in einem angemessenen Rahmen zu halten, wurden 16 Stationen der gesamten Ostsee ausgewählt. Die Elimination eines linearen Trends innerhalb der Teilstichproben, wie es regulär zur Anpassung von Verteilungsfunktionen vorgenommen wird, ist für diese Art der Auswertung nicht zweckmäßig da gerade die zeitliche Entwicklung der Werte untersucht werden soll.

Die Ergebnisse sind in Abbildung 5-8 exemplarisch für das HW5 und das HW100 zusammengefasst. Die dort aufgetragenen HW-Werte (HW5 und HW100) wurden aus den angepassten Verteilungsfunktionen ermittelt und jeweils zur Mitte des betrachteten Zeitfensters in das Diagramm eingetragen. Aus dem Verlauf der Zeitfenstermittelpunkte ergibt sich schlussendlich die instationäre Entwicklung der Wasserstände eines gleichbleibenden Wiederkehrintervalls. In Abbildung 5-8 ist diese grundsätzliche zeitliche Entwicklung der Hochwasserwerte mittels eines linearen Trends parametrisiert.

Abbildung 5-8 zeigt eine Gegenüberstellung der ermittelten zeitlichen Entwicklung der HW5 sowie der HW100 für die in diesem Kapitel betrachteten Stationen in Flensburg, Kiel-Holtenau, Travemünde, Wismar und Warnemünde. Die Darstellung ist so gewählt, dass die x-Achse die längste Zeitreihe wiedergibt und der Wertebereich aller Stationen möglichst fein studiert werden kann. Die unterschiedliche Eingangslänge der Zeitreihen beeinflusst dabei den abgedeckten Bereich der Ergebnisse.

Es ist zu beachten, dass von den in Tabelle 5-3 angegebenen Zeitreihenlängen in der Darstellung durch die Betrachtung von Teilzeitreihen in Form von Zeitfenstern auf beiden Seiten eine halbe Zeitfensterlänge entfällt.

Aus Abbildung 5 8 ist zu erkennen, dass der gewählte lineare Trend die Entwicklung des HW5 für die ausgewählten Pegel insbesondere für die Zeitfenster nach etwa 1930 recht gut wiedergibt und dass die Trends für das HW5 ab etwa 1930 durchgängig positiv sind, d.h. das HW5 an den Pegeln steigt. Die zeitliche Entwicklung der HW100-Werte folgt demgegenüber für keine der ausgewählten Stationen einem linearen Trend.

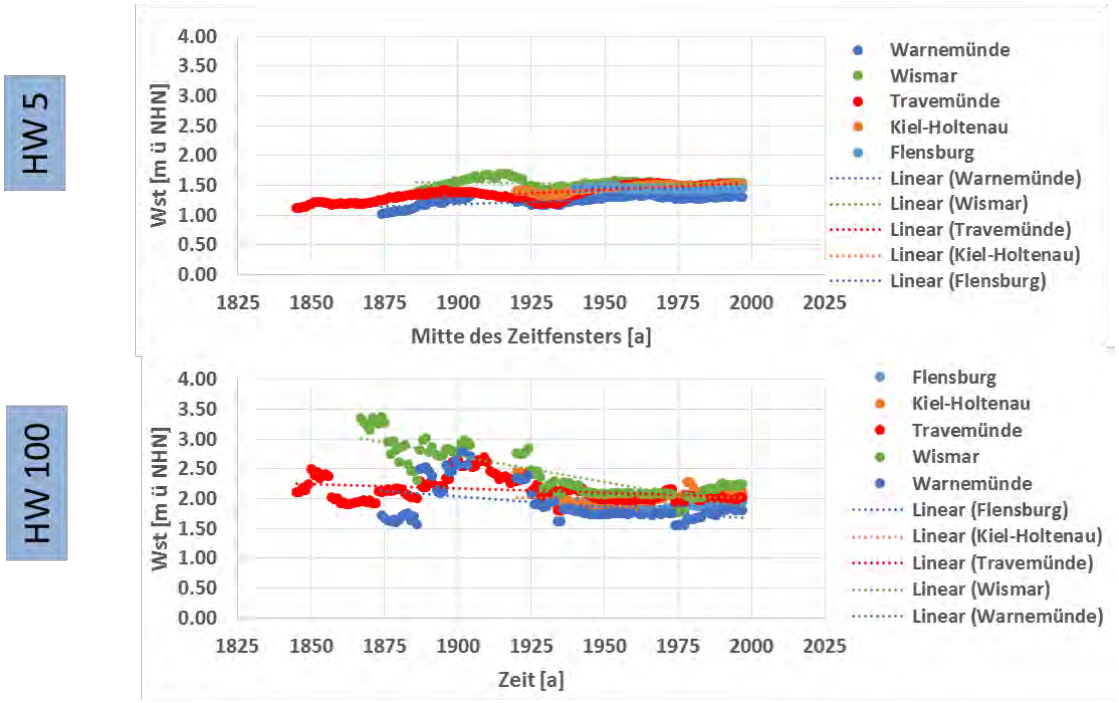


Abbildung 5-8: Zeitliche Entwicklung der Wasserstandshöhen mit einem Wiederkehrintervall von 5 und 100 Jahren an ausgewählten Pegelstationen der Ostseeküste

Der zeitliche Verlauf des HW5 für Travemünde zeigt ein relatives Minimum zu Beginn etwa der 1930er Jahre, welcher sich in abgeschwächter Weise in den Ergebnissen aus Kiel-Holtenau, Wismar und Warnemünde bestätigt. Die Ergebnisse der Station Flensburg beginnen erst ab 1940.

Der zeitliche Verlauf der HW100 Werte zeigt demgegenüber erst für den Zeitraum nach etwa 1975 einen mehr oder weniger linearen Anstieg für alle Pegel. Zwischen etwa 1940 und 1975 sind die HW100-Werte recht konstant. Vor 1940 sind die Werte sehr variabel mit einem Maximum etwa um die oder kurz nach der Jahrhundertwende zum 20. Jahrhundert.

Die für diesen Zeitraum ermittelten HW100-Werte liegen teilweise bis zu 1m höher als die HW100 Werte für das letzte Zeitfenster (1978 – 2016). Hier wirken sich die teilweise sehr extremen Hochwasser im Zeitfenster um die Jahrhundertwende (u.a. 1872, 1882, 1904, 1913) recht stark aus.

Bei allen dargestellten Reihen ist zu beobachten, dass die Differenzen zwischen den Anpassungsfunktionen größer werden je weiter in die Historie geschaut wird. Die jüngeren Jahrzehnte zeigen dagegen erheblich weniger Schwankungen und auch Abweichungen untereinander. Es ist davon auszugehen, dass dies nicht allein natürlich bedingt, sondern natürlich auch auf Unzulänglichkeiten in den Datensätzen zurückzuführen sein kann. Gerade in den Jahren vor 1950 ist die Klärung exakter Wasserstandsdaten mit großen Unsicherheiten behaftet (einige offizielle Hochwassermarken wurden durch Recherchen im Projekt AMSeL Ostsee geändert). Diese lassen sich mit den gegenwärtigen Methoden z.T. nicht mehr oder nur mit extrem hohen Zeit- und Rechercheaufwand aufklären. Im Vorhaben wurden die besten derzeit verfügbaren Datensätze verwendet, obendrein erneut geprüft und z.T. korrigiert, sodass vom aktuellsten Stand des Wissens ausgegangen werden kann.

Die Tabelle 5-6 zeigt die ermittelten linearen Wasserstandstrends (vgl. vorstehende Anmerkungen) für alle gesondert untersuchten Wiederkehrintervalle. Wichtig bei der Interpretation ist, dass die unterschiedliche Zeitreihenlänge (s. Tabelle 5-3) in den Eingangsdaten bei dem Vergleich der Ergebnisse nicht außer Acht gelassen wird. Während die Trends grundsätzlich große Unterschiede aufweisen, zeigen sich dennoch zwei qualitative Unterschiede. Zum einen sind die ermittelten Trends der HW5 positiv oder nahe null bei gleichzeitig nur geringen Schwankungen zwischen den Stationen. Zum anderen nimmt der Trend für alle Stationen von den häufigen zu den seltenen Ereignissen hin ab, sodass die Trends der HW100 mit Ausnahme von Travemünde alle (teils deutlich) im negativen Bereich liegen.

Tabelle 5-6: Ermittelte lineare Langzeittrends [$\frac{mm}{a}$] der zu einem fixen Wiederkehrintervall zugewiesenen Wasserstände und Beurteilung der Signifikanz des Trends, Ablehnung mit H=0 bei > 5 %)

	HW5		HW10		HW50		HW100	
Station	Trend [mm/a]	Signfikanz [H;p]	Trend [mm/a]	Signfikanz [H;p]	Trend [mm/a]	Signfikanz [H;p]	Trend [mm/a]	Signfikanz [H;p]
Flensburg	-0.5	1;0.008	-1.8	1;~0	-4.8	1;~0	-6.0	1;~0
Kiel-Holtenau	2.5	1;~0	1.6	1;~0	0.4	0;0.50	-0.1	0;0.58
Travemünde	2.3	1;0	1.9	1;0	0.9	1;~0	0.5	0;0.08
Wismar	-0.3	0;0.73	-1.3	1;~0	-3.3	1;~0	-4.3	1;0
Warnemünde	1.5	1;~0	1.0	1;~0	-0.1	0;0.25	-0.7	1;0.03
Sassnitz	1.3	1;~0	0.2	1;0.001	-3.0	1;0	-4.6	1;0

In Abbildung 5-9 ist die zeitliche Entwicklung der Hochwasserwerte mit den Wiederkehrintervallen von 5, 10, 50 und 100 Jahren beispielhaft für die Station Travemünde dargestellt. Die hellgelben Bereiche stellen die Konfidenzbereiche der jeweils angepassten Funktion dar. Wie zu erwarten, zeigen sich größere Unsicherheiten für die Extrapolation im Bereich seltener werdender Ereignisse (breitere Konfidenzbereiche). In der Abbildung 5-9 wird dies zudem durch die Differenzen zwischen den ermittelten Hochwasserstandswerten aus den

verschiedenen Verteilungsfunktionen deutlich. Während für das fünfjährige Hochwasser Unterschiede im Bereich weniger Zentimeter ermittelt werden, treten beim HW100 Differenzen von bis zu 30 cm auf. Die ermittelten Trends nehmen von den häufigeren zu den seteneren Ereignissen ab. Während die HW5-Werte mit einem Anstieg von etwa $2{,}2\,\frac{mm}{a}$ noch deutlich stärker steigen als der MSL im Bereich der Ostsee, ist der ermittelte Anstieg von $0{,}2\,\frac{mm}{a}$ der HW100 bereits klar unter dem MSL-Anstieg von etwa 1,2 mm/a. Die beobachtete Zunahme von Sturmhochwasseraktivitäten bzw. die vermeintlich stärker als der MSL ansteigenden Sturmhochwasserscheitelhöhen lassen sich demnach eher auf Ereignisse kürzeren Wiederkehrintervallen zurückführen.

Neben dem in allen Verläufen beobachteten Anstieg kann außerdem eine verlaufsübergreifende langperiodische Schwankung beobachtet werden, welche relativen Minima in den 1860er und 1930er Jahren und relative Maxima um 1890/1900 und um 1960/70 herum aufweist. Es kann somit eine Periode von etwa 70 Jahren vermutet werden, die bislang nicht dokumentiert wurde. Die Ergebnisse deuten dabei auf eine Amplitude von mehreren Zentimetern hin. Da die Zeitreihe aus Travemünde jedoch die längste deutsche Zeitreihe der Ostsee ist und lediglich eine volle Periode mit dieser Art der Auswertung abgedeckt werden kann, bedarf es für einen zweifelsfreien Nachweis der beobachteten Schwankung einer größeren Datengrundlage. Schlussendlich unterstützen die Erkenntnisse die bereits zuvor festgestellte Notwendigkeit einer zu erweiternden Datenbasis erneut (weitere Digitalisierung historischer Daten). Die Reihen vergleichbar langer Stationsdaten aus z.B. Wismar oder Warnemünde sollten, wenn möglich, zur Schaffung weiterer Vergleichsmöglichkeiten verlängert werden.

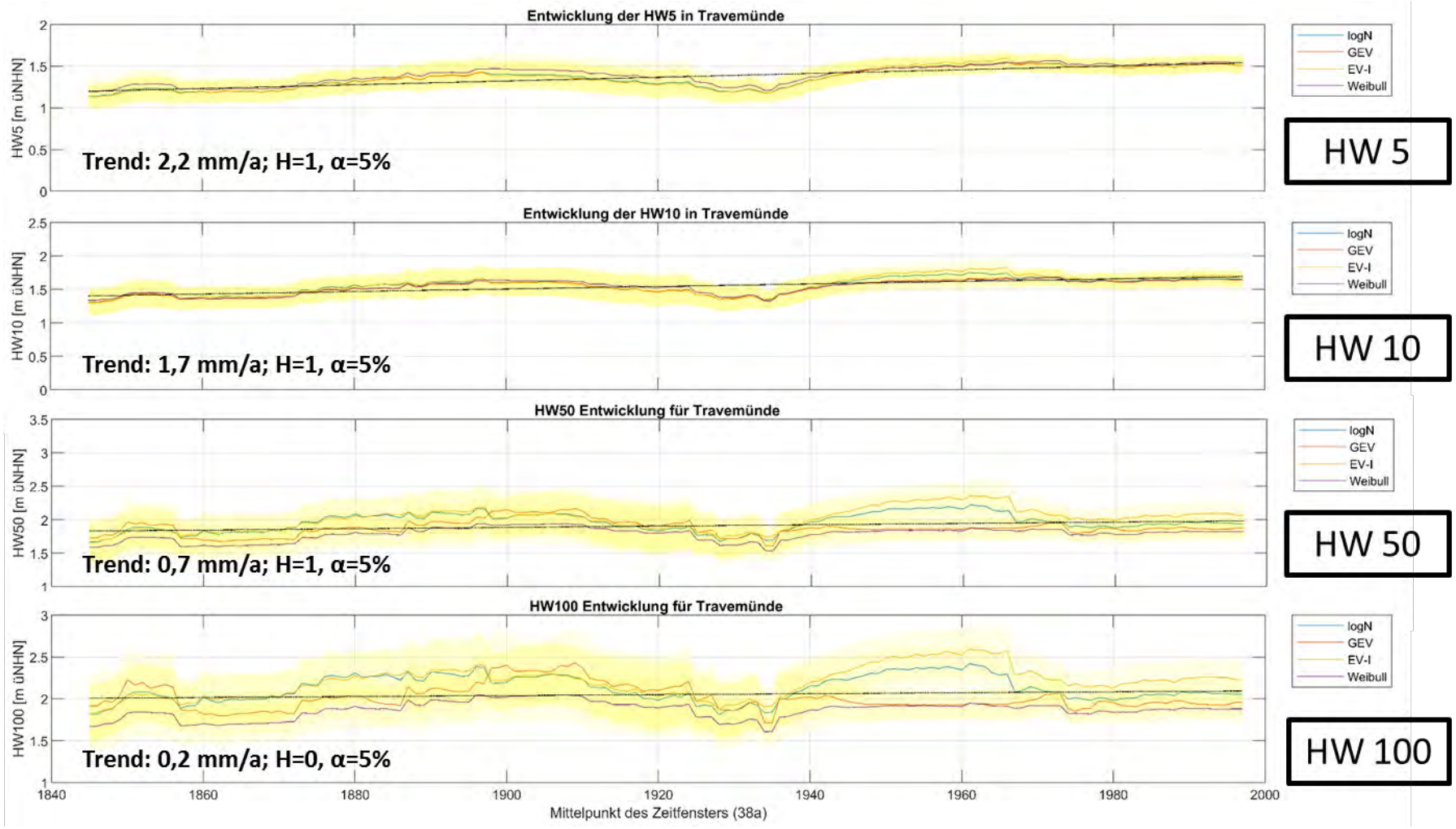


Abbildung 5-9: Entwicklung der a) HW5, b) HW10, c) HW50, c) HW100 an der Pegelstation in Travemünde (H1826-2016)

5.4 Lineare Trendanalysen

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Untersuchungen zur zeitlichen Entwicklung auf Basis linearer Trendanalysen zusammenfassend dargestellt. Hierbei wurden die Trends für den Fall ohne und mit dem Einfluss vertikaler Landbewegungen ermittelt und verglichen.

Für die deutsche und polnische Ostseeküste wurden für ausgewählte Stationen jährliche und monatliche Hoch- und Niedrigwasserstände aus jeweils zeitlich möglichst hochaufgelösten Daten ermittelt. Zusätzlich zur Zusammenstellung der Extremwertstichproben aus den zeitlich hochaufgelösten Daten sind auch Daten historischer Wasserstandsdaten einbezogen worden. Über einen Abgleich sowie eine Prüfung mehrerer für eine Station verfügbarer Datensätze sind konsistente Reihen langjähriger Aufzeichnungen für eine Vielzahl von Pegelstationen der südlichen und südwestlichen Ostseeküste erzeugt worden. Ergänzend hierzu sind aus den akquirierten Daten auch ausgewählte Extremwertstichproben für weitere Stationen der gesamten Ostseeküste erstellt worden; auch für diese werden die entsprechenden Ergebnisse hier exemplarisch dargestellt.

5.4.1 Jahresextremwerte in der südwestlichen Ostsee

Für die Untersuchungen wurden Jahresextremwertzeitreihen (Jahresmaxima und Jahresminima) für 10 Stationen mit möglichst lang verfügbaren Datensätzen zusammengestellt. In Abbildung 5-10 ist eine Übersicht der Lage der für diese Untersuchung ausgewählten Stationen aufgezeigt. Neben Stationen aus Polen und Deutschland ist aufgrund der hohen Datenqualität sowie der zeitlichen Ausdehnung und der räumlichen Nähe auch die Zeitreihe der dänischen Station in Gedser einbezogen worden.

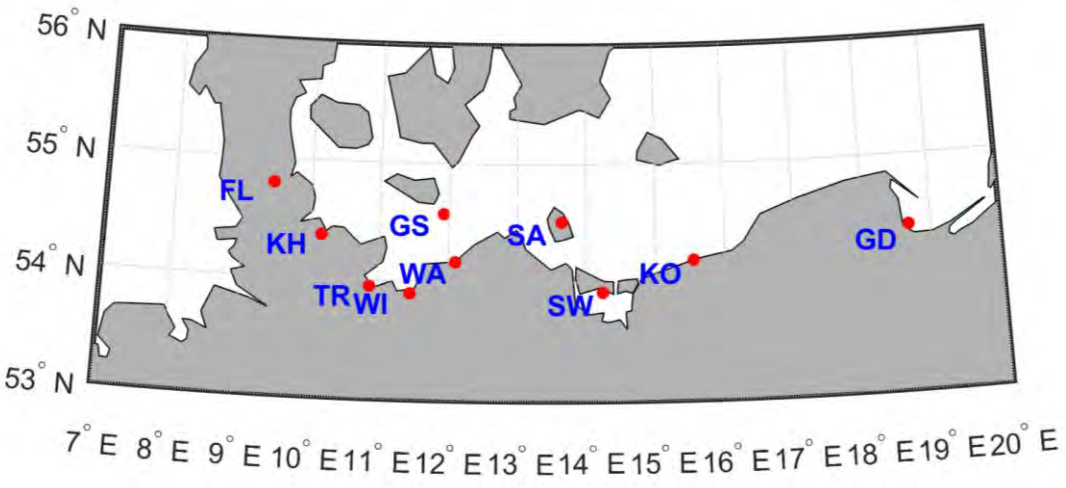


Abbildung 5-10: Lage der für die länderübergreifenden Analysen ausgewählten Pegelstationen an der südlichen und südwestlichen Ostseeküste

Aufgrund der teils sehr unterschiedlichen verfügbaren Zeitreihenlängen (s. Kap. 4.2 Tabelle 5-3) wird zunächst die Trendbetrachtung für die gesamten am Pegel verfügbaren Messzeiträume durchgeführt. Im Anschluss daran werden reduzierte Messzeiträume betrachtet, für

die eine möglichst große Zahl von verfügbaren Pegelstationen im betrachteten Zeitraum verfügbar ist. Für die Zeitreihen wird jeweils der Verlauf mit und ohne GIA-Korrektur der Maximalwerte und der Minimalwerte aufgezeigt.

Abbildung 5-11 und Abbildung 5-12 zeigen die zeitliche Entwicklung der Extremwasserstände mit und ohne Reduktion der vertikalen Landbewegungen an den Pegelstationen jeweils für die maximal verfügbaren Zeiträume. Die graue Linie im Hintergrund zeigt hierbei den Verlauf der Scheitelwerte der Extremwasserstände. Die blaue Linie zeigt das dekadische Verhalten auf (11j. gleit. Mittel). Diese Darstellung zeigt im Vergleich zur Glättung über den Nodaltidezyklus weiterhin stärkere Schwankungen und folgt denen der Extremwerte ebenfalls recht gut. Lineare Trends sind in Rot dargestellt. Zu jeder Station ist jeweils auch das Ergebnis des Trendtests nach Mann-Kenndall (H/p) aufgeführt. Für die Darstellung werden die Zeitreihen entsprechend ihrer geografischen Lage von West nach Ost entlang der Küste sortiert.

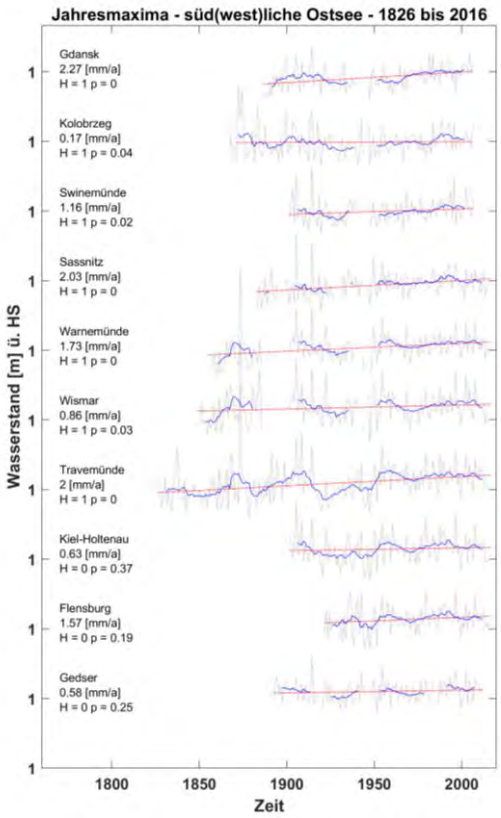


Abbildung 5-11: Trendanalyse der Jahresmaximalwerte von 11 ausgewählten Stationen der süd(west)lichen Ostseeküste ohne GIA Korrektur, gesamter verfügbarer Zeitraum

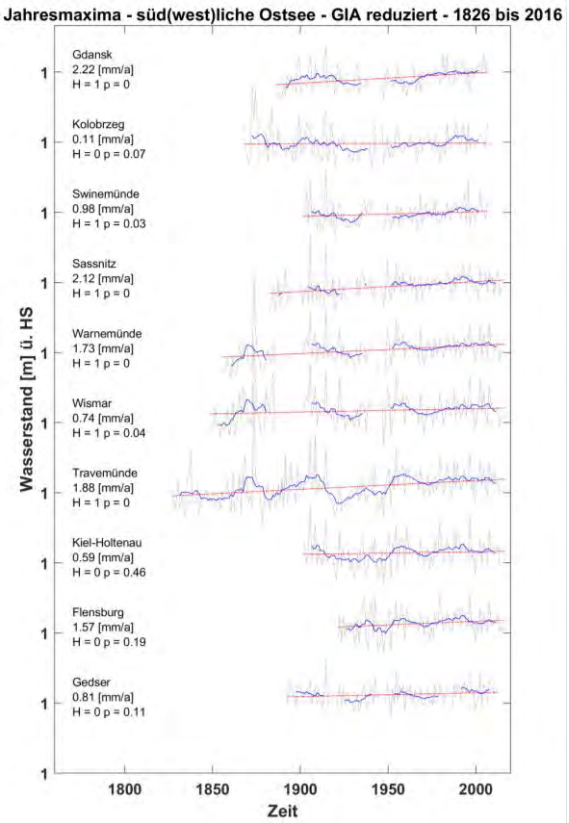


Abbildung 5-12: Trendanalyse der Jahresmaximalwerte von 11 ausgewählten Stationen der süd(west)lichen Ostseeküste mit GIA Korrektur, gesamter verfügbarer Zeitraum

Alle Trendwerte der beiden Abbildungen sind positiv und liegen im Bereich zwischen $0{,}17\ \frac{mm}{a}$ (Kolobrzeg) und $2{,}27\ \frac{mm}{a}$ (Gdansk) für nicht GIA korrigierte Zeitreihen. Nicht für alle Stationen war der ermittelte Trend signifikant. Von Westen ausgehend, sind die ermittelten Trends ab der Station Travemünde statistisch signifikant. Während es Intervalle mit

höherer Sturmhochwasseraktivität gibt, sind aus den Betrachtungen der gleitenden Mittel dennoch keine eindeutigen dekadischen Schwankungen über alle Stationen hinweg zu erkennen. Die GIA-Korrektur der Daten liefert im betrachteten Zeitraum keine sichtbare Vereinheitlichung der ermittelten Trendraten. Im Mittel liegen die GIA reduzierten Trends bei $1{,}3 \pm 0{,}7\,\frac{mm}{a}$.

Um eine bessere Vergleichbarkeit der ermittelten Trends zwischen den Stationen zu ermöglichen wurden in einem nächsten Schritt verschiedene Betrachtungszeiträume (ab etwa 1900, ab etwa 1920 und ab etwa 1950) gewählt. Entsprechend der Ausführungen in Kapitel 4.3 ist dies zweckmäßig, um u.a. etwaige Schwankungen in den Trends besser beurteilen zu können. Wird der Betrachtungszeitraum auf die Zeit zwischen 1900 und 2006 beschränkt (hier enden die Daten für die polnischen Pegel), gibt es eine größtmögliche Übereinstimmung des abgedeckten Zeitbereichs der ausgewählten Zeitreihen, siehe Abbildung 5-13 und Abbildung 5-14.

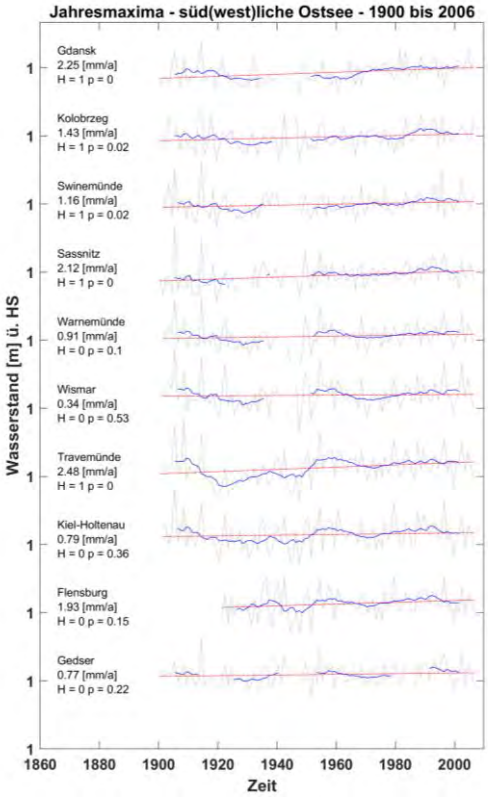


Abbildung 5-13: Trendanalyse der Jahresmaximalwerte von 11 ausgewählten Stationen der süd(west)lichen Ostseeküste ohne GIA Korrektur, Zeitraum: 1900-2006

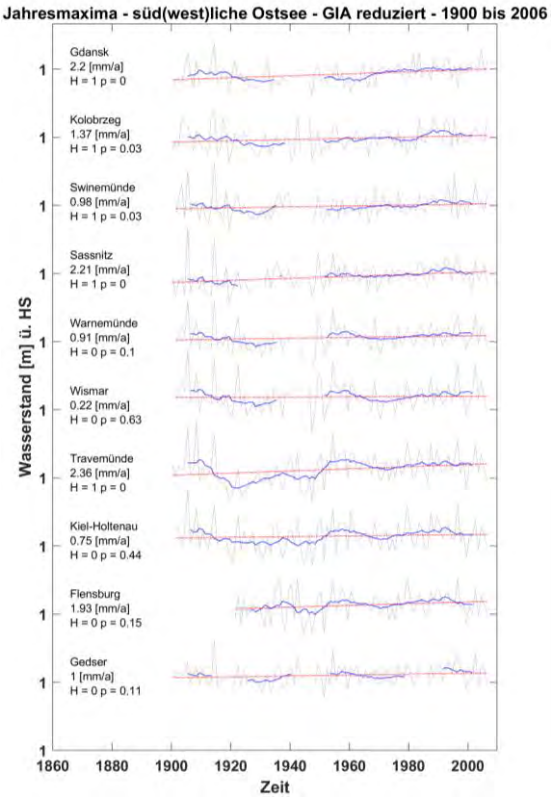


Abbildung 5-14: Trendanalyse der Jahresmaximalwerte von 11 ausgewählten Stationen der süd(west)lichen Ostseeküste mit GIA Korrektur, Zeitraum: 1900-2006

Für den gewählten Betrachtungszeitraum (1900 – 2006) spricht außerdem, dass die verfügbaren Informationen zu den Einzelereignissen nach 1900 als besser gesichert anzusehen sind. Die Unsicherheiten der Analyseergebnisse verringern sich somit von dieser Seite. Die nun dargestellten Ergebnisse beinhalten auch die Reduktion der Zeitreihen um den

Einfluss der vertikalen Landbewegungen aus dem GIA-Modell NKG2016LU. Es zeigen sich höhere Trendraten an nahezu allen Stationen. Der mittlere Trend über alle Stationen beträgt $1{,}5 \pm 0{,}7\,\frac{mm}{a}$. Werden lediglich die signifikanten Trends einbezogen liegt der Mittelwert bei $1{,}7 \pm 0{,}6\,\frac{mm}{a}$. Insgesamt werden ausschließlich positive Trendwerte ermittelt, welche z.T. diejenigen des mittleren Meeresspiegelanstiegs übertreffen. Je nach Lokation unterscheiden sich die Auswirkungen der weitgehend durch meteorologische Ursachen hervorgerufenen Wasserstandschwankungen, Buchtenpegel haben grundsätzlich höhere Amplituden bei einer gleichzeitig höheren Volatilität (Schwankungsbreite der Zeitreihen). Eine zusammenfassende Gegenüberstellung der aus verschiedenen Betrachtungszeiträumen ermittelten Trends befindet sich am Ende dieses Kapitels.

Nachfolgend werden die Ergebnisse der Auswertung der Jahresminimalwertzeitreihen dargestellt, siehe Abbildung 5-15 und Abbildung 5-16. Die zeitliche Abdeckung der Zeitreihen ist vergleichsweise inhomogen, weswegen für den hier dargestellten Vergleich ein spezifischer Zeitraum (1910 – 2006) dargestellt wird, der von den maximal möglich Längen einiger der Zeitreihen abweicht.

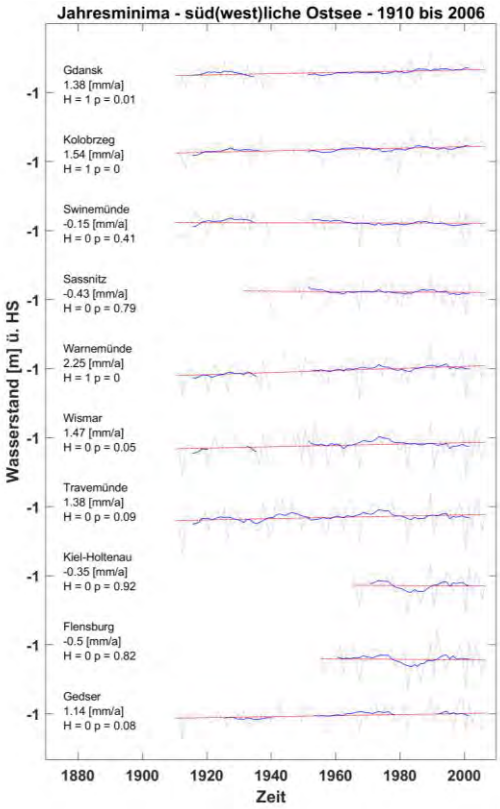


Abbildung 5-15: Trendanalyse der Jahresminimalwerte von 10 ausgewählten Stationen der südwestlichen Ostseeküste ohne GIA Korrektur im Zeitraum 1910-2006

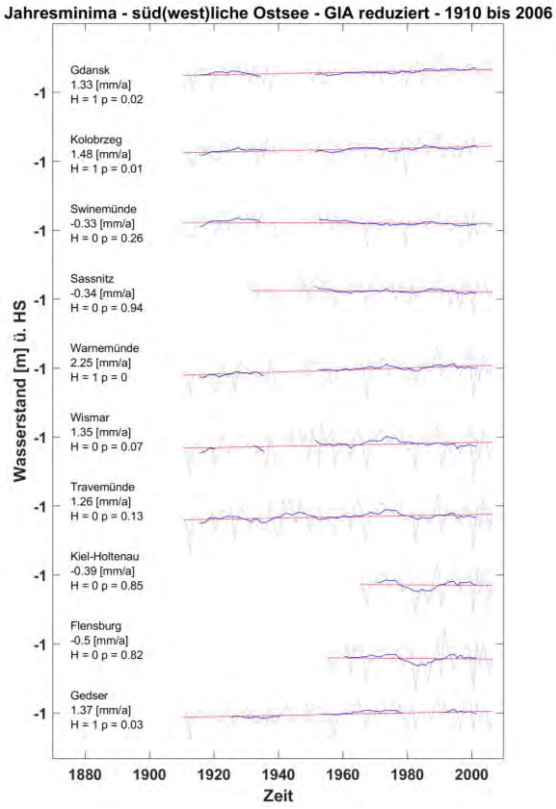


Abbildung 5-16: Trendanalyse der Jahresminimalwerte von 10 ausgewählten Stationen der südwestlichen Ostseeküste mit GIA Korrektur im Zeitraum 1910-2006

Die linearen Trends der betrachteten Minimalwertzeitreihen weisen ein inhomogenes Trendverhalten auf, welches keiner Küstenform oder Lage eindeutig zugewiesen werden

kann. Mit Swinemünde und Sassnitz weisen zwei Stationen gar negative Trendratens auf, obwohl für deren Nachbarstationen teils signifikant positive Trendwerte ermittelt wurden. Anders als die Jahresmaximalwerte scheinen neben den sturmbedingten Wasserstandsschwankungen weitere Ursachen einen starken Einfluss auf die extremen Niedrigwasserstände zu nehmen. Insbesondere an Buchtenpegeln, die als Mündungsbereich eines Binnengewässers fungieren, können Schwankungen im Frischwasserzufluss Niedrigwasserbedingungen stärker beeinflussen.

Eine Zusammenfassung der Trendanalysen GIA reduzierter Zeitreihen für verschiedene Betrachtungszeiträume ist schließlich in Tabelle 5-7 ergänzt. Die ausgewählten Zeiträume ergeben sich aus den verfügbaren Zeitreihenlängen und einer bestmöglichen Überschneidung. Für die Minimalwerte zeigen sich im Vergleich zu den Maximalwerten insgesamt für eine geringere Anzahl an Stationen statistisch signifikante Trends. In vergleichbaren Zeiträumen (1900 bzw. 1910 bis 2006) zeigen Minimal- und Maximalwerte unterschiedlicher Stationen bei ausschließlicher Betrachtung der statistisch signifikanten Trends jedoch ein ähnliches Trendverhalten. Weiterhin auffällig ist, dass insbesondere die polnischen Pegel nahezu unabhängig vom Betrachtungszeitraum signifikante Trendraten aufweisen. Dieses abweichende Trendverhalten lässt sich u.a. durch die Küstenform und Lage erklären. Während die polnische Küste exponiert zur offenen Ostsee ausgerichtet ist, sind die deutschen Küsten von großen Buchtenzonen und vorgelagerten Inseln geprägt. Aus der Betrachtung der Wasserstandsdaten der polnischen Stationen, welche als repräsentativ für das Verhalten der südlichen Ostsee gesehen werden können, lässt sich außerdem ein Anstieg der Trendraten während des letzten Jahrhunderts vermuten.

Tabelle 5-7: Übersicht der Ergebnisse der linearen Trendanalysen; Fett = statistisch signifikante Trends

	Trends [mm/a] (Maxima - GIA red)				Trends [mm/a] (Minima - GIA red)		
	Total	1900-2006	1921-2006	1950-2006	Total	1910-2006	1950-2006
Gedser	0.8	**1.0**	1.6	1.7	0.6	**1.4**	-0.6
Flensburg	1.6	1.9	1.9	0.0	0.5	-0.5	-0.5
Kiel-Holtenau	0.6	0.8	2.5	-0.8	1.8	-0.4	-0.4
Travemünde	**1.9**	**2.4**	**5.1**	-1.0	0.3	1.3	-0.2
Wismar	**0.7**	0.2	2.0	-0.4	**1.4**	1.4	-1.5
Warnemünde	**1.7**	0.9	**2.5**	0.6	**2.3**	**2.3**	0.4
Sassnitz	**2.1**	**2.2**	**2.2**	1.7	0.1	-0.3	-1.6
Swinemünde	**1.0**	**1.0**	**2.5**	**4.2**	-0.6	-0.3	-1.7
Kolobrzeg	0.1	**1.4**	**3.1**	**4.0**	**1.4**	**1.5**	2.4
Gdansk	**2.2**	**2.2**	**4.2**	**6.2**	**1.5**	**1.3**	**3.2**
Mittelwert (alle)	1.3	1.5	2.5	1.7	0.9	0.9	0.3
Stdabw.	0.7	0.7	1.3	2.2	0.8	1.0	1.8
Mittelwert (sign.)	1.7	1.7	3.3	4.8	1.6	1.7	-
Stdabw.	0.5	0.6	1.0	1.0	0.4	0.4	-

5.4.2 Jahresextremwerte der gesamten Ostseeküste

Neben der Betrachtung von Pegelstationen in der süd(west)lichen Ostsee wurden im Vorhaben zusätzlich Analysen der jährlichen Extremwerte für die gesamte Ostsee durchgeführt. Dies soll eine Einordnung der für die süd(west)liche Ostsee ermittelten Trendraten in das Gesamtverhalten der Ostsee ermöglichen. Aus der Datenbank wurden hierzu analog zum Kapitel 5.4.1 Stationen mit möglichst weit zurückreichenden Zeitreihen ausgewählt und auf Ihre jährlichen Extremwerte mit anschließender Trendanalyse hin ausgewertet worden. Abbildung 5-17 zeigt die Lage der Pegelstationen entlang der Ostseeküste. Der Zeitraum zwischen 1910 und 2006 eignet sich hierbei erneut am besten für einen Vergleich der Trends. Leider sind für den östlichen und nordöstlichen Bereich der Ostsee nur wenige sehr lange und qualitativ hochwertige Zeitreihen mit Pegeldaten verfügbar. Deswegen können im Wesentlichen die sehr gut aufgearbeiteten Pegeldaten schwedischer Stationen für den Vergleich herangezogen werden. Aus dem Vergleich der Ergebnisse für die gesamte Ostsee wird auch deutlich, welchen Einfluss die vertikalen Landbewegungen auf die Messwerte von Wasserständen haben.

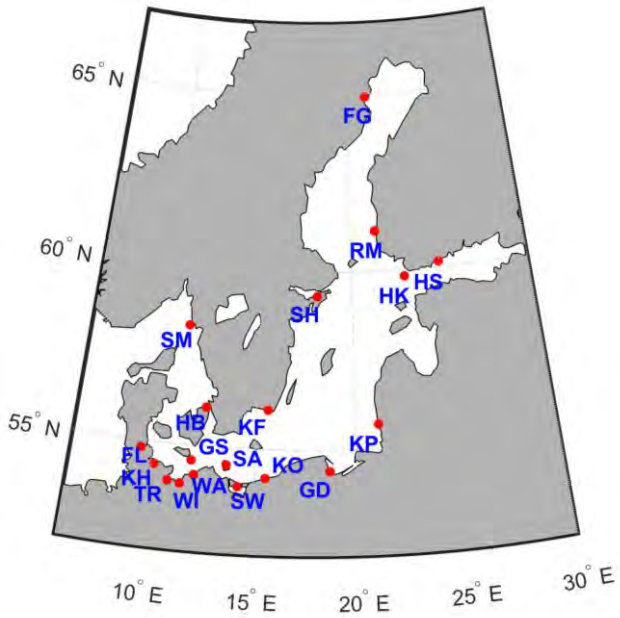


Abbildung 5-17: Lage der Pegelstationen für die Trendanalyse von Extremwasserstandsdaten der gesamten Ostsee

Während im bottnischen Meerbusen signifikant negative und in der südlichen Ostsee signifikant positive Trendraten für die relativen Extremwasserstände ermittelt werden, zeichnet sich erst nach der GIA Korrektur ein homogenes Bild der zeitlichen Entwicklung extremer Ereignisse für den gesamten Ostseeraum ab, siehe Abbildung 5-18 und Abbildung 5-19. Im Mittel ergeben sich die signifikanten Trends der GIA reduzierten Zeitreihen für den Betrachtungszeitraum zu $2.3 \pm 1.3 \frac{mm}{a}$ (vgl. Tabelle 5-8).

Tabelle 5-8: Lineare Trends für GIA reduzierte Wasserstandsdaten verschiedener Betrachtungszeiträume ausgewählter Pegelstationen der gesamten Ostseeküste; fett = statistisch signifikant (MK)

	Trends [mm/a] (Maxima - GIA red)			
	Total	1910-2006	1950-2006	1970-2006
Hornbaek	**2.0**	**1.9**	2.1	-2.5
Gedser	0.8	**1.5**	1.7	3.8
Flensburg	1.6	1.9	0.0	1.4
Kiel-Holtenau	0.6	2.1	-0.8	1.5
Travemünde	**1.9**	**4.3**	-1.0	3.1
Wismar	**0.7**	1.5	0.4	5.9
Warnemünde	**1.7**	**1.5**	0.6	3.7
Sassnitz	**2.1**	**2.7**	1.7	1.2
Swinemünde	**1.0**	**1.9**	**4.2**	3.4
Kolobrzeg	0.1	**2.3**	**4.0**	3.3
Gdansk	**2.2**	**2.7**	**6.2**	3.0
Klaipeda	**4.6**	**5.6**	**5.6**	3.9
Helsinki	-0.1	2.6	2.6	2.6
Hanko	-0.7	0.2	0.2	0.2
Rauma	1.3	0.2	0.2	0.2
Furuogrund	**3.9**	**4.0**	**4.4**	-1.8
Stockholm	**2.1**	**2.3**	2.3	-1.6
Kungsholmsfort	**1.5**	**2.4**	**4.4**	0.8
Smogen	**1.9**	**1.5**	**4.4**	3.5
Mittelwert (alle)	1.5	2.3	2.3	1.9
Stdabw.	1.2	1.3	2.2	2.2
Mittelwert (sign.)	1.7	2.4	4.7	-
Stdabw.	0.5	0.9	0.8	-

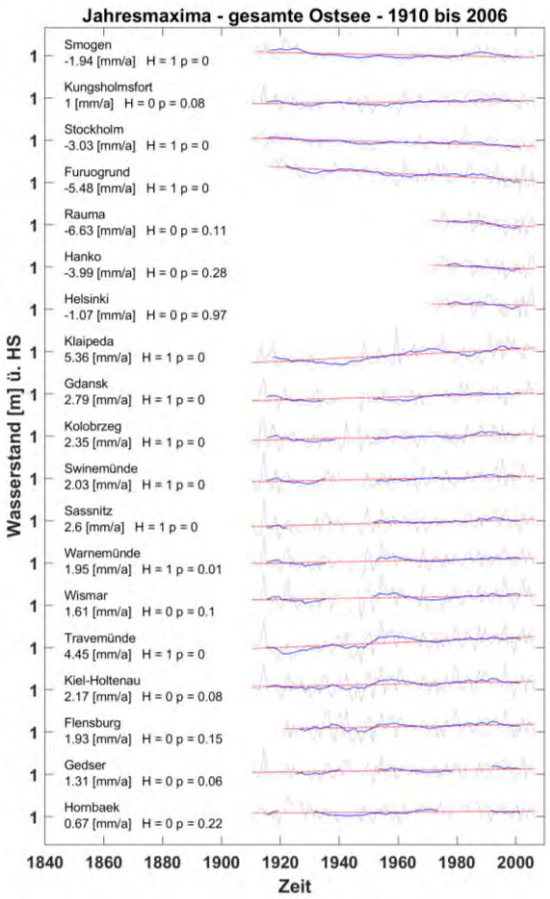


Abbildung 5-18: Trendanalyse der Jahresmaximalwerte von 19 ausgewählten Stationen der gesamten Ostseeküste ohne GIA Korrektur im Zeitraum 1910-2006

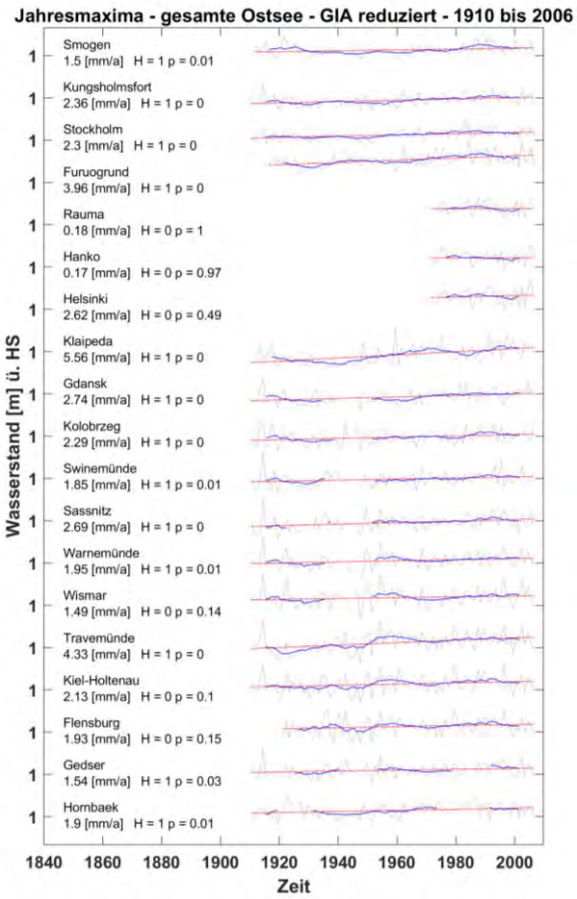


Abbildung 5-19: Trendanalyse der Jahresmaximalwerte von 19 ausgewählten Stationen der gesamten Ostseeküste mit GIA Korrektur im Zeitraum 1910-2006

5.4.3 Saisonverhalten

Nachdem in den vergangenen Kapiteln die zeitliche Entwicklung der jährlich maximalen und minimalen Wasserstände hinsichtlich des Trendverhaltens diskutiert wurde, wird in diesem Kapitel der Fokus auf mögliche saisonale Veränderungen gelegt. Zur Untersuchung der zeitlichen Entwicklung der höheren und niedrigeren Wasserstände einzelner Saisons wäre eine Möglichkeit die Wasserstandszeitreihen nach Jahreszeiten zu filtern und anschließend Trendanalysen durchzuführen. Stattdessen wird eine feinere Unterteilung gewählt, um auch eine möglich Verschiebung etwaiger Saisonabschnitte untersuchen zu können.

Um die Ergebnisse miteinander vergleichbar zu gestalten und gleichzeitig übersichtlich zu halten ist der Fokus auf die Analyse der Daten der sechs deutschen Pegelstationen mit räumlich homogener Verteilung und zeitlich größtmöglicher Datenverfügbarkeit gelegt worden. So wurden die Daten der Stationen Flensburg, Kiel-Holtenau, Travemünde, Wismar, Warnemünde und Sassnitz im Zeitraum H1957-2016 (H = hydrologisches Jahr) auf Ihre monatlichen Minimal- und Maximalwerte hin ausgewertet. Die so ermittelten Stichproben wurden einer Trendanalyse unterzogen und miteinander verglichen sodass sowohl eine Einschätzung zu den räumlichen Verhältnissen der saisonalen Anteile als auch zur zeitlichen Entwicklung der Extremwerte einzelner Monate gegeben wird.

Abbildung 5-20 zeigt nun beispielhaft die Form der Auswertung anhand der Ergebnisse für die Station Travemünde. Dargestellt sind Abbildung 5-20 die ermittelten monatlichen Maximalwerte über den Betrachtungszeitraum. Neben der graphischen Darstellung der Stichprobe sind außerdem die Ergebnisse der linearen Trendanalyse mittels der Methode der kleinsten Quadrate (OLS) in Schwarz sowie der Methode der robusten Regression in Blau ergänzt. Bei der robusten Regression wird eine Wichtung der Stichprobenwerte vorgenommen, sodass vom Mittel stark abweichende Werte geringeren Einfluss auf einen Trendwert ausüben. Um etwaige periodische Schwankungen in den Stichproben aufzuzeigen wurden Parameterstudien mit unterschiedlichen gleitenden Fensterlängen zur Mittelwertbildung durchgeführt. Im Ergebnis hat sich gezeigt, dass die erwähnten Fensterlängen von 11 Jahren, entsprechend der Visualisierung einer dekadischen Periodizität, die besten Ergebnisse liefern. Auch Weidemann (2014) berichtet von markanten dekadischen Schwankungen im Sturmhochwasserverhalten, konnte jedoch keinen langzeitlichen Trend nachweisen. Die Darstellung in Abbildung 5-20 ist folglich um ein gleitendes Mittels mit Fensterlänge 11 ergänzt (rote Linie).

Während in den Sommermonaten nahezu keine dekadischen periodischen Anteile in den Stichproben beobachtet werden, zeigen die Monate von Oktober bis April ein erheblich stärkeres Signal. Die beobachteten Schwankungen sind dabei über die Monate einer Saison (Jahreszeit) jedoch nicht gleich verteilt. Während im genannten Jahresabschnitt alle Monate einen periodischen Hochpunkt in der Mitte der achtziger Jahre aufweisen, sind im Monat März in dieser Phase deutlich geringere Extrema aufgetreten. Ein gegenläufiges Verhalten des März kann im gesamten betrachteten Zeitraum beobachtet werden.

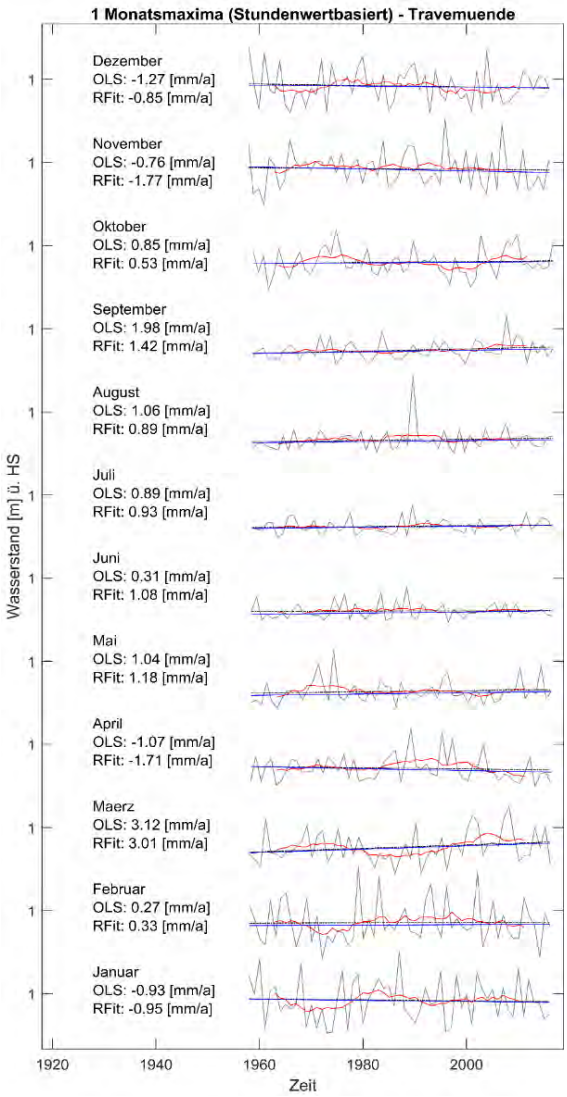


Abbildung 5-20: Zeitl. Entwicklung monatlicher Maximalwerte der Station Travemünde (H1957-2016); Mit 11a-gleit. Mittel (rot), OLS - (schwarz) und Robust Fit Regression (blau); GIA reduziert

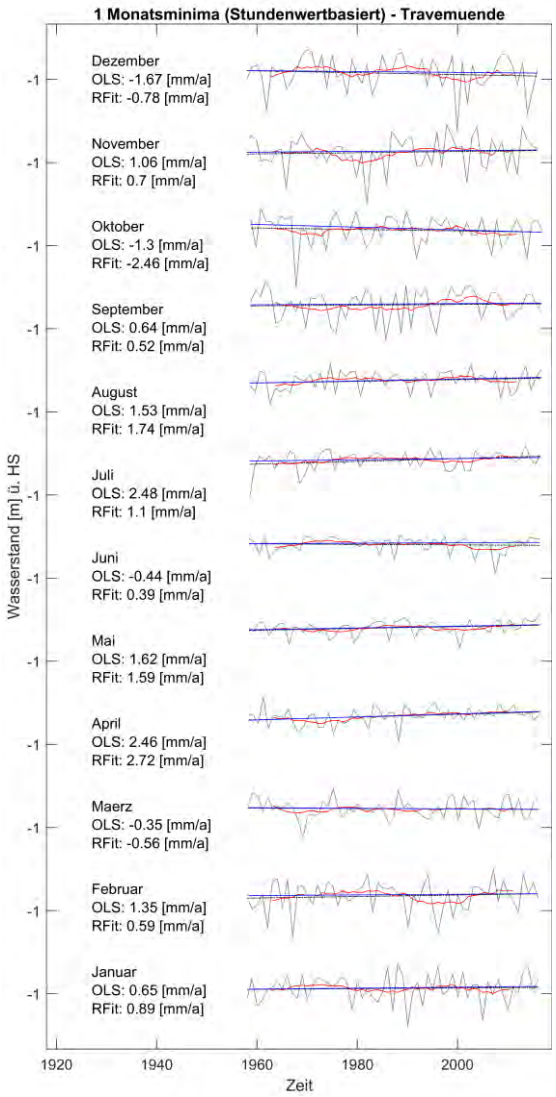


Abbildung 5-21: Zeitl. Entwicklung monatlicher Minimalwerte der Station Travemünde (H1957-2016); Mit 11a-gleit. Mittel (rot), OLS - (schwarz) und Robust Fit Re-gression (blau); GIA reduziert

Wie sich darüber hinaus in den folgenden Analysen zeigt, sind auch weitere statistische Merkmale der Wasserstandsverhältnisse für diesen Monat außergewöhnlich. In den mittleren Verhältnissen der ermittelten Monatsextrema, dargestellt in Abbildung 5-22, kommt dieser Umstand jedoch zunächst noch nicht zur Geltung. Die höchsten Extrema werden mit durchschnittlich etwa 0,9 m NHN in Kiel-Holtenau, Flensburg, Travemünde und Wismar in den Monaten November bis Januar beobachtet. Mit 0,8 m NHN in Warnemünde und 0,7 m NHN in Sassnitz fallen die Extrema (arithmetisches Mittel der Monatsmaximalwerte des Wasserstands) außerhalb von Förden und Buchten im Mittel 10 cm bzw. 20 cm niedriger aus. Nach der Wintersaison ist bei allen Stationen ein Abfall der gemittelten Maximalwasserstände zu beobachten. In Sassnitz (0,3 m NHN) und Warnemünde (0,4 m NHN) werden die niedrigsten mittleren Monatsextrema im Mai beobachtet, an den anderen Stationen erst

im Juni (~ 0,5 m NHN). Am konstantesten treten hohe Extremwerte im Dezember auf, für diesen Monat sind die Standardabweichungen der monatlichen Maximalwasserstände an allen Stationen deutlich geringer als im Januar und November. Insgesamt werden an allen Stationen die größten Schwankungen (Standardabweichungen) im Januar und Februar beobachtet.

Analog zu den höchsten Hochwasserständen werden die niedrigsten Niedrigwasserstände zwischen November und Januar beobachtet, jedoch mit einem eindeutigen Minimum an allen Stationen im Januar. Während die Maximalwasserstände der Buchtenpegel ein weitgehend einheitliches Verhalten aufweisen, zeigen die Niedrigwasserstände in Flensburg mit den extremsten Werten im Januar von im Mittel -1 m NHN ein deutlich abweichendes Verhalten. Die höchsten Niedrigwasserstände werden (im Juli) analog erneut in Sassnitz beobachtet, welches der offenen Ostsee zugewandt ist und dementsprechend geringeren Sunkeffekten ausgesetzt ist. Die größten Amplituden, also die Differenzen zwischen den im Mittel höchsten und niedrigsten Werten werden in Flensburg im Januar beobachtet. Gleichzeitig zeigt die Station Flensburg normale (Maxima) bis geringe (Minima) Schwankungsbreiten gegenüber den anderen Stationen.

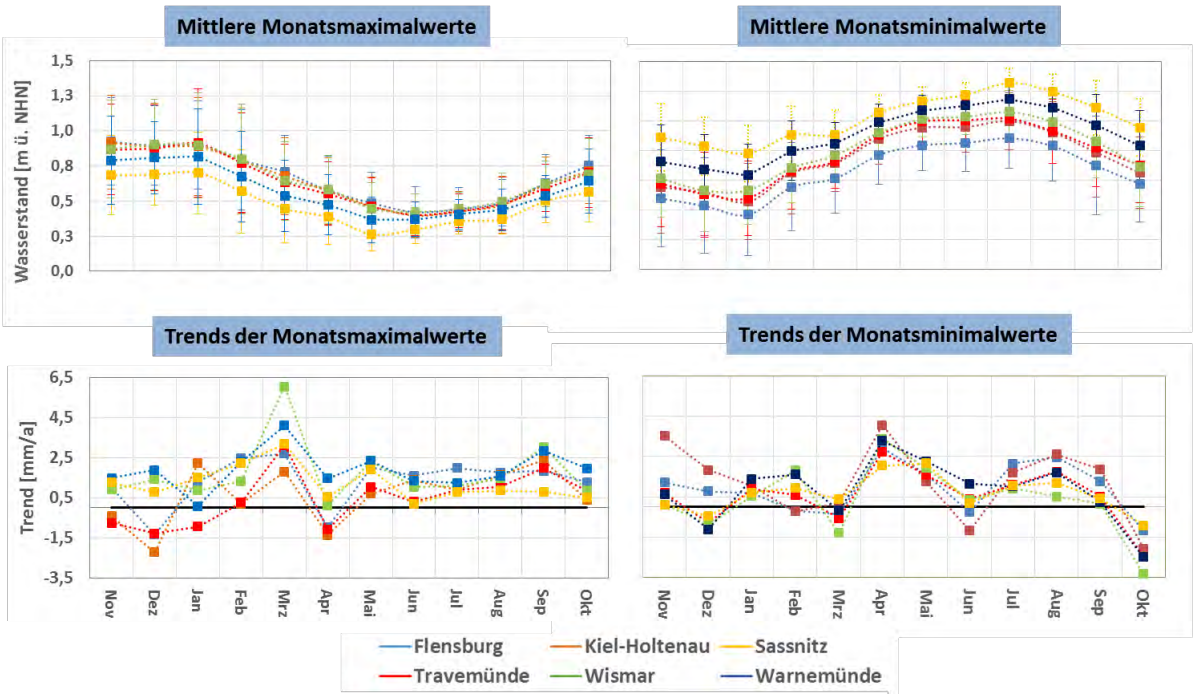


Abbildung 5-22: mittlere Verhältnisse der monatlichen Extremwerte und Schwankungsbreite an den Stationen Flensburg, Kiel-Holtenau, Sassnitz, Travemünde, Wismar, Warnemünde für den Zeitraum H1957-2016

Werden nun die monatlichen Trends der untersuchten Stationsdaten grafisch den Monaten gegenüber gestellt, kann eine mögliche Verschiebung von Sturmhochwassercharakteristiken beurteilt werden. In Abbildung 5-22 sind diese Trends dargestellt. Zusammenfassend kann hier beobachtet werden, dass bei Betrachtung der der Trends der Monatsmaxima zwischen den Monaten Mai und Oktober ein weitgehend einheitliches Trendverhalten mit geringen positiven / steigenden Trends im Bereich von 1-2 mm/a für alle Stationen auftritt.

Von November bis März wurden weitgehend positive, d.h. steigende Trends bei größeren Schwankungen zwischen den Stationen ermittelt. An allen Stationen werden die größten positiven Trends im Jahresverlauf im März ermittelt. Gefolgt werden diese dann von einem deutlichen Einbruch der Trendraten im April mit über alle Stationen hinweg sehr geringen (Warnemünde) bis negativen (restliche Stationen) Trends. Dieses Verhalten deckt sich weitgehend zwischen beiden angewandten Trendermittlungsmethoden (kleinste Quadrate und robuste Regression) und deutet eine zeitliche Verschiebung des Auftretens von höheren Wasserständen (eine Verschiebung der Sturmhochwasser-Saison) in Richtung März an.

Ein erstaunliches und dem Verhalten der Maxima gegenüber abweichendes Verhalten zeigt sich bei Betrachtung der Entwicklungen der monatlich niedrigsten Niedrigwasserstände. Das Trendverhalten weist ein sehr einheitliches Verhalten über alle Stationen hinweg sowie eine Schwankung im 3-4 Monatsrhythmus auf. Minima mit betragsmäßig negativen Trends treten im Dezember, März, Juni und Oktober an allen Stationen auf. Die betragsmäßig größten negativen Trends weisen die Pegeldaten durchgängig für den Monat Oktober auf. Die betragsmäßig größten positiven Trends der Minimalwasserstände wurden im April beobachtet.

Im Vergleich mit der Entwicklung des mittleren Meeresspiegels zeigt sich, dass die negativen / fallenden Trends und die leicht steigenden Trendwerte zwischen Dezember und Februar meist unterhalb von ermittelten MSL Trends liegen. Die Spanne zwischen Sturmhoch- und Niedrigwasserständen kann daher in diesen Monaten weiter ansteigen. Im darauffolgenden Monat April zeigt sich ein entgegengesetztes Bild. Dort werden niedrige Maxima- und hohe Minima-Trends beobachtet, sodass auf Basis dieser Auswertung für den Monat April eine zukünftige Abnahme extremer hoher und niedriger Wasserstände vermutet werden kann. Als Einschränkung bleibt anzumerken, dass die Verfügbarkeit hochaufgelöster Stundendaten (welche für diese Form der Auswertung notwendig sind) die Betrachtungszeiträume auf längstens die 1950er Jahre begrenzt.

5.5 Häufigkeiten von Sturmhochwassern

Nachdem die Untersuchungen zur zeitlichen Entwicklung der Wasserstände für extreme Ereignisse in Kap. 5.3 ein Verhalten andeutet, in welchem leichte Sturmhochwasser zukünftig höhere Wasserstände aufweisen bzw. die Wasserstände für Sturmhochwasser mit 5 Jahren Wiederkehrintervall signifikant steigen und sich parallel eine Verschiebung / Ausweitung der Sturmhochwassersaison in den Frühling andeutet (vgl. 5.4.3), bleibt die Frage nach Veränderungen der absoluten Häufigkeiten solcher Ereignisse. In diesem Kapitel wird folglich eine Übersicht zur Ereignishäufigkeit von Sturmhochwasserständen an der deutschen Ostseeküste anhand von den zuvor als repräsentativ ausgewählten Stationen (Flensburg, Kiel-Holtenau, Travemünde, Wismar, Warnemünde und Sassnitz) gegeben.

Für die Auswertung absoluter Häufigkeiten sollten Zeitreihen mit zeitlich höherer Auflösung und vor allem mit kontinuierlichen, d.h. lückenlosen Wasserstandsaufzeichnungen vorliegen. Wie im Abschnitt zur Methodik näher erläutert, werden die Sturmhochwasserklassen S1-S4 des BSH (vgl. Tabelle 2-1) für die kategorisierte Untersuchung herangezogen. Auf die Wiedergabe der Ergebnisse zur Analyse nach der DIN4049 wird verzichtet, weil die ermittelten Grenzen zur Klassifizierung der Sturmfluten stark variieren und eine Vergleichbarkeit dadurch erschwert wird. Es ist jedoch anzumerken, dass für keine der Sturmflutklassen mit nach DIN4049 ermittelten Grenzwerten ein signifikanter Anstieg nachgewiesen werden konnte.

Da die Daten von Pegelstationen an der polnischen Ostseeküste aufgrund verkürzter oder unvollständiger Zeitreihen nicht oder nur in Teilen für diese Auswertung geeignet sind, werden die entsprechenden Ergebnisse an dieser Stelle nicht dargestellt. An der einzigen polnischen Station (Wladyslawowo) für die hochaufgelöste Daten über mehrere Dekaden vorliegen, wurden im gesamten Untersuchungszeitraum lediglich 18 Sturmhochwasserereignisse insgesamt und nur zwei Ereignisse, die höher aufgelaufen sind als ein leichtes Sturmhochwasser. Statistisch signifikante Trends der Häufigkeiten weisen die Daten dieser Station nicht auf.

In Abbildung 5-23 sind die Ergebnisse der Auswertung für die sechs ausgewählten Stationen aufgezeigt. Die Balkendiagramme zeigen unmittelbar, dass eine Trendermittlung nur für die Sturmhochwasserklasse S1 Sinn ergibt. Nur in der Kategorie S1 sind ausreichend Stichprobenwerte verfügbar. Die für diese Kategorie ermittelten Trends sind für die Stationen Flensburg, Travemünde und Wismar signifikant bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 10 %. Für die Station Warnemünde wurde ein steigender Trend ermittelt, dieser war jedoch im statistischen Sinne nicht signifikant gegen eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 10%. Meinke (1998) hat in Ihrer Arbeit ebenfalls einen Trend im Auftreten der leichten Sturmhochwasser für Warnemünde festgestellt. Auch bei Meinke (1998) wurde dieser als statistisch nicht signifikant nachgewiesen.

Eine Erklärung für die höhere Signifikanz der positiven / steigenden Trends bei den sogenannten Buchtenpegeln könnte in der Ursache der Hochwasserereignisse liegen. Hier wird der meteorologische Effekt durch den Buchtenstau überlagert, welches dann zu einer Verstärkung der windstauenden Wirkung von Starkwindereignissen führen kann. Die absolute und relative Häufigkeit der in jeder Kategorie und insgesamt aufgetretenen Sturmhochwasser sind in Tabelle 5-9 zusammengefasst.

Tabelle 5-9: Sturmfluthäufigkeiten an dt. Pegelstationen im Zeitraum H1957-2016

	S1		S2		S3		S4		Gesamt
Flensburg	85	69%	32	26%	7	6%	0	0%	**124**
Kiel-Holtenau	71	65%	28	25%	11	10%	0	0%	**110**
Travemünde	79	68%	27	23%	11	9%	0	0%	**117**
Wismar	76	63%	32	27%	11	9%	1	1%	**120**
Warnemünde	63	80%	12	15%	4	5%	0	0%	**79**
Sassnitz	38	95%	2	5%	0	0%	0	0%	**40**

An den Buchtenpegeln sind im Untersuchungszeitraum von H1957-2016 rund 120 Sturmhochwasserereignisse eingetreten. Demgegenüber stehen lediglich 79 Sturmhochwasserereignisse in Warnemünde bzw. 40 Sturmhochwasserereignisse am Pegel Sassnitz. Dies entspricht einem Anteil von 63 - 69 % an leichten Sturmhochwasserereignissen im Betrachtungszeitraum für die Buchtenpegel und 80 % in Warnemünde bzw. gar 95 % in Sassnitz. Es wurde lediglich ein Ereignis der Kategorie sehr schwer (S4) detektiert, welches laut Stundendaten am 03-11-1995 um 22 Uhr in Wismar einen Peak-Wasserstand von 2,03 m NHN erreichte.

Werden nun die Ereignisse der 60 betrachteten Jahre (1957-2016) in 10-Jahresabschnitte unterteilt, wird deutlich dass in den ersten drei Jahrzehnten im Beobachtungszeitraum verhältnismäßig einheitliche Sturmhochwasserhäufigkeiten ermittelt wurden. Ab Mitte der achtziger Jahre nahm die Anzahl deutlich zu. Maximal wurden in der Dekade 1987 bis 1996 30 Sturmhochwasserereignisse am Pegel Flensburg beobachtet. In den beiden Dekaden nach 1996 wurden wieder weniger Sturmhochwasser beobachtet, jedoch mehr als in den ersten drei Dekaden. Dies könnte u.a. am Anstieg des mittleren Meeresspiegels liegen, welcher zu einer generellen Erhöhung der Wasserstände und damit indirekt auch zu erhöhten Sturmhochwasserständen führt. Auf Basis der im Vorhaben AMSeL Ostsee ermittelten mittleren MSL Anstiegsraten von $\sim 1{,}2\,\frac{mm}{a}$ kommt es innerhalb des Betrachtungszeitraums jedoch lediglich zu wenigen Zentimetern absolutem Meeresspiegelanstieg. Eine adäquate Erklärung für den Anstieg von ~50 auf etwa 70 Ereignisse in der zweiten Hälfte des Betrachtungszeitraums, mittlere und schwere Ereignisse eingeschlossen, liefert dies nicht. Hieraus kann im Umkehrschluss abgeleitet werden, dass in den letzten drei Dekaden vor 2017 eine höhere Sturmhochwasseraktivität geherrscht haben muss.

Insgesamt lassen sich folglich drei Dekaden erhöhter Sturmhochwasseraktivität detektieren und eine langfristige Entwicklung ist in Form einer Erhöhung der Häufigkeit leichter Sturmhochwasser zu verzeichnen. Bei Reduktion der Daten um ein 19j-gleitendes Mittel werden keine signifikanten Trends mehr nachgewiesen. Die mittlere Eintrittshäufigkeit einer hier betrachteten Dekade liegt für die Buchtenpegel bei 20 Ereignissen/Dekade, in Warnemünde bei 13 Ereignissen/Dekade und in Sassnitz bei 7 Ereignissen/Dekade.

Tabelle 5-10: Sturmhochwasserhäufigkeiten an dt. Pegelstationen im Zeitraum H1957-2016 (10-Jahresabschnitte)

Abschnitt (a)	1957-66		1967-76		1977-86		1987-96		1997-2006		2007-16		Gesamt
Flensburg	18	15%	18	15%	16	13%	30	24%	16	13%	26	21%	**124**
Kiel-Holtenau	18	16%	18	16%	16	15%	25	23%	16	15%	17	15%	**110**
Travemünde	17	15%	17	15%	14	12%	28	24%	21	18%	20	17%	**117**
Wismar	14	12%	17	14%	17	14%	27	23%	23	19%	22	18%	**120**
Warnemünde	11	14%	8	10%	12	15%	17	22%	15	19%	16	20%	**79**
Sassnitz	5	13%	7	18%	6	15%	10	25%	6	15%	6	15%	**40**

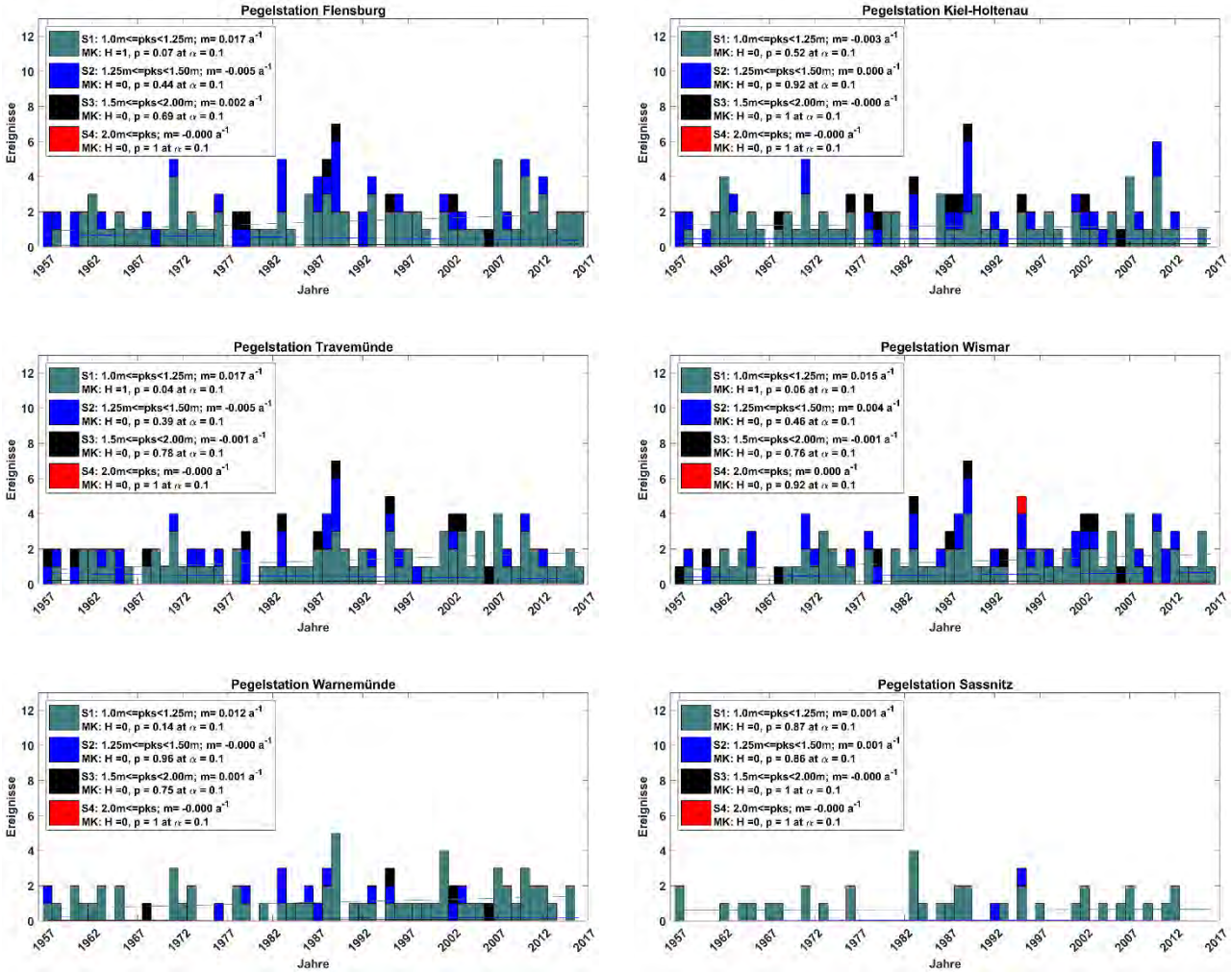


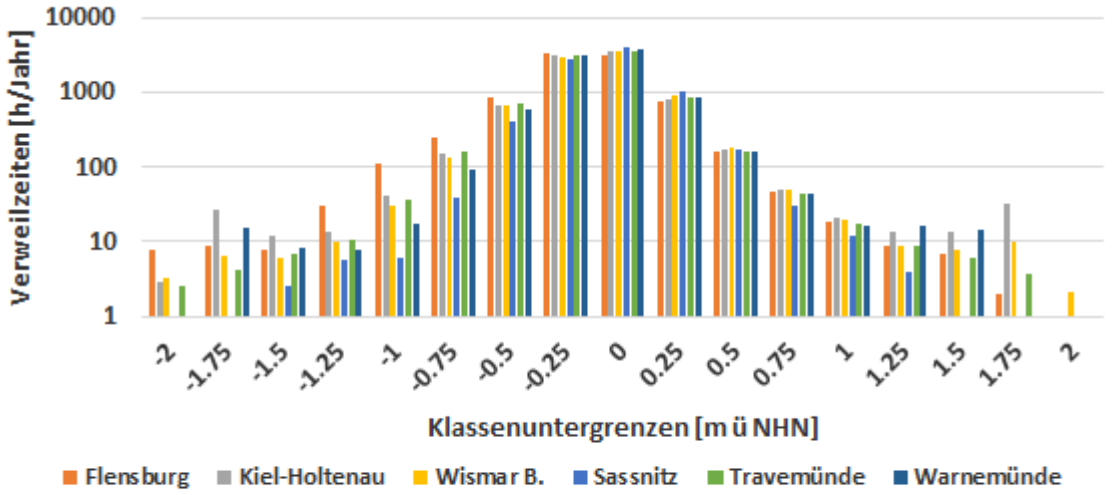
Abbildung 5-23: Sturmhochwasserhäufigkeiten für ausgewählte dt. Pegelstationen im Zeitraum H1957-2016

5.6 Verweilzeiten

Wie in Kapitel 4.3 erläutert, werden die Verweilzeiten auf jährlicher Basis mit einer Klassenbreite von 0.25 m ausgewertet. Für die einheitliche Auswertung der zeitlichen Entwicklung der Verweilzeiten an der deutschen Ostseeküste werden Daten von sechs dt. Stationen verwendet die einigermaßen homogen über die Küstenzone verteilt sind und gleichzeitig möglichst lange Zeitreihen hochaufgelöster Daten aufweisen. Diese sind Flensburg, Kiel-Holtenau, Travemünde, Wismar, Warnemünde und Sassnitz.

Die vergleichbar auswertbare Zeitreihenlänge für alle Stationen wird beschränkt durch die kürzeste Zeitreihe für den Pegel Sassnitz, für den Daten im Zeitraum H1957-2016 vorliegen. Für jedes Jahr das den gewählten Kriterien entspricht wird die Verweilzeit in den definierten Wasserstandsklassen ermittelt.

Das Groß der gemessenen Wasserstände liegt hierbei um den mittleren Wasserstand herum. In 75 % der Zeit verweilt der Wasserstand in den Klassen δH zwischen -0.25 und +0.25 und bereits 95 % Zeitanteil fallen auf die Klassen zwischen -0.5 m NHN und +0.5 m NHN. Im Mittel liegt der Wasserstand lediglich in 0.2 % der Zeit innerhalb einer der Sturmhochwasserklassen ≥ 1m NHN. Dies entspricht im Mittel rd. 18h/Jahr. Die korrespondierenden extremen Niedrigwasserstände < -1 m NHN nehmen mit im Mittel etwa 0.6 % einen fast dreimal so hohen Anteil ein. Dies entspricht im Mittel rd. 53h/Jahr. Die Übersicht über die mittleren Verweilzeiten im Bereich der Sturmhochwasserklassen ist auch in Abbildung 5-24 angegeben.



Mittlere jährliche Verweilzeit (h) für Wasserstände W>1 m NHN (1957-2016)					
Flensburg	Kiel-Holtenau	Wismar B.	Sassnitz	Travemünde	Warnemünde
37	81	48	16	36	47

Abbildung 5-24: Mittlere Verweilzeit der Klassen je Station

Zur Ermittlung der zeitlichen Entwicklung der Verweilzeiten sind in Abbildung 5-25 die klassenbezogenen jährlichen Verweilzeiten in Stunden [h] in logarithmischer Darstellung für

jede der sechs untersuchten Stationen über den gesamten Zeitraum von H1957-2016 dargestellt. Die farbliche Unterscheidung repräsentiert den Wechsel von historischen (blau) zu aktuellen (gelb) Jahren. Dargestellt sind dabei die Ergebnisse der Klassen δH ≥ 0.75 m NHN, da die Verweilzeiten im Bereich des Mittelwassers für die Belastung der Küstenschutzbauwerke von geringerem Interesse sind und die Bereiche um Sturmhochwasserklassen durch ihr Risikopotential im Fokus stehen. Angegeben sind auf der Abszisse jeweils die unteren Grenzen der dargestellten Klassen in [m], auf der Ordinate die Verweilzeiten in [h].

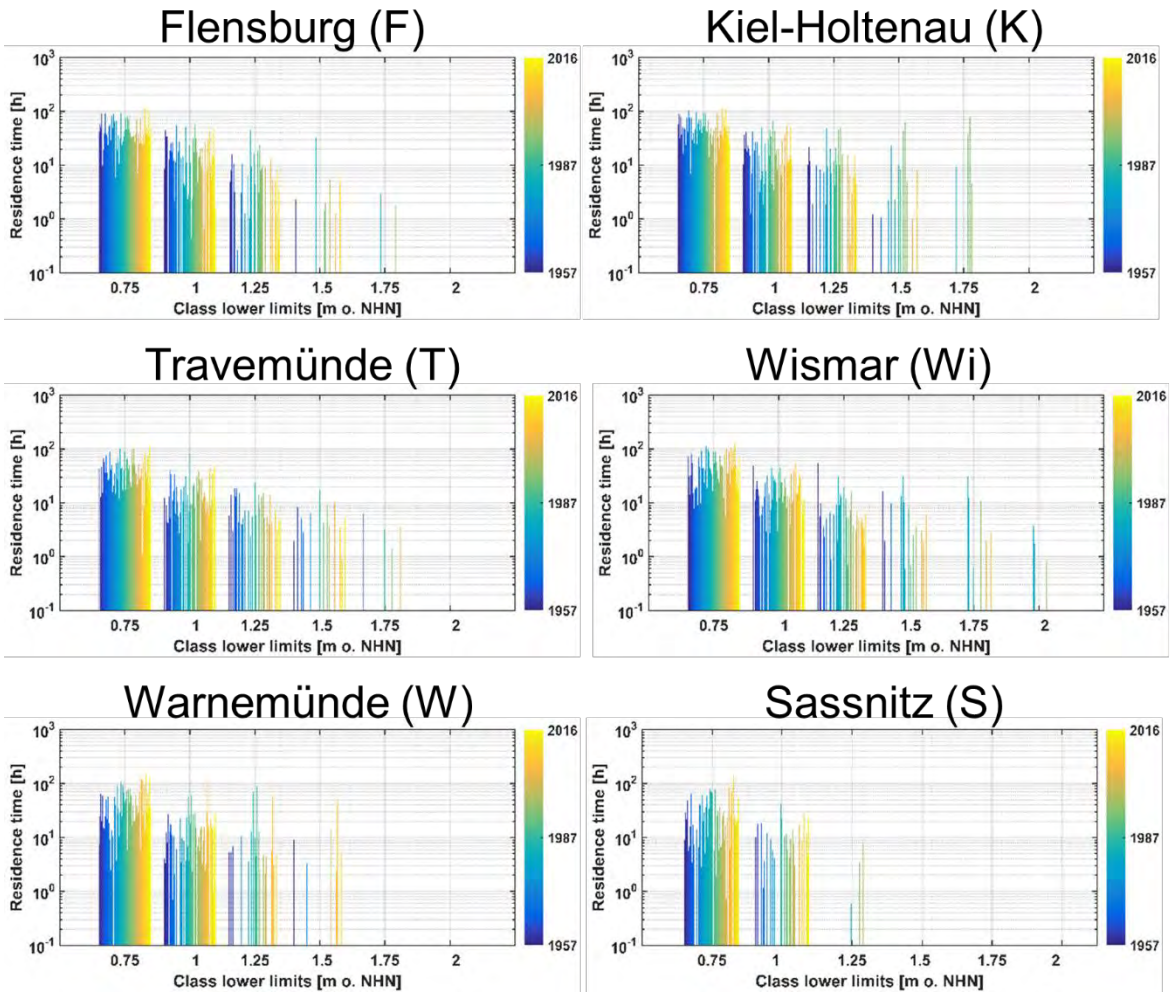


Abbildung 5-25: Wasserstandsklassen bezogene zeitliche Entwicklung der Verweilzeiten sechs deutscher Pegelstationen im Zeitraum von H1957-2016

Grundsätzlich lässt sich aus den Darstellungen (Abbildung 5-25) erkennen, dass die Verweilzeiten mit steigender Hochwasserklasse erheblich abnehmen. Außerdem treten, insbesondere in den höchsten Klassen nicht in jedem Jahr Wasserstände der jeweiligen Sturmhochwasserklassen auf, sodass eine Trendermittlung kaum möglich ist. Während in Kiel-Holtenau noch bis in der Klasse δH ≥ 2 m NHN Verweilzeiten beobachtet werden, treten in Sassnitz bereits ab der Klasse δH ≥ 1.5 m NHN keine Ereignisse mehr auf. Für Travemünde, Wismar und Kiel-Holtenau werden erheblich häufiger schwere Sturmhochwasser

aufgezeichnet. Im Bereich mittlerer Sturmhochwasser ist in den 80er Jahren eine höhere Aktivität detektiert worden, die wiederum auch höhere Verweilzeiten innerhalb dieser Wasserstandsklassen hervorruft.

Auf eine Angabe der ermittelten linearen Trendwerte der zeitlichen Entwicklung je Klasse wurde an dieser Stelle verzichtet, weil für keine der Sturmhochwasserklassen an den Stationen ein signifikanter Anstieg ermittelt wurde. Allgemein vermerkt werden kann jedoch, dass die Verschiebung der Verweilzeiten im Bereich der Mittelwasserstände dem Trend des Anstiegs des mittleren Meeresspiegels folgt.

Um eine vergleichende Betrachtung mit den für die gesamte Ostsee akquirierten Daten zu vollziehen, sind weitere Stationsdaten ausgewertet worden. Die Ergebnisse hierzu sind in Abbildung 5-26 dargestellt. Hierbei ist die Zeitreihenlänge jedoch nicht einheitlich lang, wobei dennoch darauf geachtet wurde ausschließlich möglichst lange Zeitreihen einzubeziehen. Außerdem ist zusätzlich eine Reduktion der Zeitreihen um ihr 19-jährliches gleitendes Mittel durchgeführt worden, um den Einfluss des Meeresspiegelanstiegs zu minimieren. Zu Vergleichszwecken wurde auch der Datensatz der Station Esbjerg hinzugezogen (grün), welche sich als dem Skagerrak nahegelegene Nordseestation für Vergleiche anbietet. In Gelbtönen sind die Ergebnisse schwedischer Stationen dargestellt, in grau die von deutschen Stationen und in schwarz eine zusammenfassende Darstellung der mittleren Trends der deutschen Küste.

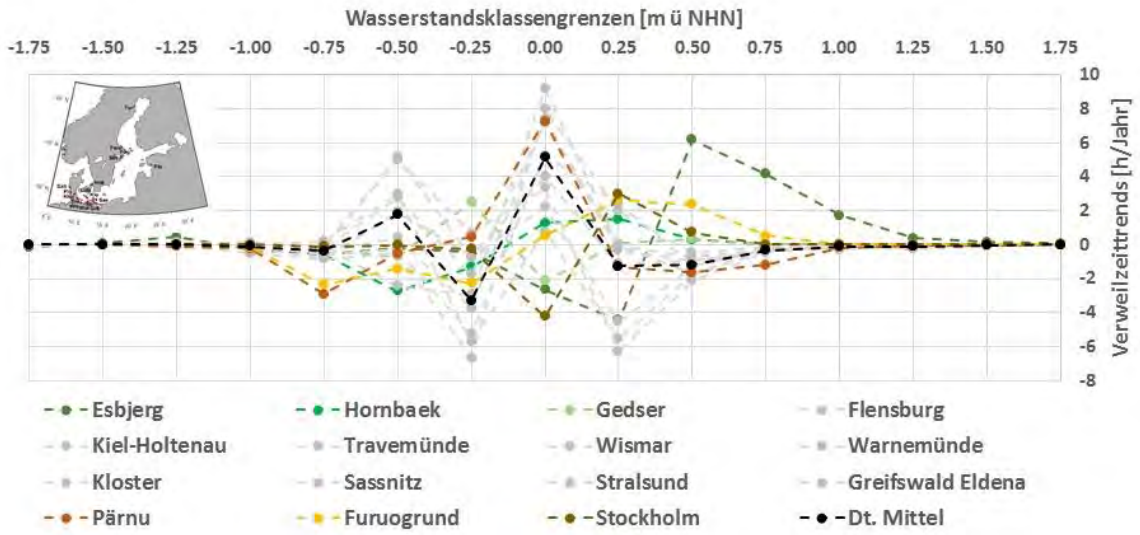


Abbildung 5-26: Verweilzeittrends der Wasserstandsklassen für eine Auswahl von MSL-reduzierten Wasserstandsdaten von 12 Pegelstationen im Raum dt. Ostseeküste und erweiterte Ostsee

Während die Ostseestationen der deutschen Küste und nahegelegener Gebiete alle (in unterschiedlich starker Ausprägung) negative Trends der Verweilzeiten kurz unterhalb des Mittelwassers und einen positiven Trend kurz darüber aufweisen, zeigen die Ergebnisse der Daten aus Esbjerg (Nordseeseite Dänemarks) einen abweichenden Verlauf. Zum einen liegt die Nullzone zwischen abfallendem und ansteigendem Ast nicht im Bereich des mittleren Meeresspiegels nahe 0 m (reduziert um langjährigen MSL Anstieg), sondern zwischen

den Klassen mit Untergrenze +0.25 m und +0.5 m. Darüber hinaus sind deutlich positive Trends auch in den darüber liegenden Wasserstandsklassen zu beobachten, was auf einen stärkeren Anstieg der Tidehochwasser (Nordsee!) hindeutet.

6 Zusammenfassung und Ausblick

Im vorliegenden Abschlussbericht des BMBF-Vorhabens AMSeL_Ostsee (Teilvorhaben B) werden die wesentlichen Projektergebnisse zusammenfassend dargestellt. Für die vorgesehenen Untersuchungen der zeitlichen Entwicklung von Extremwasserständen an der südlichen und südwestlichen Ostseeküste wurde zunächst eine Wasserstands-Datenbank aufgebaut, welche Daten von Pegelstationen an der gesamten Ostseeküste umfasst. Neben frei verfügbaren digitalen und zeitlich hochaufgelösten Wasserstandsdaten aus der WISKI-Datenbank des Bundes sind Recherchen zur Akquise und Digitalisierung möglichst weitreichender Wasserstandsdaten im deutschen und polnischen Ostseeraum durchgeführt worden. Im Ergebnis wurde eine bisher nicht verfügbare (einzigartige) Zusammenstellung von gleich formatierten Wasserstandsdaten für die Ostsee realisiert, die Analysen weit über den Zweck dieses Forschungsprojekts hinaus ermöglicht. Ergänzend dazu wurden in Zusammenarbeit mit dem BSH-Rostock rund 500 Pegelbögen der Station Schleimünde aus dem Zeitraum 1943-1956 digitalisiert.

Mit dem Ziel der Plausibilisierung von hochaufgelösten Wasserstandsdaten wurde eine Methodik entwickelt, die über vergleichende statistische Betrachtungen der Wasserstandsdaten von Nachbarstationen in der Lage ist signifikante Abweichungen in kleinen Intervallen zwischen den Zeitreihen zu detektieren. Durch die Anwendung dieser Methodik auf die hochaufgelösten deutschen Wasserstandsdaten konnten für das Projekt AMSeL Ostsee unplausible Bereiche detektiert werden. Im Austausch mit den Behörden (WSÄ/BSH) hat hervorgehend aus der Entwicklung der Plausibilisierungsroutine bereits während der Projektlaufzeit eine Korrektur von einzelnen unplausiblen Abschnitten in den offiziellen Zeitreihen stattgefunden. In weiteren Plausibilisierungsarbeiten wurden u.a. Inkonsistenzen in Teilen der Wasserstandsdaten vom PSMSL aufgedeckt und an die dt. Behörden weitergetragen. In weiteren Arbeitsschritten wurden detektierte Offsets korrigiert und die Daten (soweit möglich) in die jeweiligen nationalen Höhensysteme umgerechnet.

Zur Untersuchung des Einflusses vertikaler Landbewegungen sind verschiedene Datenquellen herangezogen worden, wobei im Endeffekt das GIA-Modell der Nordischen Geodätischen Kommission (NKG2016LU) für die Anwendung auf Wasserstandsdaten im Ostseeraum als am besten geeignet ermittelt wurde. Daraus abgeleitet wurden vertikale Landbewegungsraten für alle im Projekt verfügbaren Lokationen der Pegelstationen ermittelt.

Im Anschluss an die Entwicklung der Datenbank und auf der Grundlage weiterer Vorarbeiten wurden statistische Auswertungen von den akquirierten Wasserstandsdaten durchgeführt mit dem Ziel, die zeitliche Entwicklung von Hochwasserständen und Niedrigwasserständen an der deutschen Ostseeküste zu ermitteln. Neben klassischen extremwertstatistischen Auswertungen zur Ermittlung von Wasserständen mit definierten Wiederkehrintervallen (HW5- HW100) über die Anpassung von Verteilungsfunktionen sind u.a. Untersuchungen zur zeitlichen Entwicklung dieser signifikanten Hochwasserwerte mittels gleitender Verteilungsfunktionen vorgenommen worden. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen zeigen einen signifikanten positiven Anstieg (Trend) von 2,2 $\frac{mm}{a}$ der Sturmhochwasserstände

mit Wiederkehrintervallen von 5 Jahren am Pegel Travemünde. Ebenso wurden langperiodische Schwankungen von Hochwasserereignissenmit einer Periode von etwa 70 Jahren detektiert. Durch die fortlaufende Digitalisierung weiterer historischer Wasserstandsdaten anderer Pegelstationen sollten diese Erkenntnisse überprüft werden. Als vielversprechend für die weitere Digitalisierung von historischen Wasserstandsdaten hat sich ein im Landeshauptarchiv Brandenburg entdeckter Bestand historischer Wasserstandsinformationen gezeigt.

Mittels linearer Trendanalysen der Methodik „langlebiger Chronist“ wurde aufgezeigt, dass die Ergebnisse linearer Trendanalysen aus Jahresmaximalwertzeitreihen der Ostsee stark von der verwendeten Zeitreihenlänge abhängig sind. Die detektierten Schwankungen führen zu starken Abweichungen in den ermittelten Trendraten. Ab Zeitreihenlängen von etwa 100 Jahreswerten gleichen sich die Trends unterschiedlicher Stationen jedoch an. Hieraus resultieren zwei Forderungen:

1. Die Digitalisierung historischer Pegelbögen zur Sicherstellung der Qualitätssicherung historischer Wasserstandsdaten und zur Erweiterung der verfügbaren Zeitreihenlängen sollte vor dem Verfall der alten Dokumente unbedingt intensiviert werden.
2. Zusätzlich zeigen die vorliegenden Untersuchungen deutlich, dass ein umfassendes und langfristig betriebenes Pegelnetz wichtig ist um die Ergebnisse solcher statistischer Analysen abzusichern und um lokale Gegebenheiten kleinerer Küstenabschnitte einbeziehen zu können.

Aus den Analysen zur saisonalen Verteilung der Wasserstandsveränderungen zeigt sich ein auffallend positiver Trend (langfristig höhere Wasserstände) für die Frühlingsmonate. Vergleichende Betrachtungen zwischen verschiedenen Pegelstationen zeigen jedoch keine räumlich einheitliche Entwicklung, weswegen das Phänomen weiter beobachtet und in der Zukunft mit längeren Zeitreihen erneut überprüft werden sollte.

In weiteren Betrachtungen wurden Analysen zu den zeitlichen Veränderungen von Häufigkeiten von Sturmhochwasserereignissen durchgeführt. Im Ergebnis zeigt sich eine signifikante Zunahme der Häufigkeit leichter Sturmhochwasser in der südwestlichen Ostsee. Aus den Verweilzeitanalysen geht hervor, dass bislang keine signifikanten Zunahmen in den Bereichen der Sturmhochwasserstände zu verzeichnen sind.

Die Erstellung der vermutlich einzigartigen Zusammenstellung von Wasserstandsdaten aus dem Ostseeraum sowie dessen Plausibilisierung, Überprüfung und Zusammenfassung in einer Datenbank sind sehr zeitintensive Arbeiten. Das Institut für Wasserbau und die Projektpartner aus Siegen empfehlen daher eine Fortsetzung der Forschungen mit diesem Datensatz, um das Verständnis zum Verhalten mittlerer und extremer Wasserstände in der Ostsee weiter zu vertiefen.

7 Schrifttum

ÅGREN, J.; SVENSSON, R. (2007): Postglacial Land Uplift Model and System Definition for the New Swedish Height System RH 2000. Lantmäteriet. Gävle.

ÅGREN, J. (2009): NKG2005LU Revisited. LANTMÄTERIET. Gävle, 10.03.2009.

ÅGREN, J.; SVENSSON, R. (2011): The Height System RH 2000 and the Land Uplift Model NKG2005LU. Paper. LANTMÄTERIET. Geodetic Research Department.

AUGATH, W.; IHDE, J. (2000): Definition and Realization of Vertical Reference Systems. The European Solution EVRS/ EVRF 2000.

BACC II AUTHOR TEAM (2015): Second assessment of climate change for the Baltic Sea Basin. Cham: SpringerOpen (Regional climate studies).

BAERENS, C. (1998a): Extremwasserstandsereignisse an der deutschen Ostseeküste. Dissertation. FREIE UNIVERSITÄT BERLIN, Berlin. Fachbereich Geowissenschaften.

BAERENS, C. (1998b): Extremwasserstandsereignisse an der deutschen Ostseeküste. Dissertation. FREIE UNIVERSITÄT BERLIN, Berlin. Geowissenschaften.

BOGDANOV, V. I. (2000): Mean monthly series of sea level observations (1777-1993) at the Kronstadt gauge. Kirkkonummi: Finnish Geodetic Institute.

BOGDANOV, V. I.; MALOVA, T. I. (2009): On assessments of the height of the largest catastrophic flood that occurred in St. Petersburg in the Neva River mouth on November 7 (19), 1824. In: *Dokl. Earth Sc.* 424 (1), S. 123–126. DOI: 10.1134/S1028334X09010267.

BREIDENSTEIN, S. (2018): Ermittlung isostatischer Landbewegungsraten der Ostseeküste für die Reduktion von Wasserstandsdaten zur Abschätzung eines absoluten Meeresspiegelanstiegs. Computation of land movement rates of the Baltic Sea coast for the reduction of tide gauge sea level data to estimate an absolute sea level rise. Bachelor Thesis. TU HAMBURG-HARBURG, Hamburg. Institut für Wasserbau.

BSH (2017): Sturmfluten. Definition für Nord- und Ostsee. Hg. v. BSH. Online verfügbar unter https://www.bsh.de/DE/THEMEN/Wasserstand_und_Gezeiten/Sturmfluten/sturmfluten_node.html, zuletzt geprüft am 13.07.2017.

COLES, S. (2001): An Introduction to Statistical Modeling of Extreme Values. London, s.l.: Springer London (Springer Series in Statistics). Online verfügbar unter http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4471-3675-0.

DAILIDIENE, I.; DAVULIENÉ, L.; BENEDIKTAS TILICKIS; ALGIRDAS STANKEVICIUS; KAI MYRBERG (2006): Sea level variability at the Lithuanian coast of the Baltic Sea. In: *Boreal Environment Research* (11:109-121).

DUPHORN, K.; H. KLIEWE; R.O. NIEDERMEYER; W. JANKE; F. WERNER [HG.] (1995): Die deutsche Ostseeküste. Berlin, Stuttgart: Bornträger (Sammlung geologischer Führer, 88).

DWA (2012): Merkblatt DWA-M 552. Ermittlung von Hochwasserwahrscheinlichkeiten. In: *DWA-Regelwerke*.

EKMAN, M. (1988): The world's longest continued series of sea level observations. In: *Pure and Applied Geophysics (PAGEOPH)* 127 (1), S. 73–77. DOI: 10.1007/BF00878691.

EKMAN, M. (1996): A consistent map of the postglacial uplift of Fennoscandia. In: *Terra Nova* (8), S. 158–165.

ENGELS, J. (2006): Zur Modellierung von Auflastdeformationen und induzierter Polwanderung. Stuttgart: IAGB [u.a.] (Schriftenreihe der Institute des Studiengangs Geodäsie und Geoinformatik / Universität Stuttgart, rept. Nr. 2006,1).

FEISTEL, R.; NAUSCH, G.; WASMUND, N. (2008): State and Evolution of the Baltic Sea, 1952-2005. A detailed 50-Year Survey of Meteorology and Climate, Physics, Chemistry, Biology and Marine Environment. 1. Aufl. New Jersey: Wiley-Interscience.

FRÖHLE, P. (2000): Messung und statistische Analyse von Seegang als Eingangsgröße für den Entwurf und die Bemessung von Bauwerken des Küstenwasserbaus. Dissertation. UNIVERSITÄT ROSTOCK, Rostock. Fakultät für Ingenieurwissenschaften.

FÜHRBÖTER, A. (1976): Über zeitliche Änderungen der Wahrscheinlichkeit von Extremsturmfluten an der deutschen Nordseeküste. On the time-dependent changes of the probability of extreme storm floods at the German North Sea coast. In: *Mitteilungen des Leichtweiss-Instituts für Wasserbau* (51), S. 1–94.

FÜHRBÖTER, A. (1982): Über Verweilzeiten und Wellenenergien bei Sturmfluten. In: Rudolf Schwab (Hg.): Jahrbuch der Hafenbautechnischen Gesellschaft, Bd. 38. Berlin: Springer-Verlag (38), S. 269–282.

GAYE, J. (1951): Wasserstandsänderungen in der Ostsee in den letzten 100 Jahren. In: *Schriften des Naturwissenschaftlichen Vereins Schleswig-Holstein* (25).

GOMEZ-ENRI, J. (2009): Bringing satellite radar altimetry closer to shore. In: *SPIE Newsroom* 2009. DOI: 10.1117/2.1200908.1797.

GÖNNERT, GABRIELE; GRAßL, H.; KELLETAT, D.; KUNZ, H.; PROBST, B.; STORCH, HANS VON; SÜNDEMANN, J. [HG.] (2004): Klimaänderung und Küstenschutz. Klimaänderung und Küstenschutz, 29./30.11.2004. GKSS FORSCHUNGSZENTRUM GEESTHACHT GMBH; UNIVERSITÄT HAMBURG; HAFENBAUTECHNISCHE GESELLSCHAFT.

GUMBEL, E. J. (2013(1958)): Statistics of extremes. [Place of publication not identified]: Echo Point Books & Media.

HAIGH, I. D.; WADEY, M. P.; WAHL, T.; OZSOY, O.; NICHOLLS, R. J.; BROWN, J. M. ET AL. (2016): Spatial and temporal analysis of extreme sea level and storm surge events around the coastline of the UK. In: *Scientific data* 3, S. 160107. DOI: 10.1038/sdata.2016.107.

HAMMERKLINT, T. (2009): Swedish Sea Level Series. A Climate Indicator. In: *SMHI*, S. 1–5.

HUBER, P. W. (1981): Robust Statistics. New York: John Wiley & Sons, Inc.

HUPFER, P.; HARFF, J.; STERR, H.; STIGGE, H.-J. (2003): Die Wasserstände an der Ostseeküste. Die Küste. Heft 66. Hg. v. Kuratorium für Forschung im Küsteningenieurwesen. Online verfügbar unter http://kfki.baw.de.

DIN 4049-3, 10/1994: Hydrologie (Begriffe zur quantitativen Hydrologie).

JENSEN, J.; TÖPPE, A. (1986): Zusammenstellung und Auswertung von Originalaufzeichnungen des Pegels Travemünde/Ostsee ab 1826. In: *Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen* (4), S. 99–107.

JENSEN, J.; DR.-ING. THORSTEN FRANK; DIPL.-ING. THOMAS WAHL; DIPL.-ING. SÖNKE DANGENDORF (2010): Analyse von hochaufgelösten Tidewasserständen und Ermittlung des MSL an der deutschen Nordseeküste. AMSeL_KFKI_Bericht Abschlussbericht. Projektbericht. UNIVERSITÄT SIEGEN, Siegen. Forschungsinstitut Wasser und Umwelt.

JIVALL, L.; NORIN, D.; LILJE, M.; LIDBERG, M.; WIKLUND, P.; ENGBERG, L. E. ET AL. (2016): National Report of Sweden to the EUREF 2016 Symposium. geodetic activities at Lantmäteriet. In: *EUREF 2016 Symposium*.

JOHANSSON, M.; BOMAN, H.; KAHMA, K. K.; LAUNIAINEN, J. (2001): Trends in sea level variability in the Baltic Sea. In: *Boreal Environment Research* (6), S. 159–179.

JOHANSSON, M. (2014): Sea level changes on the Finnish coast and their relationship to atmospheric factors. Dissertation. UNIVERSITY OF HELSINKI, Helsinki. Finnish Meteorological Institute; Department of Physics.

KANNENBERG, E.-G. (1956): Extrem-Wasserstände an der deutschen Beltseeküste im Zeitraum 1901 bis 1954. In: *Schriften des naturwissenschaftlichen Vereins für Schleswig Holstein* (1).

KELLN, J.; DANGENDORF, S.; CALAFAT, F.; PATZKE, J.; JENSEN, J. (2017): A novel tide gauge dataset for the Balitc sea - Part 1: Spatial features and temporal variability of the seasonal sea level cycle. Hg. v. European Geoscience Union. Wien.

KELLN, J.; DANGENDORF, S.; JENSEN, J. (2019): AMSeL_Ostsee A. Analyse vergangener, gegenwärtiger und zukünftiger Wasserstände in der südwestlichen Ostsee. Abschlussbericht. UNIVERSITÄT SIEGEN, Siegen. Forschungsinstitut Wasser und Umwelt.

KFKI (2000): Die Küste 62. Archiv für Forschung und Technik an der Nord- und Ostsee. In: *Die Küste* (62), S. 1–238.

KFKI (2007): Empfehlungen A 2002. Äußere Belastungen als Grundlage für Planung und Bemessung von Küstenschutzbauwerken. In: *Die Küste* 2002 (65), S. 1–589.

KOPPE, B. (2002): Hochwasserschutzmanagement an der deutschen Ostseeküste. Dissertation. UNIVERSITÄT ROSTOCK, Rostock. Institut für Wasserbau.

KRÜGER, G. (1910): Über Sturmfluten an den deutschen Küsten der westlichen Ostsee : mit besonderer Berücksichtigung der Sturmflut vom 30./31. Dezember 1904. 1 Band. Greifswald: Abel.

KÜHNEN, P. D. (1916): Das Mittelwasser der Ostsee und das Mittelwasser der Nordsee. bei Travemünde, Marienleuchte, Wismar, Warnemünde, Arkona, Swinemünde, Pillau, Memel und bei Bremerhaven. in den Jahren 1898 - 1910. Berlin: P. Stankiewicz Buchdruckerei (70).

KULIKOV, E. A.; MEDVEDEV, I. P. (2013): Variability of the Baltic Sea level and floods in the Gulf of Finland. In: *Oceanology* 53 (2), S. 145–151. DOI: 10.1134/S0001437013020094.

LAMBECK, K. (1993): Glacial rebound of the British Isles-I. Preliminary model results. In: *Geophysical Journal International* 115 (3), S. 941–959. DOI: 10.1111/j.1365-246X.1993.tb01503.x.

LAMBECK, K.; SMITHER, C.; EKMAN, M. (1998): Tests of glacial rebound models for Fennoscandinavia based on instrumented sea- and lake-level records. In: *Geophys. J. Int.* 135 (2), S. 375–387. DOI: 10.1046/j.1365-246X.1998.00643.x.

LANUV NRW (2010): Extremwertstatistische Untersuchung von Starkniederschlägen in NRW (ExUS). Veränderung in Dauer, Intensität und Raum auf Basis beobachteter Ereignisse und Auswirkungen auf die Eintretenswahrscheinlichkeit. Abschlussbericht. Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz NRW.

LAWA; BMV: Pegelvorschrift Stammtext. Fundstelle: Berlin und Bonn, S. 1–105.

LIEBSCH, G. (1997): Aufbereitung und Nutzung von Pegelmessungen für geodätische und geodynamische Zielstellungen. Zugl.: Dresden, Techn. Univ., Diss., 1997. München: Beck (Deutsche Geodätische Kommission bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften : Reihe C, Dissertationen, 485).

MANIAK, U. (2016): Hydrologie und Wasserwirtschaft. Eine Einführung für Ingenieure. 7. Aufl. 2016. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg (SpringerLink Bücher). Online verfügbar unter http://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-49087-7.

MEINKE, I. (1998): Das Sturmflutgeschehen in der südwestlichen Ostsee - dargestellt am Beispiel des Pegels Warnemünde. Diplomarbeit. PHILIPPS UNIVERSITÄT, Marburg. Fachbereich Geographie.

MEINKE, I. (1999): Sturmfluten in der südwestlichen Ostsee – dargestellt am Beispiel des Pegels Warnemünde. In: *Marburger Geographische Schriften* (134), S. 1–23, zuletzt geprüft am 27.04.2016.

MEISSNER, O. (1924): Kurze und lange Wasserstandsänderungen der Ostsee. In: *Die Naturwissenschaften* 1924 (45), 933-935.

MILNE, G. A.; MITROVICA, J. X.; SCHERNECK, H.-G.; DAVIS, J. L.; JOHANSSON, J. M.; KOIVULA, H.; VERMEER, M. (2004): Continuous GPS measurements of postglacial adjustment

in Fennoscandia. 2. Modeling results. In: *J. Geophys. Res.* 109 (B2). DOI: 10.1029/2003JB002619.

MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ MV (2009): Regelwerk Küstenschutz MV. Vermessungsrichtlinie und digitale Datenformate.

MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ MV (2010): Regelwerk Küstenschutz Mecklenburg-Vorpommern. 2 - 2/2010 Küstenkilometrierung MV. Schwerin.

MONTAG, H. (1964): Die Wasserstände an den ehemaligen Pegelstationen des Geodätischen Instituts Potsdam bis 1944. In: *Arbeiten aus dem Geodätischen Institut Potsdam* (Nr. 5).

MUDERSBACH, C.; JENSEN, J. (2008): Ermittlung von Eintrittswahrscheinlichkeiten extremer Sturmflutwasserstände an der Deutschen Ostseeküste. In: *MUSTOK Workshop 2008*.

MUDERSBACH, C.; JENSEN, J. (2009a): Extremwertstatistische Analyse von historischen, beobachteten und modellierten Wasserständen an der deutschen Ostseeküste. Die Küste, Heft 75, Sonderheft MUSTOK, 2009. In: *Die Küste* (75), S. 131–161.

MUDERSBACH, C.; JENSEN, J. (2009b): Statistische Extremwertanalyse von Wasserständen an der Deutschen Ostseeküste. MUSTOK. Die Küste 75. In: *Die Küste* (75).

MUDERSBACH, C. (2009): Untersuchungen zur Ermittlung von hydrologischen Bemessungsgrößen mit Verfahren der instationären Extremwertstatistik. Dissertation. UNIVERSITÄT SIEGEN, Siegen. Forschungsinstitut Wasser und Umwelt (fwu).

NOVOTNY, K. (2007): Untersuchung von Meeresspiegelvariationen in der Ostsee: Kombination von Satellitenaltimetrie, Pegelmessungen und einem ozeanographischen Modell. 1196259424030-3894. In: *Dissertation*.

OUMERACI, H.; GÖNNERT, G.; JENSEN, J.; KORTENHAUS, A.; FRÖHLE, P.; BURZEL, A. ET AL. (2012): Extremsturmfluten an offenen Küsten und Ästuargebieten - Risikoermittlung und -beherrschung im Klimawandel (ExtremRisK). Abschlussbericht. Hg. v. BMBF. Leichtweiß-Institut Braunschweig (LWI); Institut für Wasserbau, Technische Universität Hamburg-Harburg (IWB-TUHH); fwu; Landesbetrieb Straßen, Brücken und Gewässer (LSBG).

PATZKE, J.; SALECKER, D.; FRÖHLE, P. (2016a): Analyse von hochaufgelösten Wasserstandsverläufen und Ermittlung des MSL sowie von Extremwasserständen an der südlichen und südwestlichen Ostseeküste (AMSeL Ostsee). Teilvorhaben B - Zeitliche Entwicköung von Extremwasserständen unter Berücksichtigung von vertikalen Landbewegungen auf die relativen Wasserstandsänderungen. Zwischenbericht Nr. 1. Hg. v. Technische Universität Hamburg-Harburg. Institut für Wasserbau. Hamburg.

PATZKE, J.; SALECKER, D.; FRÖHLE, P. (2016b): AMSeL_Ostsee. Teilprojekt B: Zeitliche Entwicklung von Extremwasserständen in der süd-westlichen Ostsee unter Berücksichtigung von vertikalen Landbewegungen auf die relativen Wasserstandsänderungen. Interner Zwischenbericht Nr. 1. Hg. v. TUHH. Institut für Wasserbau, Technische Universität Hamburg-Harburg (IWB-TUHH). Hamburg.

PATZKE, J.; SALECKER, D.; FRÖHLE, P. (2016c): AMSeL Ostsee. Zusamenstellung kritischer Wasserstandsverläufe im Hinblick auf die Plausibilisierung von Wasserstandsdaten. Arbeitsbericht. Hg. v. TUHH. Institut für Wasserbau, Technische Universität Hamburg-Harburg (IWB-TUHH). Hamburg.

PATZKE, J.; SALECKER, D.; FRÖHLE, P. (2016d): AMSeL Ostsee. Zusammenstellung kritischer Wasserstandsverläufe im Hinblick auf die Plausibilisierung von Wasserstandsdaten. Arbeitsbericht. 1. Aufl. Hg. v. TUHH. Institut für Wasserbau, Technische Universität Hamburg-Harburg (IWB-TUHH). Hamburg.

PATZKE, J.; SALECKER, D.; FRÖHLE, P. (2017a): Analyse von hochaufgelösten Wasserstandverläufen und Ermittlung des MSL sowie von Extremwasserständen an der südlichen und südwestlichen Ostseeküste (AMSeL Ostsee). Teilvorhaben B - Zeitliche Entwicklung von Extremwasserständen unter Berücksichtigung von vertikalen Landbewegungen auf die relativen Wasserstandsänderungen. Zwischenbericht Nr. 2. Hg. v. TUHH. Institit für Wasserbau. Hamburg.

PATZKE, J.; SALECKER, D.; FRÖHLE, P. (2017b): AMSeL Ostsee. Entwicklung einer Plausibilisierungsmethodik für Wasserstandsdaten der Ostsee und Zusammenstellung potentiell unplausibler Wasserstandsverläufe für ausgewählte Ostseepegel. 2. Arbeitsbericht Plausibilisierung. Institut für Wasserbau, Technische Universität Hamburg-Harburg (IWB-TUHH). Hamburg.

PATZKE, J.; SALECKER, D.; FRÖHLE, P. (2018): Analyse von hochaufgelösten Wasserstandverläufen und Ermittlung des MSL sowie von Extremwasserständen an der südlichen und südwestlichen Ostseeküste (AMSeL Ostsee). Teilvorhaben B - Zeitliche Entwicklung von Extremwasserständen unter Berücksichtigung von vertikalen Landbewegungen auf die relativen Wasserstandsänderungen. Zwischenbericht Nr. 3. Hg. v. TUHH. Institut für Wasserbau. Hamburg.

PELTIER, W. R. (1998): Postglacial Variation in the Level of The Sea: Implications For Climate Dynamics And Solid-Earth Geophysics. In: *Reviews of Geophysics* 36 (4).

PELTIER, W. R. (2004): Global Glacial Isostasy And The Surface Of The Ice-Age Earth. The ICE-5G (VM2) Model and GRACE. In: *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.* 32 (1), S. 111–149. DOI: 10.1146/annurev.earth.32.082503.144359.

PELTIER, W. R.; ARGUS, D. F.; DRUMMOND, R. (2015): Space geodesy constrains ice age terminal deglaciation: The global ICE-6G_C (VM5a) model. In: *J. Geophys. Res. Solid Earth* 120 (1), S. 450–487. DOI: 10.1002/2014JB011176.

PETERSEN, M. (1952): Abbruch und Schutz der Steilufer an der Ostseeküste. (Samland bis Schleswig-Holstein. In: *Die Küste* (1), S. 100–152.

REISS, R.-D.; THOMAS, M. (2007): Statistical Analysis of Extreme Values. With Applications to Insurance, Finance, Hydrology and Other Fields. Third Edition. Basel: Birkhäuser Verlag AG, zuletzt geprüft am 30.01.2019.

RICHTER, A.; DIETRICH, R.; WENDT, J. (2006): Höhenänderungen im Küstenbereich der Ostsee. KFKI. In: *Die Küste* (71), S. 33–59, zuletzt geprüft am 29.09.2015.

RICHTER, A.; GROH, A.; DIETRICH, R. (2012): Geodetic observation of sea-level change and crustal deformation in the Baltic Sea region. In: *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C* 53-54, S. 43–53. DOI: 10.1016/j.pce.2011.04.011.

RIEMER, J. (2015): Fachplan Küstenschutz Ostseeküste. Grundlagen Hydrologie. Hg. v. LKN Schleswig Holstein. Landesamt für Küsten- und Naturschutz (LKN).

SACHS, L.; HEDDERICH, J. (2006): Angewandte Statistik. Methodensammlung mit R ; mit … 180 Tabellen. 12., vollst. neu bearb. Aufl. Berlin, Heidelberg [u.a.]: Springer.

SACKL, B. (1994): Ermittlung von Hochwasser-Bemessungsganglinien in beobachteten Einzugsgebieten: Eigenverl. d. Inst. für Hydromechanik und Hydrologie.

SALECKER, D.; GRUHN, A.; FRÖHLE, P. (2014): HoRisK - B: Belastungen von Küstenschutzanlagen und Konsequenzen des Versagens im Bereich der Ostseeküste. Abschlussbericht. Hg. v. Institut für Wasserbau, Technische Universität Hamburg-Harburg (IWB-TUHH). Institit für Wasserbau. Hamburg, zuletzt geprüft am 22.01.2019.

SCHERNECK, H.-G. (2001): BIFROST Project: Observing the postglacial rebound in Fennoscandia using continouus GPS.

SCHLAMKOW, C.; FRÖHLE, P. (2009): Entwicklung von Methoden zur Bestimmung maßgebender hydrodynamischer Bemessungsparameter für Küstenschutzanlagen an der Ostsee. Abschlussbericht 3.1. MUSTOK. In: *Die Küste*.

SCHUMACHER, W. (2003): Flutkatastrophen an der deutschen Ostseeküste. Vergangenheit, Gegenwart, Zukunft. 1. Aufl. Rostock: Verl. Redieck & Schade.

SCHWAB, RUDOLF [HG.] (1982): Jahrbuch der Hafenbautechnischen Gesellschaft. Hafenbautechnische Gesellschaft. Berlin: Springer-Verlag (38).

SEIBT, W. (1881): Das Mittelwasser der Ostsee bei Swinemünde. Mit 8 Tafeln. In: *Königliches Preussisches Geodätisches Institut*.

SEIBT, W. (1885): Das Mittelwasser der Ostsee bei Travemünde. Mit 9 Tafeln. In: *Königliches Preussisches Geodätisches Institut*.

SEIBT, W. (1890): Das Mittelwasser der Ostsee bei Swinemünde. Zweite Mittheilung. In: *Königliches Preussisches Geodätisches Institut*.

SEIDEL, (H.) J. (1994): Generalplan Küsten- und Hochwasserschutz Mecklenburg Vorpommern.

STEFFEN, H.; BARLETTA, V.; KOLLO, K.; MILNE, G. A.; NORDMAN; NORDMAN, M. ET AL. (2014): NKG201xGIA – a model of glacial isostatic adjustment for Fennoscandia. Work in Progress. LANTMÄTERIET. Gothenburg, 01.09.2014.

STERR, H. (1985): Aktualmorphologische Entwicklungstendenzen der schleswig-holsteinischen Ostseeküste. In: *Kieler Geographische Schriften* (62), S. 163–185.

SUURSAAR, Ü.; SOOÄÄR, J. (2007): Decadal variations in mean and extreme sea level values along the Estonian coast of the Baltic Sea. In: *Tellus A* 59 (2), S. 249–260. DOI: 10.1111/j.1600-0870.2006.00220.x.

SZTOBRYN, M.; STIGGE, H.-J.; WIELBINSKA, D.; WEIDIG, B.; STANISLAWCZYK, I.; KANSKA, A. ET AL. (2005): Sturmfluten in der südlichen Ostsee. (westlicher und mittlerer Teil). Rostock: BSH (Sturmflutem in der südlichen Ostsee, 39D).

SZTOBRYN, M.; B. WEIDIG; IDA STANISLAWCYK; JÜRGEN HOLFORT; BEATA KOWALSKA; MONIKA MYKITA ET AL. (2009): Niedrigwasser in der südlichen Ostsee. (westlicher und mittlerer Teil). Berichte des BSH Nr. 45 (45).

VESTØL, O. (2006): Determination of Postglacial Land Uplift in Fennoscandia from Leveling, Tide-gauges and Continuous GPS Stations using Least Squares Collocation. In: *J Geodesy* 80 (5), S. 248–258. DOI: 10.1007/s00190-006-0063-7.

VESTØL, O.; AGREN, J.; STEFFEN, H.; KIERULF, H.; LIDBERG, M.; OJA, T. ET AL. (2016): NKG2016LU, an improved postglacial land uplift model over the Nordic-Baltic region. Working Group of Geoid and Height Systems. NORDISCH GEODÄTISCHE KOMMISSION, 30.06.2016.

WANNINGER, L.; ROST, C.; SUDAU, A.; WEISS, R.; NIEMEIER, W.; TENGEN, D. ET AL. (2009): Bestimmung von Höhenänderungen im Küstenbereich durch Kombination geodätischer Messtechniken. In: *Die Küste* (76), S. 121–180.

WEIDEMANN, H. (2014): Klimatologie der Ostseewasserstände: Eine Rekonstruktion von 1948 bis 2011. Dissertation. UNIVERSITÄT HAMBURG, Hamburg. Fachbereich Geowissenschaften. Online verfügbar unter http://ediss.sub.uni-hamburg.de/volltexte/2014/6930/pdf/Dissertation.pdf.

WEIß, R.; SUDAU, A. (2011): Satellitengestützte Überwachung der Pegelnullpunkthöhe in der Deutschen Bucht. In: *Die Küste* (78), S. 1–32.

WESTPHAL, P. D. A. (1900): Das Mittelwasser der Ostsee. bei Travemünde, Marienleuchte, Wismar, Warnemünde, Arkona und Swinemünde in den Jahren 1882-1897. Mit zwei Tafeln. Berlin: P. Stankiewicz Buchdruckerei (9).

WOLSKI, T.; WIŚNIEWSKI, B.; GIZA, A.; KOWALEWSKA-KALKOWSKA, H.; BOMAN, H.; GRABBI-KAIV, S. ET AL. (2014): Extreme sea levels at selected stations on the Baltic Sea coast. This work was financed by the Polish National Centre for Science research project No. 2011/01/B/ST10/06470. In: *Oceanologia* 56 (2), S. 259–290. DOI: 10.5697/oc.56-2.259.

WOLSKI, T.; WIŚNIEWSKI, B. (2014): Long-Term, Seasonal and Short-Term Fluctuations in the Water Level of the Southern Baltic Sea. In: *Quaestiones Geographicae* 33 (3). DOI: 10.2478/quageo-2014-0041.

WOODWORTH, P. L.; HUNTER, J. R.; MARCOS, M.; CALDWELL, P.; MENÉNDEZ, M.; HAIGH, I. (2016): Towards a global higher-frequency sea level dataset. In: *Geosci. Data J.* 3 (2), S. 50–59. DOI: 10.1002/gdj3.42.

8 Anlagen

Die Anlagen werden in einem separaten Dokument geführt.

8.1 Pegelprotokoll

8.2 Übersicht zum Stand der Datenakquise

8.3 Intervalle mit potentiell unplausiblen Wasserstandsdaten

8.4 Historische Informationen zu den vom WSA Lübeck betreuten Pegeln

8.5 Zeitliche Verfügbarkeit von Wasserstandsdaten in der Datenbank

8.6 Ergebnisse von Extremwertanalysen

TUHH
Technische Universität Hamburg-Harburg

WASSERBAU
River and Coastal Engineering

Analyse von hochaufgelösten Wasserstandverläufen und Ermittlung des MSL sowie von Extremwasserständen an der südlichen und südwestlichen Ostseeküste

(AMSeL_Ostsee)

-

Teilvorhaben B – Zeitliche Entwicklung von Extremwasserständen unter Berücksichtigung von vertikalen Landbewegungen auf die relativen Wasserstandänderungen

ANLAGEN

TUHH
Technische Universität Hamburg-Harburg

WASSERBAU
River and Coastal Engineering

Analyse von hochaufgelösten Wasserstandverläufen und Ermittlung des MSL sowie von Extremwasserständen an der südlichen und südwestlichen Ostseeküste

(AMSeL_Ostsee)

-

Teilvorhaben B – Zeitliche Entwicklung von Extremwasserständen unter Berücksichtigung von vertikalen Landbewegungen auf die relativen Wasserstandänderungen

ANLAGEN

FÖRDERKENNZEICHEN 03KIS115

Auftraggeber: **Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)**
Kuratorium für Küsteningenieurwesen (KFKI)

Projekt-Koordinator: Prof. Dr.-Ing. Peter Fröhle

Projektbearbeitung: M.Sc. Justus Patzke

Projektlaufzeit: 01.08.2015 – 31.07.2018

Inhaltsverzeichnis

8 Anlagen 9
8.1 Pegelprotokoll 9
8.1.1 Dänische Pegel 12
8.1.2 Deutsche Pegel 17
8.1.3 Polnische Pegel 98
8.1.4 Russische Pegel (Kaliningrad) 104
8.1.5 Litauische Pegel 105
8.1.6 Lettische Pegel 106
8.1.7 Estnische Pegel 110
8.1.8 Russische Pegel 115
8.1.9 Finnische Pegel 116
8.1.10 Schwedische Pegel 125
8.2 Übersicht zur der Datenakquise 135
8.3 Intervalle mit potentiell unplausiblen Wasserstandsdaten 147
8.4 Historische Informationen zu den vom WSA Lübeck betreuten Pegeln 152
8.5 Zeitliche Verfügbarkeit von Wasserstandsdaten in der Datenbank 160
8.6 Ergebnisse von Extremwertanalysen 165
8.6.1 Angepasste Verteilungsfunktionen 166
8.6.2 Jahresextremwerte in der südwestlichen Ostsee 168
8.6.3 Jahresextremwerte der gesamten Ostseeküste 172
8.6.4 Monatsextremwerte dt. Pegelstationen 176
9 Schrifttum 182

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 8-1: Verfügbare Wasserstandsdaten für Pegelstationen im Ostseeraum über die Zeit 160
Abbildung 8-2: Verfügbare Wasserstandsdaten als Monatsmittelwerte für Pegelstationen im Ostseeraum über die Zeit 161
Abbildung 8-3: Verfügbare Wasserstandsdaten als hochaufgelöste Stundenterminwerte für Pegelstationen im Ostseeraum über die Zeit 162
Abbildung 8-4: Verfügbare Wasserstandsdaten als Einzelterminwerte für Pegelstationen im Ostseeraum über die Zeit 163
Abbildung 8-5: Verfügbare Wasserstandsdaten als Jahresextremwerte für Pegelstationen im Ostseeraum über die Zeit 164
Abbildung 8-6: Angepasste GEV an die Jahresmaximalwerte (N = 1) der Stationen 1. Flensburg (H1955-2016), 2. Kiel-Holtenau (H1965-2016), 3. Travemünde (H1826-2016), 4. Wismar (H1910-2016), 5. Warnemünde (H1910-2016), 6. Sassnitz (H1931-2016) 166
Abbildung 8-7: Angepasste GEV an die Jahresmaximalwerte (N = 1) der Stationen 1. Swinemünde (H1901-2006), 2. Kolberg (H1867-2006), 3. Danzig (1886-2006) 167
Abbildung 8-8: Trendanalyse der Jahresmaximalwerte von 10 ausgewählten Stationen der im Fokusgebiet ohne GIA Korrektur im Zeitraum H1921-2006 168
Abbildung 8-9: Trendanalyse der Jahresmaximalwerte von 10 ausgewählten Stationen im Fokusgebiet mit GIA Korrektur im Zeitraum H1921-2006 168
Abbildung 8-10: Trendanalyse der Jahresmaximalwerte von 10 ausgewählten Stationen der im Fokusgebiet ohne GIA Korrektur im Zeitraum H1950-2006 169
Abbildung 8-11: Trendanalyse der Jahresmaximalwerte von 10 ausgewählten Stationen im Fokusgebiet mit GIA Korrektur im Zeitraum H1950-2006 169
Abbildung 8-12: Trendanalyse der Jahresminimalwerte von 10 ausgewählten Stationen der im Fokusgebiet ohne GIA Korrektur im gesamten verfügbaren Zeitraum 170
Abbildung 8-13: Trendanalyse der Jahresminimalwerte von 10 ausgewählten Stationen der im Fokusgebiet mit GIA Korrektur im gesamten verfügbaren Zeitraum 170
Abbildung 8-14: Trendanalyse der Jahresminimalwerte von 10 ausgewählten Stationen der im Fokusgebiet ohne GIA Korrektur im Zeitraum H1950-2006 171
Abbildung 8-15: Trendanalyse der Jahresminimalwerte von 10 ausgewählten Stationen der im Fokusgebiet mit GIA Korrektur im Zeitraum H1950-2006 171
Abbildung 8-16: Trendanalyse der Jahresmaximalwerte von 19 ausgewählten Stationen der gesamten Ostseeküste ohne GIA Korrektur im Zeitraum H1826-2016 172
Abbildung 8-17: Trendanalyse der Jahresmaximalwerte von 19 ausgewählten Stationen der gesamten Ostseeküste mit GIA Korrektur im Zeitraum H1826-2016 172
Abbildung 8-18: Trendanalyse der Jahresmaximalwerte von 19 ausgewählten Stationen der gesamten Ostseeküste ohne GIA Korrektur im Zeitraum H1910-2006 173
Abbildung 8-19: Trendanalyse der Jahresmaximalwerte von 19 ausgewählten Stationen der gesamten Ostseeküste mit GIA Korrektur im Zeitraum H1910-2006 173
Abbildung 8-20: Trendanalyse der Jahresmaximalwerte von 19 ausgewählten Stationen der gesamten Ostseeküste ohne GIA Korrektur im Zeitraum H1921-2006 174
Abbildung 8-21: Trendanalyse der Jahresmaximalwerte von 19 ausgewählten Stationen der gesamten Ostseeküste mit GIA Korrektur im Zeitraum H1921-2006 174

Abbildung 8-22: Trendanalyse der Jahresmaximalwerte von 19 ausgewählten Stationen der gesamten Ostseeküste ohne GIA Korrektur im Zeitraum H1950-2006 ..... *175*
Abbildung 8-23: Trendanalyse der Jahresmaximalwerte von 19 ausgewählten Stationen der gesamten Ostseeküste mit GIA Korrektur im Zeitraum H1950-2006 ..... *175*
Abbildung 8-24: Zeitl. Entwicklung monatlicher Maximalwerte der Station Flensburg (H1957-2016); Mit 11a-gleit. Mittel (rot), OLS - (schwarz) und Robust Fit Regression (blau); GIA reduziert *176*
Abbildung 8-25: Zeitl. Entwicklung monatlicher Maximalwerte der Station Kiel-Holtenau (H1957-2016); Mit 11a-gleit. Mittel (rot), OLS - (schwarz) und Robust Fit Regression (blau); GIA reduziert *176*
Abbildung 8-26: Zeitl. Entwicklung monatlicher Maximalwerte der Station Travemünde (H1957-2016); Mit 11a-gleit. Mittel (rot), OLS - (schwarz) und Robust Fit Regression (blau); GIA reduziert *177*
Abbildung 8-27: Zeitl. Entwicklung monatlicher Maximalwerte der Station Wismar (H1957-2016); Mit 11a-gleit. Mittel (rot), OLS - (schwarz) und Robust Fit Regression (blau); GIA reduziert *177*
Abbildung 8-28: Zeitl. Entwicklung monatlicher Maximalwerte der Station Warnemünde (H1957-2016); Mit 11a-gleit. Mittel (rot), OLS - (schwarz) und Robust Fit Regression (blau); GIA reduziert *178*
Abbildung 8-29: Zeitl. Entwicklung monatlicher Maximalwerte der Station Sassnitz (H1957-2016); Mit 11a-gleit. Mittel (rot), OLS - (schwarz) und Robust Fit Regression (blau); GIA reduziert *178*
Abbildung 8-30: Zeitl. Entwicklung monatlicher Minimalwerte der Station Flensburg (H1957-2016); Mit 11a-gleit. Mittel (rot), OLS - (schwarz) und Robust Fit Regression (blau); GIA reduziert *179*
Abbildung 8-31: Zeitl. Entwicklung monatlicher Minimalwerte der Station Kiel-Holtenau (H1957-2016); Mit 11a-gleit. Mittel (rot), OLS - (schwarz) und Robust Fit Regression (blau); GIA reduziert *179*
Abbildung 8-32: Zeitl. Entwicklung monatlicher Minimalwerte der Station Travemünde (H1957-2016); Mit 11a-gleit. Mittel (rot), OLS - (schwarz) und Robust Fit Regression (blau); GIA reduziert *180*
Abbildung 8-33: Zeitl. Entwicklung monatlicher Minimalwerte der Station Wismar (H1957-2016); Mit 11a-gleit. Mittel (rot), OLS - (schwarz) und Robust Fit Regression (blau); GIA reduziert *180*
Abbildung 8-34: Zeitl. Entwicklung monatlicher Minimalwerte der Station Warnemünde (H1957-2016); Mit 11a-gleit. Mittel (rot), OLS - (schwarz) und Robust Fit Regression (blau); GIA reduziert *181*
Abbildung 8-35: Zeitl. Entwicklung monatlicher Minimalwerte der Station Sassnitz (H1957-2016); Mit 11a-gleit. Mittel (rot), OLS - (schwarz) und Robust Fit Regression (blau); GIA reduziert *181*

Tabellenverzeichnis

Tabelle 8-1: Abkürzungen im Pegelprotokoll 10
Tabelle 2:Als potentiell unplausibel beurteilte Bereiche innerhalb von stündlichen Wasserstandszeitreihen in AMSeL_Ostsee (Plausibilisierungsverfahren I), Teil I 147
Tabelle 3: Als potentiell unplausibel beurteilte Bereiche innerhalb von stündlichen Wasserstandszeitreihen in AMSeL_Ostsee (Plausibilisierungsverfahren I), Teil II 148
Tabelle 4: Als potentiell unplausibel beurteilte Bereiche innerhalb von stündlichen Wasserstandszeitreihen in AMSeL_Ostsee (Plausibilisierungsverfahren I), Teil III 149
Tabelle 5: Als potentiell unplausibel beurteilte Bereiche innerhalb von stündlichen Wasserstandszeitreihen in AMSeL_Ostsee (Plausibilisierungsverfahren II), Teil I 150
Tabelle 6: Als potentiell unplausibel beurteilte Bereiche innerhalb von stündlichen Wasserstandszeitreihen in AMSeL_Ostsee (Plausibilisierungsverfahren II), Teil II 151
Tabelle 7: Informationen zum Abriss der Geschichte der Pegelstationen des WSA Lübeck 152

Abkürzungsverzeichnis

WSA	:	Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt
WSV	:	Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung
DMI	:	Danish Meteorological Institute
SMHI	:	Swedish Meteorological and Hydrological Institute
EEA	:	Estnian Environmental Agency
EPA	:	Environmental Protection Agency Lithuania
FMI	:	Finnish Meteorological Institute
LVGMC	:	Lettisches Zentrum für Umwelt, Geologie und Meteorologie
GESLA	:	Global Extreme Sea Level Analysis by P. Woodworth
IOW	:	Institut für Ostseeforschung Warnemünde
KGPI	:	Königliches Geodätisches Preussisches Institut

8 Anlagen

8.1 Pegelprotokoll

Über die gesamte Projektlaufzeit hinweg wurde für die vorliegenden Pegelstationen ein Protokoll geführt, in welchem akquirierte Metainformationen, Zeitreihenverfügbarkeit, Plausibilisierungshinweise und Auswertungsmethoden zusammengefasst sind.

Die Pegelnummerierung ist erfolgt entlang der Küstenlinie gen Osten folgend (gegen den Uhrzeigersinn), ausgehend von den westlichen Pegeln in Dänemark über die Pegel in Deutschland und Polen usw. bis die Ostsee mit den letzten Pegeln in Schweden einmal umrundet wurde.

Insgesamt liegen Daten von 185 Pegelstationen vor, die in diesem Projekt akquiriert und (je nach Untersuchungsschwerpunkt) ausgewertet wurden. Wenn nicht anders vermerkt, sind die hier aufgeführten Daten in die aufgebaute Projektdatenbank aufgenommen worden. Identische Datensätze aus unterschiedlichen Quellen werden hier vermerkt, sind jedoch nachfolgend nicht in die Datenbank aufgenommen worden.

Tabelle 8-1: Abkürzungen im Pegelprotokoll

DMI	Dänisches Institut für Meteorologie
SMHI	Swedisches Institut für Meteorologie und Hydrologie
LVGMC	Lettisches Zentrum für Umwelt, Geologie und Meteorologie
EPA	Estonian Environment Protection Agency (Keskkonnaagentuur)
FMI	Finnish Meteorological Institute
IMGW	Institut für Meteorologie und Wasserwirtschaft Polen
PSMSL	Permanent Service for Mean Sea Level
BSH_R	Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie Rostock
WSA_L	Wasser- und Schifffahrtsamt Lübeck
WSA_S	Wasser- und Schifffahrtsamt Stralsund
PegelOnline	Gewässerkundliches Informationssystem der WSA des Bundes: www.pegelonline.wsv.de
LKN	Landesamt für Natur- und Küstenschutz Husum
StaLUMM	Staatliches Amt für Landwirtschaft und Umwelt Mittleres Mecklenburg
StAUN Rostock	Staatliches Amt für Umwelt und Natur Rostock
TU Dresden	Technische Universität Dresden
G-SH	Generalplan Schleswig-Holstein
BfG	Bundesanstalt für Gewässerkunde
BW	Interne Datenquellen: Projekt Bemessungswasserstände
GPS	Global Positioning System
GNSS	Global Navigation Satellite System
GESLA	Global Extreme Sea Level Analysis database, www.gesla.org
UHSLC	University of Hawaii, Sea Level Center
(no db)	Not included in the database
BsU	Bezugssystem Unbekannt
WDFÜ	Wasserstandsdatenvernübertragung
H&R	Literaturquelle (Hahn und Rietschel 1938)
RICHTER	Literaturquelle (Richter et al. 2012)

MONTAG	Literaturquelle (Montag 1964)
W&K	Literaturquellen vom Königlichen Geodätischen Institut Potsdam (Kühnen 1916; Westphal 1900)
FURMANCYK	Literaturquelle (Furmancyk 2008), Daten digitalisiert aus Pegelschrieb
EPA MRD	Environmental Protection Agency Litauen

8.1.1 Dänische Pegel

Wasserstanddaten dänischer Pegelstationen wurden über das dänische Institut für Meteorologie (DMI) akquiriert. Darüber hinaus stehen sind die Datensätze des PSMSL dem Projekt zur Verfügung. Insgesamt stehen Datensätze für 15 verschiedene Pegelstationen zur Verfügung, wovon drei Stationen längere Stundenwertdatensätze beinhalten. Die erste Station der Datenbank liegt noch auf der Nordseeseite in Esbjerg, da diese als Proxy fungieren und den Übergang zur Ostsee repräsentieren kann. Die Sortierung der Stationen wird daher entlang der Küste beginnend mit Esbjerg von der Nordseeseite vorgenommen.

1. Pegelstation Esbjerg

Pegelnummer:	unbekannt		
Betreiber:	DMI		
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 55,46; Longitude: 8,44		
Datenquellen:	PSMSL, GESLA		
Umfang der Daten:			
Monatsmittelwerte (PSMSL):	01.1889	-	12.2012
Stundenwerte (GESLA):	01.01.1950	-	01.05.2015

2. Pegelstation Hantsholm

Pegelnummer:	unbekannt		
Betreiber:	DMI		
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 57,12; Longitude: 8,60		
Datenquellen:	PSMSL		
Umfang der Daten:			
Monatsmittelwerte:	01.1953	-	12.2012

3. Pegelstation Hirtshals

Pegelnummer:	unbekannt
Betreiber:	DMI
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 57,60; Longitude: 9,96
Datenquellen:	PSMSL

Umfang der Daten:
Monatsmittelwerte: 01.1892 - 12.2012

4. Pegelstation Frederikshavn

Pegelnummer: unbekannt
Betreiber: DMI

Koordinaten (WGS 84): Latitude: 57,44; Longitude: 10,55

Datenquellen: PSMSL

Umfang der Daten:
Monatsmittelwerte: 01.1894 - 12.2012

5. Pegelstation Aarhus

Pegelnummer: unbekannt
Betreiber: DMI

Koordinaten (WGS 84): Latitude: 56,15; Longitude: 10,22

Datenquellen: PSMSL

Umfang der Daten:
Monatsmittelwerte: 09.1988 - 12.2012

6. Pegelstation Fredericia

Pegelnummer: unbekannt
Betreiber: DMI

Koordinaten (WGS 84): Latitude: 55,56; Longitude: 9,75

Datenquellen: PSMSL

Umfang der Daten:
Monatsmittelwerte: 08.1889 - 12.2012

7. Pegelstation Fynshav

Pegelnummer: unbekannt
Betreiber: DMI

Koordinaten (WGS 84): Latitude: 55,00; Longitude: 9,99

Datenquellen: PSMSL

Umfang der Daten:
Monatsmittelwerte: 07.1967 - 12.2012

8. Pegelstation Mommark

Pegelnummer: unbekannt
Betreiber: DMI

Koordinaten (WGS 84): Latitude: 54,93; Longitude: 10,07

Datenquellen: PSMSL

Umfang der Daten:
Monatsmittelwerte: 01.1925 - 04.1967

9. Pegelstation Slipshavn

Pegelnummer: unbekannt
Betreiber: DMI

Koordinaten (WGS 84): Latitude: 55,29; Longitude: 10,83

Datenquellen: PSMSL

Umfang der Daten:
Monatsmittelwerte: 01.1896 - 12.2012

10. Pegelstation Korsor

Pegelnummer: unbekannt
Betreiber: DMI

Koordinaten (WGS 84): Latitude: 55,33; Longitude: 11,14

Datenquellen: PSMSL

Umfang der Daten:
Monatsmittelwerte: 01.1897 - 12.2012

11. Pegelstation Hornbaek

Betrieb seit:	Pneumatikpegel seit 1890 Schwimmer im Messschacht seit ~ 1959 Differenz-Drucksonde seit 06.2000
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 56,09; Longitude: 12,46
Bekannte Bezugshöhen:	DVR = LN - 1,8cm; DNN/GI = LN + 3,9 cm
Datenquellen:	DMI, UHSLC (no db), PSMSL

Umfang der Daten:

Monatsmittelwerte (PSMSL):	01.1891	-	12.2012
Stundenwerte (DMI):	01.01.1891	-	31.12.2012
Stundenwerte (UHSLC):	01.01.1893	-	31.12.2012

12. Pegelstation Kobenhavn

Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 55,71; Longitude: 12,60
Datenquellen:	PSMSL

Umfang der Daten:

Monatsmittelwerte:	01.1989	-	12.2012

13. Pegelstation Teijn

Koordinaten (WGS 84):	Latitude:55,25; Longitude: 14,84
Datenquellen:	PSMSL

Umfang der Daten:

Monatsmittelwerte:	09.1992	-	12.2012

14. Pegelstation Rodbyhavn

Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 54,66; Longitude: 11,35
Datenquellen:	PSMSL

Umfang der Daten:

Monatsmittelwerte:	01.1955	-	12.2012

15. Pegelstation Gedser

Betrieb seit:	Schwimmer im Messschacht seit 1892 Differenz-Drucksonde seit 06.2001		
Koordinaten (WGS 84):	Latitude:54,57; Longitude: 11,93		
Bekannte Bezugshöhen:	DVR = LN - 5cm; DNN/GI = LN + 2,7 cm		
Datenquellen:	DMI, UHSLC (no db), PSMSL		
Umfang der Daten:			
Monatsmittelwerte (PSMSL):	01.1955	-	12.2012
Stundenwerte (DMI):	01.09.1891	-	31.12.2012
Stundenwerte (UHSLC):	01.09.1891	-	31.12.2012

8.1.2 Deutsche Pegel

Die Sortierung der deutschen Pegel wird entlang der Küste von West (Grenze zu Dänemark) nach Ost (Grenze zu Polen) durchgeführt.

Die hochaufgelösten Zeitreihen der deutschen Pegel wurden über die Wasser- und Schifffahrtsämter aus Lübeck und Stralsund erhoben und durch die Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) bereitgestellt. Ergänzt werden die Stundendaten des BfG durch historische Daten verschiedener Quellen (u.a. BSH Rostock, Institut für Ostseeforschung Warnemünde, Literaturquellen), Daten des LKN Husum für den Pegel Lippe, des StAUN Rostock für das interne Messnetz Küste sowie Monatsmittelwerte vom PSMSL. Als Vergleichsmöglichkeit für die Datenplausibilisierung sind auch aus der Rohdatenverwaltung der WSV, PegelOnline bezogen und in die Datenbank eingepflegt worden. Die Daten von PegelOnline werden automatisiert auf den neuesten Stand gebracht, sodass kein eindeutiges Enddatum dieser Daten angegeben werden kann.

16. <u>Pegelstation Flensburg</u>

Pegelnummer:	9610010 (DGJ)		
Betreiber:	WSA Lübeck		
Betrieb seit:	Lattenpegel		1872
	Registriergerät:		14.04.1954
	Fernübertragung:		01.09.1954 (WDFÜ)
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 54,80; Longitude: 9,43		
Bekannte Bezugshöhen:			
(Kannenberg 1956)	PNP = NN - 2,295 m. a.S. (1901-1933)		
	PNP = NN – 2,226 m n.S. (1934-1936)		
WSA Lübeck	PNP = BsU - 5 m. (07.1873 – 21.03.1938)		
	PNP = NN -5,0 m. (22.03.1938-25.01.1999)		
	PNP = NHN -5,008 m. (ab 26.01.1999)		
Datenquellen:	BSH_R, BfG, PegelOnline, WSA_L, G-SH, DGJ		
Umfang der Daten:			
Extremwasserstände (G-SH):	10.01.1694	-	02.11.2006 (no db)
Jahreshauptwerte (MUSTOK, TUHH):	1921(+1872)	-	2016
Monatsextremwerte (BSH_R):	11.1955	-	10.2014 (no db)
Monatsmittelwerte (BSH_R):	11.1954	-	10.2014
Tages-Min/Max-Werte (WSA_L):	01.11.1981 (max) - 31.10.2014 (no db		
	15.07.1988 (min) - 31.10.2014 (no db)		
Tagesmittelwerte (BSH_R):	01.11.1954	-	31.10.2014
12h-Terminwerte (digit. DGJ):	1901-1970		
	(Datenlücken: 1912-29,1941-54, 1960-64)		
Stundenwerte (BfG):	01.11.1954	-	01.11.2016
Minutenwerte (PO):	31.10.2013	-	01.10.2018

Plausibilisierung: P-I

Stationsname	Kommentar	Start	Ende
Flensburg (WSA)	Ausfall der Pegelstation	29.07.1974 12:00	30.07.1974 11:00
Flensburg (WSA)	fehler in der WST Aufzeichnung	03.12.1975 12:00	04.12.1975 23:00
Flensburg (WSA)	schleppende Kurve	07.09.1980 00:00	08.09.1980 23:00

P-II:

Stationsname	Kommentar	Start	Ende
Flensburg (WSA)	Abweichung zu anderen Stationen, unnatürlicher Verlauf	18.12.1998 23:00	20.12.1998 17:00

17. Pegelstation Langballigau

Pegelnummer:	9610015 (DGJ)	
Betreiber:	WSA Lübeck	
Betrieb seit:	Lattenpegel	01.11.1952
	Registriergerät:	01.11.1952
	Fernübertragung:	01.09.1954 (WDFÜ)
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 54,82; Longitude: 9,65	
Bekannte Bezugshöhen (WSA_L):	PNP = NN - 5,012 m. (06.08.1981 -04.04.2005)	
	PNP = NHN -5,017 m. (ab 05.04.2005)	
Datenquellen:	DGJ, BSH_R, BfG, PegelOnline, WSA_L, G-SH	

Umfang der Daten:

Extremwasserstände (G-SH):	30.12.1978	-	02.11.2006 (no db)
Monatsextremwerte (BSH_R):	11.1991	-	10.2014 (no db)
Monatsmittelwerte (BSH_R):	11.1991	-	11.2014
Tagesmittelwerte (BSH_R):	01.11.1991	-	01.11.2014
Stundenwerte (BfG):	01.11.1991	-	01.11.2016
12h-Terminwerte (DGJ):	0.11.1900 (uv)	-	01.11.1970
Minutenwerte (PO):	31.10.2013	-	01.10.2018

Plausibilisierung: P-I
[-]

P-II:

Stationsname	Kommentar	Start	Ende
Langballigau (WSA)	Abweichender Verlauf zu Nachbarstationen	07.03.1992 00:00	09.03.1992 12:00
Langballigau (WSA)	konst WST und Sprung in WST	28.01.1993 13:00	30.01.1993 23:00
Langballigau (WSA)	Phasenverschiebung (zeitlich), Pegelbogen zum falschen Zeitpunkt eingesetzt.	10.08.2006 09:00	23.08.2006 08:00
Langballigau (WSA)	Abweichender Verlauf zu Nachbarstationen	12.01.2007 01:00	12.01.2007 14:00

18. Pegelstation Leuchtturm (LT) Kalkgrund

Pegelnummer:	9610015 (DGJ)	
Betreiber:	WSA Lübeck	
Betrieb seit:	Lattenpegel	09.10.1970
	Registriergerät:	09.10.1970
	Fernübertragung:	01.06.1996 (WDFÜ)
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 54,82; Longitude: 9,89	
Bekannte Bezugshöhen (WSA_L):	PNP = -5,000 m. ü. NN	
	(24.04.1980 - 09.09.1998, davor unbekannt))	
	PNP = -4,987 m. ü. NHN (ab 10.09.1998)	
Datenquellen:	BSH_R, BfG, PegelOnline, WSA_L, G-SH	
Umfang der Daten:		
Extremwasserstände (WSA_L):	04.01.1976 -	02.11.2006 (no db)
Monatsextremwerte (BSH_R):	11.1989 -	10.2014 (no db)
Monatsmittelwerte (BSH_R):	11.1989 (uv) -	10.2014
Tages Min/Max Werte (WSA_L):	01.11.1988 (max), 02.11.1988 (min)	
	bis 31.10.2014 (no db)	
Tagesmittelwerte (BSH_R):	01.11.1989 (uv) -	31.10.2014
Stundenwerte (BfG):	01.05.1990 -	31.10.2016
Minutenwerte (PO):	31.10.2013 -	01.10.2018

Plausibilisierung: P-II

[-]

P-II:

Stationsname	Kommentar	Start	Ende
LT Kalkgrund (WSA)	falscher Pegelbogen eingefügt?	07.02.1995 01:00	14.02.1995 01:00
LT Kalkgrund (WSA)	falscher Pegelbogen eingefügt?	07.02.1995 01:00	14.02.1995 01:00
LT Kalkgrund (WSA)	falscher Pegelbogen eingefügt?	08.09.1997 23:00	10.09.1997 02:00

19. Pegelstation Kappeln

Pegelnummer:	9610035 (DGJ)		
Betreiber:	WSA Lübeck		
Betrieb seit:	Lattenpegel		1872
	Registriergerät:		06.1873
	Fernübertragung:		01.09.1994 (WDFÜ)
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 54,66; Longitude: 9,94		
Bekannte Bezugshöhen (WSA_L):	PNP = BsU - 5,0 m (01.01.1921-06.08.1981)		
	PNP = NN - 5,0 m (07.08.1981-06.04.2005)		
	PNP = -4,994 m. ü. NHN (seit 07.04.2005)		
Datenquellen:	BSH_R, BfG, PegelOnline, WSA_L, G-SH		
Umfang der Daten:			
Extremwasserstände (WSA_L):	31.12.1904	-	04.11.1995 (no db)
Monatsextremwerte (BSH_R):	11.1991	-	10.2014 (no db)
Monatsmittelwerte (BSH_R):	11.1991	-	10.2014
Tages Min/Max Werte (WSA_L):	28.11.1989 (max), 26.11.1989 (min) bis 31.10.2014 (no db)		
Tagesmittelwerte (BSH_R):	01.11.1991	-	31.10.2014
Stundenwerte (BfG):	01.11.1991	-	31.10.2016
Minutenwerte (PO):	31.10.2013	-	01.10.2018

20. Pegelstation Schleswig

Pegelnummer:	9610040 (DGJ)	
Betreiber:	WSA Lübeck	
Betrieb seit:	Lattenpegel	1872
	Registriergerät:	1954-31.10.1958; Ab 22.05.1979
	Fernübertragung:	01.06.1996 (WDFÜ)
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 54,51; Longitude: 9,57	
Bekannte Bezugshöhen (WSA_L):	PNP = NN – 5,0 m (22.03.1938 -04.07.1999) PNP = NHN -5,02 m. (05.07.1999 – 17.08.2008) PNP = NHN – 5,023 (ab 18.08.2008)	
Datenquellen:	BSH_R, BfG, PegelOnline, WSA_L, G-SH	
Umfang der Daten:		
Extremwasserstände (WSA_L):	24.03.1898 -	08.02.1983 (no db)
Monatsextremwerte (BSH_R):	11.1999 -	10.2014
Monatsmittelwerte (BSH_R):	11.1991 -	31.10.2014
Tages Min/Max Werte (WSA_L):	16.11.1989 (max), 26.11.1989 (min) bis 31.10.2014 (no db)	
Tagesmittelwerte (BSH_R):	01.11.1991 -	31.10.2014
Stundenwerte (BfG):	01.11.1991 -	31.10.2016
Minutenwerte(PO):	31.10.2013 -	01.10.2018

21. Pegelstation Olpenitz

Pegelnummer:	unbekannt (Testpegel)
Betreiber:	WSA Lübeck
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 54,67; Longitude: 10,03
Bekannte Bezugshöhen:	PNP = nicht bekannt
Datenquellen:	B-Plan Kappeln (nicht verwendet)

Umfang der Daten:
Extremwasserstände (B-Plan Kappeln): 13.11.1872 - 03.11.1995

22. Pegelstation Schleimünde SP

Pegelnummer:	9610025 (DGJ)
Betreiber:	WSA Lübeck
Betrieb seit:	nicht bekannt
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 54,67; Longitude: 10,04
Bekannte Bezugshöhen:	
(Kannenberg 1956)	PNP = NN(a.S.) - 2,313 m
	PNP = NN(n.S.) - 2,215 m (1901-1936)
	PNP = NN (n.S.) – 5,0 m (1937 ff.)
WSA Lübeck	PNP = NN – 5,0 m (04.05.1979– 09.08.2010)
	PNP = NHN - 5,003 m. (ab 10.08.2010)
Datenquellen:	BSH_R, BfG, PegelOnline, WSA_L, G-SH

Umfang der Daten:

Extremwasserstände (G-SH):	13.11.1872	-	02.11.2006 (no db)
Jahresmittelwerte (H&R):	1874	-	1935 (no db)
Monatsextremwerte (BSH_R):	11.1999	-	10.2014 (no db)
Monatsmittelwerte (BSH_R):	11.2002	-	10.2014
Tages Min/Max Werte (BSH_R):	28.11.1989 (max), 26.11.1989 (min) – 31.10.2014 (no db)		
Tagesmittelwerte (BSH_R):	01.11.2002	-	31.10.2014
Stundenwerte (BfG):	01.11.1990	-	31.10.2016
Minutenwerte PO):	04.02.2014	-	01.10.2018
Pegelbögen digitalisiert (BSH_R):	1943	-	1956

Plausibilisierung: P-I
[-]

P-II:

Stationsname	Kommentar	Start	Ende
Schleimünde SP (WSA)	Verlauf eines anderen Zeitraums falsch eingefügt	25.05.1991 01:00	07.06.1991 01:00
Schleimünde SP (WSA)	horizontaler Versatz, Nach Datenlücke falscher Einsatzzeitpunkt gewählt	07.11.1997 00:00	01.01.1998 16:00
Schleimünde SP (WSA)	horizontaler Versatz, Nach Datenlücke falscher Einsatzzeitpunkt gewählt	07.11.1997 00:00	01.01.1998 16:00
Schleimünde SP (WSA)	horizontaler Versatz, Nach Datenlücke falscher Einsatzzeitpunkt gewählt	07.11.1997 00:00	01.01.1998 16:00
Schleimünde SP (WSA)	horizontaler Versatz, Nach Datenlücke falscher Einsatzzeitpunkt gewählt	07.11.1997 00:00	01.01.1998 16:00

Schleimünde SP (WSA)	schleppende Kurve	03.02.1998 13:00	11.02.1998 08:00
Schleimünde SP (WSA)	schleppende Kurve	13.02.1998 03:00	16.02.1998 15:00
Schleimünde SP (WSA)	schleppende Kurve	18.02.1998 03:00	23.02.1998 00:00
Schleimünde SP (WSA)	falsch digitalisierte Messwerte?	28.04.2005 01:00	29.04.2005 00:00

23. Pegelstation Eckernförde

Pegelnummer:	9610045 (DGJ)	
Betreiber:	WSA Lübeck	
Betrieb seit:	Lattenpegel	1881
	Registriergerät:	01.11.1954
	Fernübertragung:	01.09.1994 (WDFÜ)
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 54,47; Longitude: 9,84	
Bekannte Bezugshöhen (WSA_L):	PNP = BsU – 5,0 m (01.01.1921–30.09.1980)	
	PNP = NN – 5,0 m (01.10.1980–23.08.1998)	
	PNP = NHN -5,004 m. (ab 24.08.1998)	
Datenquellen:	BSH_R, BfG, PegelOnline, WSA_L, G-SH	

Umfang der Daten:

Extremwasserstände (G-SH):	13.11.1872	-	02.11.2006 (no db)
Jahreshauptwerte (MUSTOK):	1921	-	2006
Monatsextremwerte (BSH_R):	11.1989	-	10.2014 (no db)
Monatsmittelwerte (BSH_R):	11.1989	-	10.2014
Tages Min/Max Werte (WSA_L):	26(28).11.1989	-	31.10.2014 (no db)
Tagesmittelwerte (BSH_R):	01.11.1989	-	31.10.2014
Stundenwerte (BfG):	01.11.1989	-	31.10.2016
Minutenwerte (PO):	31.10.2013	-	01.10.2018

Plausibilisierung: P-I
[-]

P-II:

Stationsname	Kommentar	Start	Ende
Eckernförde (WSA)	ungewöhnlicher, abweichender Verlauf zu den Nachbarstationen	19.12.1998 12:00	20.12.1998 11:00
Eckernförde (WSA)	ungewöhnlicher, abweichender Verlauf zu den Nachbarstationen; schleppende Ganglinie	07.06.2000 02:00	08.06.2000 07:00

24. Pegelstation Leuchtturm (LT) Kiel

Pegelnummer:	9610050 (DGJ)	
Betreiber:	WSA Lübeck	
Betrieb seit:	Lattenpegel	09.11.1970
	Registriergerät:	09.11.1970
	Fernübertragung:	1996 (WDFÜ)
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 54,50; Longitude: 10,27	
Bekannte Bezugshöhen (WSA_L):	PNP = BsU – 5,0 m (23.04.1980-09.09.1998)	
	PNP = NHN -4,985 m (10.09.1998)	
Datenquellen:	BSH_R, BfG, PegelOnline, WSA_L, G-SH	
Umfang der Daten:		
Extremwasserstände (WSA_L):	13.11.1872 -	02.11.2006
Monatsextremwerte (BSH_R):	11.1989 (uv) -	10.2014
Monatsmittelwerte (BSH_R):	11.1989 -	10.2014
Tages Min/Max Werte (BSH_R):	28.11.1989 (max), 26.11.1989 (min) – 31.10.2014	
Tagesmittelwerte (BSH_R):	01.11.1989 -	31.10.2014
Stundenwerte (PO):	01.11.1989 -	31.10.2016
Minutenwerte (PO):	31.10.2013 -	01.10.2018

Plausibilisierung: P-I

[-]

P-II:

Stationsname	Kommentar	Start	Ende
LT Kiel (WSA)	Phasenverschiebung	16.11.1989 13:00	20.11.1989 12:00

25. Pegelstation Strande

Pegelnummer:	9610055 (eingestellt am 31.12.1998)		
Betreiber:	WSA Lübeck		
Betrieb seit:	1952 Lattenpegel		
	1952 Registriergerät		
	01.09.1994 Fernübertragung (WDFÜ)		
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 54,55; Longitude: 10,17		
Bekannte Bezugshöhen:	PNP = BsU - 5,00 m		
Datenquellen:	WSA Lübeck, G-SH		
Umfang der Daten:			
Extremwasserstände (WSA_L):	13.11.1872	-	04.11.1995 (no db)
5-Minutenwerte (WSA_L):	31.10.1991	-	01.11.1997
Minutenwerte (PO):	01.11.1997	-	13.01.1999

26. Pegelstation Leuchtturm (LT) Friedrichsort

Pegelnummer:	9650060
Betreiber:	WSA Lübeck (eingestellt am 01.01.1987)
Betrieb seit:	01.11.1971 Lattenpegel 01.11.1971 Registriergerät
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 54,39; Longitude: 10,19
Bekannte Bezugshöhen (WSA_L):	PNP = -5,00 m. ü. NN (ab 01.11.1971)
Datenquellen:	WSA Lübeck
Umfang der Daten:	
Extremwasserstände (WSA_L):	13.11.1872 - 04.11.1988

27. Pegelstation Kiel-Holtenau

Pegelnummer (DGJ):	9610066	
Betreiber:	WSA Lübeck	
Betrieb seit:	Lattenpegel	1870
	Registriergerät:	01.11.1954
	Fernübertragung:	01.09.1984 (WDFÜ)
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 54,37; Longitude: 10,16	
Bekannte Bezugshöhen (WSA_L):	PNP = BsU – 5 m (01.07.1873 - 25.09.1983)	
	PNP = NN – 5 m (26.09.1983 – 11.04.2006)	
	PNP = NHN -4,995 m. (ab 11.04.2006)	
Datenquellen:	PSMSL, BSH_R, BfG, PegelOnline, G-SH, MUSTOK	

Umfang der Daten:

Extremwasserstände (G-SH):	13.11.1872	-	02.11.2006
Jahreshauptwerte (MUSTOK):	1921	-	2006
Monatsextremwerte (BSH_R):	11.1962	-	10.2014 (no db)
Monatsmittelwerte (BSH_R):	11.1962	-	10.2014
Monatsmittelwerte (PSMSL):	01.1956	-	12.2013
Tagesmittelwerte (BSH_R):	01.11.1962	-	31.10.2014
Stundenwerte (BfG):	01.11.1956	-	31.10.2016
Minutenwerte (PO):	31.10.2013	-	01.10.2018

Plausibilisierung: P-I

Stationsname	Kommentar	Start	Ende
Kiel-Holtenau (WSA)	konstante WST, Ausfall der Pegelstation	16.11.1983 00:00	17.11.1983 23:00

P-II:

Stationsname	Kommentar	Start	Ende
Kiel-Holtenau (WSA)	vertikaler Versatz	09.02.1992 05:00	09.02.1992 12:00
Kiel-Holtenau (WSA)	vertikaler Versatz	07.03.1992 07:00	07.03.1992 20:00
Kiel-Holtenau (WSA)	vertikaler Versatz	08.03.1992 05:00	08.03.1992 21:00
Kiel-Holtenau (WSA)	schleppende Kurve	10.05.1992 10:00	11.05.1992 00:00
Kiel-Holtenau (WSA)	vertikaler Versatz um ca. 10 cm	25.05.1992 12:00	03.08.1992 11:00
Kiel-Holtenau (WSA)	vertikaler Versatz um ca. 10 cm	25.05.1992 12:00	03.08.1992 11:00
Kiel-Holtenau (WSA)	schleppende Kurve	23.11.1993 12:00	07.03.1994 12:00

28. Pegelstation Kiel Alte Schleuse

Pegelnummer (DGJ):	9610067
Betreiber:	WSA Lübeck
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: ; Longitude:
Bekannte Bezugshöhen:	PNP = NHN -5,0 m.
Datenquellen:	PegelOnline (nicht verwendet)
Umfang der Daten:	
Minutenwerte (PO):	01.02.2006 - 26.11.2015

29. Pegelstation Lippe

Pegelnummer:	114609
Betreiber:	LKN Husum
Pegelbetrieb seit:	07.05.2012
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 54,34; Longitude: 10,65
Bekannte Bezugshöhen (LKN_H):	PNP = NHN -5,000 m.
Datenquellen:	LKN Husum
Umfang der Daten:	
Minutenwerte(LKN_H):	01.01.2013 - 01.01.2016

30. Pegelstation Heiligenhafen

Pegelnummer (DGJ):	9610070	
Betreiber:	WSA Lübeck	
Betrieb seit:	Lattenpegel	24.07.1969
	Registriergerät:	24.07.1969
	Fernübertragung:	01.09.1994 (WDFÜ)
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 54,37; Longitude: 11,01	
Bekannte Bezugshöhen (WSA_L):	PNP = NN – 5,0 m (07.10.1980-07.12.2003)	
	PNP = NHN - 4,985 m. (ab 08.12.2003)	
Datenquellen:	BSH_R, BfG, PegelOnline, WSA_L, G-SH	
Umfang der Daten:		
Extremwasserstände (G-SH):	13.11.1872 -	02.11.2006
Monatsextremwerte (BSH_R):	11.1989 -	10.2014
Monatsmittelwerte (BSH_R):	11.1989 (uv) -	10.2014
Tages Min/Max Werte (WSA_L):	07.03.1988 -	31.01.2015
Tagesmittelwerte (BSH_R:	01.11.1989 (uv) -	31.10.2014
Stundenwerte (BfG):	01.06.1989 -	31.10.2016
Minutenwerte (PO):	31.10.2013 -	01.10.2018

31. Pegelstation Marienleuchte

Pegelnummer (DGJ):	9610075		
Betreiber:	WSA Lübeck		
Betrieb seit:	Lattenpegel		1935
	Registriergerät:		1893
	Fernübertragung:		01.06.1996 (WDFÜ)
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 54,50; Longitude: 11,24		
Bekannte Bezugshöhen (WSA_L):	PNP = NN – 5,0 m (01.01.1935-15.10.2002)		
	PNP=NHN -4,98 m (16.10.2002-15.12.2004)		
	PNP = NHN -4,981 m (ab 16.12.2004)		
Datenquellen:	BSH_R, BfG, PegelOnline, G-SH		
Umfang der Daten:			
Extremwasserstände(G-SH):	13.11.1872	-	02.11.2006
Monatsextremwerte (BSH_R):	11.1991	-	10.2014
Monatsmittelwerte (BSH_R):	11.1991	-	10.2014
Monatsmittelwerte (MONTAG):	01.1882	-	12.1944
Monatsmittelwerte (RICHTER):	01.1882	-	10.2003
Monatsmittelwerte (W&K):	01.1898	-	12.1910
Tagesmittelwerte(BSH_R):	01.11.1991	-	31.10.2014
Stundenwerte:	01.11.1991	-	31.10.2016
12h-Terminwerte (W&K):	01.01.1882	-	31.12.1910
Minutenwerte:	14.03.2014	-	01.10.2018

32. Pegelstation Neustadt

Pegelnummer (DGJ):	9610080	
Betreiber:	WSA Lübeck	
Betrieb seit:	Lattenpegel	01.01.1826
	Registriergerät:	01.11.1954
	Fernübertragung:	01.09.1994 (WDFÜ)
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 54,10; Longitude: 10,81	
Bekannte Bezugshöhen (WSA_L):	PNP = NN -5,0 m (19.09.1981-08.09.1996)	
	PNP = NN-5,004 m (19.09.1996-03.10.2006)	
	PNP = NHN -4,987m (04.10.2006-11.04.2007)	
	PNP = NHN – 5,0 m (ab 12.04.2007)	
Datenquellen:	BSH_R, BfG, PegelOnline, MUSTOK, G-SH	

Umfang der Daten:

Extremwasserstände (G-SH):	13.11.1872	-	02.11.2006
Jahreshauptwerte (MUSTOK):	1921	-	2006
Monatsextremwerte (BSH_R):	11.1991	-	10.2014
Monatsmittelwerte (BSH_R):	11.1991	-	10.2014
Tagesmittelwerte (BSH_R):	01.11.1991	-	31.10.2014
Stundenwerte (BfG):	01.11.1991	-	31.10.2016
Minutenwerte (PO):	31.10.2013	-	01.10.2018

Plausibilisierung: P-I
[-]

P-II:

Stationsname	Kommentar	Start	Ende
Neustadt (WSA)	Versatz	18.03.2003 12:00	20.03.2003 08:00
Neustadt (WSA)	schleppende Kurve	10.04.2013 23:00	07.05.2013 12:00

33. Pegelstation Neustadt Radar

Pegelnummer (DGJ):	9610081 (Testpegel, Daten nicht verwendet)
Betreiber:	WSA Lübeck
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: ; Longitude:
Bekannte Bezugshöhen:	PNP = unbekannt
Datenquellen:	PegelOnline
Umfang der Daten:	
Minutenwerte (PO):	31.10.2013 - 01.02.2016

34. Pegelstation Travemünde

Pegelnummer (DGJ):	9610085	
Betreiber:	WSA Lübeck	
Betrieb seit:	Lattenpegel	01.01.1826
	Registriergerät:	07.10.1886
	Fernübertragung:	12.10.1994 (WDFÜ)
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 53,95; Longitude: 10,87	

Bekannte Bezugshöhen:
(Jensen und Töppe 1986)

PNP = NN – 3,01 m (ab 01.01.1826)
PNP = NN – 3,30 m (ab 13.10.1836)
PNP = NN – 3,08 m (ab 12.04.1937)
PNP = NN – 3,44 m (ab 04.05.1839)
PNP = NN – 3,51 m (ab 14.10.1839)
PNP = NN – 3,59 m (ab 15.04.1840)
PNP = NN – 3,66 m (ab 28.04.1840)
PNP = NN – 3,56 m (ab 01.04.1843)
PNP = NN – 3,85 m (ab 28.04.1843)
PNP = NN – 3,92 m (ab 18.07.1844)
PNP = NN – 4,28 m (ab 17.10.1844)
PNP = NN – 4,35 m (ab 21.04.1845)
*Datum der Aktennotiz PNP = NN – 4,21 m (ab 04.01.1850)
PNP = NN – 4,78 m (ab 18.10.1851)
PNP = NN – 5,36 m (ab 01.01.1855)
PNP = NN – 5,48 m (ab 04.01.1884)
PNP = NN + 0,02 m (ab 01.11.1913)
PNP = NN + 0,03 m (ab 01.01.1925)
PNP = NN - 5,00 m (ab 01.11.1936)
PNP = NN - 5,01 m (ab 01.01.1942)
PNP = NN - 5,02 m (ab 01.01.1944)
PNP = NN - 5,01 m (ab 01.01.1947)
PNP = NN - 5,02 m (ab 01.01.1952)
PNP = NN - 5,00 m (ab 01.11.1956)

Bei den Angaben der Veröffentlichung von (Jensen und Töppe 1986) bestehen weiterhin Unsicherheiten hinsichtlich der dargestellten Pegelnullpunktshöhen. Wurde diese Reihe verwendet ist stets ein Vermerk beigefügt.

WSA Lübeck	PNP = BsU – 5 m (01.01.1826-31.10.1985)
	PNP = NN–5,004m (13.08.1981-01.09.2002)
DGJ 1901	PNP = NN – 5,46 m
Ab 1904	PNP = NN – 5,502 m
Ab 1914	PNP = NN + 0,0 m
Ab 1937 (NN neues System)	PNP = NN (n.S.) – 5,0 m

Datenquellen: PSMSL, BSH_R, BfG, PegelOnline, G-SH, BW

Umfang der Daten:

Extremwasserstände(G-SH):	13.11.1872	-	02.11.2006 (no db)
Jahresmittelwerte (H&R):	1855	-	1935 (no db)
Jahreshauptwerte (BW):	1826	-	2009
Jahresextremwerte (MUSTOK):	1826	-	2006
Monatsextremwerte (BSH_R):	11.1949	-	10.2014 (no db)
Monatsmittelwerte (PSMSL):	01.1856	-	12.2015
Monatsmittelwerte (BSH_R):	11.1949	-	31.10.2014
Monatsmittelwerte (W&K):	01.1898	-	12.1910
Monatsmittelwerte (JENSEN):	11.1825	-	10.1985
Monatsmittelwerte (RICHTER):	01.1826	-	10.1985
Tagesmittelwerte (BSH_R):	01.11.1949	-	31.10.2014
Stundenwerte (BfG):	01.11.1949	-	31.12.2016
12h-Terminwerte (W&K):	01.01.1898	-	31.12.1910
Minutenwerte (PO):	30.10.2014	-	01.10.2018

Plausibilisierung: P-I

Stationsname	Kommentar	Start	Ende
Travemünde (WSA)	Plötzliche Phasenverschiebung	14.08.1958 00:00	20.08.1958 12:00
Travemünde (WSA)	plötzliche Abweichung zu Nachbarstationen	22.10.1958 12:00	24.10.1958 00:00

P-II:

Stationsname	Kommentar	Start	Ende
Travemünde (WSA)	plötzlich abweichender Verlauf	05.11.1994 20:00	07.11.1994 11:00

35. Pegelstation Lübeck (Bauhof)

Pegelnummer (DGJ):	9610090	
Betreiber:	WSA Lübeck	
Betrieb seit:	Lattenpegel	01.04.1977
	Registriergerät:	01.04.1977
	Fernübertragung:	01.09.1994 (WDFÜ)
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 53,89; Longitude: 10,70	
Bekannte Bezugshöhen:	PNP = NHN -5,010 m.	
Datenquellen:	BSH_R, BfG, PegelOnline, G-SH	

Umfang der Daten:

Extremwasserstände (G-SH):	10.02.1625	-	01.11.2006 (no db)
Monatsextremwerte (BSH_R):	11.1990	-	10.2014
Monatsmittelwerte (BSH_R):	11.1990	-	10.2014
Tagesmittelwerte (BSH_R):	01.11.1990	-	31.10.2014 (no db)
Stundenwerte (BfG):	01.11.1990	-	31.12.2016
Minutenwerte (PO):	30.10.2014	-	01.10.2018

Plausibilisierung: P-I
[-]

P-II:

Stationsname	Kommentar	Start	Ende
Lübeck Bauhof (WSA)	vertikaler Versatz	08.11.1991 14:00	09.11.1991 13:00
Lübeck Bauhof (WSA)	falsche Daten digitalisiert!?!	03.06.1995 10:00	10.06.1995 14:00
Lübeck Bauhof (WSA)	falsche Daten digitalisiert!?!	09.06.1995 14:00	10.06.1995 14:00

36. Pegelstation Dassow

Pegelnummer:	keine Nr., internes Messnetz Küste (IMK)
Betreiber:	IMK, StAUN Rostock
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 53,91; Longitude: 10,97
Bekannte Bezugshöhen:	PNP = NHN – 4,99 m.
Datenquellen:	IMK
Umfang der Daten:	
10- Minutenwerte (IMK):	01.01.2000 00:00 Uhr - 18.07.2008 00:00 Uhr

37. Pegelstation Boltenhagen

Pegelnummer:	keine Nr., internes Messnetz Küste (IMK)
Betreiber:	IMK, StaLUMM
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 53,99; Longitude: 11,21
Bekannte Bezugshöhen:	PNP = NHN – 4,99 m
Datenquellen:	IMK
Umfang der Daten:	
10- Minutenwerte (IMK):	01.05.1997 02:00 Uhr - 28.09.2015 09:50 Uhr

38. Pegelstation Wismar (Baumhaus)

Pegelnummer (DGJ):	9670030(PegelOnline)/9630008 (Stammbuch)	
Betreiber:	WSA Lübeck	
Betrieb seit:	Lattenpegel	1848
	Registriergerät:	07.06.1894 – 30.06.1955 Ab 1978
	Fernübertragung:	01.09.1994 (WDFÜ)
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 53,90; Longitude: 11,46	
Bekannte Bezugshöhen:		
Vor 01.11.1985	PNP = NHN -4,948 m PNP = HN -5,098 m	
Ab 01.11.1985	PNP = NHN -4,99 m PNP = HN -5,140 m	
Datenquellen:	PSMSL, BSH_R, BfG, PegelOnline, G-SH, BW	

Umfang der Daten:

Extremwasserstände (G-SH):	13.11.1872	-	02.11.2006
Jahresmaximalwerte (intern):	1848	-	2009
Monatsextremwerte(BSH_R):	11.1957	-	10.2013
Monatsmittelwerte (W&K):	01.1898	-	12.1910
Monatsmittelwerte (LIEBSCH):	07.1848	-	10.1992
Monatsmittelwerte (RICHTER):	07.1848	-	10.2008
Monatsmittelwerte (PSMSL):	11.1957	-	12.2015
Monatsmittelwerte (BSH_R):	11.1958	-	10.2014
Tagesmittelwerte (BSH_R):	01.11.1957	-	31.10.2014
Stundenwerte (BfG):	01.11.1957	-	01.11.2016
Terminwerte (W&K):	01.01.1898	-	31.12.1910
Minutenwerte (PO):	31.10.2013	-	01.10.20118

Plausibilisierung: P-I

Stationsname	Kommentar	Start	Ende
Wismar Baumhaus (WSA)	Sprung mit anschl. Phasenverschiebung	29.11.1957 12:00	09.12.1957 12:00
Wismar Baumhaus (WSA)	vert. Versatz	25.01.1958 00:00	27.01.1958 06:00
Wismar Baumhaus (WSA)	gegenläufiger Verlauf	31.03.1958 12:00	01.04.1958 12:00
Wismar Baumhaus (WSA)	vert. Versatz	14.04.1958 00:00	17.04.1958 00:00
Wismar Baumhaus (WSA)	starke Abweichung, mit linearem Verlauf, konst Wst und Versatzen; auch Fehler bei Warnemünde zu vermuten	12.02.1961 00:00	26.02.1961 12:00
Wismar Baumhaus (WSA)	plötzliche Abweichungen mit Sprung	17.09.1961 12:00	20.09.1961 12:00
Wismar Baumhaus (WSA)	fehlerhafte Phasenverschiebung Wismar Baumhaus	20.05.1971 00:00	21.05.1971 12:00
Wismar Baumhaus (WSA)	Sprung/Ausreißer in den Daten	12.02.1973 22:00	13.02.1973 00:00
Wismar Baumhaus (WSA)	einzelner Ausreißer in den Daten, ca. 1m Abweichung (vermutlich Zahlenfehler, 483 statt 583 (korrekt)	14.11.1973 16:00	14.11.1973 16:00
Wismar Baumhaus (WSA)	Phasenverschiebung Wismar Baumhaus	28.07.1975 00:00	28.07.1975 23:00
Wismar Baumhaus (WSA)	Phasenverschiebung Wismar Baumhaus	09.10.1978 00:00	12.10.1978 12:00
Wismar Baumhaus (WSA)	schleppende Kurve Wismar Baumhaus	07.11.1978 00:00	13.11.1978 00:00
Wismar Baumhaus (WSA)	Versatze	19.11.1978 12:00	21.11.1978 00:00
Wismar Baumhaus (WSA)	schleppende Kurve, große Abweichungen, Gerät arbeitet nicht korrekt (und das im Sommer!)	19.05.1981 12:00	19.06.1981 12:00
Wismar Baumhaus (WSA)	fehlerhafte Phasenverschiebung Wismar Baumhaus	16.12.1981 00:00	23.12.1981 00:00
Wismar Baumhaus (WSA)	fehlerhafte Phasenverschiebung Wismar Baumhaus	15.01.1982 00:00	18.01.1982 12:00
Wismar Baumhaus (WSA)	Versatze	01.02.1982 12:00	01.02.1982 23:00
Wismar Baumhaus (WSA)	starke Abweichungen mit unregelmäßigem Verlauf	27.02.1982 00:00	02.03.1982 00:00
Wismar Baumhaus (WSA)	konstante Wasserstände	08.07.1982 12:00	12.07.1982 12:00
Wismar Baumhaus (WSA)	schleppende Kurve, starke Abweichungen zu Nachbarpegeln	05.10.1982 00:00	09.10.1982 00:00

Wismar Baumhaus (WSA)	plötzliche Phasenverschiebung Wismar Baumhaus	30.04.1983 12:00	01.05.1983 00:00
Wismar Baumhaus (WSA)	Versatz Wismar Baumhaus	19.06.1984 12:00	20.06.1984 12:00
Wismar Baumhaus (WSA)	Versatz, Verschiebung Wismar Baumhaus	29.10.1984 00:00	30.10.1984 12:00
Wismar Baumhaus (WSA)	fehlende Tide Wismar Baumhaus	04.07.1985 12:00	05.07.1985 12:00
Wismar Baumhaus (WSA)	fehlerhafte Phasenverschiebung Wismar Baumhaus	26.08.1985 12:00	29.08.1985 12:00
Wismar Baumhaus (WSA)	schleppende Kurve, starke Abweichungen zu Nachbarpegeln	19.03.1986 12:00	22.03.1986 00:00
Wismar Baumhaus (WSA)	plötzlich abweichender Verlauf	22.05.1986 00:00	22.05.1986 12:00
Wismar Baumhaus (WSA)	unnatürlich abweichender Verlauf	21.07.1986 12:00	23.07.1986 00:00
Wismar Baumhaus (WSA)	Versatz um 40 cm	24.08.1989 12:00	25.08.1989 12:00
Wismar Baumhaus (WSA)	plötzliche Abweichungen mit Spring	18.11.1990 12:00	19.11.1990 12:00
Wismar Baumhaus (WSA)	Versatz bei Anfang und Ende	18.11.1990 12:00	04.05.1991 00:00
Wismar Baumhaus (WSA)	Versatz bei Anfang und Ende, 4 Werte	15.05.1991 11:00	15.05.1991 14:00

P-II:

Stationsname	Kommentar	Start	Ende
Wismar Baumhaus (WSA)	für Timmendorf liegen in diesem Zeitraum leider keine Daten vor, daher nur Vergleich mit 1. Station möglich. WST dennoch unplausibel	18.10.1993 23:00	19.10.1993 08:00
Wismar Baumhaus (WSA)	für Timmendorf liegen in diesem Zeitraum leider keine Daten vor, daher nur Vergleich mit 1. Station möglich. WST dennoch unplausibel: zeitlicher Versatz der WST, falsches einfügen der Daten vom Pegelbogen	10.02.1997 09:00	18.02.1997 01:00
Wismar Baumhaus (WSA)	für Timmendorf liegen in diesem Zeitraum leider keine Daten vor, daher nur Vergleich mit 1. Station möglich. WST dennoch unplausibel: zeitlicher Versatz der WST, falsches einfügen der Daten vom Pegelbogen	12.02.1997 21:00	18.02.1997 01:00

39. Pegelstation Timmendorf (Poel)

Pegelnummer (DGJ):	9670070(PegelOnline)/9630007 (Stammbuch)	
Betreiber:	WSA Lübeck	
Betrieb seit:	Lattenpegel	11.1953
	Registriergerät:	04.1962
	Fernübertragung:	01.02.1995 (WDFÜ)
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 53,99; Longitude: 11,38	
Bekannte Bezugshöhen:	PNP = -5,140 m. ü. HN	
Vor 01.11.1985	PNP = NHN -4,931 m	
	PNP = HN -5,081 m	
Ab 01.11.1985	PNP = NHN -4,99 m	
	PNP = HN -5,140 m	
Datenquellen:	BSH_R, BfG, PegelOnline, G-SH	

Umfang der Daten:

Extremwasserstände (G-SH):	04.01.1954	-	02.11.2006
Monatsextremwerte (BSH_R):	11.1961	-	10.2013
Monatsmittelwerte (BSH_R):	11.1961	-	10.2014
Tagesmittelwerte (BSH_R):	01.11.1961	-	31.10.2014
Stundenwerte (BfG):	01.11.1961	-	01.11.2016
Minutenwerte (PO):	31.10.2013	-	01.02.2016

Plausbilisierung:

P-I:

Stationsname	Kommentar	Start	Ende
Timmendorf/Poel (WSA)	schleppende Kurve	12.04.1962 12:00	13.04.1962 11:00
Timmendorf/Poel (WSA)	Phasenverschiebung	18.08.1962 00:00	18.08.1962 23:00
Timmendorf/Poel (WSA)	schleppende Kurve	22.12.1969 00:00	28.12.1969 23:00
Timmendorf/Poel (WSA)	gespiegelte Tiden	26.08.1970 12:00	27.08.1970 11:00
Timmendorf/Poel (WSA)	Phasenverschiebung	28.08.1970 12:00	30.08.1970 12:00
Timmendorf/Poel (WSA)	starke Abweichung zu Nachbarpegeln	01.01.1973 12:00	02.01.1973 23:00
Timmendorf/Poel (WSA)	starke Abweichung zu Nachbarpegeln	30.01.1973 12:00	31.01.1973 11:00
Timmendorf/Poel (WSA)	schleppende Kurve	01.08.1975 12:00	02.08.1975 11:00
Timmendorf/Poel (WSA)	schleppende Kurve	17.06.1976 12:00	01.07.1976 11:00
Timmendorf/Poel (WSA)	Phasenverschiebung bei Hochwasser	20.12.1976 00:00	26.12.1976 11:00
Timmendorf/Poel (WSA)	Phasenverschiebung	18.02.1977 12:00	21.02.1977 11:00
Timmendorf/Poel (WSA)	Phasenverschiebung	23.05.1978 00:00	30.05.1978 00:00

Timmendorf/Poel (WSA)	Phasenverschiebung	22.01.1979 00:00	26.01.1979 23:00
Timmendorf/Poel (WSA)	Phasenverschiebung	28.09.1979 00:00	29.09.1979 11:00
Timmendorf/Poel (WSA)	Phasenverschiebung	18.01.1980 00:00	21.01.1980 01:00
Timmendorf/Poel (WSA)	Phasenverschiebung	28.04.1980 12:00	12.05.1980 11:00
Timmendorf/Poel (WSA)	schleppende Kurve	22.06.1980 12:00	23.06.1980 12:00
Timmendorf/Poel (WSA)	Phasenverschiebung	19.12.1981 12:00	21.12.1981 23:00
Timmendorf/Poel (WSA)	Phasenverschiebung	20.09.1982 12:00	27.09.1982 23:00
Timmendorf/Poel (WSA)	schleppende Kurve	02.05.1983 12:00	03.05.1983 11:00
Timmendorf/Poel (WSA)	Phasenverschiebung	10.09.1984 00:00	16.09.1984 12:00

P-II:

Stationsname	Kommentar	Start	Ende
Timmendorf/Poel (WSA)	MW Tide weicht deutlich von Nachbarstationen ab	30.05.1992 16:00	31.05.1992 18:00
Timmendorf/Poel (WSA)	mehrere Fehler (konstante Wasserstände) in diesem Zeitraum, Pegelstation vermutlich defekt/eingefroren	02.04.2010 16:00	04.04.2010 11:00
Timmendorf/Poel (WSA)	mehrere Fehler (konstante Wasserstände) in diesem Zeitraum, Pegelstation vermutlich defekt/eingefroren	06.04.2010 22:00	07.04.2010 09:00
Timmendorf/Poel (WSA)	mehrere Fehler (konstante Wasserstände) in diesem Zeitraum, Pegelstation vermutlich defekt/eingefroren	23.04.2010 23:00	26.04.2010 08:00
Timmendorf/Poel (WSA)	schleppende Kurve	03.07.2011 18:00	06.07.2011 11:00

40. Pegelstation Rerik

Pegelnummer:	keine Nr., internes Messnetz Küste (IMK)		
Betreiber:	IMK, StAUN Rostock		
Betrieb seit:	N.A.		
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 54,11; Longitude: 11,61		
Bekannte Bezugshöhen:	PNP = NHN – 4,99 m		
Datenquellen:	IMK		
Umfang der Daten:			
Stundenwerte (IMK):	17.04.1997	-	01.01.2008 (uv)
10-Minutenwerte (IMK):	01.01.2008	-	18.07.2008

41. Pegelstation Rostock

Pegelnummer (DGJ):	9640018
Betreiber:	WSA Stralsund
Betrieb seit:	N.A.
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 54,08; Longitude: 12,15
Bekannte Bezugshöhen:	PNP = NHN - 4,987 m PNP = HN -5,140 m
Datenquellen:	BSH_R, BfG

Umfang der Daten:

Monatsextremwerte (BSH_R):	11.1968	-	10.2013 (no db)
Monatsmittelwerte (BSH_R):	11.1968	-	10.2014
Tagesmittelwerte (BSH_R):	01.11.1968	-	31.10.2014
Stundenwerte (BfG):	01.11.1968	-	01.11.2016

Plausibilisierung: P-I

Stationsname	Kommentar	Start	Ende
Rostock UP (WSA)	schleppende Kurve	08.02.1970 12:00	16.02.1970 23:00
Rostock UP (WSA)	Phasenverschiebung	13.06.1970 00:00	15.06.1970 11:00
Rostock UP (WSA)	Versatz	16.03.1971 18:00	16.03.1971 22:00
Rostock UP (WSA)	starke Abweichung zu Nachbarpegeln	22.12.1972 00:00	25.12.1972 11:00
Rostock UP (WSA)	starke Abweichung zu Nachbarpegeln, Phasenverschiebung, Versatz	01.11.1979 00:00	12.11.1979 11:00
Rostock UP (WSA)	starke Abweichung zu Nachbarpegeln, Phasenverschiebung, Versatz	19.11.1979 00:00	26.11.1979 23:00
Rostock UP (WSA)	Phasenverschiebung	09.01.1980 00:00	14.01.1980 11:00
Rostock UP (WSA)	Phasenverschiebung	03.07.1980 00:00	19.08.1980 23:00
Rostock UP (WSA)	Phasenverschiebung	17.09.1980 00:00	24.09.1980 23:00
Rostock UP (WSA)	Phasenverschiebung bei Sturmhoch-wasser	19.11.1980 00:00	24.11.1980 11:00
Rostock UP (WSA)	schleppende Kurve	08.04.1981 12:00	16.04.1981 11:00
Rostock UP (WSA)	Phasenverschiebung	17.06.1981 12:00	29.06.1981 23:00

Rostock UP (WSA)	Phasenverschiebung	18.07.1981 00:00	25.07.1981 23:00
Rostock UP (WSA)	Phasenverschiebung	29.07.1981 00:00	09.08.1981 23:00
Rostock UP (WSA)	schleppende Kurve	26.11.1981 00:00	30.11.1981 11:00
Rostock UP (WSA)	schleppende Kurve	05.05.1983 00:00	15.05.1983 23:00
Rostock UP (WSA)	schleppende Kurve	28.07.1983 00:00	30.07.1983 11:00
Rostock UP (WSA)	schleppende Kurve	15.05.1989 00:00	22.05.1989 11:00
Rostock UP (WSA)	schleppende Kurve	03.04.1990 12:00	05.04.1990 11:00
Rostock UP (WSA)	einzelner Ausreißer	02.01.1995 14:00	02.01.1995 14:00
Rostock UP (WSA)	Versatz	24.06.1995 17:00	25.06.1995 00:00
Rostock UP (WSA)	Versatz	02.06.1996 01:00	02.06.1996 05:00
Rostock UP (WSA)	Abweichungen zu Nachbarstationen	28.10.1996 12:00	30.10.1996 23:00
Rostock UP (WSA)	schleppende Kurve	18.12.1996 12:00	21.12.1996 11:00
Rostock UP (WSA)	starke Abweichung zu Nachbarpegeln, Phasenverschiebung, Versatz	14.02.1998 12:00	15.02.1998 23:00
Rostock UP (WSA)	Versatz	23.12.1998 10:00	24.12.1998 13:00

42. Pegelstation Warnemünde (IMK)

Pegelnummer (DGJ):	keine Nr., internes Messnetz Küste (IMK)
Betreiber:	Internes Messnetz Küste (Daten nicht verwendet)
Betrieb seit:	1997
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 54,18; Longitude: 12,05
Bekannte Bezugshöhen:	PNP = NHN -4,99 m. MW
Datenquellen:	IMK
Umfang der Daten:	
Stundenwerte (IMK):	01.01.1997 - 01.06.2014

43. Pegelstation Warnemünde

Pegelnummer (DGJ):	9640015
Betreiber:	WSA Stralsund
Betrieb seit:	N.A.
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 54,15; Longitude: 12,10
Bekannte Bezugshöhen:	PNP = NHN – 4,987 m PNP = HN - 5,140 m
Datenquellen:	PSMSL, BSH_R, BfG, PO, G-SH, IOW, W&K, LIEBSCH, BW, MONTAG

Umfang der Daten:

Extremwasserstände (G-MV):	1872	-	1987
Jahreshauptwerte (BW):	1855	-	2009 (uv)
Monatsextremwerte (W&K):	01.1898	-	12.1910
Monatsmittelwerte (MONTAG):	01.1882	-	12.1944
Monatsmittelwerte (LIEBSCH):	04.1855	-	12.1992
Monatsmittelwerte (BSH_R):	04.1855	-	12.2014
Monatsmittelwerte (PSMSL):	04.1855	-	12.2015
Tagesmittelwerte (BSH_R):	01.11.1953	-	31.10.2014
Terminwerte (W&K):	01.1882	-	12.1910
Terminwerte (IOW):	11.1909	-	11.2006
Stundenwerte (BfG):	01.11.1953	-	01.11.2016
Minutenwerte (PO):	31.10.2013	-	01.10.2018

Plausibilisierung: P-I

Stationsname	Kommentar	Start	Ende
Warnemünde (WSA)	schleppende Kurve über mehrere Tage	15.05.1960 00:00	18.05.1960 23:00
Warnemünde (WSA)	Phasenverschiebund und anschließend schleppende Kurve	20.10.1960 00:00	21.10.1960 23:00
Warnemünde (WSA)	Phasenverschiebung	21.02.1961 00:00	27.02.1961 11:00
Warnemünde (WSA)	starke Abweichung zu Nachberpegeln	29.03.1974 00:00	01.04.1974 11:00
Warnemünde (WSA)	Versatz	02.09.1974 01:00	02.09.1974 06:00
Warnemünde (WSA)	Phasenverschiebung	24.03.1975 00:00	25.03.1975 23:00
Warnemünde (WSA)	schleppende Kurve	16.06.1975 12:00	17.06.1975 23:00
Warnemünde (WSA)	Versatz	30.06.1975 22:00	01.07.1975 00:00

Warnemünde (WSA)	Phasenverschiebung	12.04.1977 00:00	14.04.1977 23:00
Warnemünde (WSA)	Phasenverschiebung	25.04.1977 12:00	27.04.1977 11:00
Warnemünde (WSA)	schleppende Kurve	21.09.1977 00:00	25.09.1977 11:00
Warnemünde (WSA)	schleppende Kurve	03.06.1978 00:00	07.06.1978 00:00
Warnemünde (WSA)	schleppende Kurve	15.08.1978 00:00	16.08.1978 23:00
Warnemünde (WSA)	schleppende Kurve	06.12.1978 00:00	13.12.1978 23:00
Warnemünde (WSA)	Phasenverschiebung	08.06.1981 12:00	18.06.1981 23:00
Warnemünde (WSA)	schleppende Kurve	08.06.1985 00:00	21.06.1985 23:00
Warnemünde (WSA)	starke Abweichung zu Nachberpegeln	26.05.1986 00:00	27.05.1986 23:00
Warnemünde (WSA)	Phasenverschiebung	18.06.1987 12:00	19.06.1987 23:00
Warnemünde (WSA)	schleppende Kurve	04.05.1991 00:00	07.05.1991 23:00
Warnemünde (WSA)	schleppende Kurve	15.02.1998 12:00	23.02.1998 11:00
Warnemünde (WSA)	schleppende Kurve	12.04.1998 00:00	16.04.1998 23:00
Warnemünde (WSA)	schleppende Kurve	01.11.1998 00:00	04.11.1998 11:00
Warnemünde (WSA)	schleppende Kurve	01.12.1998 00:00	04.12.1998 23:00

44. Pegelstation Dierhagen

Pegelnummer:	keine Nr., internes Messnetz Küste (IMK)
Betreiber:	StAUN Rostock
Betrieb seit:	N.A.
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: ; Longitude:
Bekannte Bezugshöhen:	PNP = NHN – 4,99m
Datenquellen:	IMK
Umfang der Daten:	
Stundenwerte (IMK):	13.04.1997 - 02.09.2003 (uv)

45. Pegelstation Ahrenshoop

Pegelnummer:	keine Nr., internes Messnetz Küste (IMK)
Betreiber:	StAUN Rostock
Betrieb seit:	N.A.
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: ; Longitude:
Bekannte Bezugshöhen:	PNP = NHN – 4,99 m
Datenquellen:	IMK
Umfang der Daten:	
Stundenwerte (IMK):	13.04.1997 - 19.07.2008

46. Pegelstation Althagen

Pegelnummer (DGJ):	9650024		
Betreiber:	WSA Stralsund		
Betrieb seit:	N.A.		
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 54,37; Longitude: 12,42		
Bekannte Bezugshöhen:	PNP = NHN – 4,986 m		
	PNP = HN - 5,14 m		
Datenquellen:	BSH_R, BfG, PegelOnline, G-SH		
Umfang der Daten:			
Jahreshauptwerte (intern):	1936	-	2009 (uv)
Monatsextremwerte (BSH_R):	11.1953	-	10.2013
Monatsmittelwerte (BSH_R):	11.1953	-	12.2014
Tagesmittelwerte (BSH_R):	01.11.1953	-	31.10.2014
Stundenwerte (BfG):	01.11.1953	-	01.11.2016
Minutenwerte (PO):	31.10.2013	-	01.10.2018

47. Pegelstation Darßer Ort

Pegelnummer:	N.A.		
Betreiber:	N.A.		
Betrieb seit:	N.A.		
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: ; Longitude:		
Bekannte Bezugshöhen:	PNP = NHN -4,986 m		
Datenquellen:	BSH_R		
Umfang der Daten:			
Monatsextremwerte(BSHR_):	11.1953	-	11.1958
Monatsmittelwerte (BSHR_):	12.1953	-	10.1995
Tagesmittelwerte: (BSHR_):	01.12.1953	-	31.10.1957
Stundenwerte (BSHR_):	01.11.1972 08:00 Uhr - 31.10.1977 07:00 Uhr		

48. Pegelstation Prerow Außen

Pegelnummer:	N.A.
Betreiber:	N.A.
Betrieb seit:	N.A.
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: ; Longitude:
Bekannte Bezugshöhen:	PNP = NHN - 4,986 m
Datenquellen:	BSH_R
Umfang der Daten:	
Stundenwerte (BSH_R):	01.11.1935 01:00 Uhr - 31.10.1945 23:00 Uhr

49. Pegelstation Prerow Innen

Pegelnummer:	N.A.
Betreiber:	N.A.
Betrieb seit:	N.A.
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: ; Longitude:
Bekannte Bezugshöhen:	PNP = NHN - 4,986 m
Datenquellen:	BSH_R
Umfang der Daten:	
Terminwerte (BSH_R):	01.11.1947 - 31.10.1988

50. Pegelstation Bodstedt

Pegelnummer:	N.A.		
Betreiber:	WSA Stralsund		
Betrieb seit:	N.A.		
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 54,37 ; Longitude: 12,61		
Bekannte Bezugshöhen:	PNP = HN -5,14 m. ü. HN		
Datenquellen:	BSH_R		
Umfang der Daten:			
Monatsextremwerte (BSH_R):	05.1990	-	10.1995
Monatsmittelwerte (BSH_R):	05.1990	-	10.1995
Tagesmittelwerte (BSH_R):	01.05.1990	-	31.10.1995
Stundenwerte (BSH_R):	01.11.1991	-	31.10.1995

51. Pegelstation Zingst (IMK)

Pegelnummer:	keine Nr., internes Messnetz Küste (IMK)
Betreiber:	StAUN Rostock
Betrieb seit:	N.A.
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 54,44 ; Longitude: 12,67
Bekannte Bezugshöhen:	PNP = NHN – 4,99 m
Datenquellen:	BSH_R
Umfang der Daten:	
Stundenwerte:	01.01.1997 - 15.10.2015

52. Pegelstation Zingst Bodden

Pegelnummer:	03128.0		
Betreiber:	StALU VP (HST)		
Betrieb seit:	1937		
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 54,43 ; Longitude: 12,69		
Bekannte Bezugshöhen:	PNP = NHN – 4,986 m		
	PNP = HN -5,14 m		
Datenquellen:	BSH_R, BW		
Umfang der Daten:			
Jahresmaximalwerte (BSH_R):	1937	-	2009 (uv)
Monatsextremwerte(BSH_R):	10.1962	-	10.2013 (uv)
Monatsmittelwerte (BSH_R):	11.1961	-	10.2013 (uv)
Tagesmittelwerte (BSH_R):	01.11.1961	-	31.10.2013 (uv)
Stundenwerte (BSH_R):	01.11.1975	-	01.11.2013 (uv)

53. Pegelstation Zingst (Ostsee)

Pegelnummer:			
Betreiber:	N.A.		
Betrieb seit:	N.A.		
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 54,44 ; Longitude: 12,68		
Bekannte Bezugshöhen:	PNP = NHN – 4,986 m		
	PNP = HN -5,14 m		
Datenquellen:	BSH_R		
Umfang der Daten:			
Monatsextremwerte:	03.1966	-	12.1994
Monatsmittelwerte:	03.1966	-	10.1994
Tagesmittelwerte:	01.03.1966	-	31.10.1994
Stundenwerte:	01.03.1966	-	31.12.1994 (uv)

54. Pegelstation Barth

Pegelnummer:	9650030		
Betreiber:	WSA Stralsund		
Betrieb seit:	N.A.		
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 54,37 ; Longitude: 12,72		
Bekannte Bezugshöhen:	PNP = NHN – 4,986 m		
	PNP = HN -5,14 m		
Datenquellen:	BW, BSH_R, BfG, PegelOnline		
Umfang der Daten:			
Jahresmaximalwerte:	1865	-	2009 (uv)
Jahreshauptwerte (intern):	1936	-	2009 (uv)
Monatsextremwerte (BSH_R):	11.1958	-	10.2013
Monatsmittelwerte (BSH_R):	11.1959	-	10.2014
Tagesmittelwerte (BSH_R):	01.11.1959	-	31.10.2014
Stundenwerte (BfG):	01.07.1959	-	01.11.2016
Minutenwerte (PO):	31.10.2013	-	01.10.2018

55. Pegelstation Nisdorf

Pegelnummer:	9650031
Betreiber:	WSA Stralsund
Betrieb seit:	02.04.2012
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 54.38 ; Longitude: 12.89
Bekannte Bezugshöhen:	PNP = NHN – 4,986 m PNP = HN -5,14 m
Datenquellen:	PegelOnline
Umfang der Daten:	
Minutenwerte (PO):	09.04.2014 00:01 Uhr - 01.02.2016 00:00 Uhr

56. Pegelstation Barhöft

Pegelnummer:	9650040
Betreiber:	WSA Stralsund
Betrieb seit:	N.A.
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 54,43 ; Longitude: 13,03
Bekannte Bezugshöhen:	PNP = NHN – 4,986 m PNP = HN -5,14 m
Datenquellen:	BSH_R, BfG, PegelOnline

Umfang der Daten:

Jahresmaximalwerte (intern):	1873	-	1993 (uv)
Jahreshauptwerte (intern):	1932	-	1993 (uv)
Monatsextremwerte (BSH_R):	11.1954	-	10.2013
Monatsmittelwerte (BSH_R):	11.1954	-	10.2014
Tagesmittelwerte (BSH_R):	01.11.1954	-	31.10.2014
Stundenwerte (BfG):	01.11.1953	-	01.11.2016
Minutenwerte (PO):	31.10.2013	-	01.10.2018

Plausibilisierung: P-I

Stationsname	Kommentar	Start	Ende
Barhöft (WSA)	einzelner Ausreißer	15.11.1954 17:00	15.11.1954 17:00
Barhöft (WSA)	einzelner Ausreißer	29.03.1956 00:00	29.03.1956 00:00
Barhöft (WSA)	Versatz, unklarer Beginn	13.06.1961 00:00	13.06.1961 23:00
Barhöft (WSA)	Versatz, klarer Beginn und Ende	10.06.1962 21:00	11.06.1962 01:00
Barhöft (WSA)	Versatz, eindeutiger Beginn und Ende	14.11.1965 19:00	14.11.1965 21:00
Barhöft (WSA)	konstante Wasserstände, große Abweichung von Nachbarpegeln; klarer Beginn und Ende	29.09.1966 10:00	29.09.1966 22:00
Barhöft (WSA)	Versatz, klarer Beginn und Ende	02.09.1998 16:00	03.09.1998 00:00
Barhöft (WSA)	fehlerhafte Messwerte in einem Bereich wo sonderbarerweise nur vereinzelt Messwerte vorliegen	28.12.2010 00:00	06.01.2011 23:00
Barhöft (WSA)	fehlerhafte Messwerte in einem Bereich wo sonderbarerweise nur vereinzelt Messwerte vorliegen	23.02.2011 00:00	09.03.2011 23:00

Barhöft (WSA)	Versatz	01.11.2014 00:00	01.11.2014 23:00

57. Pegelstation Stralsund

Pegelnummer:	9650043		
Betreiber:	WSA Stralsund		
Betrieb seit:	N.A.		
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 54,32 ; Longitude: 13,10		
Bekannte Bezugshöhen:	PNP = NHN – 4,986 m		
	PNP = HN -5,14 m		
Datenquellen:	BSH_R, BfG, PegelOnline, G-MV		
Umfang der Daten:			
Extremwasserstände (G-MV):	13.11.1872	-	13.01.1987
Jahresmaximalwerte (intern):	1874	-	2009 (uv)
Jahreshauptwerte (intern):	1931	-	2009
Monatsextremwerte (BSH_R):	11.1961	-	10.2013
Monatsmittelwerte (BSH_R):	11.1961	-	10.2014
Tagesmittelwerte(BSH_R):	01.11.1961	-	31.10.2014
Stundenwerte (BfG:	01.11.1961	-	01.11.2016
Minutenwerte (PO):	31.10.2013	-	01.10.2018

58. Pegelstation Schaprode

Pegelnummer:	keine Nr., internes Messnetz Küste (IMK)
Betreiber:	StAUN Rostock
Betrieb seit:	N.A.
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 54,51 ; Longitude: 13,10
Bekannte Bezugshöhen:	PNP = NHN – 4,99 m
Datenquellen:	IMK
Umfang der Daten:	
Stundenwerte (IMK):	01.11.1984 - 01.11.2013 (uv)

59. Pegelstation Neuendorf Hafen (Binnen)

Pegelnummer:	9670046		
Betreiber:	WSA Stralsund		
Betrieb seit:	N.A.		
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 54,51 ; Longitude: 13,09		
Bekannte Bezugshöhen:	PNP = NHN – 4,986 m		
	PNP = HN -5,14 m		
Datenquellen:	BSH_R, BfG, PegelOnline		
Umfang der Daten:			
Monatsextremwerte (BSH_R):	11.1985	-	10.2014
Monatsmittelwerte (BSH_R):	11.1985	-	10.2014
Tagesmittelwerte(BSH_R):	01.11.1985	-	31.10.2014
Stundenwerte (BfG):	01.11.1984	-	01.11.2016
Minutenwerte (PO):	28.10.2002	-	01.10.2018

60. Pegelstation Neuendorf Ostsee

Pegelnummer:	N.A.		
Betreiber:	WSA Stralsund		
Betrieb seit:	N.A.		
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 54,52 ; Longitude: 13,08		
Bekannte Bezugshöhen:	PNP = NHN – 4,986 m		
Datenquellen:	BSH_R, BfG		
Umfang der Daten:			
Monatsextremwerte (BSH_R):	11.1985	-	10.2001
Monatsmittelwerte (BSH_R):	11.1985	-	10.2001
Tagesmittelwerte (BSH_R):	01.11.1985	-	31.10.2001
Stundenwerte (BfG):	01.11.1985	-	01.11.2014

61. Pegelstation Kloster

Pegelnummer:	9670050		
Betreiber:	WSA Stralsund		
Betrieb seit:	N.A.		
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 54,58 ; Longitude: 13,11		
Bekannte Bezugshöhen:	PNP = NHN – 4,986 m		
	PNP = HN -5,14 m. ü. HN		
Datenquellen:	BSH_R, BfG, PegelOnline		
Umfang der Daten:			
Monatsextremwerte (BSH_R):	11.1960	-	10.2013
Monatsmittelwerte (BSH_R):	11.1960	-	10.2014
Tagesmittelwerte (BSH_R):	01.11.1960	-	31.10.2014
Stundenwerte (BfG):	01.11.1960	-	01.11.2016
Minutenwerte (PO):	31.10.2013	-	01.10.2018

62. Pegelstation Wittower Fähre

Pegelnummer:	9670055		
Betreiber:	WSA Stralsund		
Betrieb seit:	N.A.		
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 54,56 ; Longitude: 13,25		
Bekannte Bezugshöhen:	PNP = NHN -4,986 m		
	PNP = HN -5,14 m		
Datenquellen:	BSH_R, BfG, PegelOnline		
Umfang der Daten:			
Jahreshauptwerte (intern):	1936	-	2009 (uv)
Monatsextremwerte (BSH_R):	11.1952	-	10.2013
Monatsmittelwerte (BSH_R):	11.1952	-	10.2014
Tagesmittelwerte (BSH_R):	01.11.1952	-	31.10.2014
Stundenwerte (BfG):	01.11.1952	-	01.11.2016
Minutenwerte (PO):	31.10.2013	-	01.02.2018

63. Pegelstation Wiek/Rügen

Pegelnummer:	N.A.
Betreiber:	WSA Stralsund
Betrieb seit:	N.A.
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 54.62; Longitude: 13.29
Bekannte Bezugshöhen:	PNP = NHN – 4,986 m
Datenquellen:	BSH_R
Umfang der Daten:	
Stundenwerte (BSH_R):	01.02.1960 - 30.09.1990

64. Pegelstation Varnkevitz

Pegelnummer:	keine Nr., internes Messnetz Küste (IMK)
Betreiber:	StAUN Rostock
Betrieb seit:	N.A.
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 54,68 ; Longitude: 13,37
Bekannte Bezugshöhen:	PNP = NHN – 4,99 m
Datenquellen:	IMK
Umfang der Daten:	
10-Minutenwerte:	01.01.1997 - 30.06.2014

65. Pegelstation Arkona

Pegelnummer:	N.A.		
Betreiber:	GIP		
Betrieb seit:	N.A.		
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: ~54,68 ; Longitude: ~13,37		
Bekannte Bezugshöhen:	PNP = NHN – 4,986 m		
Datenquellen:	Montag, Westphal & Kühnen, IOW		
Umfang der Daten:			
Monatsmittelwerte (Montag):	01.1882	-	12.1934
Monatsmittelwerte (W&K):	01.1882	-	12.1910
Terminwerte (IOW):	1909	-	1940
Terminwerte (W&K):	01.1882	-	12.1910

66. Pegelstation Sassnitz

Pegelnummer:	9670065
Betreiber:	WSA Stralsund
Betrieb seit:	N.A.
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 54,51 ; Longitude: 13,64
Bekannte Bezugshöhen:	PNP = NHN – 4,987 m PNP = HN -5,14 m
Datenquellen:	PSMSL, BSH_R, BfG, PegelOnline, G-MV, IOW, Richter et al.

Umfang der Daten:

Extremwasserstände (G-MV):	19.04.1903	-	13.01.1987 (no db)
Jahresextremwerte (intern):	1882	-	2009 (uv)
Monatsextremwerte (BSH_R):	11.1953	-	10.2013
Monatsmittelwerte (BSH_R):	11.1955	-	10.2014
Monatsmittelwerte (Richter):	0.1882	-	10.2008
Monatsmittelwerte (PSMSL):	10.1935	-	12.2015
Tagesmittelwerte (BSH_R):	01.11.1954	-	31.10.2014
Terminwerte (IOW):	01.11.1909	-	01.11.1954
Stundenwerte (BfG):	01.08.1954	-	01.11.2016
Minutenwerte (PO):	31.10.2013	-	31.10.2018

Plausibilisierung: P-I

Stationsname	Kommentar	Start	Ende
Sassnitz (WSA)	außergewöhnlich schleppende Kurve	04.06.1979 00:00	29.06.1979 23:00
Sassnitz (WSA)	schleichender Versatz, unklarer Beginn, deutliches Ende	09.09.1989 00:00	19.09.1989 23:00
Sassnitz (WSA)	Versatz, klarer Beginn	07.08.1995 07:00	09.08.1995 12:00

P-II:

Stationsname	Kommentar	Fehlerstart	Fehlerende
Sassnitz (WSA)	Gegenläufiger Verlauf zu Vergleichspegeln	22.08.1998 12:00	23.08.1998 05:00
Sassnitz (WSA)	Gegenläufiger Verlauf zu Vergleichspegeln, schleppende Kurve	03.06.2006 01:00	05.06.2006 00:00
Sassnitz (WSA)	Gegenläufiger Verlauf zu Vergleichspegeln, schleppende Kurve	03.06.2006 01:00	05.06.2006 00:00

67. Pegelstation Ralswiek

Pegelnummer:	03156.0		
Betreiber:	StaLUMM		
Betrieb seit:	N.A.		
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 54,48 ; Longitude: 13,45		
Bekannte Bezugshöhen:	PNP = NHN – 4,987 m		
	PNP = HN -5,14 m		
Datenquellen:	BSH_R		
Umfang der Daten:			
Monatsextremwerte:	11.1973	-	11.2013 (no db)
Monatsmittelwerte:	11.1973	-	11.2013
Tagesmittelwerte:	01.11.1973	-	01.11.2013
Stundenwerte:	01.11.1975	-	01.11.2013

68. Pegelstation Göhren

Pegelnummer:	keine Nr., internes Messnetz Küste (IMK)
Betreiber:	StAUN Rostock
Betrieb seit:	1997
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 54,35 ; Longitude: 13,74
Bekannte Bezugshöhen:	PNP = NHN – 4,99 m
Datenquellen:	IMK
Umfang der Daten:	
10-Minutenwerte:	01.01.1997 - 30.06.2014

69. Pegelstation Thiessow

Pegelnummer:	9670067
Betreiber:	WSA Stralsund
Betrieb seit:	N.A.
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 54,28 ; Longitude: 13,71
Bekannte Bezugshöhen:	PNP = NHN -4,987 m PNP = HN -5,14 m
Datenquellen:	BSH_R, BfG, PegelOnline

Umfang der Daten:

Monatsextremwerte (BSH_R):	04.1984	-	10.2013 (no db)
Monatsmittelwerte (BSH_R):	05.1984	-	10.2014
Tagesmittelwerte (BSH_R):	02.04.1984	-	31.10.2014(uv)
Stundenwerte (BfG):	01.11.1983	-	01.11.2016
Minutenwerte (PO):	31.10.2013	-	01.02.2018

Plausibilisierung: P-I

[-]

P-II:

Stationsname	Kommentar	Start	Ende
Thiessow (WSA)	vert. Versatz	09.05.1995 10:00	10.05.1995 13:00
Thiessow (WSA)	Phasenverschiebung	13.06.1995 01:00	16.06.1995 01:00

70. Pegelstation Lauterbach

Pegelnummer:	9670063
Betreiber:	WSA Stralsund
Betrieb seit:	N.A.
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 54,34 ; Longitude: 13,50
Bekannte Bezugshöhen:	PNP = NHN – 4,987 m PNP = HN - 5,14 m
Datenquellen:	BSH_R, BfG, PegelOnline

Umfang der Daten:

Monatsextremwerte (BSH_R):	11.1975	-	10.2013 (no db)
Monatsmittelwerte (BSH_R):	11.1975	-	10.2014
Tagesmittelwerte (BSH_R):	01.11.1975	-	31.10.2014 (uv)
Stundenwerte (BfG):	01.11.1975	-	01.11.2016
Minutenwerte (PO):	31.10.2013	-	01.10.2018

Plausibilisierung: P-I:

Stationsname	Kommentar	Start	Ende
Lauterbach (WSA)	Phasenverschiebung im MW Bereich	15.04.1976 00:00	26.04.1976 06:00
Lauterbach (WSA)	Phasenverschiebung im MW Bereich	15.09.1978 00:00	18.09.1978 05:00

71. Pegelstation Glewitz

Pegelnummer:	3171.0		
Betreiber:	WSA Stralsund		
Betrieb seit:	N.A.		
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 54.23; Longitude: 13.31		
Bekannte Bezugshöhen:	PNP = NHN -4,988 m		
	PNP = HN -5,14 m		
Datenquellen:	BSH_R		
Umfang der Daten:			
Monatsextremwerte:	11.1990	-	11.1996
Monatsmittelwerte:	11.1990	-	10.1996
Tagesmittelwerte:	01.11.1990	-	31.10.1996
Stundenwerte:	01.11.1990	-	01.11.1996

72. Pegelstation Stahlprode

Pegelnummer:	9670070
Betreiber:	WSA Stralsund
Betrieb seit:	N.A.
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 54,23 ; Longitude: 13,29
Bekannte Bezugshöhen:	PNP = NHN – 4,988 PNP = HN -5,14 m
Datenquellen:	BSH_R, BfG, PegelOnline

Umfang der Daten:

Monatsextremwerte (BSH_R):	11.1975	-	10.2013 (no db)
Monatsmittelwerte (BSH_R):	11.1975	-	10.2014
Tagesmittelwerte (BSH_R):	01.11.1975	-	31.10.2014
Stundenwerte (BfG):	01.08.1975	-	01.11.2016
Minutenwerte (PO):	31.10.2013	-	01.10.2018

Plausibilisierung: P-I
[-]

P-II:

Stationsname	Kommentar	Start	Ende
Stahlbrode (WSA)	vert. Versatz	22.02.1976 10:00	22.02.1976 22:00
Stahlbrode (WSA)	Gegenläufiger Verlauf	21.04.1977 19:00	24.04.1977 15:00
Stahlbrode (WSA)	Gegenläufiger Verlauf	27.06.1977 15:00	04.07.1977 06:00
Stahlbrode (WSA)	schleppende Ganglinie, konst WST, stark abweichendes Verhalten zu Nachbarstationen	19.09.1979 12:00	08.10.1979 10:00
Stahlbrode (WSA)	konst WST über knapp 24h, schleppende Ganglinie, starke Abweichungen zu Nachbarstationen	20.11.1979 20:00	26.11.1979 17:00

73. Pegelstation Greifswald Eldena

Pegelnummer:	9650072
Betreiber:	WSA Stralsund
Betrieb seit:	N.A.
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 54,09 ; Longitude: 13,45
Bekannte Bezugshöhen:	PNP = NHN -4,988 m PNP = HN -5,14 m
Datenquellen:	BSH_R, BfG, PegelOnline, G-MV

Umfang der Daten:

Extremwasserstände (G-MV):	13.11.1872	-	13.01.1987 (no db)
Jahresmaximalwerte (intern):	1874	-	2009 (uv)
Monatsextremwerte (BSH_R):	11.1963	-	10.2013
Monatsmittelwerte (BSH_R):	11.1964	-	10.2014
Tagesmittelwerte (BSH_R):	01.11.1964	-	31.10.2014
Stundenwerte (BfG):	01.11.1963	-	01.11.2016
Minutenwerte (PO):	31.10.2013	-	01.10.2018

Plausibilisierung: P-I

Stationsname	Kommentar	Start	Ende
Greifswald (WSA)	einzelner Ausreißer	04.01.1969 21:00	04.01.1969 21:00

P-II:

Stationsname	Kommentar	Start	Ende
Greifswald (WSA)	vert. Versatz	31.01.1987 03:00	01.02.1987 00:00

74. Pegelstation Greifswald Wieck

Pegelnummer:	9650073
Betreiber:	WSA Stralsund
Betrieb seit:	N.A.
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 54,08 ; Longitude: 13,45
Bekannte Bezugshöhen:	PNP = HN -5,14 m
Datenquellen:	PegelOnline (In der Statistik werden die Pegel Greifswald Wieck und Eldena als ein Pegel betrachtet)
Umfang der Daten:	
Minutenwerte:	31.10.2013 - 31.01.2016

75. Pegelstation Lubmin

Pegelnummer:	keine Nr., internes Messnetz Küste (IMK)
Betreiber:	StAUN Rostock
Betrieb seit:	1997
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 54,24 ; Longitude: 13,91
Bekannte Bezugshöhen:	PNP = NHN – 4,99 m
Datenquellen:	IMK
Umfang der Daten:	
10-Minutenwerte:	01.01.1997 - 06.08.2008

76. Pegelstation Wolgast

Pegelnummer:	9690080		
Betreiber:	WSA Stralsund		
Betrieb seit:	N.A.		
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 54,04 ; Longitude: 13,77		
Bekannte Bezugshöhen:	PNP = NHN – 4,988 m		
	PNP = HN -5,14 m		
Datenquellen:	BSH_R, BfG, PegelOnline		
Umfang der Daten:			
Jahresmaximalwerte (intern):	1874	-	2009 (uv)
Jahreshauptwerte (intern):	1931	-	2009 (uv)
Monatsextremwerte (BSH_R):	11.1965	-	11.2013
Monatsmittelwerte (BSH_R):	11.1965	-	11.2014
Stundenwerte (BfG):	01.11.1965	-	01.11.2016
Minutenwerte (PO):	31.10.2013	-	01.10.2018

77. Pegelstation Karlshagen

Pegelnummer:	9690085
Betreiber:	WSA Stralsund
Betrieb seit:	N.A.
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 54,11 ; Longitude: 13,81
Bekannte Bezugshöhen:	PNP = NHN – 4,987 m
	PNP = HN -5,14 m
Datenquellen:	BSH_R, BfG, PegelOnline

Umfang der Daten:

Monatsextremwerte (BSH_R):	11.1992	-	11.2013 (no db)
Monatsmittelwerte (BSH_R):	11.1992	-	11.2014
Stundenwerte (BfG):	01.11.1992	-	01.11.2016
Minutenwerte (PO):	31.10.2013	-	01.10.2018

78. Pegelstation Peenemünde

Pegelnummer:	N.A.
Betreiber:	WSA Stralsund
Betrieb seit:	N.A.
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 54,13 ; Longitude: 13,77
Bekannte Bezugshöhen:	PNP = NHN – 4,987 m PNP = HN -5,14 m
Datenquellen:	BSH_R, BfG

Umfang der Daten:

Monatsextremwerte (BSH_R):	05.1984	-	11.2008 (no db)
Monatsmittelwerte (BSH_R):	05.1984	-	10.2008
Tagesmittelwerte (BSH_R):	01.05.1984	-	31.10.2008
Stundenwerte (BfG):	01.11.1984	-	05.04.2010

79. Pegelstation Ruden

Pegelnummer:	9690077
Betreiber:	WSA Stralsund
Betrieb seit:	N.A.
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 54,20 ; Longitude: 13,77
Bekannte Bezugshöhen:	PNP = NHN – 4,987 PNP = HN -5,14 m
Datenquellen:	BSH_R, BfG, PegelOnline

Umfang der Daten:

Monatsextremwerte (BSH_R):	11.1945	-	11.2013
Monatsmittelwerte (BSH_R):	11.1965	-	11.2014
Tagesmittelwerte (BSH_R):	18.04.1965	-	31.10.2014
7-Uhr Terminwerte (BSH_R):	01.11.1945	-	31.10.1979
Stundenwerte (BfG):	18.04.1965	-	01.11.2016
Minutenwerte (PO):	31.10.2013	-	01.10.2018

Plausibilisierung: P-I

Stationsname	Kommentar	Start	Ende
Ruden (WSA)	Phasenverschiebung	26.03.1996 00:00	28.03.1996 23:00

P-II:

Stationsname	Kommentar	Start	Ende
Ruden (WSA)	zeitlicher Versatz, Phasenverschiebung nach konst WST	26.03.1996 00:00	28.03.1996 20:00
Ruden (WSA)	unklare Abweichungen in Ruden	25.07.2007 15:00	30.07.2007 17:00
Ruden (WSA)	erst konstante WST, dann verzögertes HW und wieder konst WST	16.11.2007 08:00	19.11.2007 09:00
Ruden (WSA)	konstante WST über 24h	22.11.2007 10:00	23.11.2007 16:00
Ruden (WSA)	häufige Fehlerwerte in diesem Bereich (-999); starke Abweichung zu Nachbarpegeln	16.01.2010 22:00	19.01.2010 21:00

80. Pegelstation Greifswald Oie

Pegelnummer:	9690078
Betreiber:	WSA Stralsund
Betrieb seit:	N.A.
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 54,24 ; Longitude: 13,91
Bekannte Bezugshöhen:	PNP = NHN – 4,988 m PNP = HN -5,14 m
Datenquellen:	BSH_R, BfG, PegelOnline

Umfang der Daten:

Monatsextremwerte (BSH_R):	05.1984	-	11.2013 (no db)
Monatsmittelwerte (BSH_R):	05.1984	-	11.2014
Tagesmittelwerte (BSH_R):	18.04.1984	-	31.10.2014
Stundenwerte (BfG):	18.04.1984	-	01.11.2016
Minutenwerte (PO):	31.10.2013	-	01.10.2018

Plausibilisierung: P-I
[-]

P-II:

Stationsname	Kommentar	Start	Ende
Greifswalder Oie (WSA)	vertikaler Versatz	23.09.1995 01:00	23.09.1995 11:00
Greifswalder Oie (WSA)	gegenläufiger Verlauf	09.07.2003 12:00	14.07.2003 00:00
Greifswalder Oie (WSA)	große, ungewöhnliche Abweichungen	04.08.2003 01:00	13.08.2003 12:00
Greifswalder Oie (WSA)	Phasenverschiebung nach konst WST	02.01.2006 11:00	04.01.2006 00:00

81. Pegelstation Koserow IMK

Pegelnummer:	keine Nr., internes Messnetz Küste (IMK)
Betreiber:	StAUN Rostock
Betrieb seit:	N.A.
Koordinaten (WGS 84):	Latitude:54,06; Longitude: 14,00
Bekannte Bezugshöhen:	PNP = NHN – 4,99
Datenquellen:	IMK
Umfang der Daten:	
10-Minutenwerte:	28.04.2008 - 28.09.2015

82. Pegelstation Koserow

Pegelnummer:	9690093		
Betreiber:	WSA Stralsund		
Betrieb seit:	N.A.		
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 54,06 ; Longitude: 14,00		
Bekannte Bezugshöhen:	PNP = HN -5,14 m		
Datenquellen:	PSMSL, BSH_R, BfG, PegelOnline, G-MV		
Umfang der Daten:			
Extremwasserstände (G-MV):	11.12.1949	-	13.01.1987 (no db)
Monatsextremwerte (BSH_R):	11.1972	-	11.2013 (no db)
Monatsmittelwerte (BSH_R):	11.1972	-	11.2014
Monatsmittelwerte (PSMSL):	10.1977	-	12.2015
Stundenwerte (BfG):	01.11.1972	-	01.11.2016
Tagesmittelwerte (BSH_R):	01.11.1972	-	31.10.2014
Minutenwerte (PO):	31.10.2013	-	31.10.2018

Plausibilisierung: P-I
[-]

P-II:

Stationsname	Kommentar	Start	Ende
Koserow (WSA)	deutlich abweichender Verlauf mit starkem Sprung am Anfang und Ende des angegebenen Zeitraums	02.10.2001 00:00	01.11.2001 00:00

83. Pegelstation Stagnieß

Pegelnummer/Kennzahl:	3182.0		
Betreiber:	WSA Stralsund		
Betrieb seit:	N.A.		
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 53,996 ; Longitude: 14,05		
Bekannte Bezugshöhen:	PNP = NHN -4,988 m		
Datenquellen:	BSH_R		
Umfang der Daten:			
Monatsextremwerte:	08.1976	-	10.1996
Monatsmittelwerte:	11.1976	-	10.1994
Tagesmittelwerte:	01.11.1976	-	31.10.1994
Stundenwerte:	01.11.1976	-	01.11.1994

84. Pegelstation Karnin

Pegelnummer:	9690084		
Betreiber:	WSA Stralsund		
Betrieb seit:	N.A.		
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 53,83 ; Longitude: 13,86		
Bekannte Bezugshöhen:	PNP = NHN -4,988 m		
	PNP = HN -5,14 m		
Datenquellen:	BSH_R, BfG		
Umfang der Daten:			
Monatsextremwerte:	11.1970	-	10.1999
Monatsmittelwerte (BSH_R):	11.1955	-	11.2014
Tagesmittelwerte (BSH_R):	01.11.1955	-	31.10.2014
Stundenwerte (BfG):	01.11.1955	-	01.11.2016

85. Pegelstation Mönkebude

Pegelnummer:	keine Nr., internes Messnetz Küste (IMK)
Betreiber:	StAUN Rostock
Betrieb seit:	1997
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 53,78 ; Longitude: 13,97
Bekannte Bezugshöhen:	PNP = NHN – 4,99
Datenquellen:	IMK
Umfang der Daten:	
Stundenwerte:	31.07.1997 - 01.01.2008
10-Minutenwerte:	01.01.2008 - 02.03.2008

86. Pegelstation Ückermünde

Pegelnummer:	9690088
Betreiber:	WSA Stralsund
Betrieb seit:	N.A.
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 53,75 ; Longitude: 14,07
Bekannte Bezugshöhen:	PNP = HN -5,14 m
Datenquellen:	BSH_R, BfG

Umfang der Daten:

Jahresmaximalwerte (intern):	1901	-	2009 (uv)
Jahreshauptwerte (intern):	1947	-	2009 (uv)
Monatsextremwerte (BSH_R):	11.1965	-	11.2013
Monatsmittelwerte (BSH_R):	11.1965	-	11.2014
Tagesmittelwerte (BSH_R):	01.11.1965	-	31.10.2014
Stundenwerte (BfG):	01.11.1965	-	01.11.2016

Plausibilisierung: P-II

Stationsname	Kommentar	Start	Ende
Ueckermuende (WSA)	größere Abweichungen ums Mittelwasser	03.03.1982 18:00	06.03.1982 13:00
Ueckermuende (WSA)	größere Abweichungen ums Mittelwasser	06.03.1982 21:00	07.03.1982 20:00
Ueckermuende (WSA)	größere Abweichungen ums Mittelwasser	10.03.1982 02:00	16.03.1982 05:00

87. Pegelstation Kamminke

Pegelnummer:	keine Nr., internes Messnetz Küste (IMK)
Betreiber:	StAUN Rostock
Betrieb seit:	1997
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 53,86 ; Longitude: 14,21
Bekannte Bezugshöhen:	PNP = NHN – 4,99 m
Datenquellen:	IMK

Umfang der Daten:

Stundenwerte (unvollständig):	13.06.1997	-	01.01.2008
10-Minutenwerte (unvollständig):	01.01.2008	-	06.08.2008

8.1.3 Polnische Pegel

Der Bezug von polnischen Stundendaten über das für Wasserstanddaten zuständige Institut für Meteorologie und Wasserwirtschaft (IMGW) in Polen ist mit einem hohen finanziellen Aufwand verbunden und wurde daher bislang nicht durchgeführt. Die aktuell vorliegenden Daten von 6 Stationen wurden aus der Literatur, vom PSMSL und aus bereits vor Projektbeginn zur Verfügung stehenden Datensätzen zusammengestellt.

88. Pegelstation Swinemünde (Swinoujscie)

Pegelnummer:	unbekannt		
Betreiber:	IMGW		
Betrieb seit:	unbekannt		
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 53,92 ;Longitude: 14,23		
Bekannte Bezugshöhen:			
(DGJ)	PNP = NN – 1,074 m (1901-min 1927)		
Literatur (FURMANCYK)	PNP = BS77 – 5 m (heute)		
Datenquellen:	PSMSL, BSH_R, FURMANCYK		
Umfang der Daten:			
Jahresmittelwerte (H&R):	1811	-	1935 (no db)
Jahresextremwerte (FURMANCYK):	1901	-(uv)	2006
Jahresextremwerte (DGJ):	1901	-(uv)	2009
Monatsmittelwerte (PSMSL):	01.1811	-	12.1999
Monatsmittelwerte (RICHTER):	01.1811	-	12.1997
Monatsmittelwerte (MONTAG):	01.1811	-	1944
Monatsmittelwerte (W&K):	01.1882	-	12.1910
Stundenwerte (IMGW):	01.01.1996	-	01.01.2007
12h-Terminwerte (W&K):	01.1882	-	12.1910

89. Pegelstation Kolobrzeg/Kolberg

Pegelnummer:	unbekannt		
Betreiber:	IMGW		
Betrieb seit:	unbekannt, Min. 1811		
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 54,18 ;Longitude: 15,55		
Bekannte Bezugshöhen:			
(DGJ)	PNP = NN – 1,607 m (1906-min 1927)		
Literatur (FURMANCYK)	PNP = BS77 – 5 m (heute)		
Datenquellen:	PSMSL, Literatur (RICHTER),		
Umfang der Daten:			
Jahresmittelwerte (H&R):	1811	-	1935 (no db)
Jahresextremwerte (FURMANCYK):	1867	-	2006
Monatsmittelwerte (RICHTER):	01.1816	-	12.1999
Monatsmittelwerte (PSMSL):	01.1951	-	12.1999

90. Pegelstation Ustka

Pegelnummer:	unbekannt		
Betreiber:	IMGW		
Betrieb seit:	Min. 1948		
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 54,58 ;Longitude: 16,87		
Bekannte Bezugshöhen:	PNP = N.A.		
Datenquellen:	PSMSL, FURMANCYK, MONTAG		
Umfang der Daten:			
Jahresmittelwerert (H&R):	1811	-	1935 (nob)
Jahresextremwerte (FURMANCYK):	1948	-	2006
Monatsmittelwerte (MONTAG):	01.1908	-	12.1944
Monatsmittelwerte (PSMSL):	01.1951	-	12.1999

91. Pegelstation Wladyslawowo

Pegelnummer:	unbekannt		
Betreiber:	IMGW		
Betrieb seit:	Min. 1951		
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 54,7967 ;Longitude: 18,4186		
Bekannte Bezugshöhen:	PNP = BS77 – 5m (Zeitraum unbekannt)		
Datenquellen:	PSMSL, GESLA		
Umfang der Daten:			
Monatsmittelwerte (PSMSL):	01.1951	-	12.1999
Stundenwerte (GESLA):	01.01.1962	-	01.01.2003

92. Pegelstation Hel

Pegelnummer:	unbekannt
Betreiber:	IMGW
Betrieb seit:	unbekannt, Min. 1901
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 54,60; Longitude: 18,80
Bekannte Bezugshöhen:	PNP = N.A.
Datenquellen:	PSMSL
Umfang der Daten:	
Monatsmittelwerte (PSMSL):	01.1901 - 12.1999

93. Pegelstation Gdansk

Pegelnummer:	unbekannt		
Betreiber:	IMGW		
Betrieb seit:	unbekannt, Min. 1926		
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 54, 0; Longitude: 18,68		
Bekannte Bezugshöhen:	PNP = N.A.		
Datenquellen:	PSMSL		
Umfang der Daten:			
Jahreshauptwerte (FURMANCYK):	1886	-	2006
Monatsmittelwerte (PSMSL):	01.1926	-	12.1986

8.1.4 Russische Pegel (Kaliningrad)

94. Pegelstation Kaliningrad/Pillau

Pegelnummer:	unbekannt		
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 54,95 ; Longitude: 20,22		
Betrieb seit:	unbekannt, Min. 1816		
Bekannte Bezugshöhen:	PNP = N.A.		
Datenquellen:	PSMSL, H&R, W&K		
Umfang der Daten:			
Jahresmittelwerte (H&R):	1816	-	1935
Monatsmittelwerte (PSMSL):	01.1926	-	12.1986
Monastmittelwerte (W&K):	01.1898	-	12.1910
12h- Terminwerte (W&K):	01.01.1898	-	31.10.1910

8.1.5 Litauische Pegel

Bislang wurde für den litauischen Küstenabschnitt ein Datensatz über PSMSL bezogen. Eine Anfrage bezüglich eines Datensatzes der Station Klaipeda Channel mit Stundenwerten läuft derzeit über das EPA Litauen.

95. Pegelstation Kleipeda/Memel

Pegelnummer:	14-006		
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 55,70; Longitude: 21,13		
Bekannte Bezugshöhen:	PNP = N.A.		
Datenquellen:	PSMSL, EPA MRD, W&K, IO Warnemünde		
Umfang der Daten:			
Jahreshauptwerte (EPA MRD):	1902	-	2014
Monatsmittelwerte (unvollständig):	01.1898	-	12.2011
Monatsmittelwerte (W&K):	01.1898	-	12.1910
Terminwerte (IOW):	01.11.1909	-	31.10.1940
Stundenwerte (EPA MRD):	01.01.1993	-	31.12.2015
12h-Terminwerte (W&K):	01.01.1898	-	31.12.1910

8.1.6 Lettische Pegel

Die Daten für lettische Pegelstationen wurden vom lettischen Zentrum für Umwelt, Geologie und Meteorologie (LVGMC) bezogen. Ergänzt wird diese Sammlung von einem Datensatz des PSMSL für Daugavgriva.

96. Pegelstation Liepaja

Betrieb seit:	28.07.1931
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 56,49; Longitude: 21,03
Bekannte Bezugshöhen:	PNP = 0,07 m LAS 2000,5 (-0,10 m BAS-77)
Datenquellen:	LVGMC
Umfang der Daten: Momentanwerte (08/14/20 Uhr):	01.01.1992 - 08.01.2004

97. Pegelstation Pavilosta

Betrieb seit:	N.A.
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 56,89; Longitude: 21,20
Bekannte Bezugshöhen:	N.A.
Datenquellen:	LVGMC
Umfang der Daten: Momentanwerte: (02/08/14/20 Uhr Bzw. 03/09/15/21 Uhr):	01.01.1961 - 30.12.2003

98. Pegelstation Ventspils

Betrieb seit:	01.01.1873
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 57,40; Longitude: 21,53
Bekannte Bezugshöhen:	PNP = LAS(2000,5) - 4,83 m (-5,00 m BS-77)
Datenquellen:	LVGMC
Umfang der Daten: Momentanwerte (02/08/14/20 Uhr):	01.01.1992 - 31.12.2003

99. Pegelstation Kolka

Betrieb seit: 01.01.1884

Koordinaten (WGS 84): Latitude: 57,74; Longitude: 22,59

Bekannte Bezugshöhen: N.A.

Datenquellen: LVGMC

Umfang der Daten:
Momentanwerte (02/08/14/20 Uhr): 10.02.1996 - 04.01.2005

100. Pegelstation Roja

Betrieb seit: 01.07.1932

Koordinaten (WGS 84): Latitude: 57,51; Longitude: 22,80
Bekannte Bezugshöhen: PNP = - 4,83m LAS 2000,5 (-5,00m BAS-77)

Datenquellen: LVGMC

Umfang der Daten:
Momentanwerte
(08/20 Uhr bzw. 09/21 Uhr): 01.01.1964 - 31.12.2004

101. Pegelstation Mersrags

Betrieb seit: 01.10.1895

Koordinaten (WGS 84): Latitude: 57,33; Longitude: 23,13
Bekannte Bezugshöhen: PNP = - 4,84 m LAS 2000,5 (-5,00 m BAS-77)

Datenquellen: LVGMC

Umfang der Daten:
Momentanwerte (02/08/14/20 Uhr
bzw. 03/09/15/21 Uhr): 01.10.1961 - 10.01.2006

102. Pegelstation Daugavgriva

Betrieb seit: 01.01.1895

Koordinaten (WGS 84): Latitude: 57,05; Longitude: 24,03

Bekannte Bezugshöhen: PNP = - 4,85m LAS 2000,5 (-5,00m BAS-77)

Datenquellen: LVGMC, PSMSL

Umfang der Daten:
Monatsmittelwerte: 01.1872 - 12.1938
Momentanwerte (08/20 Uhr): 01.01.1992 - 30.06.2003

103. Pegelstation Lielupes Griva

Betrieb seit: 01.01.1946

Koordinaten (WGS 84): Latitude: 57,98; Longitude: 23,89
Bekannte Bezugshöhen: PNP = - 4,85m LAS 2000,5 (-5,00m BAS-77)

Datenquellen: LVGMC

Umfang der Daten:

Momentanwerte (08/20 Uhr): 01.01.1992 - 30.06.2003

104. Pegelstation Skulte

Betrieb seit: 06.01.1933

Koordinaten (WGS 84): Latitude: 57,32; Longitude: 24,41
Bekannte Bezugshöhen: PNP = - 4,85m LAS 2000,5 (-5,00m BAS-77)

Datenquellen: LVGMC

Umfang der Daten:

Momentanwerte (08/20 Uhr): 01.01.1992 - 30.06.2008

105. Pegelstation Salacgriva

Betrieb seit: 01.01.1921

Koordinaten (WGS 84): Latitude: 57,76; Longitude: 24,35
Bekannte Bezugshöhen: PNP = - 4,84m LAS 2000,5 (-5,00m BAS-77)

Datenquellen: LVGMC

Umfang der Daten:
Momentanwerte: (08/(14)/20 Uhr bzw. 09/15 Uhr)

01.01.1961 - 30.12.2006

8.1.7 Estnische Pegel

Wasserstandzeitreihen entlang der estnischen Küste wurden in stündlicher Auflösung vom estnischen Umweltministerium für das Forschungsprojekt in Form einer Excel-Tabelle bereitgestellt. Die Darin enthaltenen Datensätze sind bezogen auf das baltische Höhensystem (BH 77). Die Monatsmittelwertzeitreihe der Station Tallin wurde über PSMSL.org bezogen.

Im Verlauf des Projekts wurden die Daten der vier estnischen Stationen an die Formatierung der Datenbank angepasst und darin importiert sodass Sie für alle Projektpartner zur Verfügung stehen.

Die bezogenen Zeitreihen werden nachfolgend näher beschrieben:

106. Pegelstation Pärnu

Pegelnummer:	unbekannt
Betreiber:	unbekannt
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 58,38; Longitude: 24,47
Bekannte Bezugshöhen:	N.A.
Datenquellen:	Umweltschutzbehörde Estland (EEA) (Keskkonnaagentuur)
Umfang der Daten:	
Momentanwerte (6/12/18 Uhr):	01.11.1949 – 31.08.1951
Momentanwerte (3/17/19 Uhr):	14.09.1951 13:00 Uhr – 16.09.1951 13:00 Uhr
Stundenwerte:	01.09.1951 00:00 Uhr – 14.09.1951 12:00 Uhr 16.09.1951 14:00 Uhr – 27.06.2015 23:00 Uhr

107. Pegelstation Virtsu

Pegelnummer:	unbekannt
Betreiber:	unbekannt
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 58,59; Longitude: 23,51
Bekannte Bezugshöhen:	N.A.
Datenquellen:	Umweltschutzbehörde Estland (EEA) (Keskkonnaagentuur)
Umfang der Daten:	
Tagesmittelwerte (EEA):	23.08.1945 - 31.12.216
Monatsmittelwerte (EEA):	01.1945 - 12.2016
Monatsextrema (EEA):	01.1945 - 12.2016

108. Pegelstation Rohukila

Pegelnummer:	unbekannt		
Betreiber:	unbekannt		
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 58,904; Longitude: 23,425		
Bekannte Bezugshöhen:	N.A.		
Datenquellen:	Umweltschutzbehörde Estland (EEA) (Keskkonnaagentuur)		
Umfang der Daten:			
Tagesmittelwerte (EEA):	01.01.1941	-	22.04.2013
Monatsmittelwerte (EEA):	01.1941	-	04.2013
Monatsextrema (EEA):	01.1941	-	04.2013

109. Pegelstation Helterma

Pegelnummer:	unbekannt		
Betreiber:	unbekannt		
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 58,866; Longitude: 23,046		
Bekannte Bezugshöhen:	N.A.		
Datenquellen:	Umweltschutzbehörde Estland (EEA) (Keskkonnaagentuur)		
Umfang der Daten:			
Tagesmittelwerte (EEA):	21.05.1950	-	31.12.2016
Monatsmittelwerte (EEA):	05.1950	-	12.2016
Monatsextrema (EEA):	05.1950	-	12.2016

110. Pegelstation Ristna

Pegelnummer:	unbekannt
Betreiber:	unbekannt
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 58,92; Longitude: 22,06
Datenquellen:	Umweltschutzbehörde Estland (EEA) (Keskkonnaagentuur)
Bekannte Bezugshöhen:	N.A.

Umfang der Daten:

Momentanwerte (6/12/18/24 Uhr):	01.01.1950 00:00 Uhr – 31.05.1954 18:00 Uhr
	01.10.1954 00:00 Uhr – 31.01.1955 18:00 Uhr
	01.03.1955 00:00 Uhr – 30.04.1955 18:00 Uhr
	11.12.1955 00:00 Uhr – 01.01.1956 00:00 Uhr
	01.02.1956 00:00 Uhr – 31.08.1957 18:00 Uhr
	07.12.1961 00:00 Uhr – 15.02.1962 18:00 Uhr
	01.04.1961 00:00 Uhr – 03.06.1961 12:00 Uhr
Stundenwerte:	31.05.1954 19:00 Uhr – 30.09.1954 22:00 Uhr
	31.01.1955 23:00 Uhr – 28.02.1955 22:00 Uhr
	30.04.1955 23:00 Uhr – 10.12.1955 22:00 Uhr
	01.01.1956 01:00 Uhr – 31.01.1956 22:00 Uhr
	31.08.1957 23:00 Uhr – 31.03.1961 20:00 Uhr
	03.06.1961 13:00 Uhr – 07.12.1961 23:00 Uhr
	15.02.1962 19:00 Uhr – 16.11.2015 23:00 Uhr

111. Pegelstation Dirhami

Pegelnummer:	unbekannt
Betreiber:	unbekannt
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 59,211; Longitude: 23,50
Bekannte Bezugshöhen:	N.A., ehem. Name Põõsaspea, versetzt 01.1974 (in ~2,5 km Abstand)
Datenquellen:	Umweltschutzbehörde Estland (EEA) (Keskkonnaagentuur)

Umfang der Daten:

Monatsmittelwerte (EEA):	05.1954	-	12.2016
Monatsextremwerte (EEA):	05.1954	-	12.2016
Tagesmittelwerte (EEA):	12.05.1954	-	31.12.2016

112. Pegelstation Paldiski

Pegelnummer:	unbekannt
Betreiber:	unbekannt
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 59,350; Longitude: 23,048
Bekannte Bezugshöhen:	N.A.
Datenquellen:	Umweltschutzbehörde Estland (EEA) (Keskkonnaagentuur)

Umfang der Daten:

Monatsmittelwerte (EEA):	04.1942	-	04.2009
Monatsextremwerte (EEA):	04.1942	-	04.2009
Tagesmittelwerte (EEA):	26.04.1942	-	30.04.2009

113. Pegelstation Tallin

Pegelnummer: unbekannt
Betreiber: unbekannt

Koordinaten (WGS 84): Latitude: 59,45; Longitude: 24,80

Datenquellen: Umweltschutzbehörde Estland (EEA) (Keskkonnaagentuur)

Umfang der Daten:
Monatsmittelwerte: 01.1928 – 12.1938

114. Pegelstation Loksa

Pegelnummer: unbekannt
Betreiber: unbekannt

Koordinaten (WGS 84): Latitude: 59,853; Longitude: 25,699

Datenquellen: Umweltschutzbehörde Estland (EEA) (Keskkonnaagentuur)

Umfang der Daten:

Monatsmittelwerte (EEA):	01.1950	-	12.2016
Monatsextrema (EEA):	01.1950	-	12.2016
Tagesmittelwerte (EEA):	01.01.1950	-	31.12.2016

115. Pegelstation Kunda

Pegelnummer: unbekannt
Betreiber: unbekannt

Koordinaten (WGS 84): Latitude: 59,526; Longitude: 26,544

Datenquellen: Umweltschutzbehörde Estland (EEA) (Keskkonnaagentuur)

Umfang der Daten:

Monatsmittelwerte (EEA):	01.1948	-	12.2016

Monatsextrema (EEA):	01.1948	-	31.12.2016
Tagesmittelwerte (EEA):	01.01.1948	-	31.12.2016

116. Pegelstation Narva-Joesuu

Pegelnummer:	unbekannt
Betreiber:	unbekannt
Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 59,47; Longitude: 28,04
Bezugshöhen:	unbekannt
Datenquellen:	Umweltschutzbehörde Estland (EEA) (Keskkonnaagentuur)
Umfang der Daten:	
Momentanwerte (6/12/18 Uhr):	01.08.1943 06:00 Uhr – 31.12.1943 18:00 Uhr
Momentanwerte (6/12/18/24 Uhr):	08.07.1945 00:00 Uhr – 30.06.1948 18:00 Uhr
	01.11.1948 00:00 Uhr – 30.09.1950 18:00 Uhr
Stundenwerte:	01.10.1950 00:00 Uhr – 27.06.2010 08:00 Uhr

8.1.8 Russische Pegel

Daten russischer Pegel wurden über den PSMSL sowie aus der Literatur zusammen getragen. Aktuell liegen Zeitreihen für vier verschiedene Stationen vor.

117. Pegelstation Kronstadt

Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 59,986; Longitude: 29,777
Bekannte Bezugshöhen:	N.A.
Datenquellen:	Literatur (Bogdanov)
Umfang der Daten: Monatsmittelwerte (Bogdanov):	01.1777 (uv) - 12.1993

118. Pegelstation Primorsk

Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 60,35; Longitude: 28,62
Bekannte Bezugshöhen:	N.A.
Datenquellen:	PSMSL
Umfang der Daten: Monatsmittelwerte (PSMSL):	01.1921 (uv) - 11.1939

119. Pegelstation Vyborg

Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 60,70; Longitude: 28,73
Bekannte Bezugshöhen:	N.A.
Datenquellen:	PSMSL
Umfang der Daten: Monatsmittelwerte (PSMSL):	01.1889 (uv) - 04.1944

8.1.9 Finnische Pegel

Wasserstandzeitreihen entlang der finnischen Küste wurden vom FMI (finnish meteorological institute) für das Forschungsprojekt bereitgestellt. Die Kriterien zur Auswahl der Pegel waren zum einen die verfügbare Zeitreihenlänge von stündlichen Momentanwerten und zum anderen eine möglichst homogene Verteilung der Pegelstationen entlang der finnischen Küstenlinie. Überliefert wurden die Zeitreihen im finnischen Höhenbezugssystem N2000, welches aus dem European Vertical Reference Frame hervorgeht und die Referenzhöhe des Normaal Amsterdam Peil verwendet. Im Endeffekt ausgewählt wurden die nachfolgend näher beschriebenen Stationen.

120. Pegelstation Hamina

Koordinaten (WGS 84): Latitude: 60,56; Longitude: 27,18

Bekannte Bezugshöhen: N.A.

Datenquellen: FMI, PSMSL, GESLA

Umfang der Daten:

Monatsmittelwerte (PSMSL):	07.1928	-	12.2015
Momentanwerte (FMI):	01.07.1928(4h R.)	-	31.12.1970
Stundenwerte (FMI):	01.01.1971	-	31.12.2015
Stundenwerte (GESLA):	01.01.1971	-	31.12.2014

121. Kotka

Koordinaten (WGS 84): Latitude: 60,45; Longitude: 26,95

Bekannte Bezugshöhen: N.A.

Datenquellen: PSMSL

Umfang der Daten:

Monatsmittelwerte (PSMSL):	01.1908	-	12.1927

122. Soderskar

Koordinaten (WGS 84): Latitude: 60,12; Longitude: 25,42

Bekannte Bezugshöhen: N.A.

Datenquellen: PSMSL

Umfang der Daten:

Monatsmittelwerte (PSMSL):	06.1932	-	12.1936

123. Helsinki

Koordinaten (WGS 84): Latitude: 60,15; Longitude: 24,96

Bekannte Bezugshöhen: N.A.

Datenquellen: FMI, PSMSL, GESLA

Umfang der Daten:

Monatsmittelwerte (PSMSL):	01.1879	-	07.1905
Momentanwerte (FMI):	01.01.1904	-	31.12.1970
Stundenwerte (FMI):	31.12.1970	-	31.12.2015
Stundenwerte (GESLA):	01.01.1971	-	31.12.2014

124. Skuru

Koordinaten (WGS 84): Latitude: 60,10; Longitude: 23,55

Bekannte Bezugshöhen: N.A.

Datenquellen: PSMSL

Umfang der Daten:

Monatsmittelwerte (PSMSL):	01.1900	-	12.1936

125. Tvarminne

Koordinaten (WGS 84): Latitude: 59,85; Longitude: 23,25

Bekannte Bezugshöhen: N.A.

Datenquellen: PSMSL

Umfang der Daten:

Monatsmittelwerte:	01.1921	-	12.1936

126. Russaro

Koordinaten (WGS 84): Latitude: 59,77; Longitude: 22,95

Bekannte Bezugshöhen: N.A.

Datenquellen: PSMSL

Umfang der Daten:
Monatsmittelwerte: 01.1866 - 12.1936

127. Hanko / Hango

Koordinaten (WGS 84): Latitude: 59,82; Longitude: 22,98

Bekannte Bezugshöhen: N.A.

Datenquellen: FMI, PSMSL

Umfang der Daten:
Monatsmittelwerte (PSMSL): 07.1928 - 12.2015
Momentanwerte (FMI): 19.12.1896 12:00 Uhr – 31.12.1896 12:00 Uhr
Momentanwerte (FMI): 22.10.1887 08:00 Uhr – 19.12.1896 12:00 Uhr
01.01.1904 00:00 Uhr – 05.11.1939 20:00 Uhr
22.08.1942 12:00 Uhr – 31.12.1970 20:00 Uhr
Stundenwerte (FMI): 31.12.1896 22:00 Uhr – 31.12.1903 23:00 Uhr
31.12.1970 23:00 Uhr – 31.12.2015 22:00 Uhr
Stundenwerte (GESLA): 01.01.1971 - 31.12.2014

128. Jungfrusund

Koordinaten (WGS 84): Latitude: 59,95; Longitude: 22,37

Bekannte Bezugshöhen: N.A.

Datenquellen: PSMSL

Umfang der Daten:
Monatsmittelwerte (PSMSL): 01.1858 - 12.1934

129. Uto

Koordinaten (WGS 84): Latitude: 59,78; Longitude: 21,37

Bekannte Bezugshöhen: N.A.

Datenquellen: PSMSL

Umfang der Daten:

Monatsmittelwerte (PSMSL): 01.1866 - 12.1936

130. Lohm

Koordinaten (WGS 84): Latitude: 60,10; Longitude: 21,67

Bekannte Bezugshöhen: N.A.

Datenquellen: PSMSL

Umfang der Daten:

Monatsmittelwerte (PSMSL): 07.1920 - 12.1927

131. Pegelstation Föglö / Degerby

Koordinaten (WGS 84): Latitude: ; Longitude:

Bekannte Bezugshöhen: N.A.

Datenquellen: PSMSL, FMI, GESLA

Umfang der Daten:
Monatsmittelwerte (PSMSL): 12.1953 - 12.2015
Momentanwerte (FMI): 17.11.1923 - 30.11.1968 (6/12/18 Uhr)
Stundenwerte (FMI): 31.12.1970 23:00 Uhr – 31.12.2015 22:00 Uhr
Stundenwerte (GESLA): 01.02.1971 - 31.12.2014

132. Turku / Abo

Koordinaten (WGS 84): Latitude: 60,43; Longitude: 22,10

Bekannte Bezugshöhen: N.A.

Datenquellen: PSMSL, GESLA

Umfang der Daten:
Monatsmittelwerte (PSMSL): 01.1922 - 12.2015
Momentanwerte (GESLA): 01.01.1970 00:00 Uhr – 31.12.1970 00:00 Uhr (4h-Rhythmus)
Stundenwerte (GESLA): 01.01.1971 - 31.12.2014

133. Lypyrtti

Koordinaten (WGS 84): Latitude 60,60; Longitude: 21,23

Bekannte Bezugshöhen: N.A.

Datenquellen: PSMSL

Umfang der Daten:
Monatsmittelwerte: 01.1858 - 12.1936

134. Lyokki

Koordinaten (WGS 84): Latitude 60,85; Longitude: 21,18

Bekannte Bezugshöhen: N.A.

Datenquellen: PSMSL

Umfang der Daten:
Monatsmittelwerte: 01.1858 - 12.1936

135. Rauma / Raumo

Koordinaten (WGS 84): Latitude 61,13; Longitude: 21,43

Bekannte Bezugshöhen: N.A.

Datenquellen: FMI, PSMSL

Umfang der Daten:
Monatsmittelwerte (PSMSL): 01.1933 - 12.2014
Momentanwerte (FMI): 01.01.1933 00:00 Uhr – 31.12.1970 20:00 Uhr
Stundenwerte (FMI): 31.12.1970 23:00 Uhr – 31.12.2015 22:00 Uhr
Stundenwerte (GESLA): 31.12.1969 - 31.12.2014

136. Sappi

Koordinaten (WGS 84): Latitude: 61,48; Longitude: 21,33

Bekannte Bezugshöhen: N.A.

Datenquellen: PSMSL

Umfang der Daten:
Monatsmittelwerte (PSMSL): 05.1919 - 12.1936

137. Mantyluoto

Koordinaten (WGS 84): Latitude: 61,59; Longitude: 21,46

Bekannte Bezugshöhen: N.A.

Datenquellen: PSMSL, GESLA

Umfang der Daten:
Monatsmittelwerte (PSMSL): 08.1910 - 12.2015
Momentanwerte (GESLA): 01.01.1970 00:00 Uhr – 31.12.1970 00:00 Uhr
Stundenwerte (GESLA): 01.01.1971 00:00 Uhr – 31.12.2014 22:00 Uhr

138. Reposasri

Koordinaten (WGS 84): Latitude: 61,62; Longitude: 21,45

Bekannte Bezugshöhen: N.A.

Datenquellen: PSMSL

Umfang der Daten:
Monatsmittelwerte: 01.1913 - 12.1926

139. Salgrund

Koordinaten (WGS 84): Latitude: 62,33; Longitude: 21,20

Bekannte Bezugshöhen: N.A.

Datenquellen: PSMSL

Umfang der Daten:
Monatsmittelwerte: 07.1919 - 12.1928

140. Kaskinen / Kasko

Koordinaten (WGS 84): Latitude: 62,34; Longitude: 21,22

Bekannte Bezugshöhen: N.A.

Datenquellen: FMI, PSMSL

Umfang der Daten:

Monatsmittelwerte (PSMSL):	09.1926 - 12.2015
Momentanwerte (FMI):	20.08.1926 08:00 Uhr – 31.12.1970 20:00 Uhr (4h-Rhythmus)
Stundenwerte (FMI):	31.12.1970 23:00 Uhr – 31.12.2015 22:00 Uhr

141. Ronnskar

Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 63,07; Longitude: 20,80
Bekannte Bezugshöhen:	N.A.
Datenquellen:	PSMSL
Umfang der Daten:	
Monatsmittelwerte:	15.01.1867 - 12.1936

142. Vaasa / Vasa

Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 63,08; Longitude: 21,57
Bekannte Bezugshöhen:	N.A.
Datenquellen:	PSMSL, GESLA
Umfang der Daten:	
Monatsmittelwerte (PSMSL):	09.1883 - 12.2015
Momentanwerte (GESLA):	01.01.1970 00:00 Uhr – 31.12.1970 00:00 Uhr (4h-Rhythmus)
Stundenwerte (GESLA):	01.01.1971 00:00 Uhr – 31.12.2014 22:00 Uhr

143. Pietarsaari / Jakobstad

Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 63,71; Longitude: 22,69
Bekannte Bezugshöhen:	N.A.
Datenquellen:	FMI, PSMSL
Umfang der Daten:	
Monatsmittelwerte (PSMSL):	06.2014 - 12.2015
Momentanwerte (FMI):	01.01.1922 00:00 Uhr – 31.12.1970 20:00 Uhr (4h-Rhythmus)
Stundenwerte (FMI):	31.12.1970 23:00 Uhr – 31.12.2015 22:00 Uhr

144. Ykspihlaja

Koordinaten (WGS 84): Latitude: 63,83; Longitude: 23,03

Bekannte Bezugshöhen: N.A.

Datenquellen: PSMSL

Umfang der Daten:
Monatsmittelwerte (PSMSL): 15.01.1889 - 12.1924

145. Raahe / Brahestad

Koordinaten (WGS 84): Latitude: 64,67; Longitude: 24,41

Bekannte Bezugshöhen: N.A.

Datenquellen: PSMSL, GESLA,

Umfang der Daten:
Monatsmittelwerte (PSMSL): 07.1922 - 12.2014
Momentanwerte (GESLA): 01.01.1970 00:00 Uhr – 31.12.1970 00:00 Uhr (4h-Rhythmus)
Stundenwerte (GESLA): 01.01.1971 00:00 Uhr – 31.12.2014 22:00 Uhr

146. Oulu / Uleaborg

Koordinaten (WGS 84): Latitude: 65,04; Longitude: 25,42

Bekannte Bezugshöhen: N.A.

Datenquellen: PSMSL, FMI, GESLA

Umfang der Daten:
Monatsmittelwerte (PSMSL): 01.1889 - 12.2014
Momentanwerte (FMI): 11.06.1922 16:00 Uhr – 30.11.1970 20:00 Uhr
Stundenwerte (FMI): 01.01.1971 20:00 Uhr – 31.12.2015 22:00 Uhr
Stundenwerte (GESLA): 01.01.1971 - 31.12.2014

147. Pegelstation Kemi:

Koordinaten (WGS 84): Latitude: 65,67; Longitude: 24,52

Bekannte Bezugshöhen: N.A.

Datenquellen: PSMSL, GESLA

Umfang der Daten:			
Monatsmittelwerte (PSMSL):	01.1920	-	12.2014
Momentanwerte (GESLA):	01.01.1970 00:00 Uhr – 31.12.1970 00:00 Uhr		
Stundenwerte (GESLA):	01.01.1971 00:00 Uhr – 31.12.2014 22:00 Uhr		

8.1.10 Schwedische Pegel

148. Pegelstation Kalix:

Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 65,70; Longitude: 23,10
Bekannte Bezugshöhen:	N.A.
Datenquellen:	PSMSL, SMHI
Umfang der Daten:	
Monatsmittelwerte (PSMSL):	08.1974 - 12.2015
Stundenwerte (SMHI):	31.07.1974 01:00 Uhr - 10.10.2015 23:00 Uhr

149. Pegelstation Furuogrund

Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 64,92; Longitude: 21,23
Bekannte Bezugshöhen:	N.A.
Datenquellen:	PSMSL, SMHI
Umfang der Daten:	
Monatsmittelwerte (PSMSL):	01.1916 - 12.2015
Stundenwerte (SMHI):	01.01.1916 01:00 Uhr - 29.11.2015 23:00 Uhr

150. Pegelstation Ratan

Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 63,99; Longitude: 20,90
Bekannte Bezugshöhen:	N.A.
Datenquellen:	PSMSL, SMHI
Umfang der Daten:	
Monatsmittelwerte (PSMSL):	01.1892 - 12.2015
Stundenwerte (SMHI):	26.10.1891 01:00 Uhr - 29.11.2015 23:00 Uhr

151. Pegelstation Skagsudde

Koordinaten (WGS 84):	Latitude: 63,19; Longitude: 19,01
Bekannte Bezugshöhen:	N.A.
Datenquellen:	PSMSL, SMHI

Umfang der Daten:
Monatsmittelwerte (PSMSL): 06.1982 - 12.2015
Stundenwerte (SMHI): 26.05.1982 01:00 Uhr - 01.11.2015 23:00 Uhr

152. Pegelstation Spikarna

Koordinaten (WGS 84): Latitude: 62,36; Longitude: 17,53

Bekannte Bezugshöhen: N.A.

Datenquellen: PSMSL, SMHI

Umfang der Daten:
Monatsmittelwerte (PSMSL): 10.1968 - 12.2015
Stundenwerte (SMHI): 24.09.1968 01:00 Uhr - 29.11.2015 23:00 Uhr

153. Pegelstation Draghallan

Koordinaten (WGS 84): Latitude: 62,37; Longitude: 17,53

Bekannte Bezugshöhen: N.A.

Datenquellen: PSMSL, SMHI

Umfang der Daten:
Monatsmittelwerte (PSMSL): 01.1898 - 12.1967
Stundenwerte (SMHI): 10.10.1897 01:00 Uhr - 01.06.1969 23:00 Uhr

154. Pegelstation Nedre Gavle

Koordinaten (WGS 84): Latitude: 60,68; Longitude: 17,97

Bekannte Bezugshöhen: N.A.

Datenquellen: PSMSL

Umfang der Daten:
Monatsmittelwerte (PSMSL): 01.1896 - 11.1986

155. Pegelstation Bjorn

Koordinaten (WGS 84): Latitude: 60,63; Longitude: 17,97

Bekannte Bezugshöhen: N.A.

Datenquellen: PSMSL, SMHI

Umfang der Daten:
Monatsmittelwerte (PSMSL): 01.1892 - 12.1976
Stundenwerte (SMHI): 01.09.1891 01:00 Uhr - 24.10.1978 23:00 Uhr

156. Pegelstation Forsmark

Koordinaten (WGS 84): Latitude: 60,41; Longitude: 18,21

Bekannte Bezugshöhen: N.A.

Datenquellen: PSMSL, SMHI

Umfang der Daten:
Monatsmittelwerte (PSMSL): 01.1892 - 12.1976
Stundenwerte (SMHI): 06.08.1975 01:00 Uhr - 29.11.2015 23:00 Uhr

157. Pegelstation Gronskar

Koordinaten (WGS 84): Latitude: 59,28; Longitude: 19,03

Bekannte Bezugshöhen: N.A.

Datenquellen: PSMSL

Umfang der Daten:
Monatsmittelwerte (PSMSL): 01.1888 - 12.1932

158. Pegelstation Stockholm

Koordinaten (WGS 84): Latitude: 59,32; Longitude: 18,08

Bekannte Bezugshöhen: N.A.

Datenquellen: PSMSL, SMHI, Ekman

Umfang der Daten:
Jahresmittelwert (Ekman): 1774 - 1983
Monatsmittelwerte (PSMSL): 01.1889 - 12.2015
Momentanwerte (SMHI): 01.01.1774 - 31.12.1888
(11h Terminwerte)
Stundenwerte (SMHI): 01.01.1889 01:00 Uhr - 31.12.2012 23:00 Uhr

159. Pegelstation Nedre Sodertalje

Koordinaten (WGS 84): Latitude: 59,32; Longitude: 18,08

Bekannte Bezugshöhen: N.A.

Datenquellen: PSMSL

Umfang der Daten:
Monatsmittelwerte (PSMSL): 01.1869 - 12.1970

160. Pegelstation Landsort Norra

Koordinaten (WGS 84): Latitude: 58,77; Longitude: 17,86

Bekannte Bezugshöhen: N.A.

Datenquellen: PSMSL, SMHI

Umfang der Daten:
Monatsmittelwerte (PSMSL): 01.2006 - 12.2015
Stundenwerte (SMHI): 14.10.2004 01:00 Uhr -29.11.2015 23:00 Uhr

161. Pegelstation Landsort

Koordinaten (WGS 84): Latitude: 58,74; Longitude: 17,87

Bekannte Bezugshöhen: N.A.

Datenquellen: PSMSL, SMHI

Umfang der Daten:
Monatsmittelwerte (PSMSL): 01.1887 - 12.2005
Stundenwerte (SMHI): 01.11.1886 01:00 Uhr - 24.08.2015 23:00 Uhr

162. Pegelstation Marviken

Koordinaten (WGS 84): Latitude: 58,55; Longitude: 16,84

Bekannte Bezugshöhen: N.A.

Datenquellen: PSMSL, SMHI

Umfang der Daten:
Monatsmittelwerte (PSMSL): 11.1964 - 12.2015

Stundenwerte (SMHI): 16.11.1964 01:00 Uhr - 24.08.2015 23:00 Uhr

163. Pegelstation Nedre Nykoping

Koordinaten (WGS 84): Latitude: 57,64; Longitude: 17,02

Bekannte Bezugshöhen: N.A.

Datenquellen: PSMSL

Umfang der Daten:
Monatsmittelwerte (PSMSL): 09.1909 - 12.1920

164. Pegelstation Visby

Koordinaten (WGS 84): Latitude: 57,64; Longitude: 18,28

Bekannte Bezugshöhen: N.A.

Datenquellen: PSMSL, SMHI

Umfang der Daten:
Monatsmittelwerte (PSMSL): 01.1916 - 12.2015
Momentanwerte (SMHI): 01.01.1916 - 08.04.1960
Stundenwerte (SMHI): 04.08.1960 01:00 Uhr - 24.08.2015 23:00 Uhr

165. Pegelstation Olands Norra Udde

Koordinaten (WGS 84): Latitude: 57,37; Longitude: 17,10

Bekannte Bezugshöhen: N.A.

Datenquellen: PSMSL, SMHI

Umfang der Daten:
Monatsmittelwerte (PSMSL): 01.1887 - 12.2015
Momentanwerte (SMHI): 01.08.1951 - 09.08.1961
Stundenwerte (SMHI): 09.08.1961 01:00 Uhr - 24.08.2015 23:00 Uhr

166. Pegelstation Oskarshamn

Koordinaten (WGS 84): Latitude: 57,28; Longitude: 16,48

Bekannte Bezugshöhen: N.A.

Datenquellen: PSMSL, SMHI

Umfang der Daten:
Monatsmittelwerte (PSMSL): 09.1960 - 12.2015
Stundenwerte (SMHI): 15.09.1960 01:00 Uhr - 24.08.2015 23:00 Uhr

167. Pegelstation Kungsholmsfort

Koordinaten (WGS 84): Latitude: 56,11; Longitude: 15,59

Bekannte Bezugshöhen: N.A.

Datenquellen: PSMSL, SMHI

Umfang der Daten:
Monatsmittelwerte (PSMSL): 01.1887 - 12.2015
Stundenwerte (SMHI): 01.12.1886 01:00 Uhr - 24.08.2015 23:00 Uhr

168. Pegelstation Simrishamn

Koordinaten (WGS 84): Latitude: 55,56; Longitude: 14,36

Bekannte Bezugshöhen: N.A.

Datenquellen: PSMSL, SMHI

Umfang der Daten:
Monatsmittelwerte (PSMSL): 06.1982 - 12.2015
Stundenwerte (SMHI): 31.05.1982 01:00 Uhr - 24.08.2015 23:00 Uhr

169. Pegelstation Ystad

Koordinaten (WGS 84): Latitude: 55,42; Longitude: 13,82

Bekannte Bezugshöhen: N.A.

Datenquellen: PSMSL, SMHI

Umfang der Daten:
Monatsmittelwerte (PSMSL): 01.1887 - 12.1981
Stundenwerte (SMHI): 31.10.1886 01:00 Uhr - 05.01.1987 23:00 Uhr

170. Pegelstation Skanor

Koordinaten (WGS 84): Latitude: 55,42; Longitude: 12,83

Bekannte Bezugshöhen: N.A.

Datenquellen: PSMSL, SMHI

Umfang der Daten:
Monatsmittelwerte (PSMSL): 03.1992 - 12.2015
Stundenwerte (SMHI): 17.02.1992 01:00 Uhr - 24.08.2015 23:00 Uhr

171. Pegelstation Limhamn

Koordinaten (WGS 84): Latitude: 55,58; Longitude: 12,93

Bekannte Bezugshöhen: N.A.

Datenquellen: PSMSL

Umfang der Daten:
Monatsmittelwerte (PSMSL): 08.1928 - 12.1936

172. Pegelstation Malmö

Koordinaten (WGS 84): Latitude: 55,62; Longitude: 13,00

Bekannte Bezugshöhen: N.A.

Datenquellen: SMHI

Umfang der Daten:
Stundenwerte (SMHI): 01.03.1924 01:00 Uhr - 01.03.1963 23:00 Uhr

173. Pegelstation Klagshamn

Koordinaten (WGS 84): Latitude: 55,52; Longitude: 12,89

Bekannte Bezugshöhen: N.A.

Datenquellen: PSMSL, SMHI

Umfang der Daten:
Monatsmittelwerte (PSMSL): 12.1929 - 12.2014
Stundenwerte (SMHI): 13.11.1929 01:00 Uhr - 24.08.2015 23:00 Uhr

174. Pegelstation Barseback

Koordinaten (WGS 84): Latitude: 55,76; Longitude: 12,90

Bekannte Bezugshöhen: N.A.

Datenquellen: PSMSL, SMHI

Umfang der Daten:
Monatsmittelwerte (PSMSL): 01.1937 - 12.2014
Stundenwerte (SMHI): 26.04.1982 01:00 Uhr - 24.08.2015 23:00 Uhr

175. Pegelstation Viken

Koordinaten (WGS 84): Latitude: 56,14; Longitude: 12,58

Bekannte Bezugshöhen: N.A.

Datenquellen: PSMSL, SMHI

Umfang der Daten:
Monatsmittelwerte (PSMSL): 05.1976 - 12.2014
Stundenwerte (SMHI): 22.04.1967 01:00 Uhr - 24.08.2015 23:00 Uhr

176. Pegelstation Varberg

Koordinaten (WGS 84): Latitude: 57,10; Longitude: 12,22

Bekannte Bezugshöhen: N.A.

Datenquellen: PSMSL, SMHI

Umfang der Daten:
Monatsmittelwerte (PSMSL): 01.1887 - 12.1981
Stundenwerte (SMHI): 01.11.1886 01:00 Uhr - 09.01.1982 23:00 Uhr

177. Pegelstation Ringhals

Koordinaten (WGS 84): Latitude: 57,25; Longitude: 12,11

Bekannte Bezugshöhen: N.A.

Datenquellen: PSMSL, SMHI

Umfang der Daten:
Monatsmittelwerte (PSMSL): 11.1967 - 12.2015
Stundenwerte (SMHI): 31.10.1967 01:00 Uhr - 24.08.2015 23:00 Uhr

178. Pegelstation Goteborg-Torshamnen

Koordinaten (WGS 84): Latitude: 57,69; Longitude: 11,79

Datenquellen: PSMSL, SMHI

Umfang der Daten:
Monatsmittelwerte (PSMSL): 01.1969 - 12.2015
Stundenwerte (SMHI): 02.11.1967 01:00 Uhr – 24.08.2015 23:00 Uhr

179. Pegelstation Goteborg-Klippan

Koordinaten (WGS 84): Latitude: 57,68; Longitude: 11,90

Bekannte Bezugshöhen: N.A.

Datenquellen: PSMSL

Umfang der Daten:
Monatsmittelwerte (PSMSL): 01.1959 - 12.1968

180. Pegelstation Goteborg-Ringon

Koordinaten (WGS 84): Latitude: 57,72; Longitude: 11,97

Bekannte Bezugshöhen: N.A.

Datenquellen: PSMSL

Umfang der Daten:
Monatsmittelwerte (PSMSL): 08.1973 - 12.2015

181. Pegelstation Backevik

Koordinaten (WGS 84): Latitude: 58,37; Longitude: 11,25

Bekannte Bezugshöhen: N.A.

Datenquellen: PSMSL

Umfang der Daten:
Monatsmittelwerte (PSMSL): 01.1895 - 12.1928

182. Pegelstation Stenungsund

Koordinaten (WGS 84): Latitude: 58,09; Longitude: 11,83

Bekannte Bezugshöhen: N.A.

Datenquellen: PSMSL, SMHI

Umfang der Daten:
Monatsmittelwerte (PSMSL): 08.1962 - 12.2015
Stundenwerte (SMHI): 13.08.1962 01:00 Uhr - 24.08.2015 23:00 Uhr

183. Pegelstation Smogen

Koordinaten (WGS 84): Latitude: 58,35; Longitude: 11,22

Bekannte Bezugshöhen: N.A.

Datenquellen: PSMSL, SMHI

Umfang der Daten:
Monatsmittelwerte (PSMSL): 01.1911 - 12.2015
Stundenwerte (SMHI): 19.06.1910 01:00 Uhr - 24.08.2015 23:00 Uhr

184. Pegelstation Stromstad

Koordinaten (WGS 84): Latitude: 58,95; Longitude: 11,18

Bekannte Bezugshöhen: N.A.

Datenquellen: PSMSL

Umfang der Daten:
Monatsmittelwerte (PSMSL): 01.1900 - 11.1967

185. Pegelstation Kungsvik

Koordinaten (WGS 84): Latitude: 59,00; Longitude: 11,13

Bekannte Bezugshöhen: N.A.

Datenquellen: PSMSL, SMHI

Umfang der Daten:
Monatsmittelwerte (PSMSL): 08.1973 - 12.2015
Stundenwerte (SMHI) 31.07.1973 01:00 Uhr - 24.08.2015 23:00 Uhr

8.2 Übersicht zur der Datenakquise

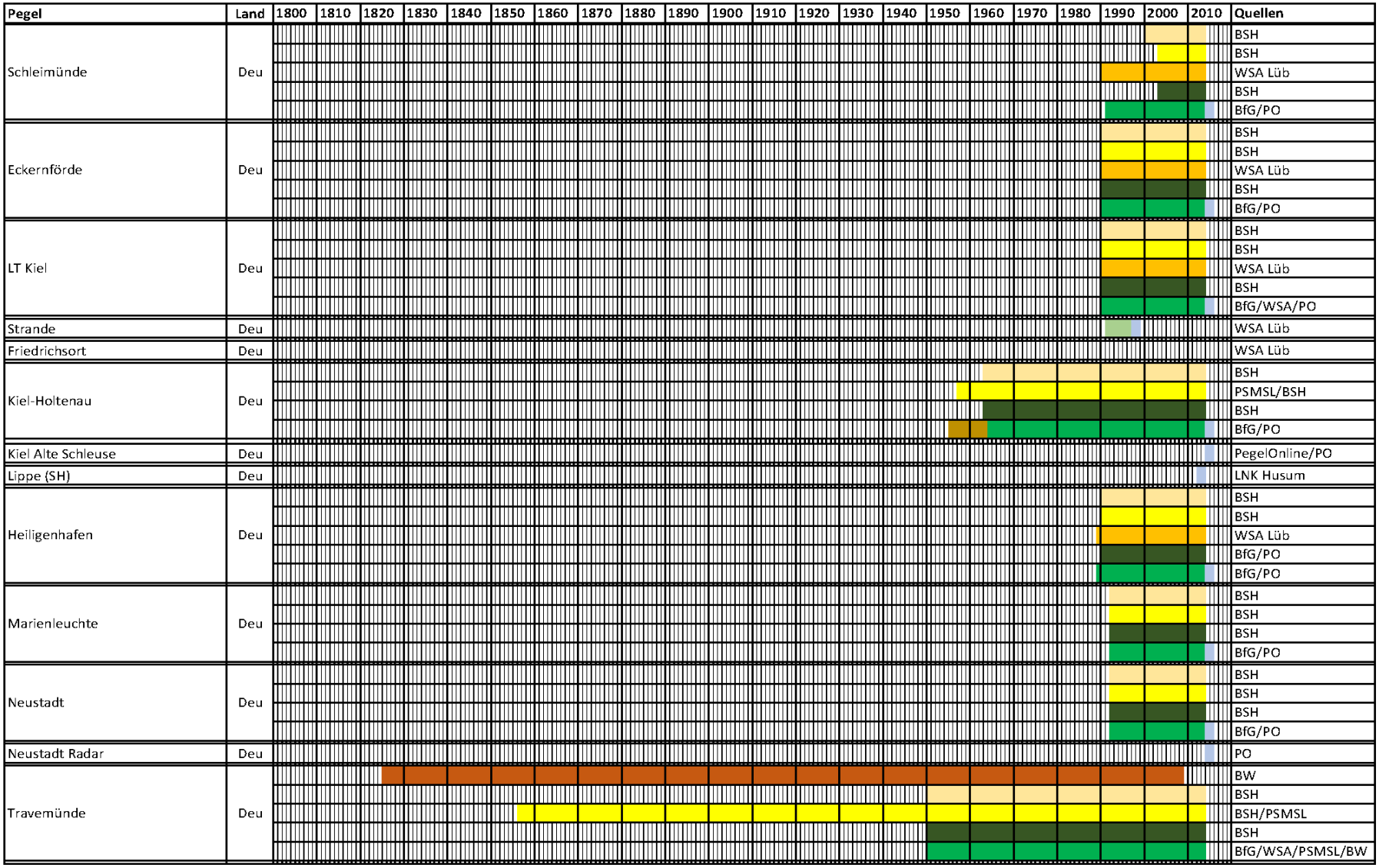
Auf den folgenden Seiten wird eine Übersicht zur Datenakquise von Wasserstandsdaten im Projekt AMSeL Ostsee in einer Tabellenübersicht dargestellt. Die Sortierung der Pegelstationen erfolgte ausgehend von der Dänemark gen Osten entlang der deutschen Küstenlinie in Richtung Polen. Der Küstenlinie wird („gegen den Uhrzeigersinn“) bis Stromstad in Schweden gefolgt.
Für jede Pegelstation sind die vorhandenen Zeitreihen nach Ihrer Auflösung unterteilt dargestellt. Die nachfolgende Legende erläutert die Bedeutung der unterschiedlichen Farbgebung. Innerhalb der Betrachtung eines Pegels werden die Daten von oben nach unten mit steigender zeitlicher Auflösung dargestellt.

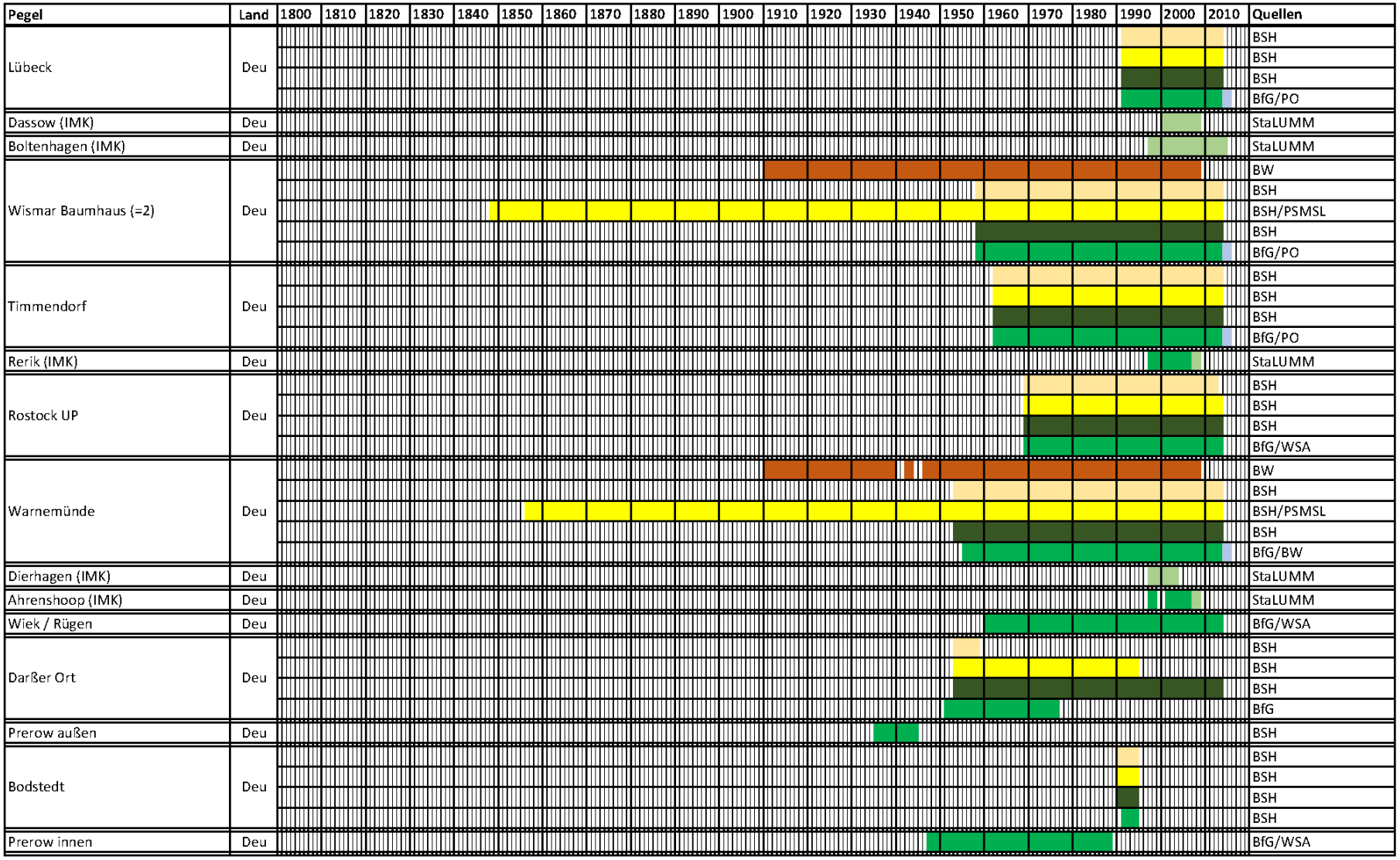
Legende
Jahresmaximalwerte
Jahres(Haupt-/Mittel)werte
Monatsextremwerte
Monatsmittelwerte
Tagesextremwerte
Tagesmittelwerte
x Momentanwerte/Tag
Stundenwerte
10-Minutenwerte
Minutenwerte

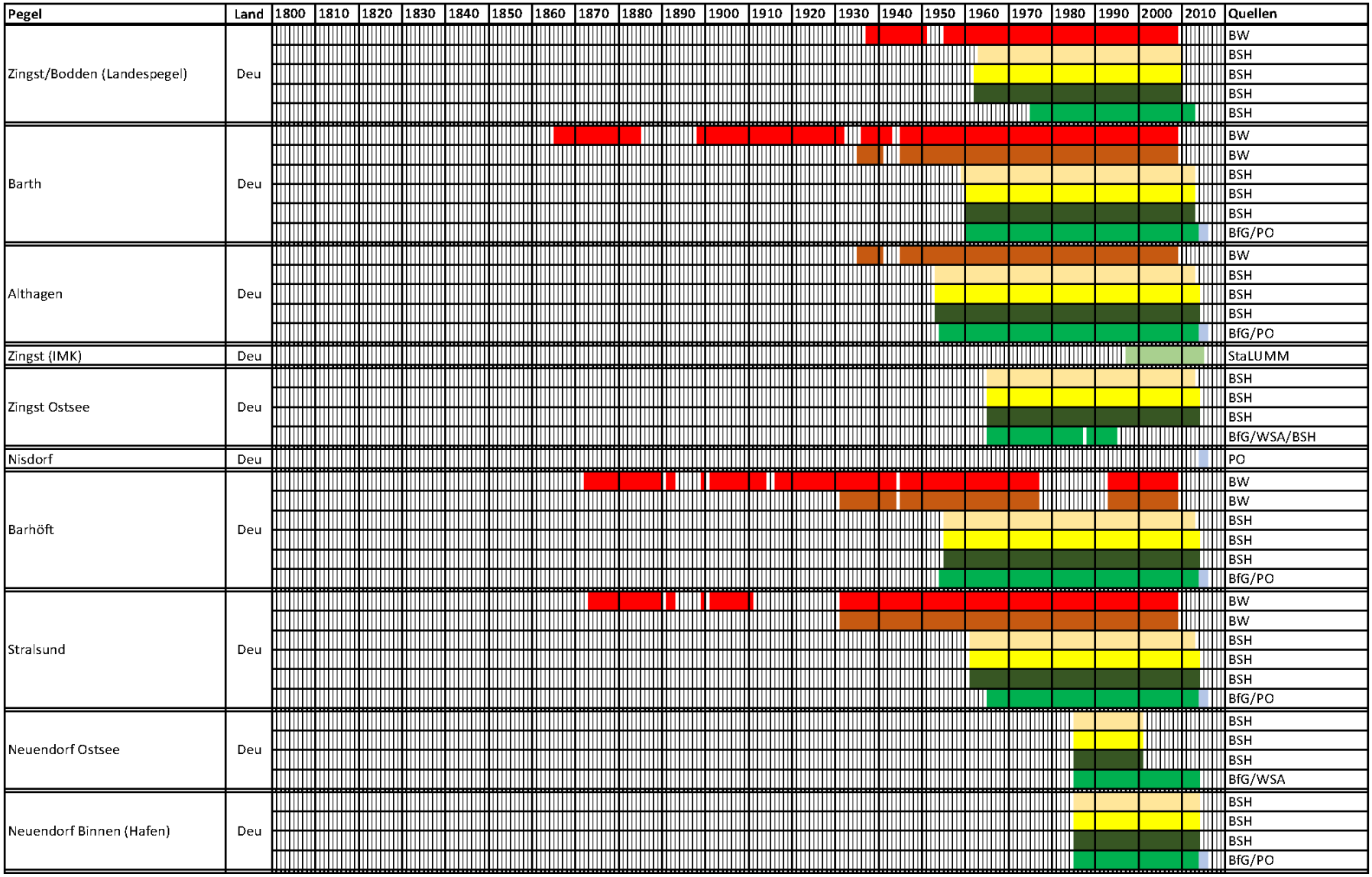
Legende zur Übersicht der vorliegenden Wasserstandzeitreihen

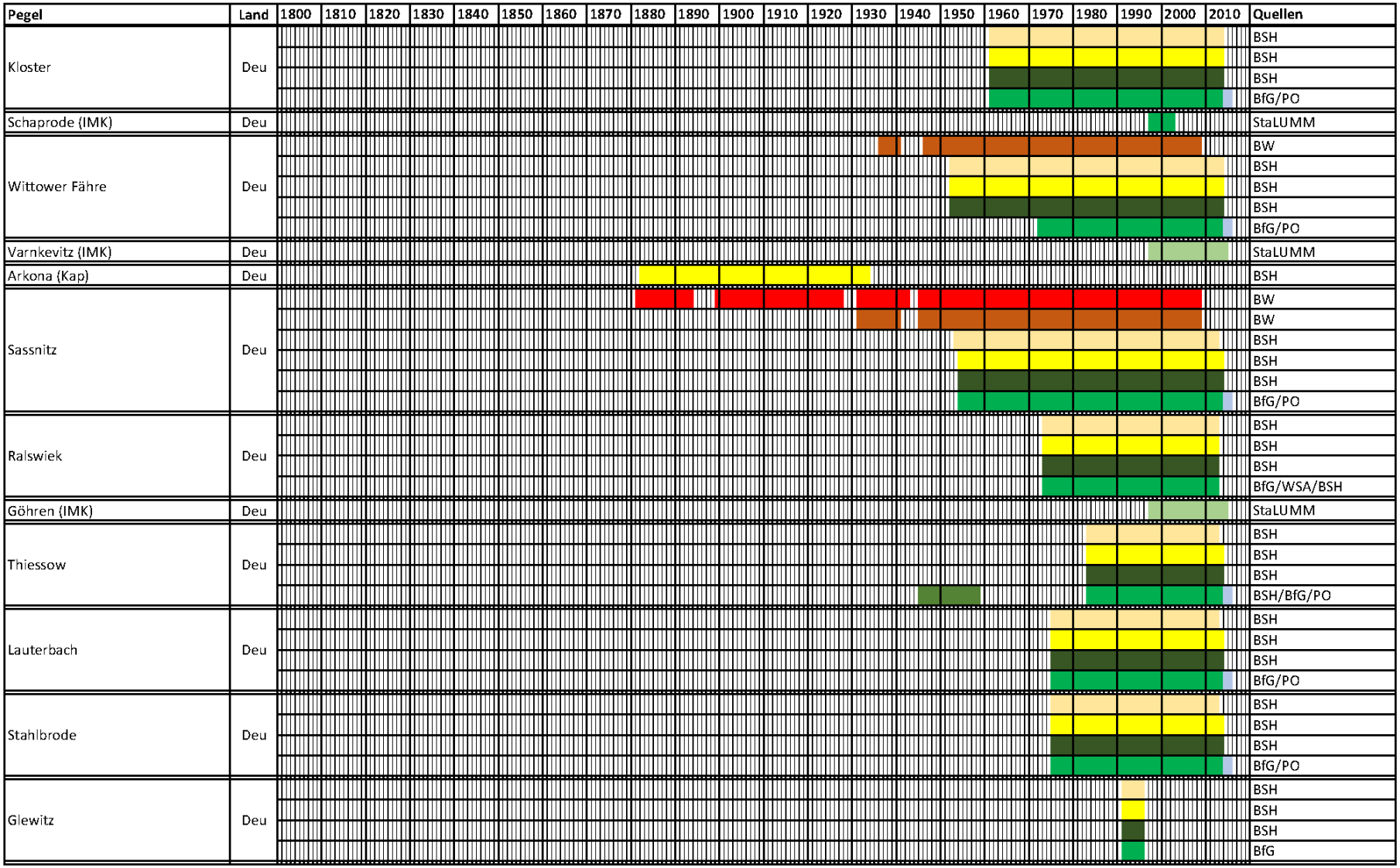
Tab. 1: Übersicht über die Datenverfügbarkeit im Projekt AMSeL Ostsee; Unterteilung nach Stationen, Ländern und zeitl. Auflösung

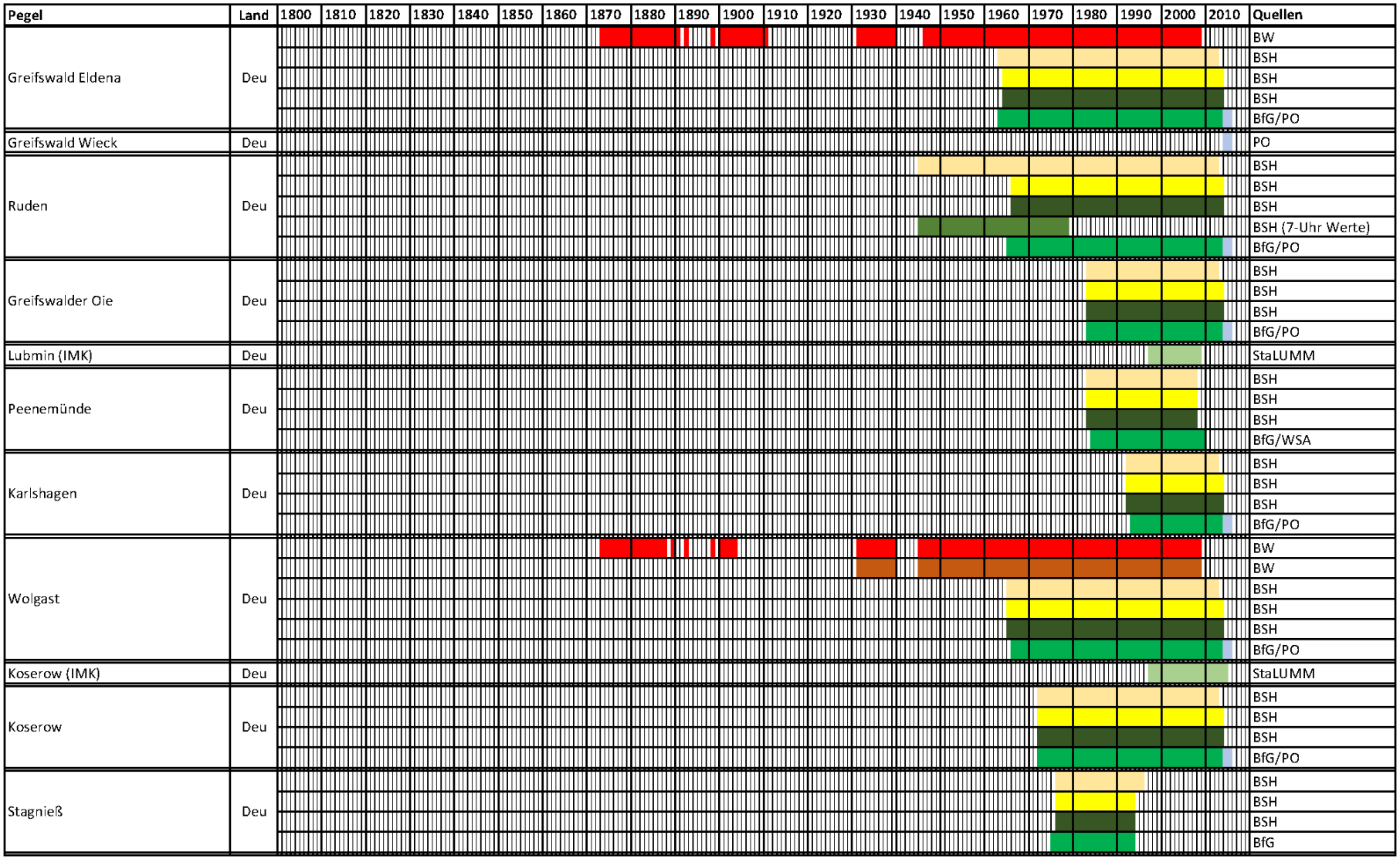
Pegel	Land	1800	1810	1820	1830	1840	1850	1860	1870	1880	1890	1900	1910	1920	1930	1940	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2010	Quellen
Esbjerg	Dnk																							PSMSL
Hantsholm	Dnk																							PSMSL
Hirtshals	Dnk																							PSMSL
Frederikshavn	Dnk																							PSMSL
Aarhus	Dnk																							PSMSL
Fredericia	Dnk																							PSMSL
Fynshav	Dnk																							PSMSL
Mommark	Dnk																							PSMSL
Slipshavn	Dnk																							PSMSL
Korsor	Dnk																							PSMSL
Hornbaek	Dnk																							DMI/UHSLC
Kobenhavn	Dnk																							PSMSL
Teijn	Dnk																							PSMSL
Rodbyhavn	Dnk																							PSMSL
Gedser	Dnk																							DMI/UHSLC
Flensburg	Deu																							BSH
																								BSH
																								WSA Lüb
																								BSH
																								BfG/WSA/PO
Langballigau	Deu																							BSH
																								BSH
																								WSA Lüb
																								BSH
																								BfG/WSA/PO
LT Kalkgrund	Deu																							BSH
																								BSH
																								WSA Lüb
																								BSH
																								BfG/WSA/PO
Kappeln	Deu																							BSH
																								BSH
																								WSA Lüb
																								BSH
																								BfG/WSA/PO
Schleswig	Deu																							BSH
																								BSH
																								WSA Lüb
																								BSH
																								BfG/WSA/BSH/PO
Olpenitz	Deu																							B-Plan Kappeln

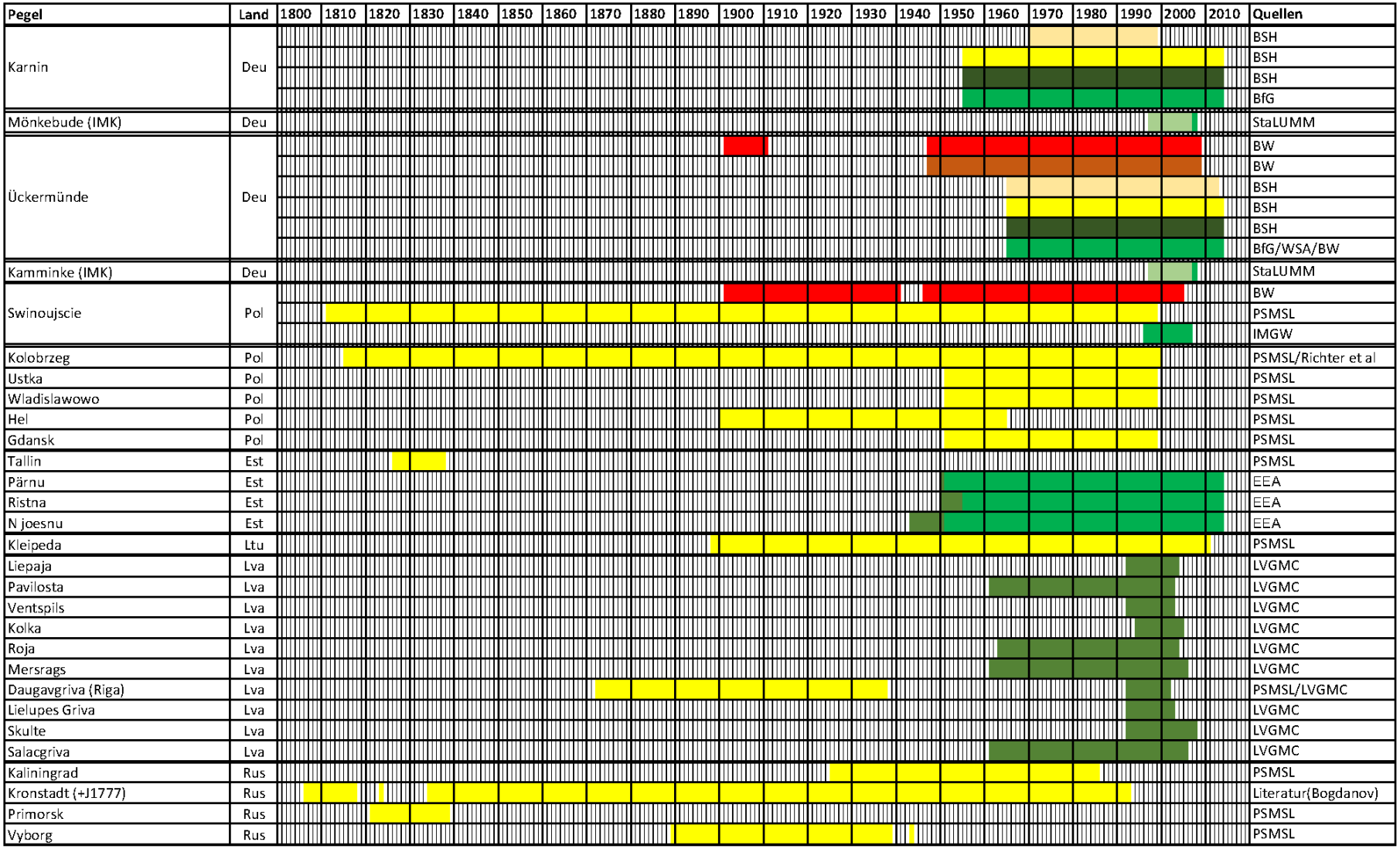

Pegel
Land
1800
1810
1820
1830
1840
1850
1860
1870
1880
1890
1900
1910
1920
1930
1940
1950
1960
1970
1980
1990
2000
2010
Quellen
Schleimünde
Deu
BSH
BSH
WSA Lüb
BSH
BfG/PO
Eckernförde
Deu
BSH
BSH
WSA Lüb
BSH
BfG/PO
LT Kiel
Deu
BSH
BSH
WSA Lüb
BSH
BfG/WSA/PO
Strande
Deu
WSA Lüb
Friedrichsort
Deu
WSA Lüb
Kiel-Holtenau
Deu
BSH
PSMSL/BSH
BSH
BfG/PO
Kiel Alte Schleuse
Deu
PegelOnline/PO
Lippe (SH)
Deu
LNK Husum
Heiligenhafen
Deu
BSH
BSH
WSA Lüb
BfG/PO
BfG/PO
Marienleuchte
Deu
BSH
BSH
BSH
BfG/PO
Neustadt
Deu
BSH
BSH
BSH
BfG/PO
Neustadt Radar
Deu
PO
Travemünde
Deu
BW
BSH
BSH/PSMSL
BSH
BfG/WSA/PSMSL/BW

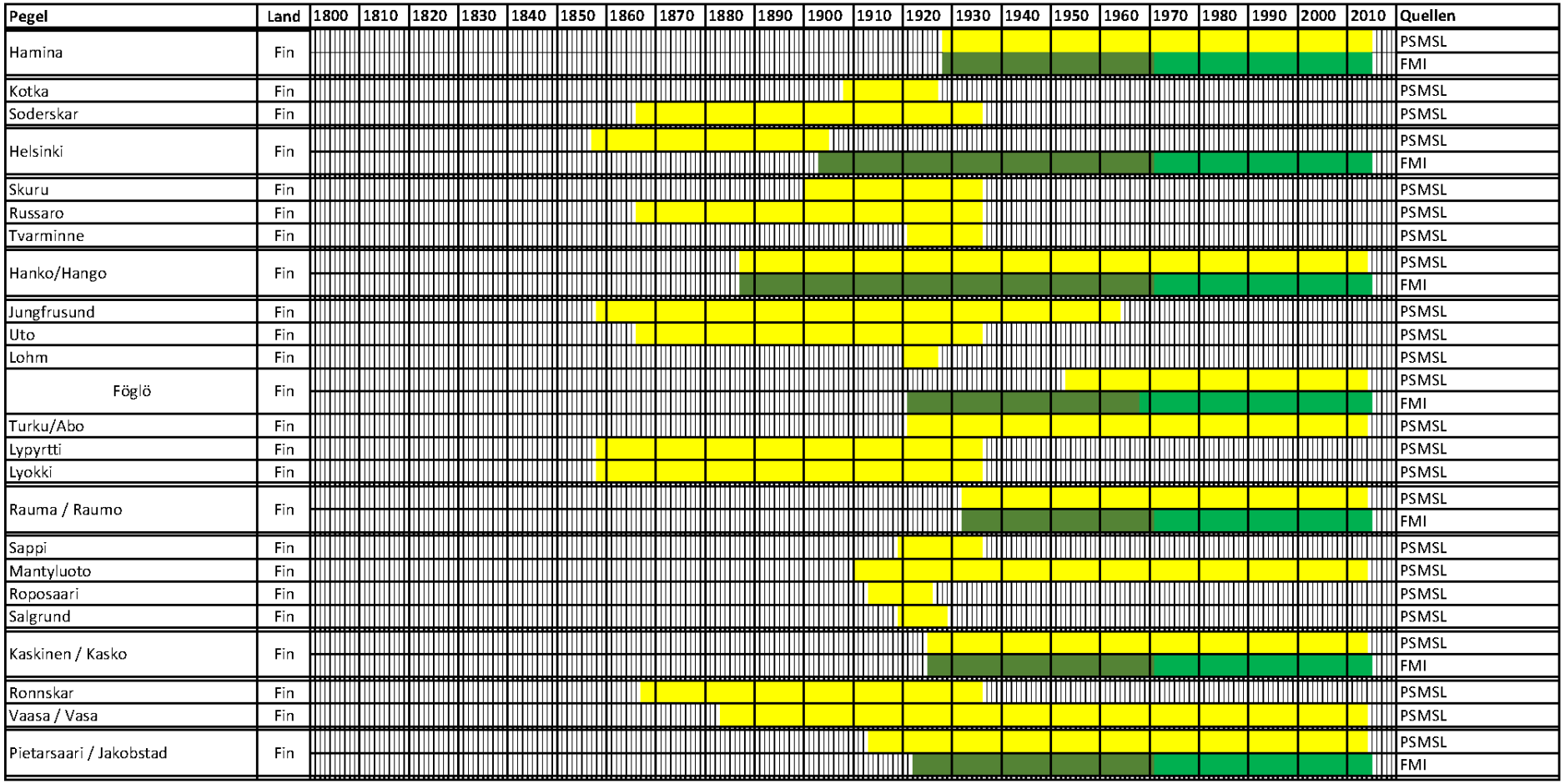

Pegel
Land
1800
1810
1820
1830
1840
1850
1860
1870
1880
1890
1900
1910
1920
1930
1940
1950
1960
1970
1980
1990
2000
2010
Quellen
Lübeck
Deu
BSH
BSH
BSH
BfG/PO
Dassow (IMK)
Deu
StaLUMM
Boltenhagen (IMK)
Deu
StaLUMM
Wismar Baumhaus (=2)
Deu
BW
BSH
BSH/PSMSL
BSH
BfG/PO
Timmendorf
Deu
BSH
BSH
BSH
BfG/PO
Rerik (IMK)
Deu
StaLUMM
Rostock UP
Deu
BSH
BSH
BSH
BfG/WSA
Warnemünde
Deu
BW
BSH
BSH/PSMSL
BSH
BfG/BW
Dierhagen (IMK)
Deu
StaLUMM
Ahrenshoop (IMK)
Deu
StaLUMM
Wiek / Rügen
Deu
BfG/WSA
Darßer Ort
Deu
BSH
BSH
BSH
BfG
Prerow außen
Deu
BSH
Bodstedt
Deu
BSH
BSH
BSH
BSH
Prerow innen
Deu
BfG/WSA

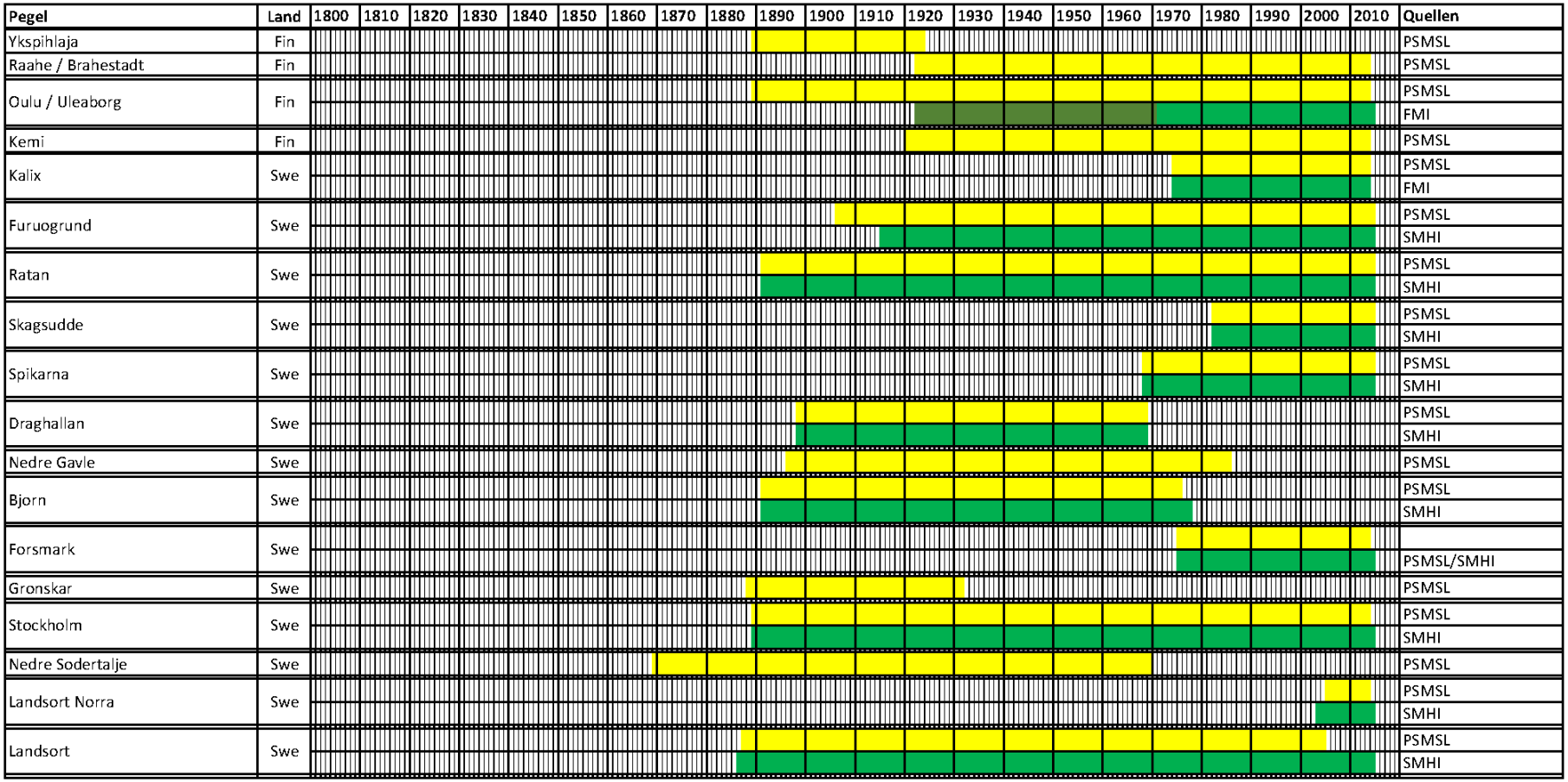

Pegel
Land
1800
1810
1820
1830
1840
1850
1860
1870
1880
1890
1900
1910
1920
1930
1940
1950
1960
1970
1980
1990
2000
2010
Quellen
Zingst/Bodden (Landespegel)
Deu
BW
BSH
BSH
BSH
BSH
Barth
Deu
BW
BW
BSH
BSH
BSH
BfG/PO
Althagen
Deu
BW
BSH
BSH
BSH
BfG/PO
Zingst (IMK)
Deu
StaLUMM
Zingst Ostsee
Deu
BSH
BSH
BSH
BfG/WSA/BSH
Nisdorf
Deu
PO
Barhöft
Deu
BW
BW
BSH
BSH
BSH
BfG/PO
Stralsund
Deu
BW
BW
BSH
BSH
BSH
BfG/PO
Neuendorf Ostsee
Deu
BSH
BSH
BSH
BfG/WSA
Neuendorf Binnen (Hafen)
Deu
BSH
BSH
BSH
BfG/PO

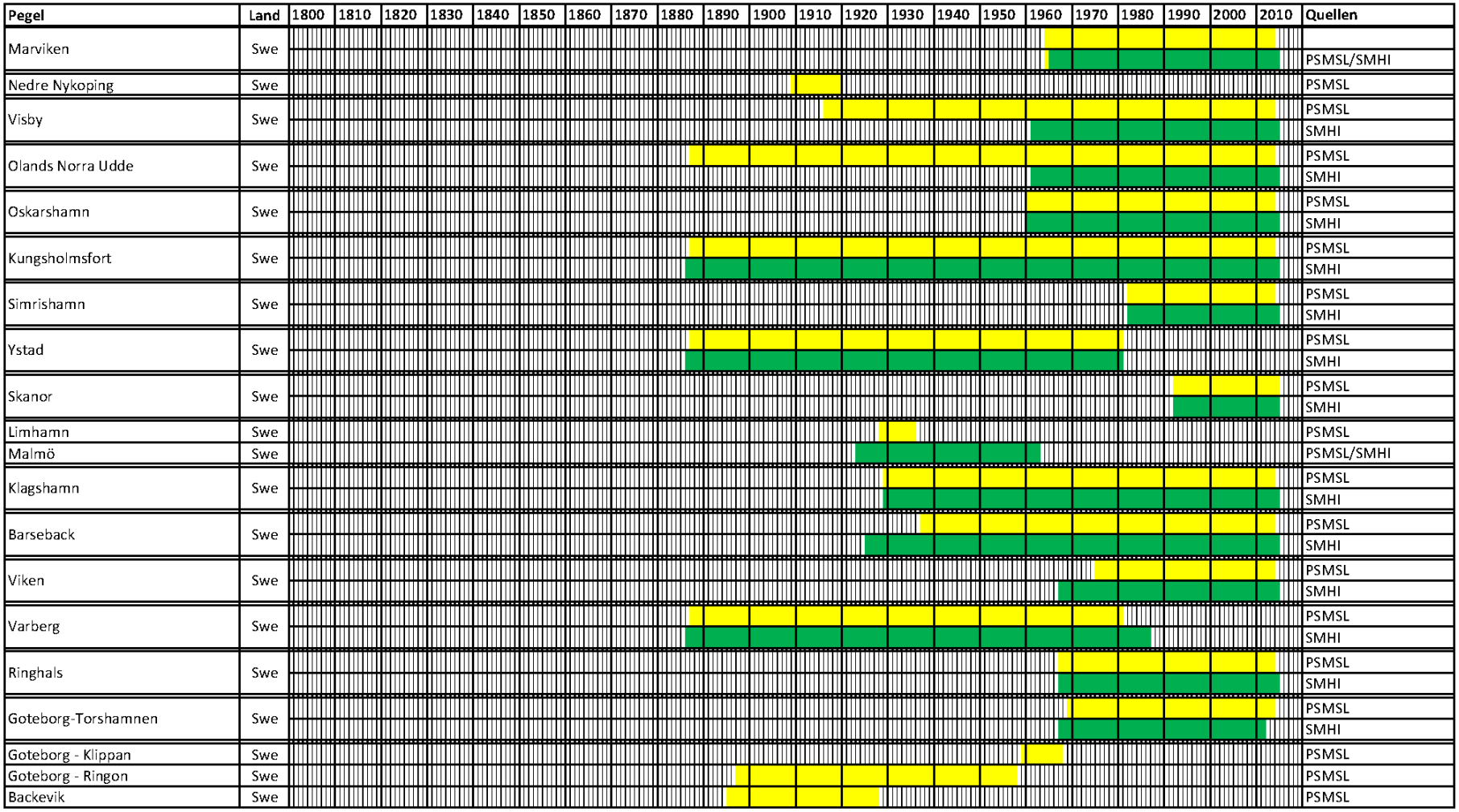

Pegel
Land
1800
1810
1820
1830
1840
1850
1860
1870
1880
1890
1900
1910
1920
1930
1940
1950
1960
1970
1980
1990
2000
2010
Quellen
Kloster
Deu
BSH
BSH
BSH
BfG/PO
Schaprode (IMK)
Deu
StaLUMM
Wittower Fähre
Deu
BW
BSH
BSH
BSH
BfG/PO
Varnkevitz (IMK)
Deu
StaLUMM
Arkona (Kap)
Deu
BSH
Sassnitz
Deu
BW
BW
BSH
BSH
BSH
BfG/PO
Ralswiek
Deu
BSH
BSH
BSH
BfG/WSA/BSH
Göhren (IMK)
Deu
StaLUMM
Thiessow
Deu
BSH
BSH
BSH
BSH/BfG/PO
Lauterbach
Deu
BSH
BSH
BSH
BfG/PO
Stahlbrode
Deu
BSH
BSH
BSH
BfG/PO
Glewitz
Deu
BSH
BSH
BSH
BfG

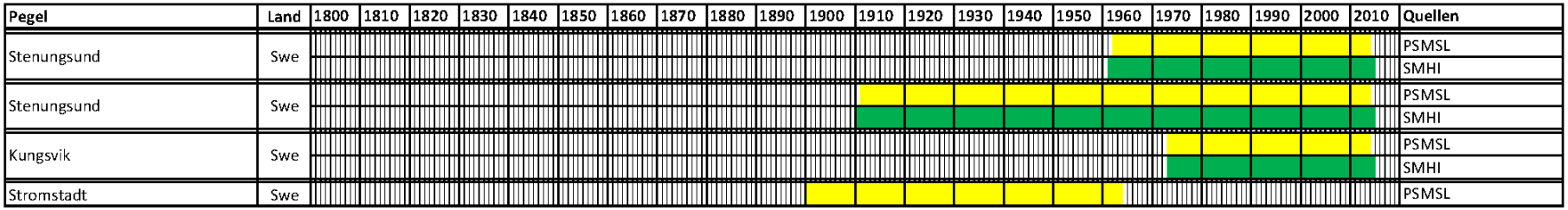

Pegel
Land
1800
1810
1820
1830
1840
1850
1860
1870
1880
1890
1900
1910
1920
1930
1940
1950
1960
1970
1980
1990
2000
2010
Quellen
Greifswald Eldena
Deu
BW
BSH
BSH
BSH
BfG/PO
Greifswald Wieck
Deu
PO
Ruden
Deu
BSH
BSH
BSH
BSH (7-Uhr Werte)
BfG/PO
Greifswalder Oie
Deu
BSH
BSH
BSH
BfG/PO
Lubmin (IMK)
Deu
StaLUMM
Peenemünde
Deu
BSH
BSH
BSH
BfG/WSA
Karlshagen
Deu
BSH
BSH
BSH
BfG/PO
Wolgast
Deu
BW
BW
BSH
BSH
BSH
BfG/PO
Koserow (IMK)
Deu
StaLUMM
Koserow
Deu
BSH
BSH
BSH
BfG/PO
Stagnieß
Deu
BSH
BSH
BSH
BfG


Pegel
Land
1800
1810
1820
1830
1840
1850
1860
1870
1880
1890
1900
1910
1920
1930
1940
1950
1960
1970
1980
1990
2000
2010
Quellen
Karnin
Deu
BSH
BSH
BSH
BfG
Mönkebude (IMK)
Deu
StaLUMM
Ückermünde
Deu
BW
BW
BSH
BSH
BSH
BfG/WSA/BW
Kamminke (IMK)
Deu
StaLUMM
Swinoujscie
Pol
BW
PSMSL
IMGW
Kolobrzeg
Pol
PSMSL/Richter et al
Ustka
Pol
PSMSL
Wladislawowo
Pol
PSMSL
Hel
Pol
PSMSL
Gdansk
Pol
PSMSL
Tallin
Est
PSMSL
Pärnu
Est
EEA
Ristna
Est
EEA
N joesnu
Est
EEA
Kleipeda
Ltu
PSMSL
Liepaja
Lva
LVGMC
Pavilosta
Lva
LVGMC
Ventspils
Lva
LVGMC
Kolka
Lva
LVGMC
Roja
Lva
LVGMC
Mersrags
Lva
LVGMC
Daugavgriva (Riga)
Lva
PSMSL/LVGMC
Lielupes Griva
Lva
LVGMC
Skulte
Lva
LVGMC
Salacgriva
Lva
LVGMC
Kaliningrad
Rus
PSMSL
Kronstadt (+J1777)
Rus
Literatur(Bogdanov)
Primorsk
Rus
PSMSL
Vyborg
Rus
PSMSL


Pegel
Land
1800
1810
1820
1830
1840
1850
1860
1870
1880
1890
1900
1910
1920
1930
1940
1950
1960
1970
1980
1990
2000
2010
Quellen
Hamina
Fin
PSMSL
FMI
Kotka
Fin
PSMSL
Soderskar
Fin
PSMSL
Helsinki
Fin
PSMSL
FMI
Skuru
Fin
PSMSL
Russaro
Fin
PSMSL
Tvarminne
Fin
PSMSL
Hanko/Hango
Fin
PSMSL
FMI
Jungfrusund
Fin
PSMSL
Uto
Fin
PSMSL
Lohm
Fin
PSMSL
Föglö
Fin
PSMSL
FMI
Turku/Abo
Fin
PSMSL
Lypyrtti
Fin
PSMSL
Lyokki
Fin
PSMSL
Rauma / Raumo
Fin
PSMSL
FMI
Sappi
Fin
PSMSL
Mantyluoto
Fin
PSMSL
Roposaari
Fin
PSMSL
Salgrund
Fin
PSMSL
Kaskinen / Kasko
Fin
PSMSL
FMI
Ronnskar
Fin
PSMSL
Vaasa / Vasa
Fin
PSMSL
Pietarsaari / Jakobstad
Fin
PSMSL
FMI


Pegel
Land
1800
1810
1820
1830
1840
1850
1860
1870
1880
1890
1900
1910
1920
1930
1940
1950
1960
1970
1980
1990
2000
2010
Quellen
Ykspihlaja
Fin
PSMSL
Raahe / Brahestadt
Fin
PSMSL
Oulu / Uleaborg
Fin
PSMSL
FMI
Kemi
Fin
PSMSL
Kalix
Swe
PSMSL
FMI
Furuogrund
Swe
PSMSL
SMHI
Ratan
Swe
PSMSL
SMHI
Skagsudde
Swe
PSMSL
SMHI
Spikarna
Swe
PSMSL
SMHI
Draghallan
Swe
PSMSL
SMHI
Nedre Gavle
Swe
PSMSL
Bjorn
Swe
PSMSL
SMHI
Forsmark
Swe
PSMSL/SMHI
Gronskar
Swe
PSMSL
Stockholm
Swe
PSMSL
SMHI
Nedre Sodertalje
Swe
PSMSL
Landsort Norra
Swe
PSMSL
SMHI
Landsort
Swe
PSMSL
SMHI


Pegel
Land
1800
1810
1820
1830
1840
1850
1860
1870
1880
1890
1900
1910
1920
1930
1940
1950
1960
1970
1980
1990
2000
2010
Quellen
Marviken
Swe
PSMSL/SMHI
Nedre Nykoping
Swe
PSMSL
Visby
Swe
PSMSL
SMHI
Olands Norra Udde
Swe
PSMSL
SMHI
Oskarshamn
Swe
PSMSL
SMHI
Kungsholmsfort
Swe
PSMSL
SMHI
Simrishamn
Swe
PSMSL
SMHI
Ystad
Swe
PSMSL
SMHI
Skanor
Swe
PSMSL
SMHI
Limhamn
Swe
PSMSL
Malmö
Swe
PSMSL/SMHI
Klagshamn
Swe
PSMSL
SMHI
Barseback
Swe
PSMSL
SMHI
Viken
Swe
PSMSL
SMHI
Varberg
Swe
PSMSL
SMHI
Ringhals
Swe
PSMSL
SMHI
Goteborg-Torshamnen
Swe
PSMSL
SMHI
Goteborg - Klippan
Swe
PSMSL
Goteborg - Ringon
Swe
PSMSL
Backevik
Swe
PSMSL


Pegel
Land
1800
1810
1820
1830
1840
1850
1860
1870
1880
1890
1900
1910
1920
1930
1940
1950
1960
1970
1980
1990
2000
2010
Quellen
Stenungsund
Swe
PSMSL
SMHI
Stenungsund
Swe
PSMSL
SMHI
Kungsvik
Swe
PSMSL
SMHI
Stromstadt
Swe
PSMSL

8.3 Intervalle mit potentiell unplausiblen Wasserstandsdaten

Tabelle 2:Als potentiell unplausibel beurteilte Bereiche innerhalb von stündlichen Wasserstandszeitreihen in AMSeL_Ostsee (Plausibilisierungsverfahren I), Teil I

Stationsname	Kommentar	Start	Ende
Timmendorf/Poel (WSA)	schleppende Kurve	12.04.1962 12:00	13.04.1962 11:00
Timmendorf/Poel (WSA)	Phasenverschiebung	18.08.1962 00:00	18.08.1962 23:00
Timmendorf/Poel (WSA)	schleppende Kurve	22.12.1969 00:00	28.12.1969 23:00
Timmendorf/Poel (WSA)	gespiegelte Tiden	26.08.1970 12:00	27.08.1970 11:00
Timmendorf/Poel (WSA)	Phasenverschiebung	28.08.1970 12:00	30.08.1970 12:00
Timmendorf/Poel (WSA)	starke Abweichung zu Nachbarpegeln	01.01.1973 12:00	02.01.1973 23:00
Timmendorf/Poel (WSA)	starke Abweichung zu Nachbarpegeln	30.01.1973 12:00	31.01.1973 11:00
Timmendorf/Poel (WSA)	schleppende Kurve	01.08.1975 12:00	02.08.1975 11:00
Timmendorf/Poel (WSA)	schleppende Kurve	17.06.1976 12:00	01.07.1976 11:00
Timmendorf/Poel (WSA)	Phasenverschiebung bei Hochwasser	20.12.1976 00:00	26.12.1976 11:00
Timmendorf/Poel (WSA)	Phasenverschiebung	18.02.1977 12:00	21.02.1977 11:00
Timmendorf/Poel (WSA)	Phasenverschiebung	23.05.1978 00:00	30.05.1978 00:00
Timmendorf/Poel (WSA)	Phasenverschiebung	22.01.1979 00:00	26.01.1979 23:00
Timmendorf/Poel (WSA)	Phasenverschiebung	28.09.1979 00:00	29.09.1979 11:00
Timmendorf/Poel (WSA)	Phasenverschiebung	18.01.1980 00:00	21.01.1980 01:00
Timmendorf/Poel (WSA)	Phasenverschiebung	28.04.1980 12:00	12.05.1980 11:00
Timmendorf/Poel (WSA)	schleppende Kurve	22.06.1980 12:00	23.06.1980 12:00
Timmendorf/Poel (WSA)	Phasenverschiebung	19.12.1981 12:00	21.12.1981 23:00
Timmendorf/Poel (WSA)	Phasenverschiebung	20.09.1982 12:00	27.09.1982 23:00
Timmendorf/Poel (WSA)	schleppende Kurve	02.05.1983 12:00	03.05.1983 11:00
Timmendorf/Poel (WSA)	Phasenverschiebung	10.09.1984 00:00	16.09.1984 12:00
Wismar Baumhaus (WSA)	Sprung mit anschl. Phasenverschiebung	29.11.1957 12:00	09.12.1957 12:00
Wismar Baumhaus (WSA)	vert. Versatz	25.01.1958 00:00	27.01.1958 06:00
Wismar Baumhaus (WSA)	gegenläufiger Verlauf	31.03.1958 12:00	01.04.1958 12:00
Wismar Baumhaus (WSA)	vert. Versatz	14.04.1958 00:00	17.04.1958 00:00
Wismar Baumhaus (WSA)	starke Abweichung, mit linearem Verlauf, konst Wst und Versatzen; auch Fehler bei Warnemünde zu vermuten	12.02.1961 00:00	26.02.1961 12:00
Wismar Baumhaus (WSA)	plötzliche Abweichungen mit Sprung	17.09.1961 12:00	20.09.1961 12:00
Wismar Baumhaus (WSA)	fehlerhafte Phasenverschiebung Wismar Baumhaus	20.05.1971 00:00	21.05.1971 12:00
Wismar Baumhaus (WSA)	Sprung/Ausreißer in den Daten	12.02.1973 22:00	13.02.1973 00:00
Wismar Baumhaus (WSA)	einzelner Ausreißer in den Daten, ca. 1m Abweichung (vermutlich Zahlenfehler, 483 statt 583 (korrekt)	14.11.1973 16:00	14.11.1973 16:00
Wismar Baumhaus (WSA)	Phasenverschiebung Wismar Baumhaus	28.07.1975 00:00	28.07.1975 23:00
Wismar Baumhaus (WSA)	Phasenverschiebung Wismar Baumhaus	09.10.1978 00:00	12.10.1978 12:00
Wismar Baumhaus (WSA)	schleppende Kurve Wismar Baumhaus	07.11.1978 00:00	13.11.1978 00:00
Wismar Baumhaus (WSA)	Versatze	19.11.1978 12:00	21.11.1978 00:00
Wismar Baumhaus (WSA)	schleppende Kurve, große Abweichungen, Gerät arbeitet nicht korrekt (und das im Sommer!)	19.05.1981 12:00	19.06.1981 12:00
Wismar Baumhaus (WSA)	fehlerhafte Phasenverschiebung Wismar Baumhaus	16.12.1981 00:00	23.12.1981 00:00
Wismar Baumhaus (WSA)	fehlerhafte Phasenverschiebung Wismar Baumhaus	15.01.1982 00:00	18.01.1982 12:00
Wismar Baumhaus (WSA)	Versatze	01.02.1982 12:00	01.02.1982 23:00
Wismar Baumhaus (WSA)	starke Abweichungen mit unregelmäßigem Verlauf	27.02.1982 00:00	02.03.1982 00:00
Wismar Baumhaus (WSA)	konstante Wasserstände	08.07.1982 12:00	12.07.1982 12:00
Wismar Baumhaus (WSA)	schleppende Kurve, starke Abweichungen zu Nachbarpegeln	05.10.1982 00:00	09.10.1982 00:00
Wismar Baumhaus (WSA)	plötzliche Phasenverschiebung Wismar Baumhaus	30.04.1983 12:00	01.05.1983 00:00
Wismar Baumhaus (WSA)	Versatz Wismar Baumhaus	19.06.1984 12:00	20.06.1984 12:00
Wismar Baumhaus (WSA)	Versatz, Verschiebung Wismar Baumhaus	29.10.1984 00:00	30.10.1984 12:00
Wismar Baumhaus (WSA)	fehlende Tide Wismar Baumhaus	04.07.1985 12:00	05.07.1985 12:00
Wismar Baumhaus (WSA)	fehlerhafte Phasenverschiebung Wismar Baumhaus	26.08.1985 12:00	29.08.1985 12:00
Wismar Baumhaus (WSA)	schleppende Kurve, starke Abweichungen zu Nachbarpegeln	19.03.1986 12:00	22.03.1986 00:00
Wismar Baumhaus (WSA)	plötzlich abweichender Verlauf	22.05.1986 00:00	22.05.1986 12:00
Wismar Baumhaus (WSA)	unnatürlich abweichender Verlauf	21.07.1986 12:00	23.07.1986 00:00
Wismar Baumhaus (WSA)	Versatz um 40 cm	24.08.1989 12:00	25.08.1989 12:00
Wismar Baumhaus (WSA)	plötzliche Abweichungen mit Spring	18.11.1990 12:00	19.11.1990 12:00
Wismar Baumhaus (WSA)	Versatz bei Anfang und Ende	18.11.1990 12:00	04.05.1991 00:00
Wismar Baumhaus (WSA)	Versatz bei Anfang und Ende, 4 Werte	15.05.1991 11:00	15.05.1991 14:00

Tabelle 3: Als potentiell unplausibel beurteilte Bereiche innerhalb von stündlichen Wasserstandszeitreihen in AMSeL_Ostsee (Plausibilisierungsverfahren I), Teil II

Stationsname	Kommentar	Start	Ende
Sassnitz (WSA)	außergewöhnlich schleppende Kurve	04.06.1979 00:00	29.06.1979 23:00
Sassnitz (WSA)	schleichender Versatz, unklarer Beginn, deutliches Ende	09.09.1989 00:00	19.09.1989 23:00
Sassnitz (WSA)	Versatz, klarer Beginn	07.08.1995 07:00	09.08.1995 12:00
Kiel-Holtenau (WSA)	konstante WST, Ausfall der Pegelstation	16.11.1983 00:00	17.11.1983 23:00
Flensburg (WSA)	Ausfall der Pegelstation	29.07.1974 12:00	30.07.1974 11:00
Flensburg (WSA)	fehler in der WST Aufzeichnung	03.12.1975 12:00	04.12.1975 23:00
Flensburg (WSA)	schleppende Kurve	07.09.1980 00:00	08.09.1980 23:00
Ruden (WSA)	Phasenverschiebung	26.03.1996 00:00	28.03.1996 23:00
Travemünde (WSA)	Plötzliche Phasenverschiebung	14.08.1958 00:00	20.08.1958 12:00
Travemünde (WSA)	plötzliche Abweichung zu Nachbarstationen	22.10.1958 12:00	24.10.1958 00:00
Greifswald Wieck (WSA)	einzelner Ausreißer	04.01.1969 21:00	04.01.1969 21:00
Rostock UP (WSA)	schleppende Kurve	08.02.1970 12:00	16.02.1970 23:00
Rostock UP (WSA)	Phasenverschiebung	13.06.1970 00:00	15.06.1970 11:00
Rostock UP (WSA)	Versatz	16.03.1971 18:00	16.03.1971 22:00
Rostock UP (WSA)	starke Abweichung zu Nachbarpegeln	22.12.1972 00:00	25.12.1972 11:00
Rostock UP (WSA)	starke Abweichung zu Nachbarpegeln, Phasenverschiebung, Versatz	01.11.1979 00:00	12.11.1979 11:00
Rostock UP (WSA)	starke Abweichung zu Nachbarpegeln, Phasenverschiebung, Versatz	19.11.1979 00:00	26.11.1979 23:00
Rostock UP (WSA)	Phasenverschiebung	09.01.1980 00:00	14.01.1980 11:00
Rostock UP (WSA)	Phasenverschiebung	03.07.1980 00:00	19.08.1980 23:00
Rostock UP (WSA)	Phasenverschiebung	17.09.1980 00:00	24.09.1980 23:00
Rostock UP (WSA)	Phasenverschiebung bei Sturmhochwasser	19.11.1980 00:00	24.11.1980 11:00
Rostock UP (WSA)	schleppende Kurve	08.04.1981 12:00	16.04.1981 11:00
Rostock UP (WSA)	Phasenverschiebung	17.06.1981 12:00	29.06.1981 23:00
Rostock UP (WSA)	Phasenverschiebung	18.07.1981 00:00	25.07.1981 23:00
Rostock UP (WSA)	Phasenverschiebung	29.07.1981 00:00	09.08.1981 23:00
Rostock UP (WSA)	schleppende Kurve	26.11.1981 00:00	30.11.1981 11:00
Rostock UP (WSA)	schleppende Kurve	05.05.1983 00:00	15.05.1983 23:00
Rostock UP (WSA)	schleppende Kurve	28.07.1983 00:00	30.07.1983 11:00
Rostock UP (WSA)	schleppende Kurve	15.05.1989 00:00	22.05.1989 11:00
Rostock UP (WSA)	schleppende Kurve	03.04.1990 12:00	05.04.1990 11:00
Rostock UP (WSA)	einzelner Ausreißer	02.01.1995 14:00	02.01.1995 14:00
Rostock UP (WSA)	Versatz	24.06.1995 17:00	25.06.1995 00:00
Rostock UP (WSA)	Versatz	02.06.1996 01:00	02.06.1996 05:00
Rostock UP (WSA)	Abweichungen zu Nachbarstationen	28.10.1996 12:00	30.10.1996 23:00
Rostock UP (WSA)	schleppende Kurve	18.12.1996 12:00	21.12.1996 11:00
Rostock UP (WSA)	starke Abweichung zu Nachbarpegeln, Phasenverschiebung, Versatz	14.02.1998 12:00	15.02.1998 23:00
Rostock UP (WSA)	Versatz	23.12.1998 10:00	24.12.1998 13:00

Tabelle 4: Als potentiell unplausibel beurteilte Bereiche innerhalb von stündlichen Wasserstandszeitreihen in AMSeL_Ostsee (Plausibilisierungsverfahren I), Teil III

Stationsname	Kommentar	Start	Ende
Warnemünde (WSA)	schleppende Kurve über mehrere Tage	15.05.1960 00:00	18.05.1960 23:00
Warnemünde (WSA)	Phasenverschiebund und anschließend schleppende Kurve	20.10.1960 00:00	21.10.1960 23:00
Warnemünde (WSA)	Phasenverschiebung	21.02.1961 00:00	27.02.1961 11:00
Warnemünde (WSA)	starke Abweichung zu Nachberpegeln	29.03.1974 00:00	01.04.1974 11:00
Warnemünde (WSA)	Versatz	02.09.1974 01:00	02.09.1974 06:00
Warnemünde (WSA)	Phasenverschiebung	24.03.1975 00:00	25.03.1975 23:00
Warnemünde (WSA)	schleppende Kurve	16.06.1975 12:00	17.06.1975 23:00
Warnemünde (WSA)	Versatz	30.06.1975 22:00	01.07.1975 00:00
Warnemünde (WSA)	Phasenverschiebung	12.04.1977 00:00	14.04.1977 23:00
Warnemünde (WSA)	Phasenverschiebung	25.04.1977 12:00	27.04.1977 11:00
Warnemünde (WSA)	schleppende Kurve	21.09.1977 00:00	25.09.1977 11:00
Warnemünde (WSA)	schleppende Kurve	03.06.1978 00:00	07.06.1978 00:00
Warnemünde (WSA)	schleppende Kurve	15.08.1978 00:00	16.08.1978 23:00
Warnemünde (WSA)	schleppende Kurve	06.12.1978 00:00	13.12.1978 23:00
Warnemünde (WSA)	Phasenverschiebung	08.06.1981 12:00	18.06.1981 23:00
Warnemünde (WSA)	schleppende Kurve	08.06.1985 00:00	21.06.1985 23:00
Warnemünde (WSA)	starke Abweichung zu Nachberpegeln	26.05.1986 00:00	27.05.1986 23:00
Warnemünde (WSA)	Phasenverschiebung	18.06.1987 12:00	19.06.1987 23:00
Warnemünde (WSA)	schleppende Kurve	04.05.1991 00:00	07.05.1991 23:00
Warnemünde (WSA)	schleppende Kurve	15.02.1998 12:00	23.02.1998 11:00
Warnemünde (WSA)	schleppende Kurve	12.04.1998 00:00	16.04.1998 23:00
Warnemünde (WSA)	schleppende Kurve	01.11.1998 00:00	04.11.1998 11:00
Warnemünde (WSA)	schleppende Kurve	01.12.1998 00:00	04.12.1998 23:00
Barhöft (WSA)	einzelner Ausreißer	15.11.1954 17:00	15.11.1954 17:00
Barhöft (WSA)	einzelner Ausreißer	29.03.1956 00:00	29.03.1956 00:00
Barhöft (WSA)	Versatz, unklarer Beginn	13.06.1961 00:00	13.06.1961 23:00
Barhöft (WSA)	Versatz, klarer Beginn und Ende	10.06.1962 21:00	11.06.1962 01:00
Barhöft (WSA)	Versatz, eindeutiger Beginn und Ende	14.11.1965 19:00	14.11.1965 21:00
Barhöft (WSA)	konstante Wasserstände, große Abweichung von Nachbarpegeln; klarer Beginn und Ende	29.09.1966 10:00	29.09.1966 22:00
Barhöft (WSA)	Versatz, klarer Beginn und Ende	02.09.1998 16:00	03.09.1998 00:00
Barhöft (WSA)	fehlerhafte Messwerte in einem Bereich wo sonderbarerweise nur vereinzelt Messwerte vorliegen	28.12.2010 00:00	06.01.2011 23:00
Barhöft (WSA)	fehlerhafte Messwerte in einem Bereich wo sonderbarerweise nur vereinzelt Messwerte vorliegen	23.02.2011 00:00	09.03.2011 23:00
Barhöft (WSA)	Versatz	01.11.2014 00:00	01.11.2014 23:00

Tabelle 5: Als potentiell unplausibel beurteilte Bereiche innerhalb von stündlichen Wasserstandszeitreihen in AMSeL_Ostsee (Plausibilisierungsverfahren II), Teil I

Stationsname	Kommentar	Start	Ende
Timmendorf/Poel (WSA)	MW Tide weicht deutlich von Nachbarstationen ab	30.05.1992 16:00	31.05.1992 18:00
Timmendorf/Poel (WSA)	mehrere Fehler (konstante Wasserstände) in diesem Zeitraum, Pegelstation vermutlich defekt/eingefroren	02.04.2010 16:00	04.04.2010 11:00
Timmendorf/Poel (WSA)	mehrere Fehler (konstante Wasserstände) in diesem Zeitraum, Pegelstation vermutlich defekt/eingefroren	06.04.2010 22:00	07.04.2010 09:00
Timmendorf/Poel (WSA)	mehrere Fehler (konstante Wasserstände) in diesem Zeitraum, Pegelstation vermutlich defekt/eingefroren	23.04.2010 23:00	26.04.2010 08:00
Timmendorf/Poel (WSA)	schleppende Kurve	03.07.2011 18:00	06.07.2011 11:00
Wismar Baumhaus (WSA)	für Timmendorf liegen in diesem Zeitraum leider keine Daten vor, daher nur Vergleich mit 1. Station möglich. WST dennoch fehlerhaft	18.10.1993 23:00	19.10.1993 08:00
Wismar Baumhaus (WSA)	für Timmendorf liegen in diesem Zeitraum leider keine Daten vor, daher nur Vergleich mit 1. Station möglich. WST dennoch fehlerhaft: zeitlicher Versatz der WST, falsches einfügen der Daten vom Pegelbogen	10.02.1997 09:00	18.02.1997 01:00
Wismar Baumhaus (WSA)	für Timmendorf liegen in diesem Zeitraum leider keine Daten vor, daher nur Vergleich mit 1. Station möglich. WST dennoch fehlerhaft: zeitlicher Versatz der WST, falsches einfügen der Daten vom Pegelbogen	12.02.1997 21:00	18.02.1997 01:00
Sassnitz (WSA)	Gegenläufiger Verlauf zu Vergleichspegeln	22.08.1998 12:00	23.08.1998 05:00
Sassnitz (WSA)	Gegenläufiger Verlauf zu Vergleichspegeln, schleppende Kurve	03.06.2006 01:00	05.06.2006 00:00
Sassnitz (WSA)	Gegenläufiger Verlauf zu Vergleichspegeln, schleppende Kurve	03.06.2006 01:00	05.06.2006 00:00
Thiessow (WSA)	vert. Versatz	09.05.1995 10:00	10.05.1995 13:00
Thiessow (WSA)	Phasenverschiebung	13.06.1995 01:00	16.06.1995 01:00
Ueckermuende (WSA)	größere Abweichungen ums Mittelwasser	03.03.1982 18:00	06.03.1982 13:00
Ueckermuende (WSA)	größere Abweichungen ums Mittelwasser	06.03.1982 21:00	07.03.1982 20:00
Ueckermuende (WSA)	größere Abweichungen ums Mittelwasser	10.03.1982 02:00	16.03.1982 05:00
LT Kiel (WSA)	Phasenverschiebung	16.11.1989 13:00	20.11.1989 12:00
Kiel-Holtenau (WSA)	vertikaler Versatz	09.02.1992 05:00	09.02.1992 12:00
Kiel-Holtenau (WSA)	vertikaler Versatz	07.03.1992 07:00	07.03.1992 20:00
Kiel-Holtenau (WSA)	vertikaler Versatz	08.03.1992 05:00	08.03.1992 21:00
Kiel-Holtenau (WSA)	schleppende Kurve	10.05.1992 10:00	11.05.1992 00:00
Kiel-Holtenau (WSA)	vertikaler Versatz um ca. 10 cm	25.05.1992 12:00	03.08.1992 11:00
Kiel-Holtenau (WSA)	vertikaler Versatz um ca. 10 cm	25.05.1992 12:00	03.08.1992 11:00
Kiel-Holtenau (WSA)	schleppende Kurve	23.11.1993 12:00	07.03.1994 12:00
Eckernförde (WSA)	ungewöhnlicher, abweichender Verlauf zu den Nachbarstationen	19.12.1998 12:00	20.12.1998 11:00
Eckernförde (WSA)	ungewöhnlicher, abweichender Verlauf zu den Nachbarstationen; schleppende Ganglinie	07.06.2000 02:00	08.06.2000 07:00
Schleimünde SP (WSA)	Verlauf eines anderen Zeitraums falsch eingefügt	25.05.1991 01:00	07.06.1991 01:00
Schleimünde SP (WSA)	horizontaler Versatz, Nach Datenlücke falscher Einsatzzeitpunkt gewählt	07.11.1997 00:00	01.01.1998 16:00
Schleimünde SP (WSA)	horizontaler Versatz, Nach Datenlücke falscher Einsatzzeitpunkt gewählt	07.11.1997 00:00	01.01.1998 16:00
Schleimünde SP (WSA)	horizontaler Versatz, Nach Datenlücke falscher Einsatzzeitpunkt gewählt	07.11.1997 00:00	01.01.1998 16:00
Schleimünde SP (WSA)	horizontaler Versatz, Nach Datenlücke falscher Einsatzzeitpunkt gewählt	07.11.1997 00:00	01.01.1998 16:00
Schleimünde SP (WSA)	schleppende Kurve	03.02.1998 13:00	11.02.1998 08:00
Schleimünde SP (WSA)	schleppende Kurve	13.02.1998 03:00	16.02.1998 15:00
Schleimünde SP (WSA)	schleppende Kurve	18.02.1998 03:00	23.02.1998 00:00
Schleimünde SP (WSA)	falsch digitalisierte Messwerte?	28.04.2005 01:00	29.04.2005 00:00

Tabelle 6: Als potentiell unplausibel beurteilte Bereiche innerhalb von stündlichen Wasserstandszeitreihen in AMSeL_Ostsee (Plausibilisierungsverfahren II), Teil II

Stationsname	Kommentar	Start	Ende
Flensburg (WSA)	Abweichung zu anderen Stationen, unnatürlicher Verlauf	18.12.1998 23:00	20.12.1998 17:00
LT Kalkgrund (WSA)	falscher Pegelbogen eingefügt?	07.02.1995 01:00	14.02.1995 01:00
LT Kalkgrund (WSA)	falscher Pegelbogen eingefügt?	07.02.1995 01:00	14.02.1995 01:00
LT Kalkgrund (WSA)	falscher Pegelbogen eingefügt?	08.09.1997 23:00	10.09.1997 02:00
Langballigau (WSA)	Abweichender Verlauf zu Nachbarstationen	07.03.1992 00:00	09.03.1992 12:00
Langballigau (WSA)	konst WST und Sprung in WST	28.01.1993 13:00	30.01.1993 23:00
Langballigau (WSA)	Phasenverschiebung (zeitlich), Pegelbogen zum falschen Zeitpunkt eingesetzt.	10.08.2006 09:00	23.08.2006 08:00
Langballigau (WSA)	Abweichender Verlauf zu Nachbarstationen	12.01.2007 01:00	12.01.2007 14:00
Koserow (WSA)	deutlich abweichender Verlauf mit starkem Sprung am Anfang und Ende des angegebenen Zeitraums	02.10.2001 00:00	01.11.2001 00:00
Ruden (WSA)	zeitlicher Versatz, Phasenverschiebung nach konst WST	26.03.1996 00:00	28.03.1996 20:00
Ruden (WSA)	unklare Abweichungen in Ruden	25.07.2007 15:00	30.07.2007 17:00
Ruden (WSA)	erst konstante WST, dann verzögertes HW und wieder konst WST	16.11.2007 08:00	19.11.2007 09:00
Ruden (WSA)	konstante WST über 24h	22.11.2007 10:00	23.11.2007 16:00
Ruden (WSA)	häufige Fehlerwerte in diesem Bereich (-999); starke Abweichung zu Nachbarpegeln	16.01.2010 22:00	19.01.2010 21:00
Lübeck Bauhof (WSA)	vertikaler Versatz	08.11.1991 14:00	09.11.1991 13:00
Lübeck Bauhof (WSA)	falsche Daten digitalisiert!?!	03.06.1995 10:00	10.06.1995 14:00
Lübeck Bauhof (WSA)	falsche Daten digitalisiert!?!	09.06.1995 14:00	10.06.1995 14:00
Neustadt (WSA)	Versatz	18.03.2003 12:00	20.03.2003 08:00
Neustadt (WSA)	schleppende Kurve	10.04.2013 23:00	07.05.2013 12:00
Travemünde (WSA)	plötzlich abweichender Verlauf	05.11.1994 20:00	07.11.1994 11:00
Greifswald Wieck (WSA)	vert. Versatz	31.01.1987 03:00	01.02.1987 00:00
Lauterbach (WSA)	Phasenverschiebung im MW Bereich	15.04.1976 00:00	26.04.1976 06:00
Lauterbach (WSA)	Phasenverschiebung im MW Bereich	15.09.1978 00:00	18.09.1978 05:00
Greifswalder Oie (WSA)	vertikaler Versatz	23.09.1995 01:00	23.09.1995 11:00
Greifswalder Oie (WSA)	gegenläufiger Verlauf	09.07.2003 12:00	14.07.2003 00:00
Greifswalder Oie (WSA)	große, ungewöhnliche Abweichungen	04.08.2003 01:00	13.08.2003 12:00
Greifswalder Oie (WSA)	Phasenverschiebung nach konst WST	02.01.2006 11:00	04.01.2006 00:00
Stahlbrode (WSA)	vert. Versatz	22.02.1976 10:00	22.02.1976 22:00
Stahlbrode (WSA)	Gegenläufiger Verlauf	21.04.1977 19:00	24.04.1977 15:00
Stahlbrode (WSA)	Gegenläufiger Verlauf	27.06.1977 15:00	04.07.1977 06:00
Stahlbrode (WSA)	schleppende Ganglinie, konst WST, stark abweichendes Verhalten zu Nachbarstationen	19.09.1979 12:00	08.10.1979 10:00
Stahlbrode (WSA)	konst WST über knapp 24h, schleppende Ganglinie, starke Abweichungen zu Nachbarstationen	20.11.1979 20:00	26.11.1979 17:00

8.4 Historische Informationen zu den vom WSA Lübeck betreuten Pegeln

Tabelle 7: Informationen zum Abriss der Geschichte der Pegelstationen des WSA Lübeck

Abriss der Geschichte der Pegelstationen

Stationsname	Pegelnr.	Baujahr	Aufzeichnungsbeginn	Ausbau/Erweiterung	Störungen	Stilllegung/Neubau
Flensburg	9610 010	1872	01.03.1872			
			01.11.1954	1954 Erweiterung um Schreibpegel mit Trommelschreiber und Handlotvorrichtung		
						1986 Stilllegung, 16.10.1985 Neubau
					01.12.1990 Zerstörung der Anlage nach Schiffskollision	
			10.06.1991 Hybriddrucker			1991 Neubau der Anlage
			24.01.1994 mech. Trommelschreiber			
			ab 1994 WDFÜ			
Langballigau	9610 015	1952	01.11.1952			
			27.07.1971		Zunahme der Schifffahrt	26.07.1971 Verlegung des Schreib- und Lattenpegels
						März 1976 Versetzung der Pegelanlage
				12.05.1964 Erstellung der Staffel II		
			01.09.1994	1994 WDFÜ		
						2010 neues Pegelrohr
LT Kalkgrund	9610 020	1963	10.11.1970			
			13.11.1985 - 03.02.1994 digit. Registrierung			
					Platzmangel	03.02.1994 Demontage des Planschreibers
			01.06.1996	1994 WDFÜ		
Kappeln	9610 035	1872	01.01.1873			
			09.10.1973	Schreib- und Lattenpegel aus zwei Staffeln		
			01.09.1994	1994 WDFÜ		

Abriss der Geschichte der Pegelstationen

Stationsname	Pegelnr.	Baujahr	Aufzeichnungsbeginn	Ausbau/Erweiterung	Störungen	Stilllegung/Neubau
Schleswig	9610 040	1. Vorgänger-pegel 1872	01.01.1873 Lattenpegel			
			01.11.1954	1954 Erweiterung um einen Schreibpegel		
						31.10.1958 Einstellung des Betriebs
		2. Vorgänger-pegel 1958	01.11.1958 Schreib- und Lattenpegel aus 3 Staffeln			
					Eisgang	Winter 1978/79 Zerstörung der Pegelanlage
		3. Vorgängerpegel 1979	22.05.1979 Schreib- und Lattenpegel aus 2 Staffeln			
			01.09.1994	1994 WDFÜ		
		heutiger Pegel 2012	keine Daten von der 14. - 36. Kalenderwoche 2012			02.04.2012 - 06.06.2012 außer Betrieb
Schleimünde LP	9610 030	1872	01.01.1873 Lattenpegel			
						1960 Neuerrichtung eines Pegelpfahls und Pegellatte
				28.06.1979 Emeuerung der Pegellatte		
				04.12.1995 Emeuerung der Pegellatte		
					Aufgabe des Schutzhafens durch die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung	31.12.1997 Ende der Beobachtungen des Pegels Schleimünde LP, Funktion als Staffel II des Pegels Schleimünde SP
Schleimünde SP	9610 025					

Abriss der Geschichte der Pegelstationen

Stationsname	Pegelnr.	Baujahr	Aufzeichnungsbeginn	Ausbau/Erweiterung	Störungen	Stilllegung/Neubau
Eckernförde	9610 045	1881	01.01.1882 -31.10.1954 Lattenpegel			
			01.11.1954 Schreibpegel			
				13.07.1977 - 06.09.1978 Hilfspegel mit Registriergerät		
						06./07.09.1978 Inbetriebnahme neues Pegelhaus
						29.03.1979 Staffel II am Getreidehaus neu
			19.12.1988 - 16.12.1993 digitale Registrierung			
			01.09.1994	1994 WDFÜ		
					07.06.2007 - 14.06.2007 außer Betrieb, wegen Baumaßnahmen	11.06.2007 neues Pegelrohr, neue Staffel
LT Kiel	9610 050	1965 - 66	05.07.1967			
			13.11.1985 - 03.02.1994 digit. Registrierung			
			01.06.1996	1994 WDFÜ		
Strande	9610 055	1952	01.07.1952 Lattenpegel			
					1974 Hafenbau-arbeiten	1974 Abbau des Pegels
		1974	06.03.1974 Schreib- und Lattenpegel			1974 Neuerrichtung des Schreib- und Lattenpegels
			01.09.1994	1994 WDFÜ		
					1999 Abgängigkeit der Pegelanlage infolge Bohrwurmbefalls	13.01.1999 außer Betriebnahme
LT Friedrichsort	9650 060	1971	01.11.1971			
				1980 Verminderung von drei auf zwei Staffeln	Abbruch der Brücke zwischen Leuchtturm und Friedrichsorter Festland	

Abriss der Geschichte der Pegelstationen

Stationsname	Pegelnr.	Baujahr	Aufzeichnungsbeginn	Ausbau/Erweiterung	Störungen	Stilllegung/Neubau
Kiel-Holtenau	9610 066	1870				
			01.11.1954 Schreib- und Lattenpegel			
			09.07.1959	Messansagegerät		
			06.04.1979	Erneuerung des Messansagegeräts		
			28.09.1989			Neuerrichtung 01.09.1983
			14.03.1984 - 27.01.1994	digit. Registrierung		
						19.01.1994 außer Betriebnahme des Schreibpegels
			01.09.1994	1994 WDFÜ		
Heiligenhafen	9610 070	Vorgängerpegel Fehmarnsund	24.07.1969 Schreib- und Lattenpegel			
			22.04.1987 - 19.01.1994 digit. Registrierung			
			01.09.1994	1994 WDFÜ		
						13.12.1996 neue Lattenkonstruktion anstelle der Latte Staffel I
Marienleuchte	9610 075	1893 Schwimmer-schreibpegel	18.10.1893			
				1935 Erweiterung um einen Lattenpegel		
			21.09.1972	21.09.1972 Schwimmerschreib-pegel durch Echopegel ersetzt		
				23.06.1983 Schreibgerät durch Büsum-Ott-Schreiber ersetzt		
				bis ca. 1985 Wellenschreiber		
					29.12.1978 Sturm und Eis	29.12.1978 Beschädigung der Pegelbrücke und Neuerrichtung Staffel II
				1992 Echopegel durch Druckpegel ersetzt und Installation eines Wassertemperatur- und Leitfähigkeitssensors		
			01.09.1994	1994 WDFÜ		

Abriss der Geschichte der Pegelstationen

Stationsname	Pegelnr.	Baujahr	Aufzeichnungsbeginn	Ausbau/Erweiterung	Störungen	Stilllegung/Neubau
Neustadt	9610 080	1.Vorgänger-pegel 1872	01.07.1872 - 31.10.1958 Lattenpegel			
		2. Vorgänger-pegel 1954	15.11.1954			1954 Errichtung des Schreibpegels
				1961 Erneuerung des Pegelrohrs einschließlich der Wellendämpfungs-einrichtung		
			01.11.1958			1958 Errichtung des Lattenpegels aus zwei Staffeln
				1971 Erneuerung Latte der Staffel I		
					1979 Spundwandsanierung	15.08. - 20.09.1979 Abbau der Staffel I
						1994 Holzpegelhäuschen durch Stahlhäuschen ersetzt
			01.09.1994	1994 WDFÜ		
		heutiger Pegel 2007	28.03.2007		Abgängigkeit der Zuwegung zur Hafenmole	28.03.2007 Verlegung des Pegels
			24.09.2007	24.07.2007 Inbetriebnahme des Radarpegels		
Travemünde	9620 085	01.01.1826 Lattenpegel				
				1890 Ergänzung von Schreibpegel		
		28.07.1936 Schreib- und Lattenpegel	29.07.1936			
						27.09.1949 Abbau des Schreibpegels
						05.10.1949 neuer Schreibpegel
						01.08.1950 Neuerrichtung der Staffel II
				07.07.1955 Erneuerung Staffel I	Abgängigkeit	
						02.04.1957 Abbau des Schreibpegels
						14.04.1957 neuer Schreibpegel
				22./24.10.1958 Neuaufstellung des Schreibpegels für bessere Aufzeichnungshöhe		

Abriss der Geschichte der Pegelstationen

Stationsname	Pegelnr.	Baujahr	Aufzeichnungsbeginn	Ausbau/Erweiterung	Störungen	Stilllegung/Neubau
Travemünde	9620 085					Juli 1962 Inbetriebnahme Pegelmittelwert-drucker
				23.02.1963 Verlegung der Fernschreibpegel und der Pegelmittelwert-drucker in neue Lotsenstation		
					Abbruch der Postbrücke	Dezember 1969 Entfernung Staffel I
			28.11.1969 - 02.06.1970	28.11.1969 - 02.06.1970 Unterhaltung eines Behelfspegels		
				02.06.1970 Grunderneuerung und neue Befestigung der Pegellatte		
						Ende Januar 1979 außer Betriebnahme Mittelwertdrucker
			01.09.1994	1994 WDFÜ		12.10.1994 außer Betriebnahme des Fernschreibpegels
				2001 Sanierung des Pegelhauses		
				22.12.2005 Verlegung des Peilrohrs	Anlandung	
Lübeck-Bauhof	9620 090	1883	1883 - 1956 Lattenpegelablesungen			
			1956 Schwimmer-Schreibpegel			
			01.04.1978	01.09.1977 - 31.03.1978 Probebetrieb des neuen Schreib- und Lattenpegels		31.03.1978 außer Betriebnahme
			25.11.1977	Inbetriebnahme elektr. Pegelfernübertragungsanlage		
			1984 - 1994 digit. Registrierung			
			01.09.1994	1994 WDFÜ		

Abriss der Geschichte der Pegelstationen

Stationsname	Pegelnr.	Baujahr	Aufzeichnungsbeginn	Ausbau/Erweiterung	Störungen	Stilllegung/Neubau
Lübeck-Bauhof	9620 090					Anfang 1995 Außerdienststellung und Ausbau Pegel-Fernübertragungsanlage
						1999 Pegeldatenzentrale auf dem Bauhof in Lübeck
Wismar Baumhaus	9630 008	1848	Juli 1848			
			07.06.1894 Schreibpegel (Potsdam)			
			01.01.1939	09.12.1938 Errichtung eines Lattenpegels		
				19.03.1941 Austausch der Pegellatte		
						11.07.1941 Entfernung der Pegellatte
					durch Besatzungstruppen	1945 Zerstörung des Schreibpegels und Beschädigung der Pegellatte
				seit ca 1950, wahrscheinlich 1947 Neuerrichtung des Lattenpegels		
					Zuschüttung des Hafenbeckens	30.06.1955 außer Betriebnahme des Schreibpegels im Kohlehafen
			01.08.1955	Pegel am Baumhaus		
				1963 Setzen der Staffel II des Lattenpegels		
						25.10.1963 Verlegung der Pegelanlage "Feuerlöschboot" nach Wismar Überseehafen
				Juni 1966 Versetzen der Staffel I des Lattenpegels		

Abriss der Geschichte der Pegelstationen

Stationsname	Pegelnr.	Baujahr	Aufzeichnungsbeginn	Ausbau/Erweiterung	Störungen	Stilllegung/Neubau
Wismar Baumhaus	9630 008					1978 Neubau eines Schreibpegels beim Baumhaus
				Juni 1979 Verlegung einer Fernanzeige vom Schreibpegel		
				Mai 1990 Installation einer Wasserstandsdaten-anzeige		
						1992 Ausbau des Schreibers aus dem Pegelhaus
					Abgängigkeit	Herbst 1993 Demontage und Neubau der Schreibpegelanlage
			01.02.1995	September 1994 Einrichtung der WDFÜ		
				August 1995 Verlegung der Staffel I an das Rohr für die WDFÜ		
				25.10.1999 Verlegung der Außenstelle der WDFÜ		
					Schiffshavarie	19.02.2000 Zerstörung und Neubau des Pegelhäuschens
				09.06.2006 - 10.10.2006 temporäre Verlegung des Pegels mit anschließendem Rückbau	Bauarbeiten	
				Oktober 2007 Verlegung der Außenstation der WDFÜ in das Gebäude des Baumhaus		
Timmendorf/Poel	9630 007	1953				
				1962 Errichtung eines Schreibpegels		
			01.02.1995	1994 Ausrüstung der Anlage mit WDFÜ		24.05.1993 Neubau einer Anlage für WDFÜ
			29.06.1995		Schiefstellung des Pegelrohrs (WDFÜ)	26.06.1995 Rammung eines neuen Rohrs und Umsetzung der Anlage
				20.09.1995 Emeuerung der Pegellatte		
					Abgängigkeit der Lotsenbrücke	22.11.1999 Demontage des Schreibpegels

8.5 Zeitliche Verfügbarkeit von Wasserstandsdaten in der Datenbank

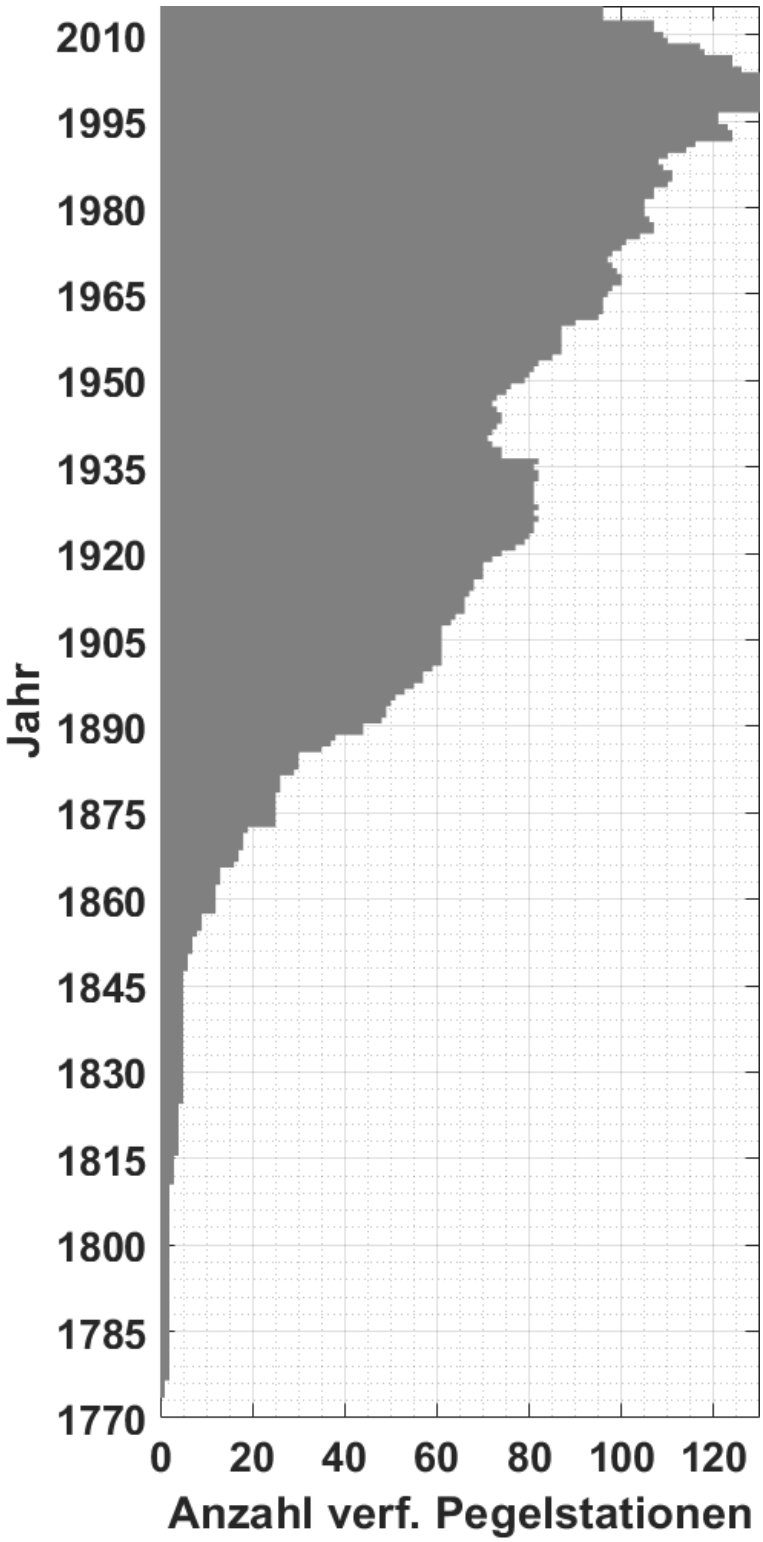


Abbildung 8-1: Verfügbare Wasserstandsdaten für Pegelstationen im Ostseeraum über die Zeit

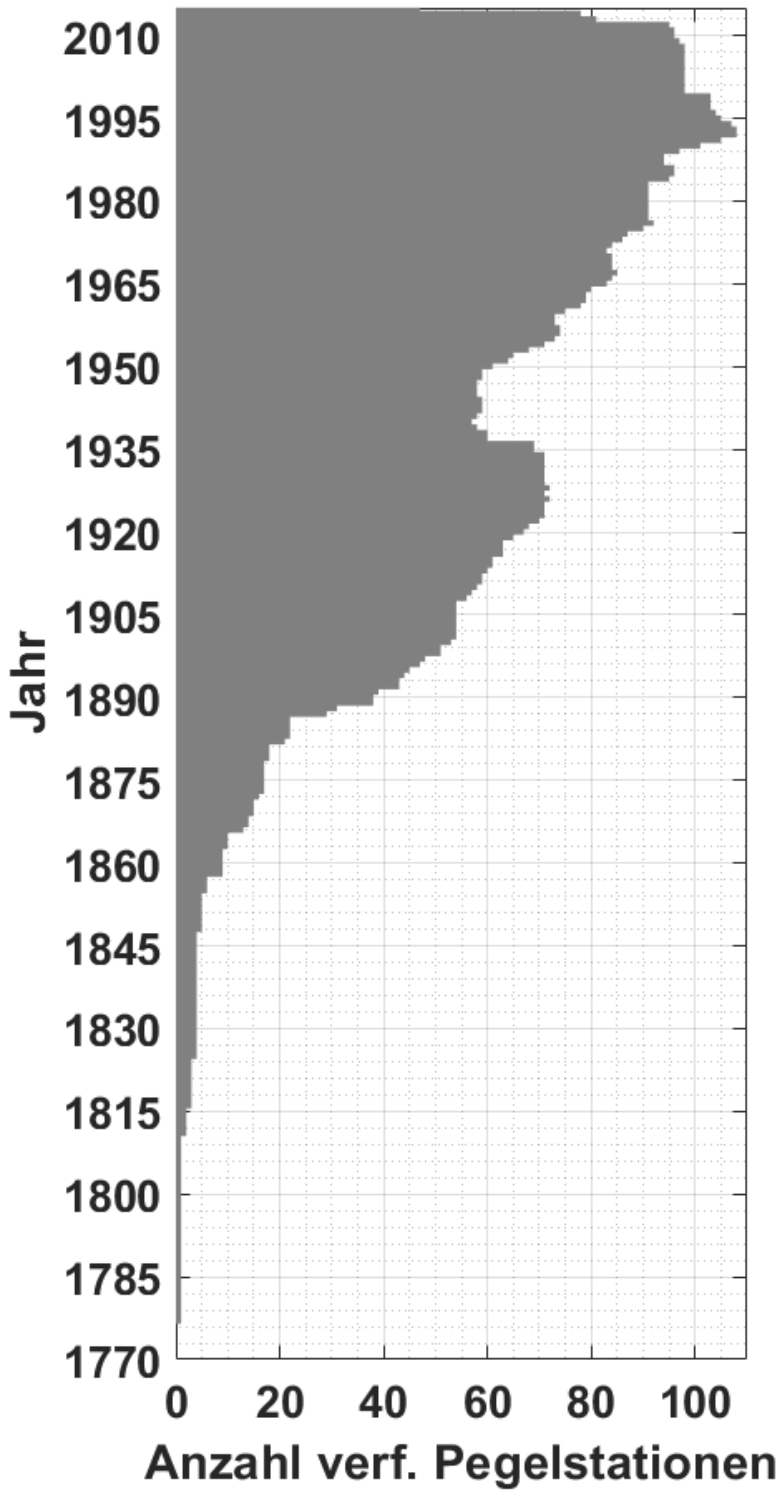


Abbildung 8-2: Verfügbare Wasserstandsdaten als Monatsmittelwerte für Pegelstationen im Ostseeraum über die Zeit

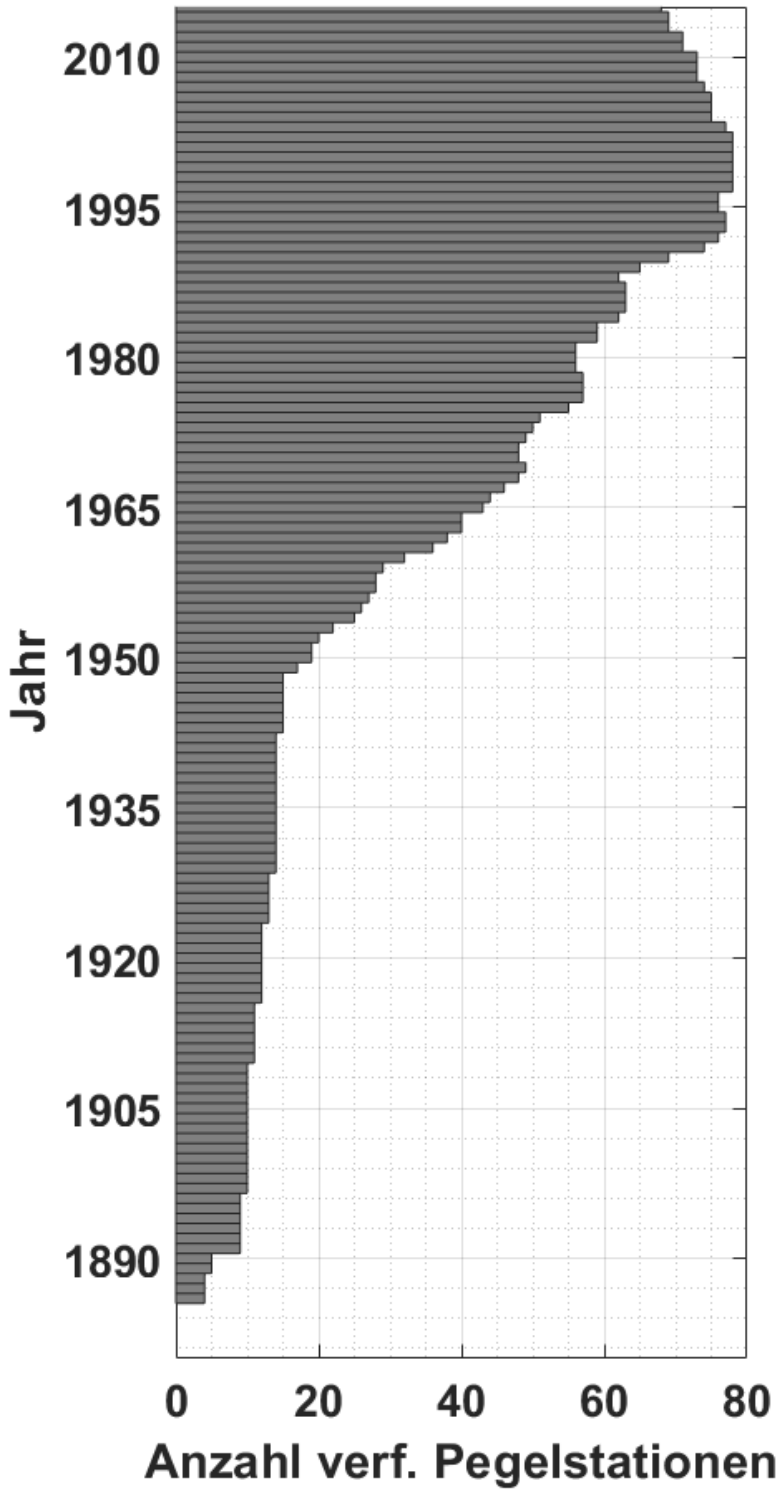


Abbildung 8-3: Verfügbare Wasserstandsdaten als hochaufgelöste Stundenterminwerte für Pegelstationen im Ostseeraum über die Zeit

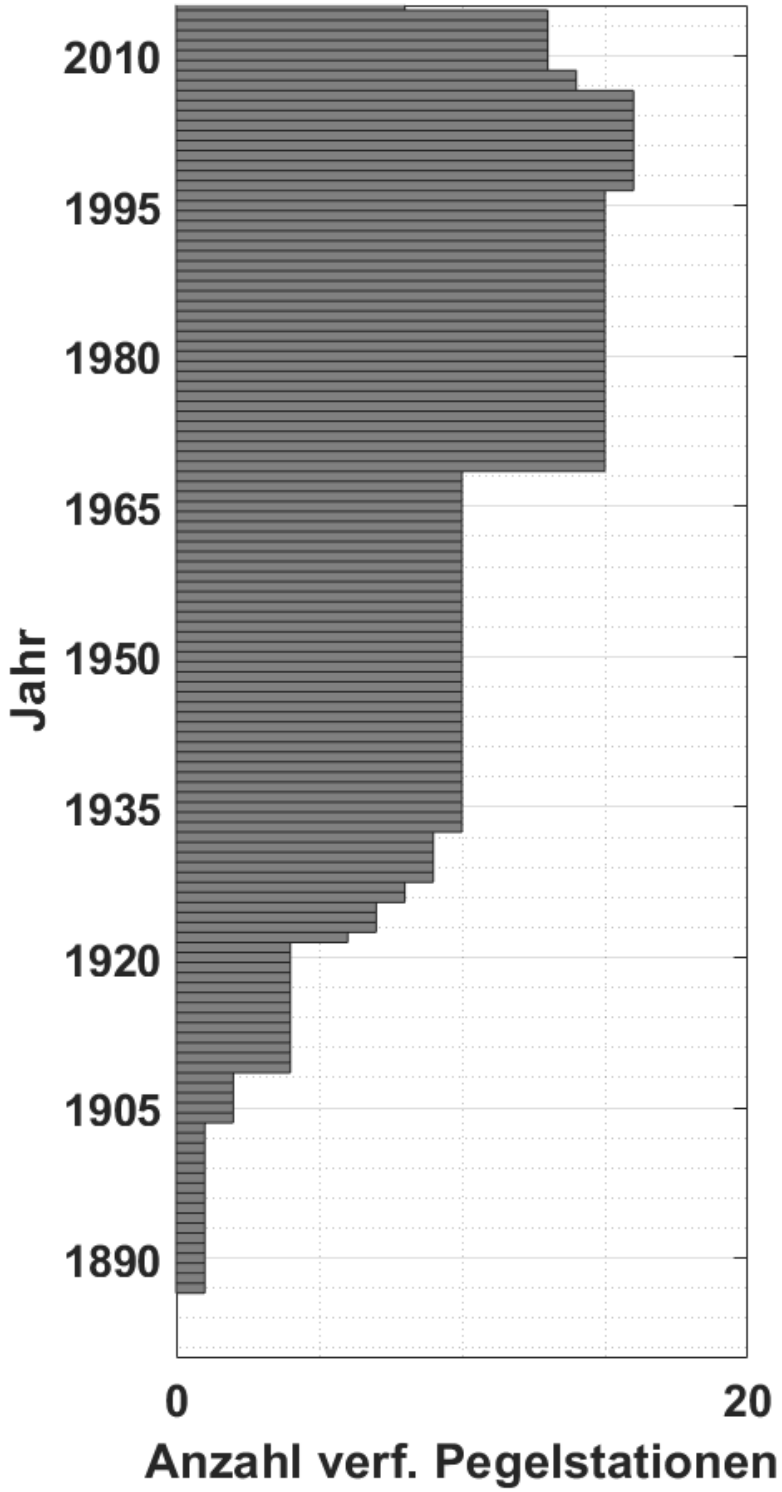


Abbildung 8-4: Verfügbare Wasserstandsdaten als Einzelterminwerte für Pegelstationen im Ostseeraum über die Zeit

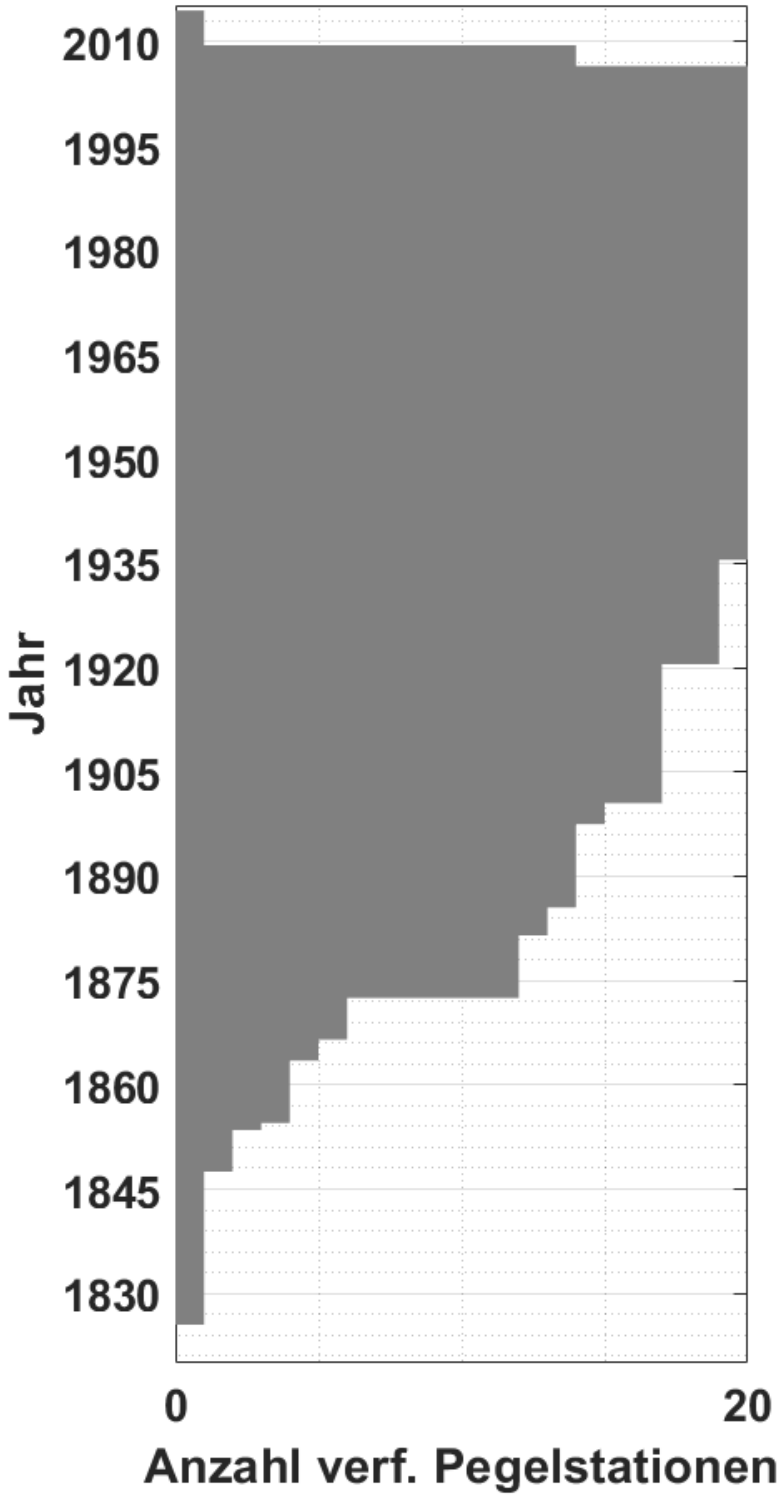


Abbildung 8-5: Verfügbare Wasserstandsdaten als Jahresextremwerte für Pegelstationen im Ostseeraum über die Zeit

8.6 Ergebnisse von Extremwertanalysen

In diesem Abschnitt werden die im Bericht nicht aufgeführten Ergebnisse weiterer untersuchter Varianten aufgezeigt.

8.6.1 Angepasste Verteilungsfunktionen

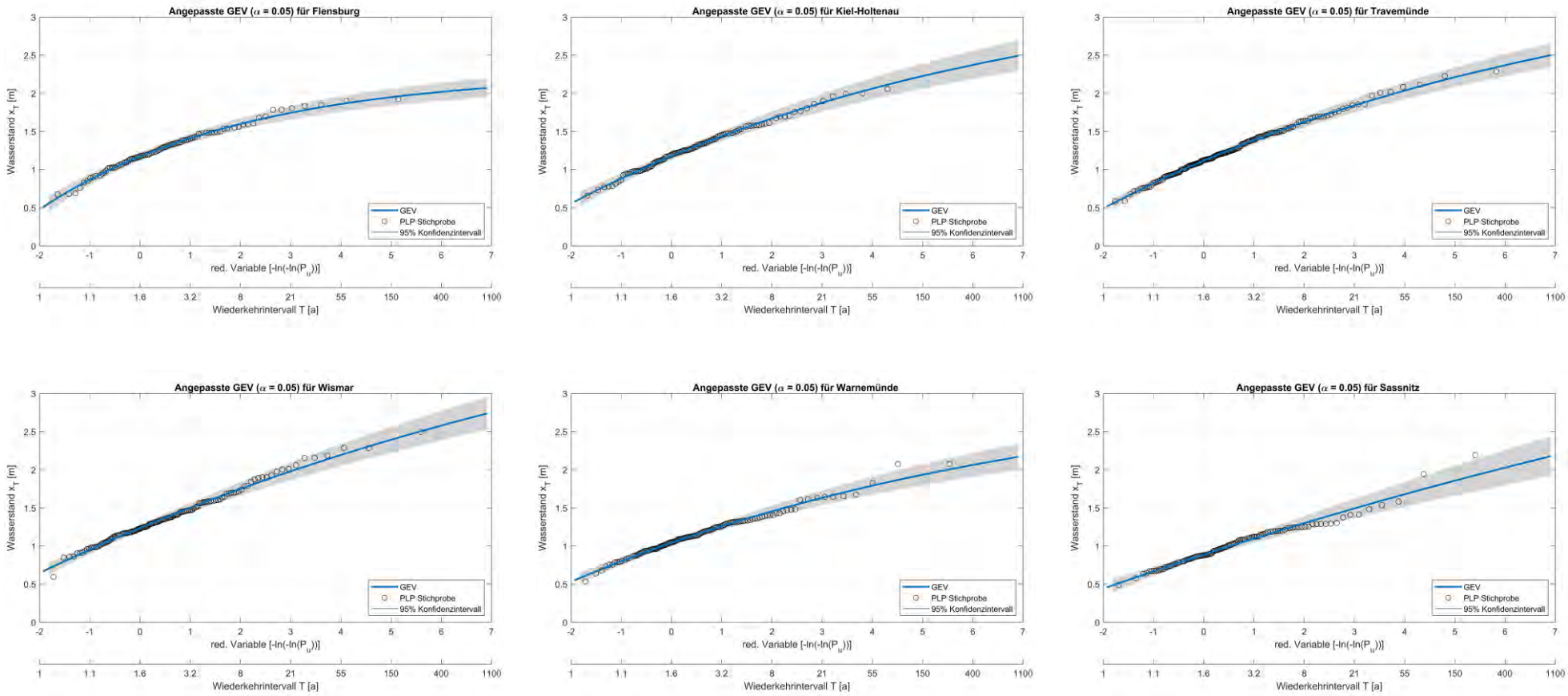
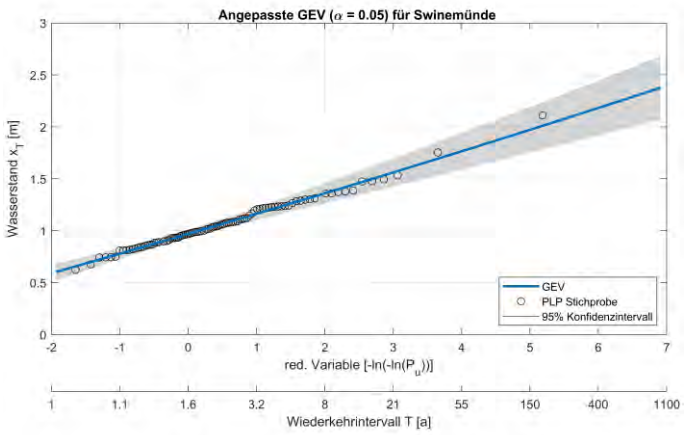
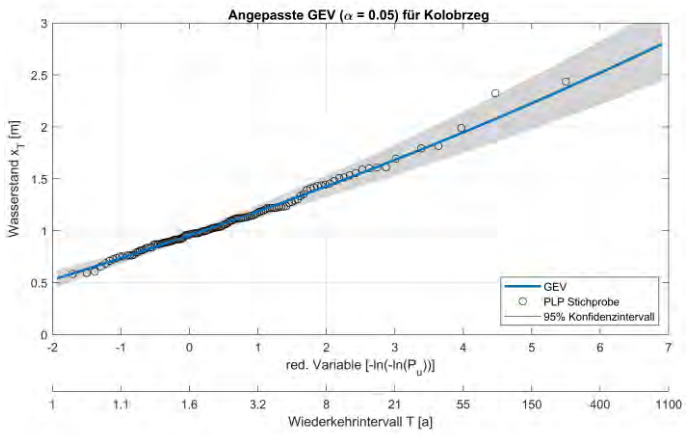


Abbildung 8-6: Angepasste GEV an die Jahresmaximalwerte (N = 1) der Stationen 1. Flensburg (H1955-2016), 2. Kiel-Holtenau (H1965-2016), 3. Travemünde (H1826-2016), 4. Wismar (H1910-2016), 5. Warnemünde (H1910-2016), 6. Sassnitz (H1931-2016)





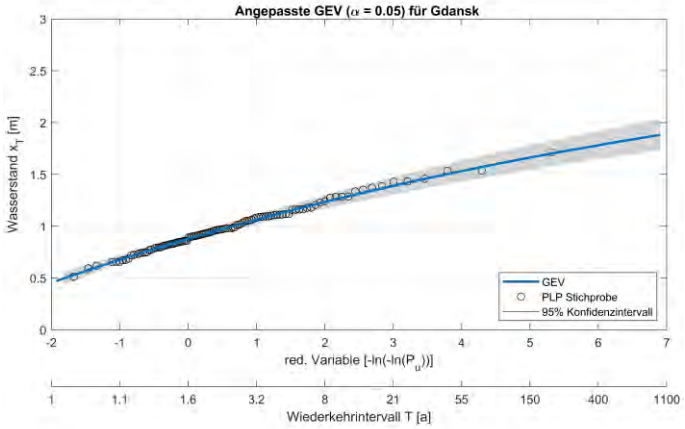


Abbildung 8-7: Angepasste GEV an die Jahresmaximalwerte (N = 1) der Stationen 1. Swinemünde (H1901-2006), 2. Kolberg (H1867-2006), 3. Danzig (1886-2006)

8.6.2 Jahresextremwerte in der südwestlichen Ostsee

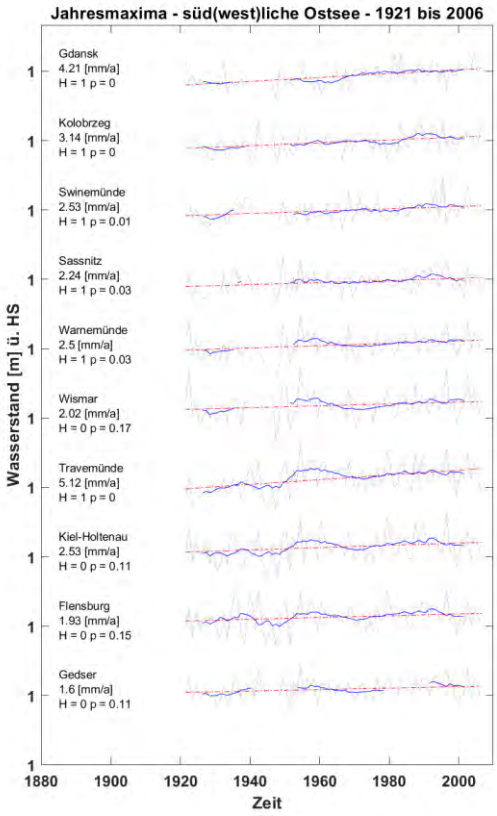


Abbildung 8-8: Trendanalyse der Jahresmaximalwerte von 10 ausgewählten Stationen der im Fokusgebiet ohne GIA Korrektur im Zeitraum H1921-2006

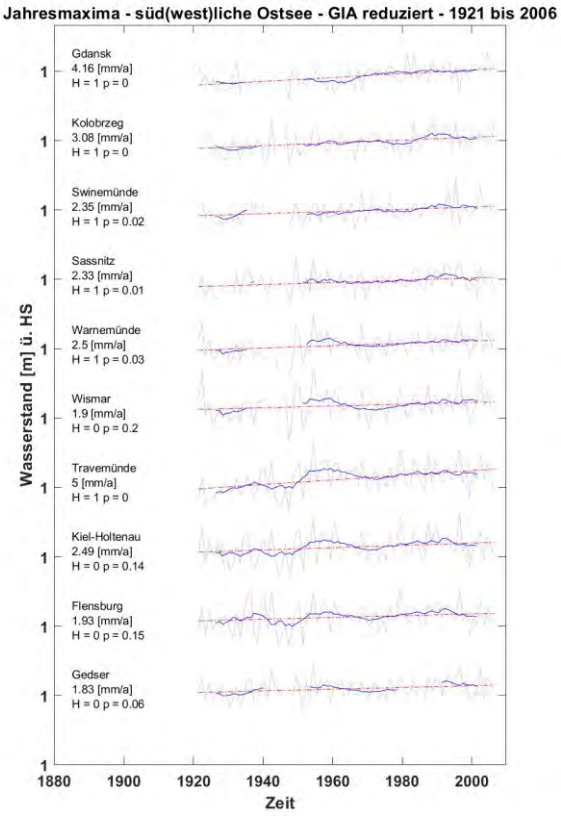


Abbildung 8-9: Trendanalyse der Jahresmaximalwerte von 10 ausgewählten Stationen im Fokusgebiet mit GIA Korrektur im Zeitraum H1921-2006

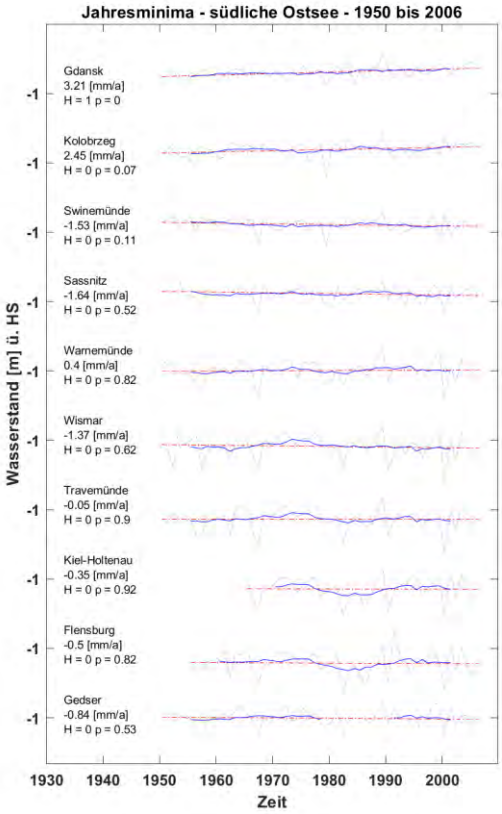


Abbildung 8-10: Trendanalyse der Jahresmaximalwerte von 10 ausgewählten Stationen der im Fokusgebiet ohne GIA Korrektur im Zeitraum H1950-2006

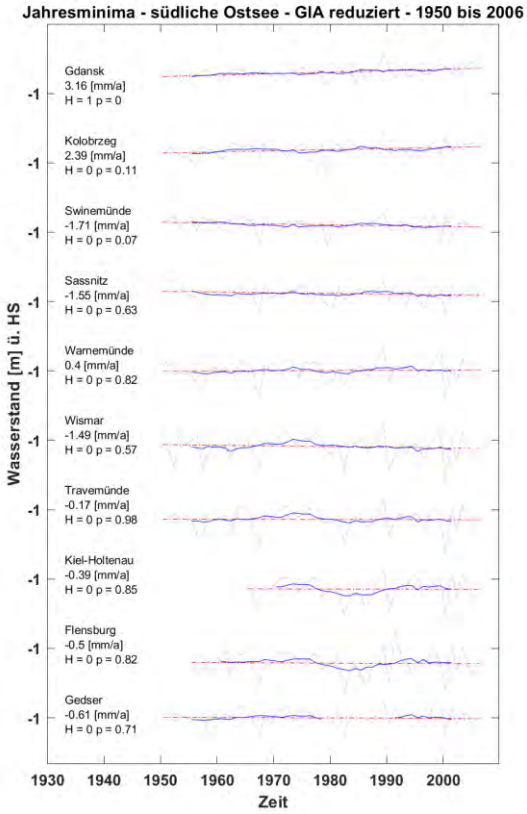


Abbildung 8-11: Trendanalyse der Jahresmaximalwerte von 10 ausgewählten Stationen im Fokusgebiet mit GIA Korrektur im Zeitraum H1950-2006

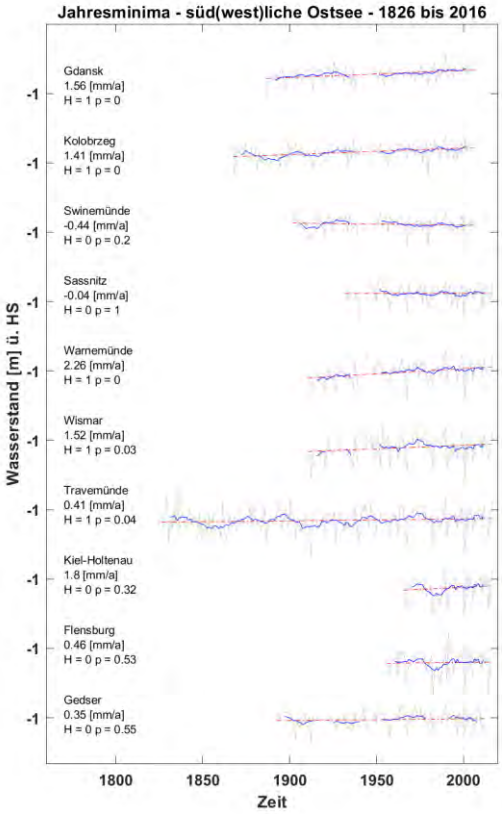


Abbildung 8-12: Trendanalyse der Jahresminimalwerte von 10 ausgewählten Stationen der im Fokusgebiet ohne GIA Korrektur im gesamten verfügbaren Zeitraum

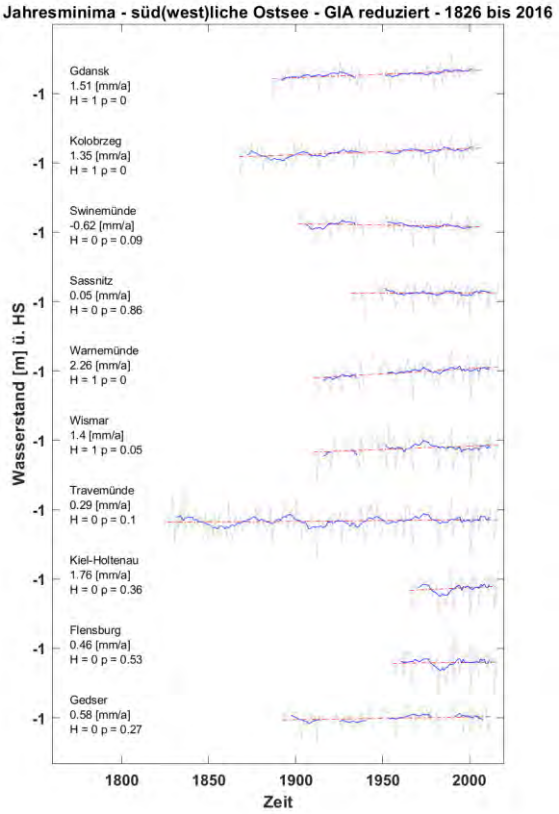


Abbildung 8-13: Trendanalyse der Jahresminimalwerte von 10 ausgewählten Stationen der im Fokusgebiet mit GIA Korrektur im gesamten verfügbaren Zeitraum

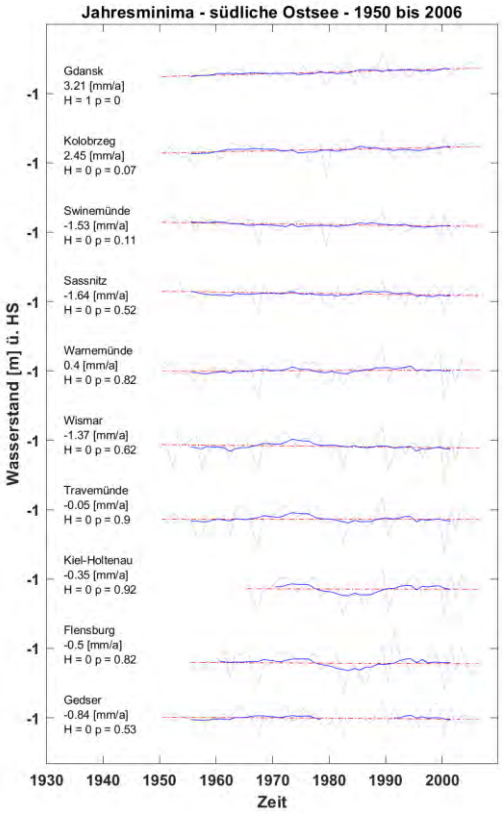


Abbildung 8-14: Trendanalyse der Jahresminimalwerte von 10 ausgewählten Stationen der im Fokusgebiet ohne GIA Korrektur im Zeitraum H1950-2006

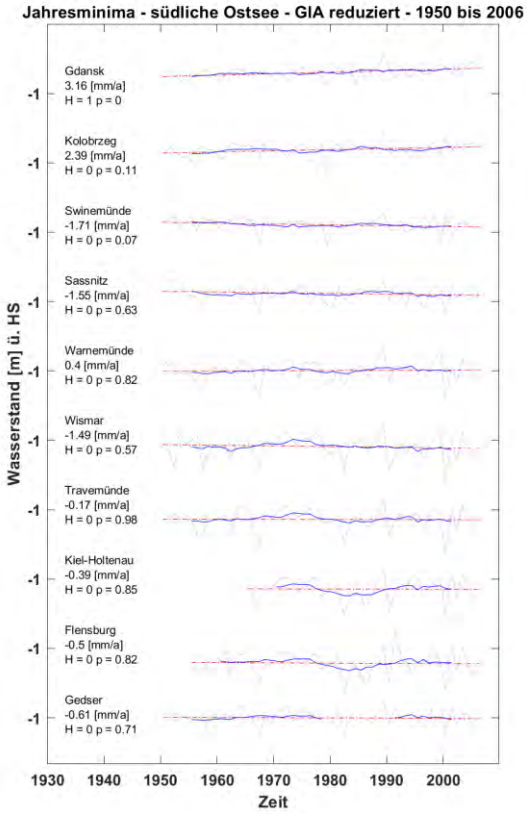


Abbildung 8-15: Trendanalyse der Jahresminimalwerte von 10 ausgewählten Stationen der im Fokusgebiet mit GIA Korrektur im Zeitraum H1950-2006

8.6.3 Jahresextremwerte der gesamten Ostseeküste

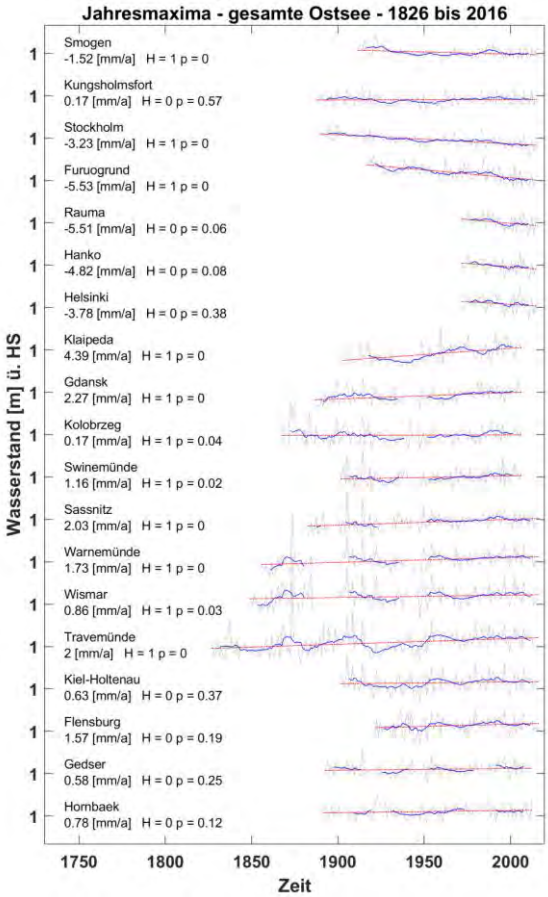


Abbildung 8-16: Trendanalyse der Jahresmaximalwerte von 19 ausgewählten Stationen der gesamten Ostseeküste ohne GIA Korrektur im Zeitraum H1826-2016

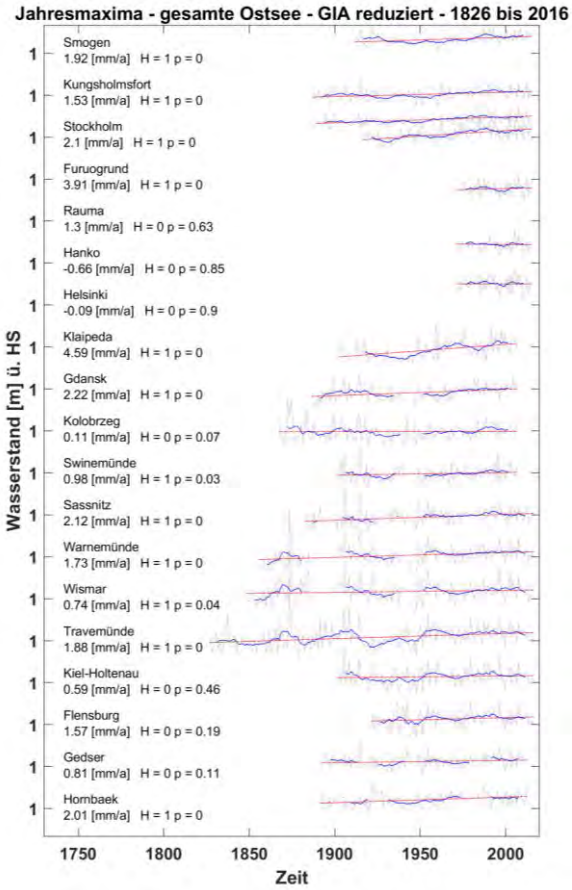


Abbildung 8-17: Trendanalyse der Jahresmaximalwerte von 19 ausgewählten Stationen der gesamten Ostseeküste mit GIA Korrektur im Zeitraum H1826-2016

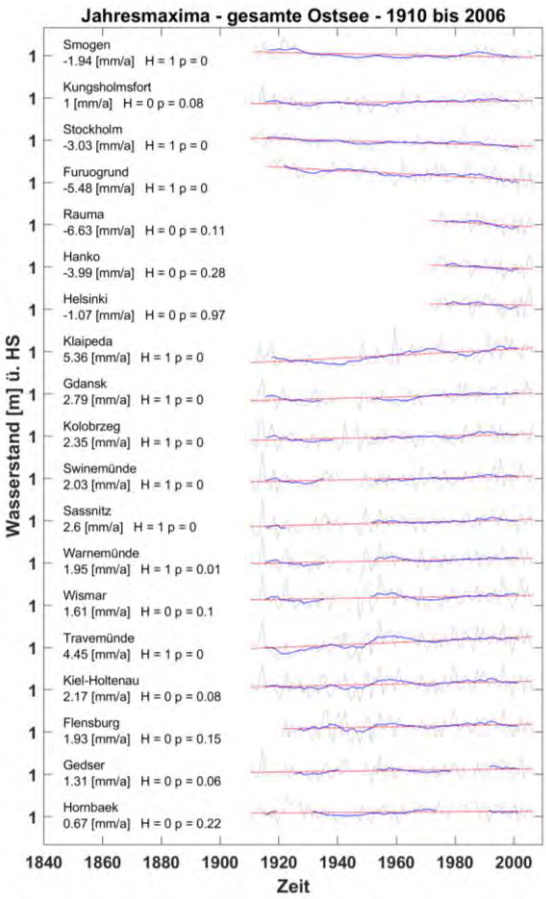


Abbildung 8-18: Trendanalyse der Jahresmaximalwerte von 19 ausgewählten Stationen der gesamten Ostseeküste ohne GIA Korrektur im Zeitraum H1910-2006

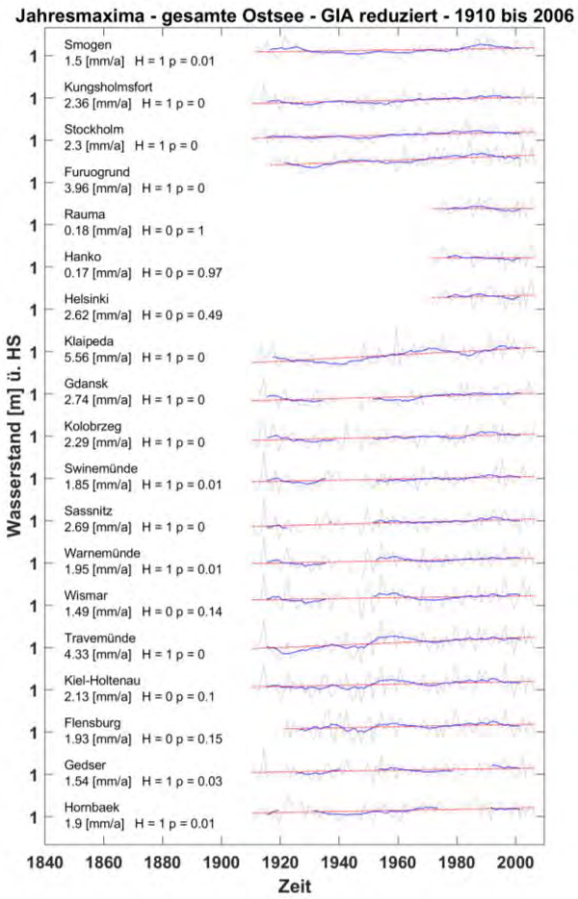


Abbildung 8-19: Trendanalyse der Jahresmaximalwerte von 19 ausgewählten Stationen der gesamten Ostseeküste mit GIA Korrektur im Zeitraum H1910-2006

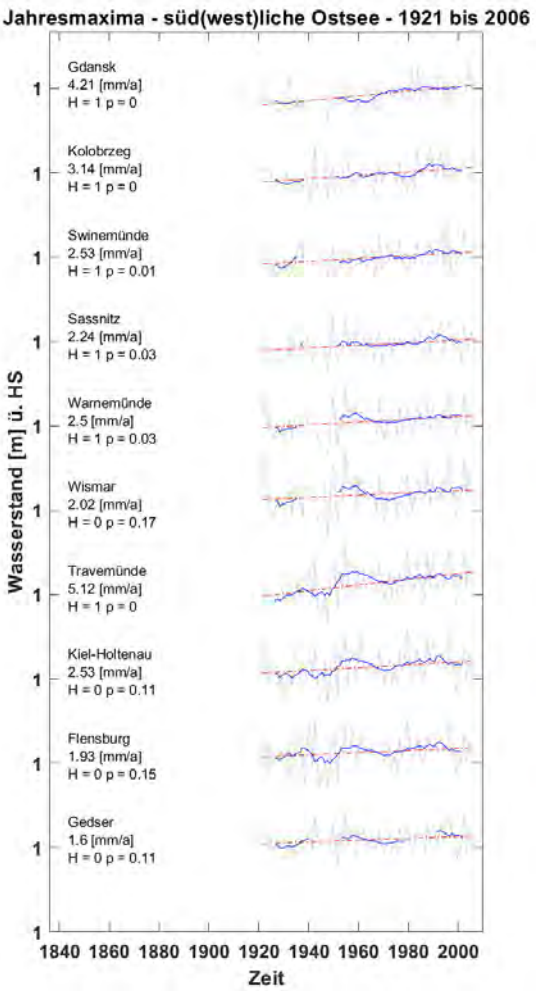


Abbildung 8-20: Trendanalyse der Jahresmaximalwerte von 19 ausgewählten Stationen der gesamten Ostseeküste ohne GIA Korrektur im Zeitraum H1921-2006

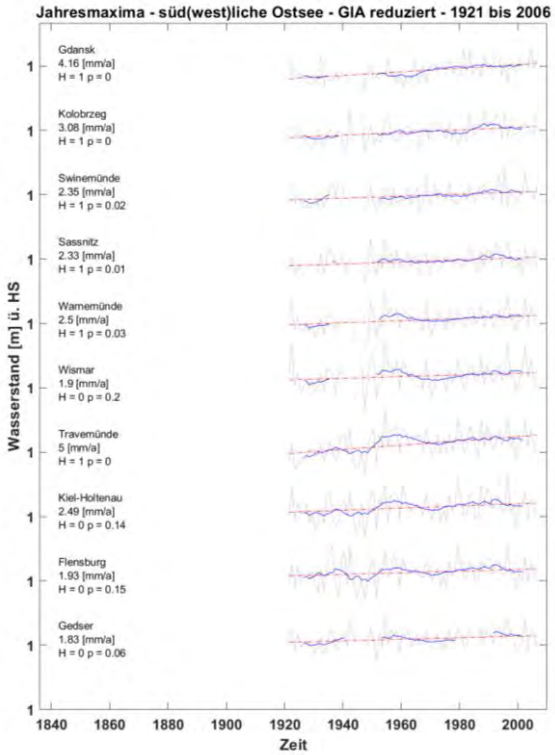


Abbildung 8-21: Trendanalyse der Jahresmaximalwerte von 19 ausgewählten Stationen der gesamten Ostseeküste mit GIA Korrektur im Zeitraum H1921-2006

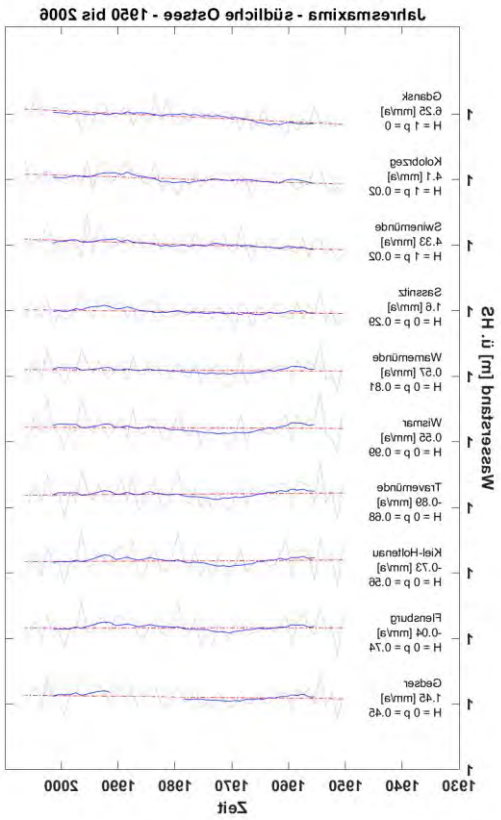


Abbildung 8-22: Trendanalyse der Jahresmaximalwerte von 19 ausgewählten Stationen der gesamten Ostseeküste ohne GIA Korrektur im Zeitraum H1950-2006

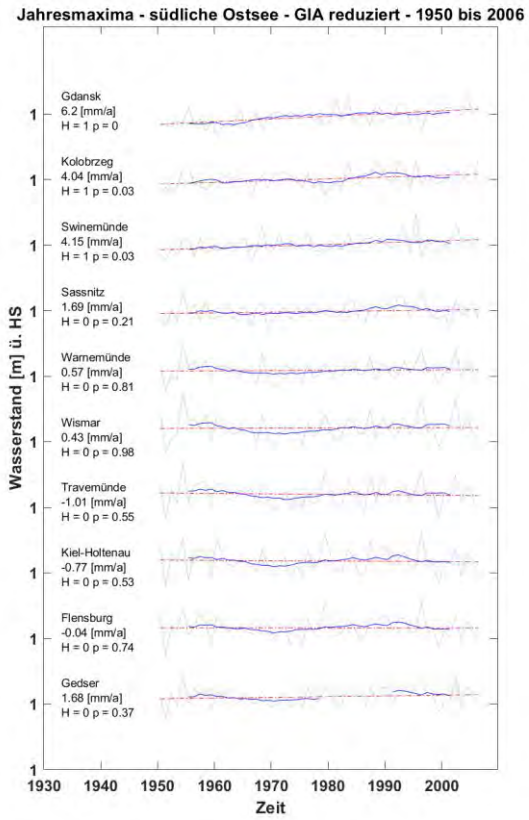


Abbildung 8-23: Trendanalyse der Jahresmaximalwerte von 19 ausgewählten Stationen der gesamten Ostseeküste mit GIA Korrektur im Zeitraum H1950-2006

8.6.4 Monatsextremwerte dt. Pegelstationen

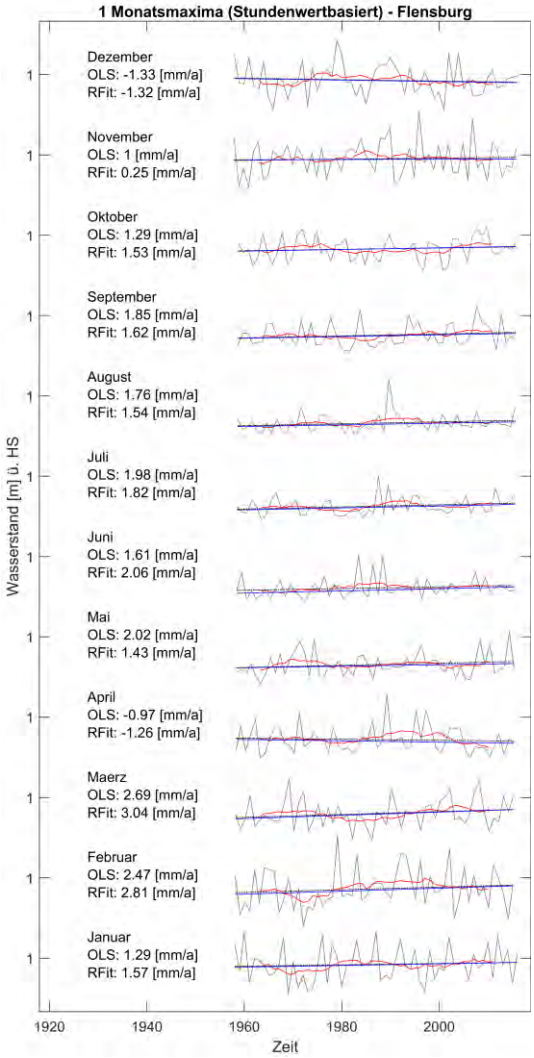


Abbildung 8-24: Zeitl. Entwicklung monatlicher Maximalwerte der Station Flensburg (H1957-2016); Mit 11a-gleit. Mittel (rot), OLS - (schwarz) und Robust Fit Regression (blau); GIA reduziert

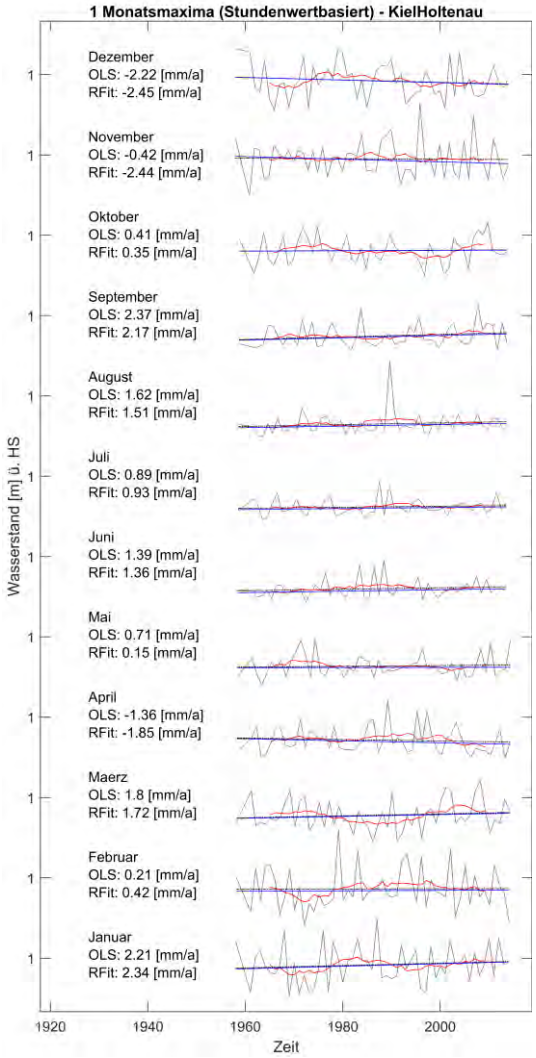


Abbildung 8-25: Zeitl. Entwicklung monatlicher Maximalwerte der Station Kiel-Holtenau (H1957-2016); Mit 11a-gleit. Mittel (rot), OLS - (schwarz) und Robust Fit Regression (blau); GIA reduziert

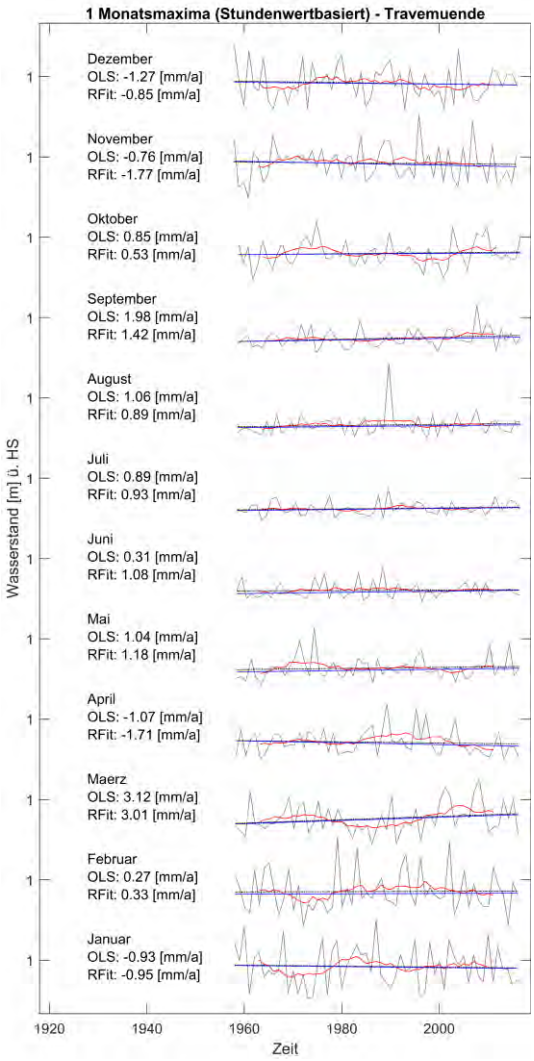


Abbildung 8-26: Zeitl. Entwicklung monatlicher Maximalwerte der Station Travemünde (H1957-2016); Mit 11a-gleit. Mittel (rot), OLS - (schwarz) und Robust Fit Regression (blau); GIA reduziert

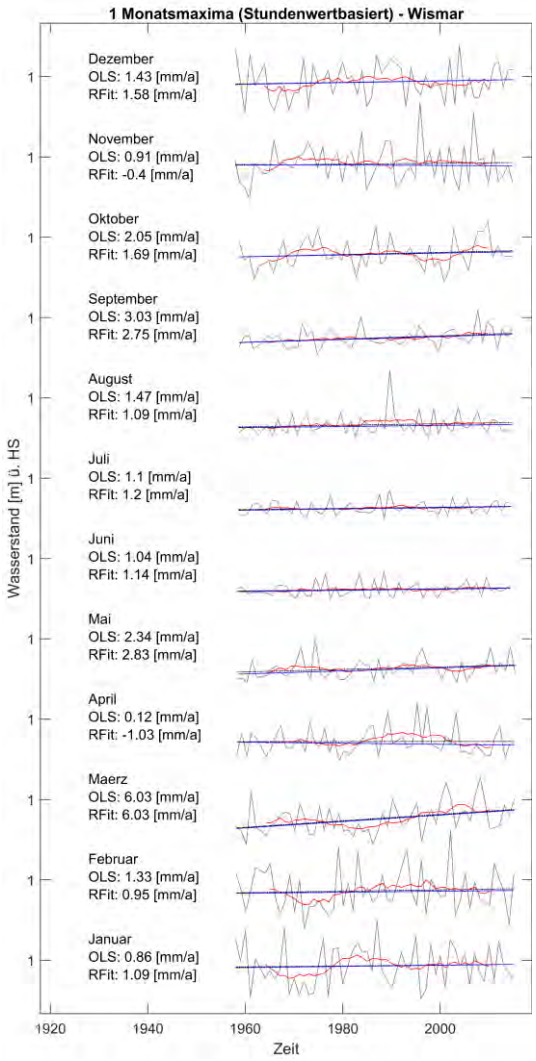


Abbildung 8-27: Zeitl. Entwicklung monatlicher Maximalwerte der Station Wismar (H1957-2016); Mit 11a-gleit. Mittel (rot), OLS - (schwarz) und Robust Fit Regression (blau); GIA reduziert

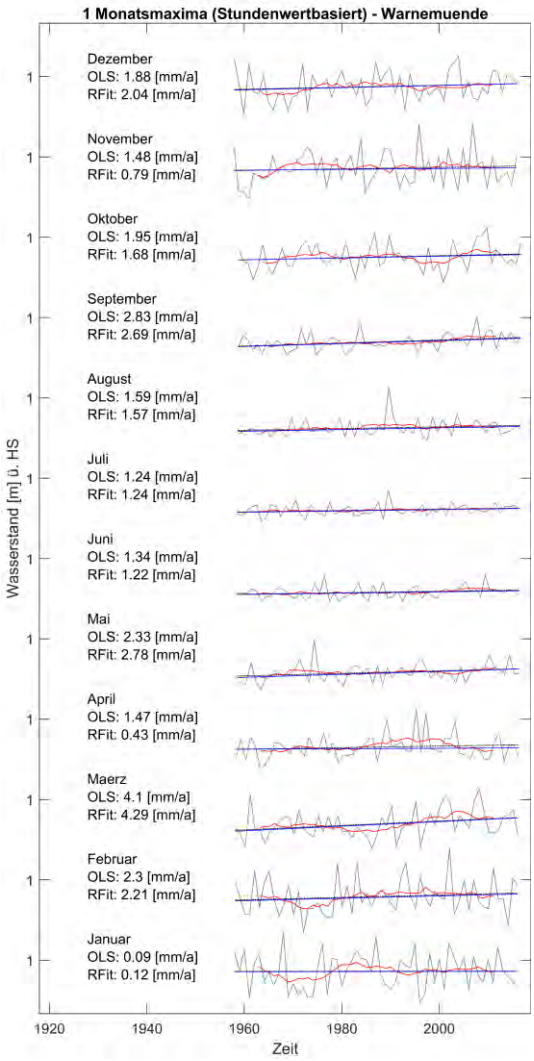


Abbildung 8-28: Zeitl. Entwicklung monatlicher Maximalwerte der Station Warnemünde (H1957-2016); Mit 11a-gleit. Mittel (rot), OLS - (schwarz) und Robust Fit Regression (blau); GIA reduziert

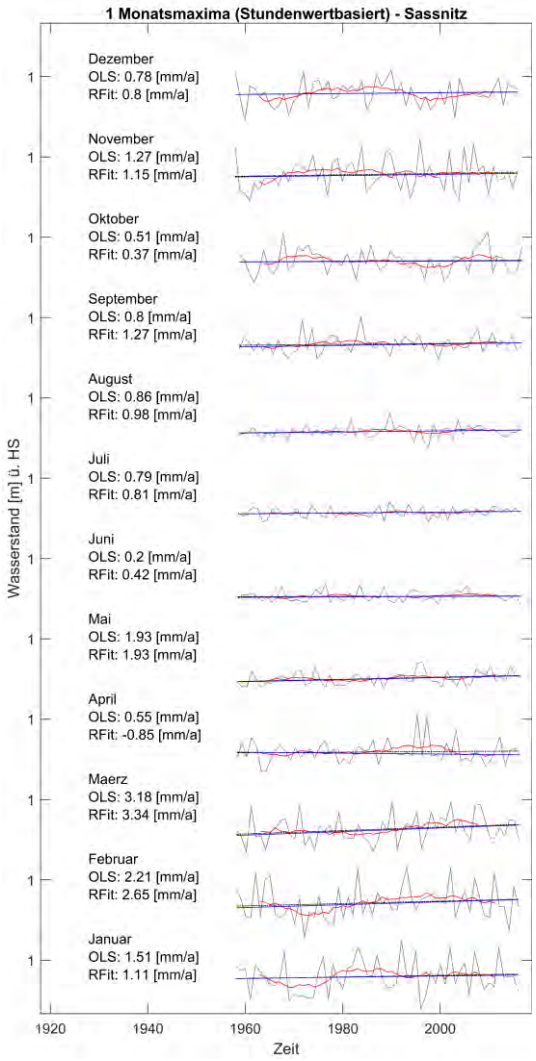


Abbildung 8-29: Zeitl. Entwicklung monatlicher Maximalwerte der Station Sassnitz (H1957-2016); Mit 11a-gleit. Mittel (rot), OLS - (schwarz) und Robust Fit Regression (blau); GIA reduziert

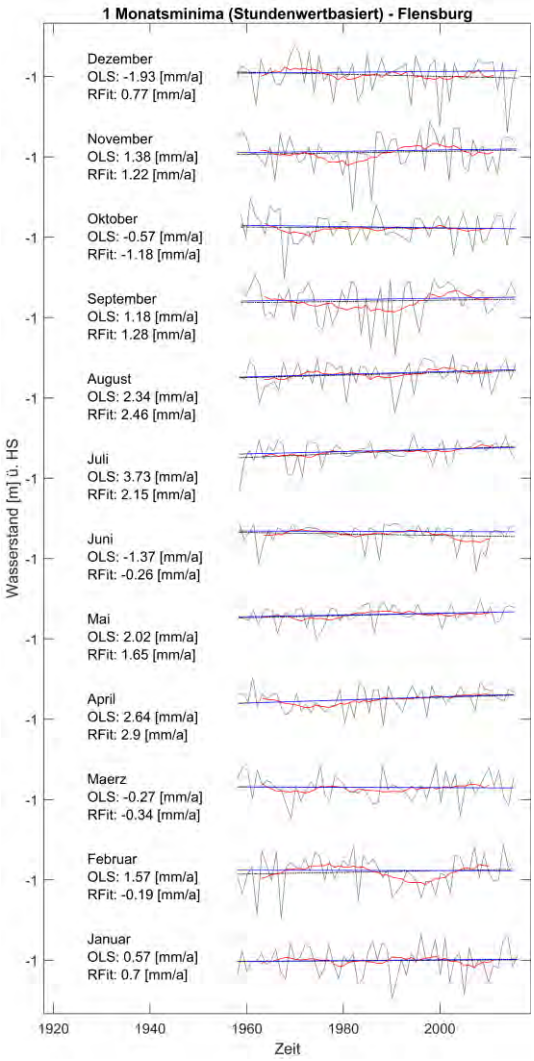


Abbildung 8-30: Zeitl. Entwicklung monatlicher Minimalwerte der Station Flensburg (H1957-2016); Mit 11a-gleit. Mittel (rot), OLS - (schwarz) und Robust Fit Regression (blau); GIA reduziert

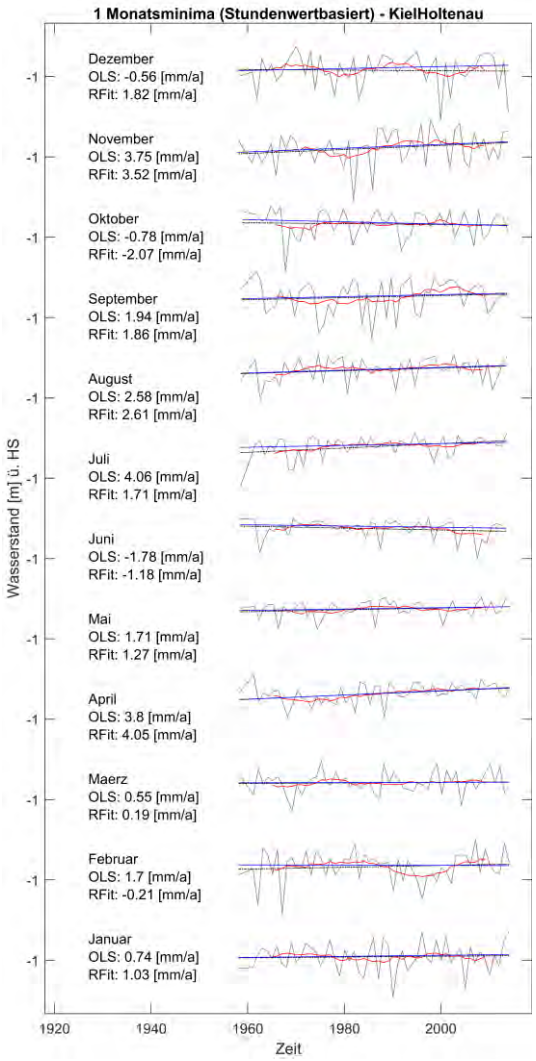


Abbildung 8-31: Zeitl. Entwicklung monatlicher Minimalwerte der Station Kiel-Holtenau (H1957-2016); Mit 11a-gleit. Mittel (rot), OLS - (schwarz) und Robust Fit Regression (blau); GIA reduziert

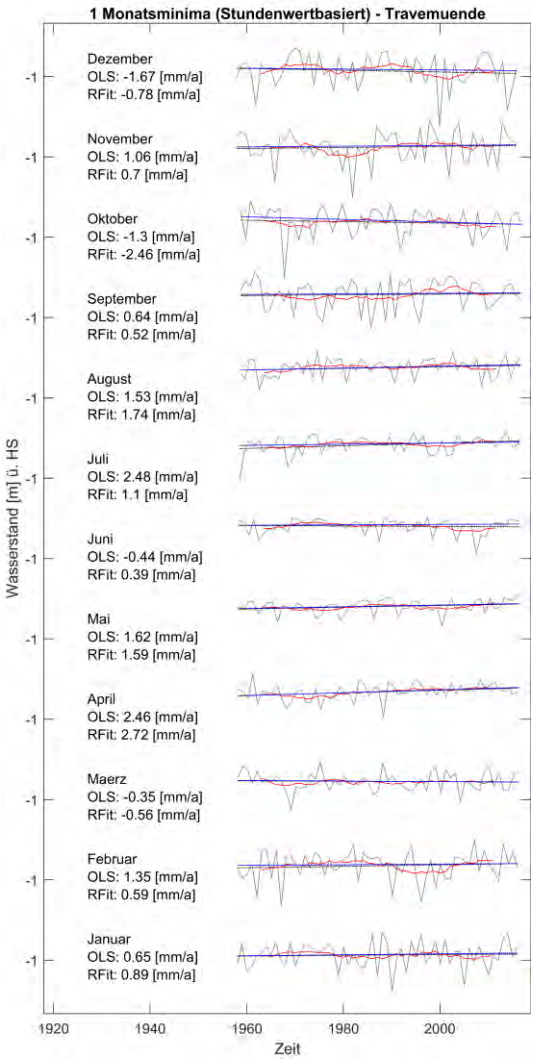


Abbildung 8-32: Zeitl. Entwicklung monatlicher Minimalwerte der Station Travemünde (H1957-2016); Mit 11a-gleit. Mittel (rot), OLS - (schwarz) und Robust Fit Regression (blau); GIA reduziert

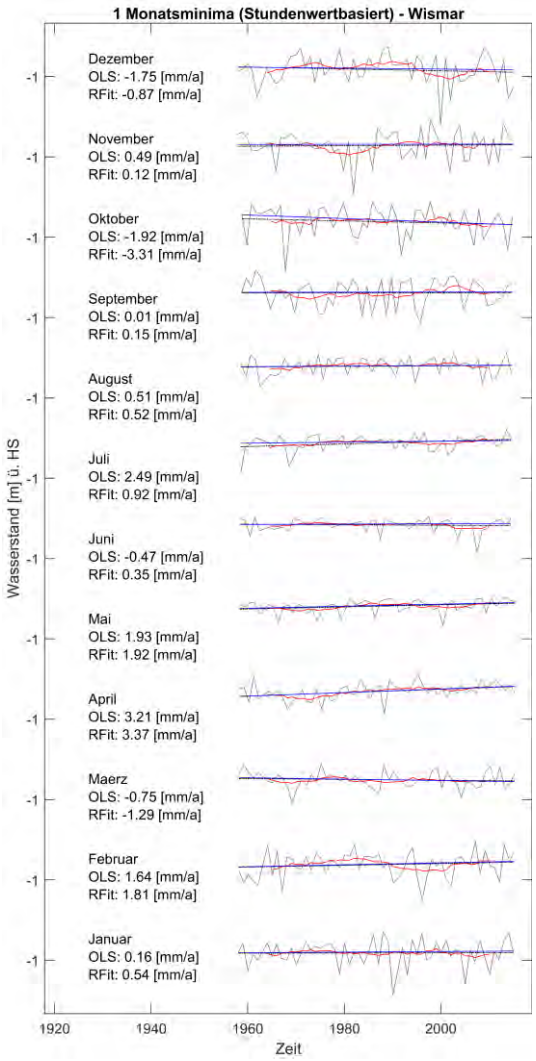


Abbildung 8-33: Zeitl. Entwicklung monatlicher Minimalwerte der Station Wismar (H1957-2016); Mit 11a-gleit. Mittel (rot), OLS - (schwarz) und Robust Fit Regression (blau); GIA reduziert

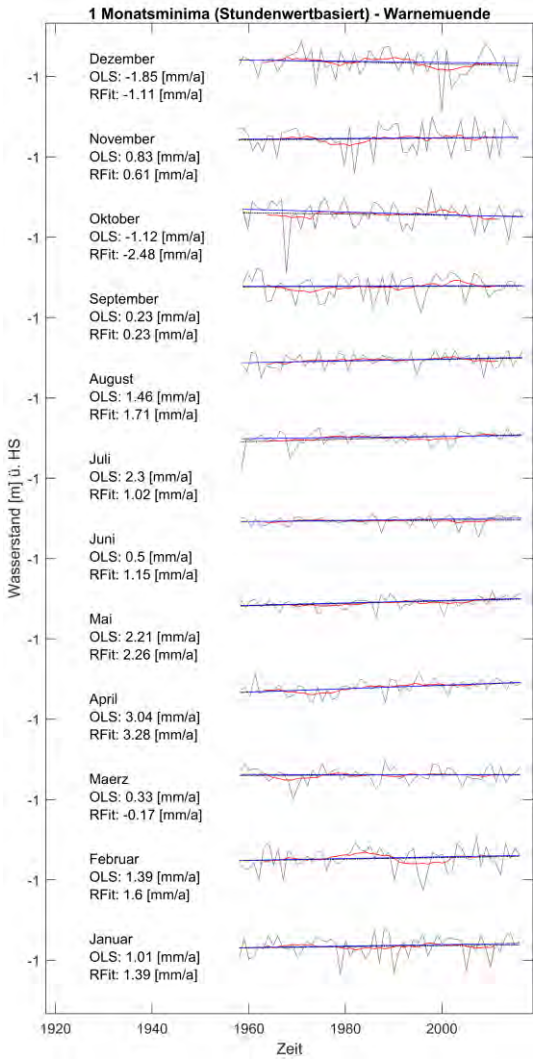


Abbildung 8-34: Zeitl. Entwicklung monatlicher Minimalwerte der Station Warnemünde (H1957-2016); Mit 11a-gleit. Mittel (rot), OLS - (schwarz) und Robust Fit Regression (blau); GIA reduziert

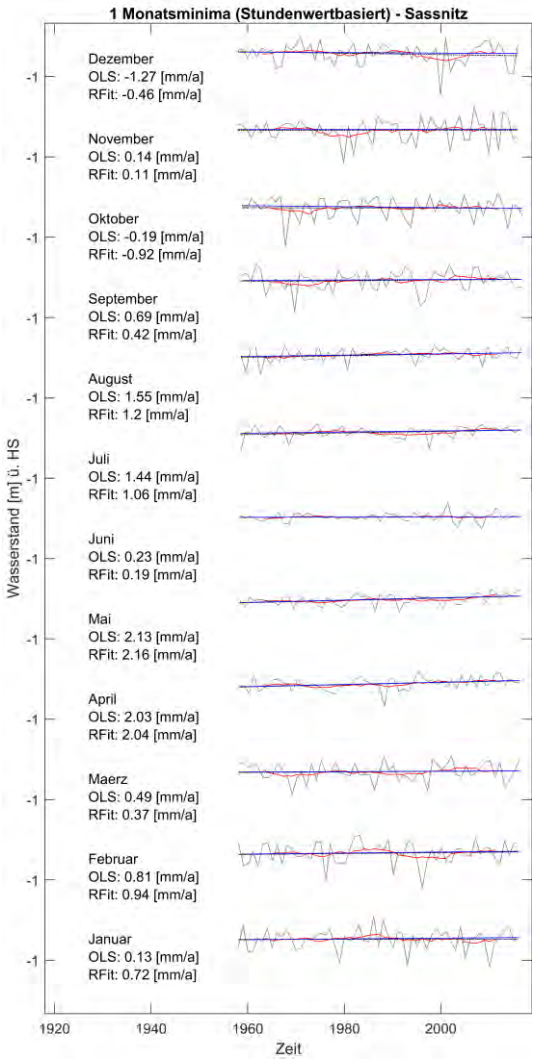


Abbildung 8-35: Zeitl. Entwicklung monatlicher Minimalwerte der Station Sassnitz (H1957-2016); Mit 11a-gleit. Mittel (rot), OLS - (schwarz) und Robust Fit Regression (blau); GIA reduziert

9 Schrifttum

FURMANCYK, K. (2008): Morze - Lad Wzajemne Relacje. Meer - Festland Gegenseitige Beziehungen. Zintegrowane Zarzadzanie Obszarami Przybrzeznymi w Polsce - stan obecny i perspektywy 3. Szczecin: Universtität Szczecin.

HAHN, A.; RIETSCHEL, E. (1938): Langjährige Wasserstandsbeobachtungen an der Ostsee. In: *VI. Baltische Hydrologische Konferenz*.

JENSEN, J.; TÖPPE, A. (1986): Zusammenstellung und Auswertung von Originalaufzeichnungen des Pegels Travemünde/Ostsee ab 1826. In: *Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen* (4), S. 99–107.

KANNENBERG, E.-G. (1956): Extrem-Wasserstände an der deutschen Beltseeküste im Zeitraum 1901 bis 1954. In: *Schriften des naturwissenschaftlichen Vereins für Schleswig Holstein* (1).

KÜHNEN, P. D. (1916): Das Mittelwasser der Ostsee und das Mittelwasser der Nordsee. bei Travemünde, Marienleuchte, Wismar, Warnemünde, Arkona, Swinemünde, Pillau, Memel und bei Bremerhaven. in den Jahren 1898 - 1910. Berlin: P. Stankiewicz Buchdruckerei (70).

MONTAG, H. (1964): Die Wasserstände an den ehemaligen Pegelstationen des Geodätischen Instituts Potsdam bis 1944. In: *Arbeiten aus dem Geodätischen Institut Potsdam* (Nr. 5).

RICHTER, A.; GROH, A.; DIETRICH, R. (2012): Geodetic observation of sea-level change and crustal deformation in the Baltic Sea region. In: *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C* 53-54, S. 43–53. DOI: 10.1016/j.pce.2011.04.011.

WESTPHAL, P. D. A. (1900): Das Mittelwasser der Ostsee. bei Travemünde, Marienleuchte, Wismar, Warnemünde, Arkona und Swinemünde in den Jahren 1882-1897. Mit zwei Tafeln. Berlin: P. Stankiewicz Buchdruckerei (9).