

BUNDESAMT FÜR
SEESCHIFFFAHRT
UND
HYDROGRAPHIE

Gezeitentafeln

2020

Europäische Gewässer

Freiwillige Mitarbeit

Jeder Hinweis zur Vervollständigung oder Berichtigung der nautischen Veröffentlichungen dient der Sicherheit aller Seefahrer. Beiträge erbitten wir an das

Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie
Bernhard-Nocht-Straße 78, 20359 Hamburg
Postfach 30 12 20, 20305 Hamburg

Telefon: +49 (0) 40 31 90 - 0 (Vermittlung)
Telefax: +49 (0) 40 31 90 - 50 00
E-Mail: posteingang@bsh.de
Internet: www.bsh.de

Die Inhalte dieses Werkes sind rechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Verbreitung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen der Bundesrepublik Deutschland zulässig.

© Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH)
Hamburg und Rostock 2019
www.bsh.de

ISBN-Nr. 978-3-86987-925-3
ISSN-Nr. 0084-9774
BSH-Nr. 2115

Inhalt

1 Einleitung	4*
2 Übersichtskarten	5*
3 Erläuterungen und Begriffsbestimmungen aus der Gezeitenkunde	8*
3.1 Entstehung der Gezeiten	8*
3.2 Abkürzungen	8*
3.3 Allgemeine Begriffe	10*
3.4 Gezeitengrundwerte	11*
3.5 Gezeitenformen und Partialtiden	12*
3.6 Ungleichheiten in Höhe und Zeit	12*
3.7 Berechnungsmethoden	13*
3.8 Bezugsflächen	14*
4 Das Seekartennull in Gezeitengebieten	15*
5 Der meteorologische Einfluss auf den Wasserstand /Wasserstandsvorhersage	17*
6 Anleitung zum Gebrauch der Gezeitentafeln mit Beispielaufgaben	18*
6.1 Ausführliche Gezeitenvorausberechnungen für Bezugsorte	18*
6.2 Geographisches Ortsverzeichnis, Gezeitenunterschiede für Anschlussorte	20*
6.3 Anwendung der Wasserstandsvorhersage des BSH	22*
6.4 Abschätzung von Höhen und Zeiten zwischen Hoch- und Niedrigwasser	23*
6.5 Berechnung der Hoch- und Niedrigwasser mittels der Gezeitenkarten	28*
6.6 Hinweise zu den Hilfstafeln 1 bis 6 (Teil IV)	29*
7 How to use the Tide Tables	31*
7.1 Daily tide predictions	31*
7.2 Geographical list of subordinate stations and their tidal differences	33*
7.3 Finding the height of tide at any time between high and low water	35*
7.4 Determination of high and low water using co-tidal and co-range charts	36*
Teil I: Ausführliche Vorausberechnungen für die europäischen Bezugsorte	1
Teil II: Gezeitenunterschiede für die europäischen Anschlussorte	171
Teil III: Mittlere Hoch- und Niedrigwasserwerte der deutschen Orte	199
Teil IV: Hilfstafeln und Flusspläne	205
Teil V: Gezeitenkarten	215
Ortsverzeichnis	223

1 Einleitung

Diese Gezeitentafeln enthalten ausführliche Vorausberechnungen für 39 europäische Häfen (Teil I). Hinzu kommen Gezeitenunterschiede für ca. 900 weitere Orte in europäischen Gewässern (Teil II).

Die Höhen der Vorausberechnungen beziehen sich auf das örtliche Seekartennull. Die vorhandene Wassertiefe, bedingt durch die Gezeiten, erhält man durch die Addition der Tiefenangabe in der Seekarte und der Höhe der Gezeit im selben Gebiet.

Die langfristigen Gezeitenvorausberechnungen enthalten nicht den aktuellen Einfluss von Wind und Luftdruckschwankungen. Dafür gibt die mehrmals täglich erstellte Wasserstandsvorhersage des BSH die erwarteten Abweichungen des Wasserstandes vom mittleren Hoch- bzw. Niedrigwasser (Teil III) unter Berücksichtigung der aktuellen meteorologischen Bedingungen an.

Die Gezeitentafeln für das Jahr 2020 enthalten neu berechnete mittlere Tidenkurven für die deutschen Bezugsorte. Neben den mittleren Kurven zur Spring- und Nippzeit enthalten die Abbildungen nun auch die mittlere Kurve über alle Zeiten. Die Hilfstafeln im Teil III wurden neu geordnet und die Tafel 1 überarbeitet. Zusätzlich wurden die einleitenden Erläuterungen teilweise neu geordnet, was einer besseren Übersichtlichkeit dienen soll.

Informationen zur digitalen Bereitstellung von Gezeitendaten finden Sie unter www.bsh.de/gezeiten

An die Benutzer der Gezeitentafeln ergeht die Bitte, Fehler oder Vorschläge zur Verbesserung dem Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie mitzuteilen, unter Tel +49 (0) 40 31 90 31 10 oder posteingang@bsh.de

Hamburg und Rostock, im September 2019

Die ausführlichen Vorausberechnungen für die deutschen Bezugsorte und für Ekaterininskaja stammen vom Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie. Die Vorausberechnungen für die übrigen Bezugsorte wurden im internationalen Austausch von folgenden Ämtern zur Verfügung gestellt:

Frankreich:

Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (SHOM)

Brest

<http://www.shom.fr>

Vereinigtes Königreich und Irland:

The United Kingdom Hydrographic Office
Taunton Somerset

<http://www.admiralty.co.uk>

Niederlande:

Rijkswaterstaat

Lelystad

<http://www.rijkswaterstaat.nl>

Norwegen:

Kartverket

Stavanger

<http://www.kartverket.no>

Portugal:

Marinha Instituto Hidrográfico

Lissabon

<http://www.hidrografico.pt>

Spanien:

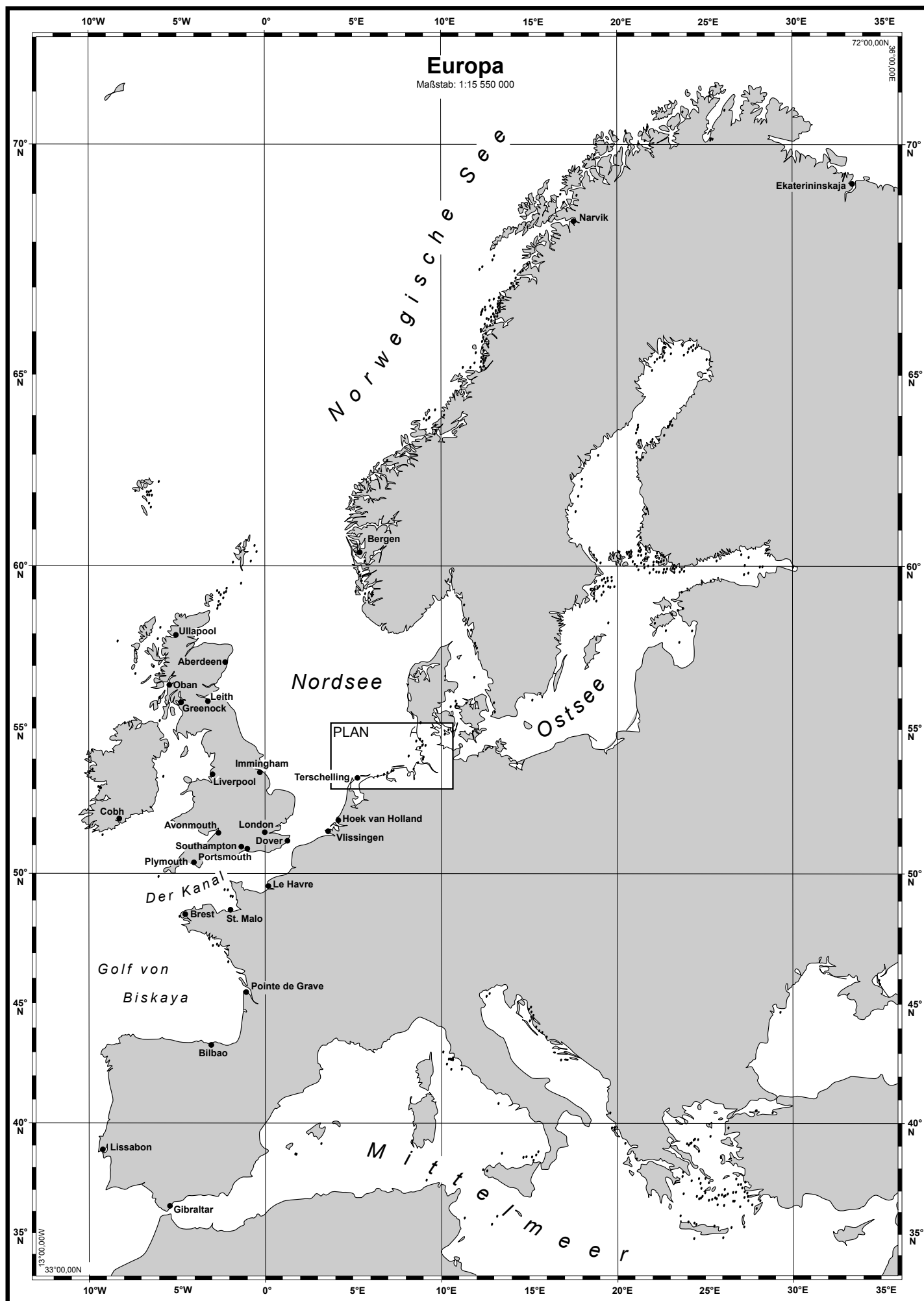
Ministerio de Defensa

Instituto Hidrográfico de la Marina

Cadiz

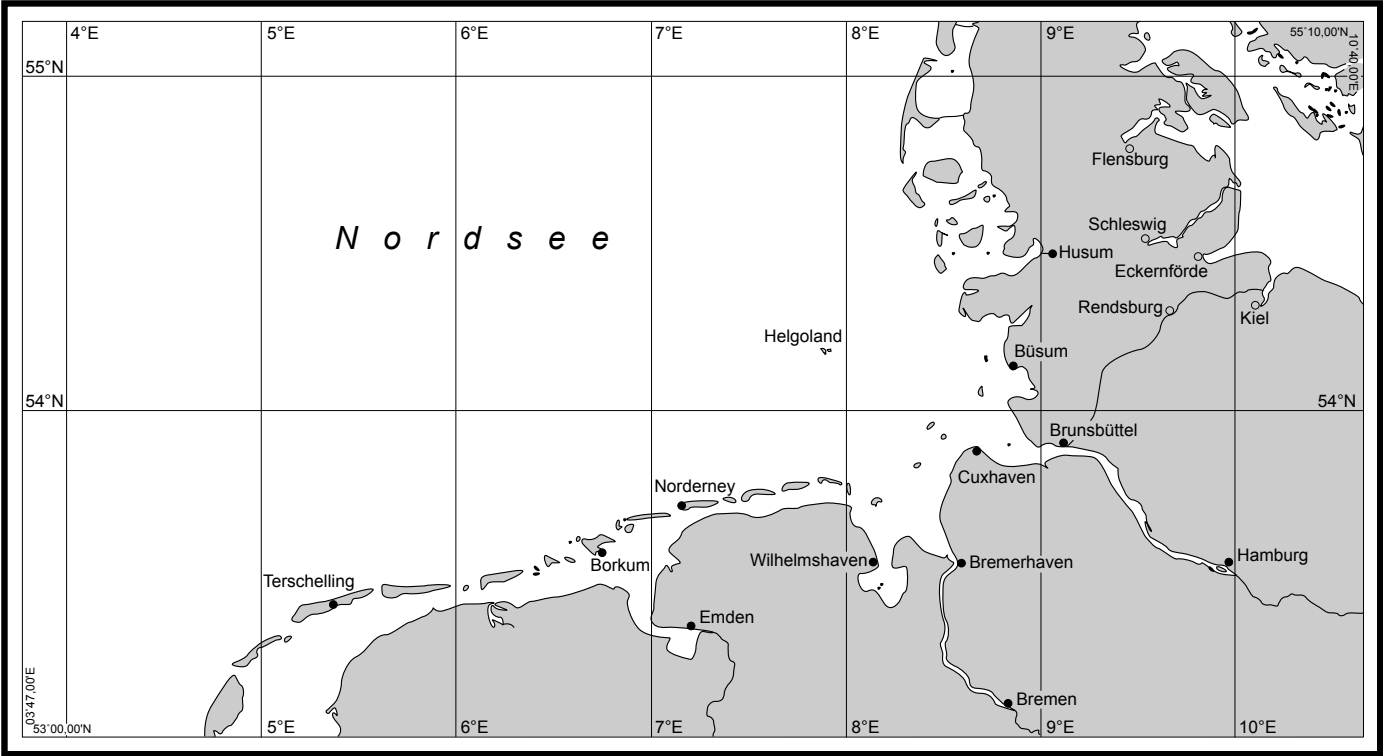
<http://www.puertos.es>

Der Austausch entspricht dem Beschluss der 5. Internationalen Hydrographischen Konferenz, demzufolge „im allgemeinen Interesse der Schifffahrt für einen wichtigen Handelshafen nur jene Gezeitenvorausberechnungen veröffentlicht werden sollen, die von der zuständigen Behörde des Landes herausgegeben sind, in dem der Hafen liegt“



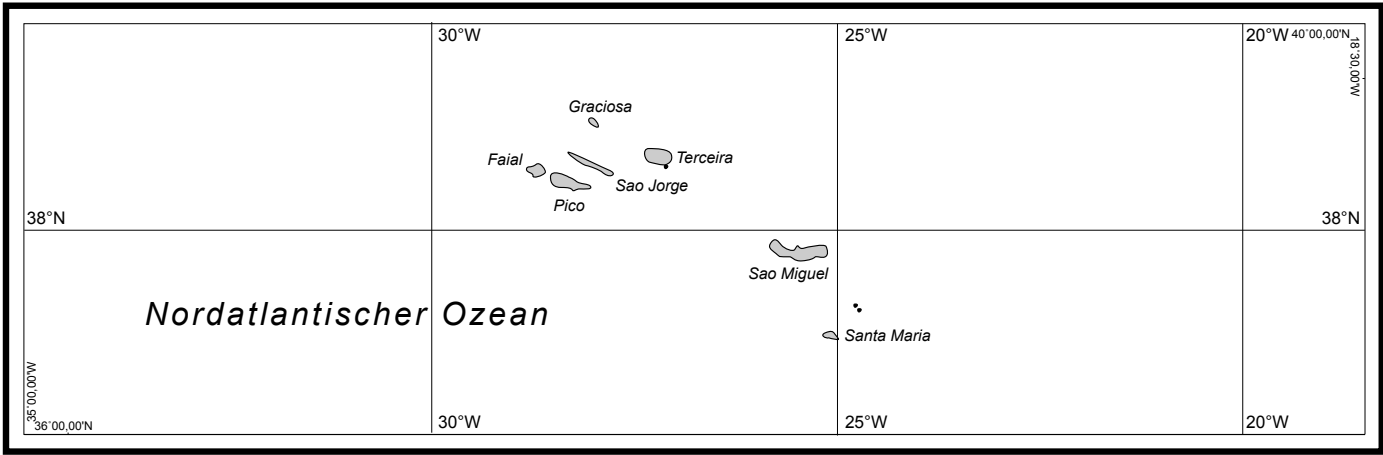
Deutsche Bucht

Maßstab: 1 : 2 550 000



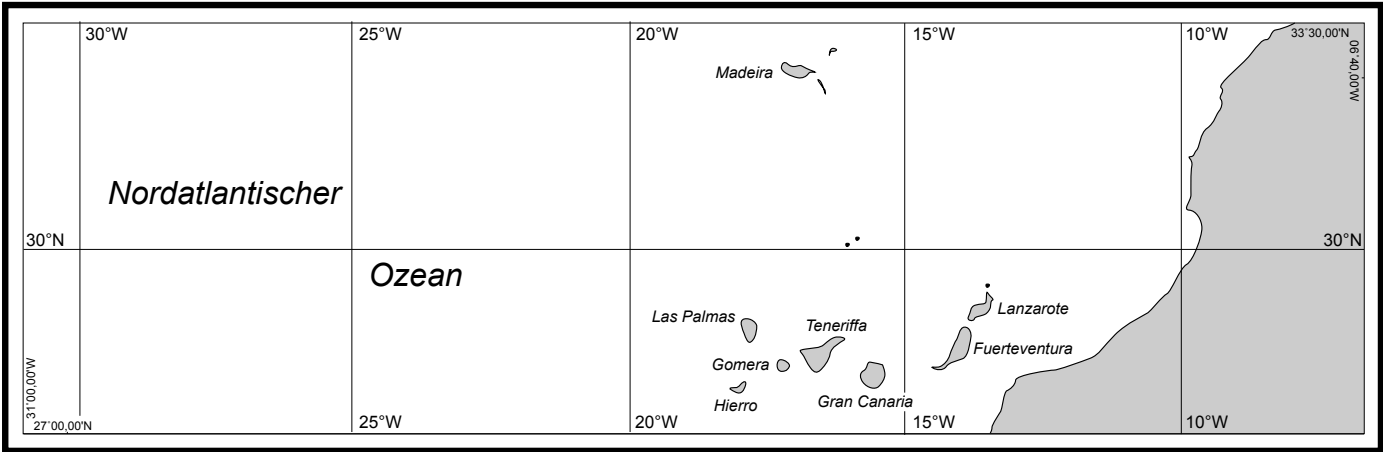
Azoren

Maßstab: 1 : 8 200 000



Kanarische Inseln

Maßstab: 1 : 13 250 000



3 Erläuterungen und Begriffsbestimmungen aus der Gezeitenkunde

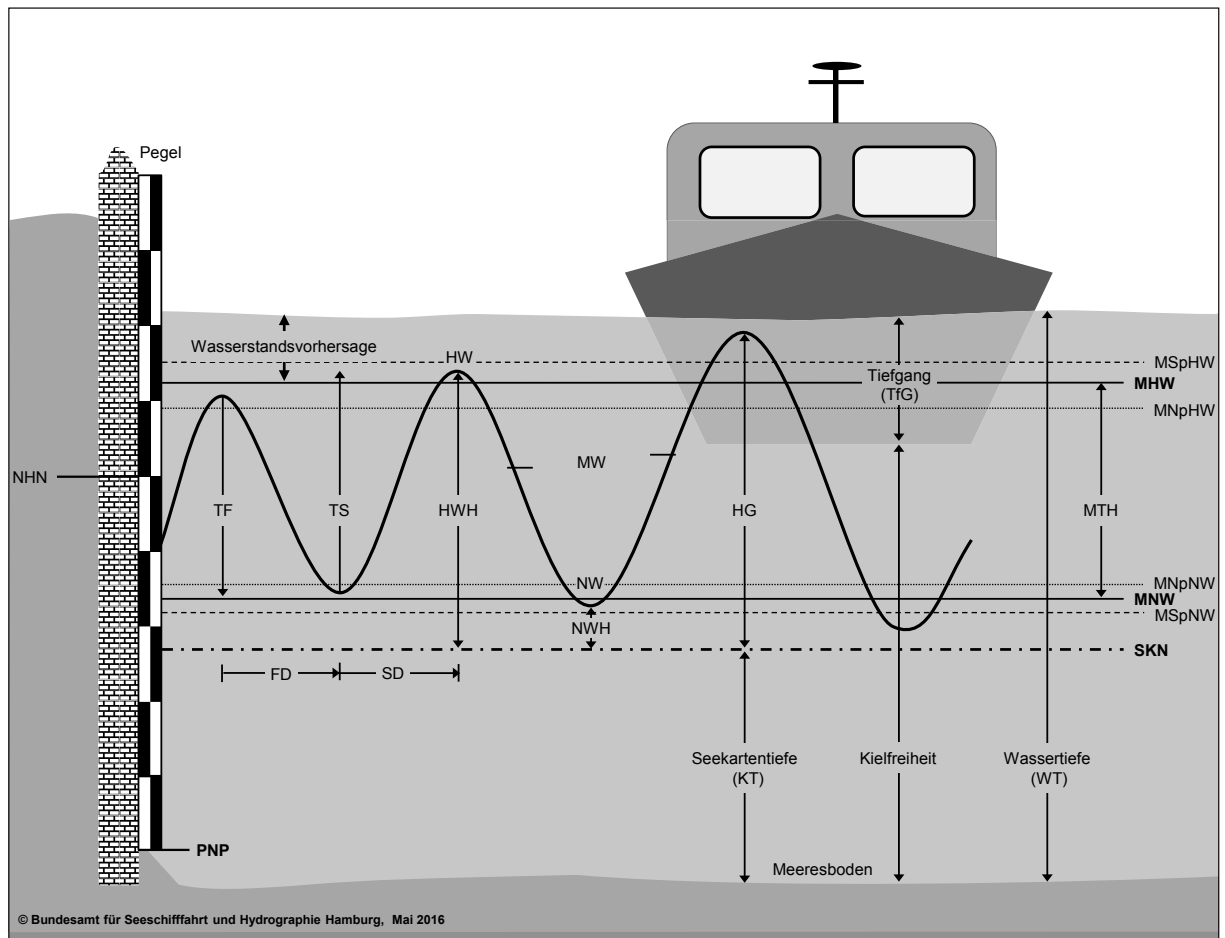
3.1 Entstehung der Gezeiten

Die Gezeiten werden durch die Anziehungskräfte von Mond und Sonne verursacht. Diese Anziehungskräfte führen dazu, dass Richtung und Betrag der Schwerkraft an jedem Ort der Erdoberfläche kleine gesetzmäßige Schwankungen aufweisen. Die Störungen der Schwerkraft entstehen dadurch, dass die einzelnen Punkte der Erdoberfläche sich in etwas anderen Richtungen und Entfernungen vom Mond befinden als der Erdmittelpunkt, so dass auch die Massenanziehung durch den Mond etwas verschieden ausfällt. Außerdem werden die Punkte der Erdoberfläche infolge der Erdumdrehung fortlaufend in andere Stellungen zum Mond gebracht. Gleichartige, aber nur etwa halb so große Störungen der Schwerkraft übt auch die Sonne aus. Da die Wassermassen der Meere bestrebt sind, sich mit ihrer Oberfläche stets senkrecht zur augenblicklichen Richtung der Schwerkraft einzustellen, geraten sie infolge der Schwerkraftstörungen in Schwingungen, bei denen die einzelnen Wasserteilchen langgestreckte, fast völlig waagerechte Bahnen um ihre mittleren Lagen beschreiben. Diese waagerechten Bewegungen werden Gezeitenströme genannt. Die Hebungen und Senkungen der Wasseroberfläche, die durch das Anhäufen und Abziehen der Wassermassen entstehen, heißen Gezeiten.

Die Art, in der sich die Gezeitenschwingungen der Ozeane ausbilden, hängt wesentlich auch von der Gestalt und der Tiefe der Ozeane ab. Die Gezeiten kleinerer Randmeere auf den Schelfen der Kontinente, wie z. B. die Gezeiten der Nordsee, werden fast ausschließlich durch das Mitschwingen mit den angrenzenden Ozeanen verursacht. Die Gezeiten an irgendeiner bestimmten Stelle brauchen daher keineswegs dem Verlauf der örtlichen Schwerkraftstörungen aufgrund der unmittelbaren Einwirkung der gezeitenerzeugenden Gestirne zu ähneln. Da aber diese Störungen überall nur von den scheinbaren Stellungen der gezeitenerzeugenden Gestirne zur Erde abhängen, können die Gezeiten und Gezeitenströme an jedem Ort unmittelbar zu den scheinbaren Bewegungen des Mondes und der Sonne in Beziehung gesetzt werden. Die besondere Form dieser Beziehungen für einen bestimmten Ort wird bisher am genauesten aus örtlichen Beobachtungen der Gezeiten und Gezeitenströme, also aus der Erfahrung, ermittelt.

3.2 Abkürzungen

FD	Falldauer
HAT	Highest Astronomical Tide (HGzW)
HDdU	Harmonische Darstellung der Ungleichheiten
HG	Höhe der Gezeit
HGzW	Höchster Gezeitenwasserstand (HAT)
HW	Hochwasser
HWH	Hochwasserhöhe
HWI	Hochwasserintervall
HWZ	Hochwasserzeit
LAT	Lowest Astronomical Tide (NGzW)
MEZ	Mitteuropäische Zeit
MESZ	Mitteuropäische Sommerzeit
MFD	Mittlere Falldauer
MHW	Mittleres Hochwasser
MNpFD	Mittlere Nippfalldauer
MNpHW	Mittleres Nipphochwasser
MNpNW	Mittleres Nippniedrigwasser
MNpSD	Mittlere Nippsteigdauer
MNW	Mittleres Niedrigwasser
MSD	Mittlere Steigdauer
MSpFD	Mittlere Springfalldauer
MSpHW	Mittleres Springhochwasser
MSpNW	Mittleres Springniedrigwasser
MSpSD	Mittlere Springsteigdauer
Mt	Mitt-
MTH	Mittlerer Tidenhub
MW	Mittelwasser
NGzW	Niedrigster Gezeitenwasserstand (LAT)
NHN	Normalhöhennull
Np	Nipp-
NpHW	Nipphochwasser
NpNW	Nippniedrigwasser
NpTH	Nipptidenhub
NW	Niedrigwasser
NWH	Niedrigwasserhöhe
NWI	Niedrigwasserintervall
NWZ	Niedrigwasserzeit
PNP	Pegelnulldauer
SD	Steigdauer
SKN	Seekartennull
Sp	Spring-
SpHW	Springhochwasser
SpNW	Springniedrigwasser
SpTH	Springtidenhub
TF	Tidenfall
TH	Tidenhub
TS	Tidenstieg
UTC	Koordinierte Weltzeit (Universal Time Coordinated)



3.3 Allgemeine Begriffe

Bezugsort ist ein Ort, für den in den Gezeiten- tafeln ausführlich berechnete Eintrittszeiten und Höhen der Hoch- und Niedrigwasser angegeben sind.

Anschlussort ist ein Ort, für den in den Gezei- tentafeln keine ausführlichen Gezeiten vorausbe- rechnungen, sondern nur mittlere Gezeitenunter- schiede gegen einen Bezugsort angegeben sind.

Gezeitenunterschiede sind die Verbesserungen, die man an die Zeiten und Höhen von Hoch- und Niedrigwasser eines Bezugsortes anzubringen hat, um die Zeiten und Höhen von Hoch- und Niedrig- wassern für einen Anschlussort zu erhalten. In den Gezeitentafeln werden gewöhnlich angegeben:

- *Mittlere Hochwasser-Zeitunterschiede,*
- *Mittlere Niedrigwasser-Zeitunterschiede,*
- *Mittlere Hochwasser-Höhenunterschiede zur Springzeit,*
- *Mittlere Hochwasser-Höhenunterschiede zur Nippzeit,*
- *Mittlere Niedrigwasser-Höhenunterschiede zur Springzeit,*
- *Mittlere Niedrigwasser-Höhenunterschiede zur Nippzeit.*

Tide ist eine einzelne, im Allgemeinen noch näher zu bezeichnende Gezeit, die sich aus einer Flut und der nachfolgenden Ebbe zusammensetzt, also von einem Niedrigwasser bis zum folgenden Niedrigwasser reicht.

Tidenkurve ist die zeichnerische Darstellung einer bestimmten Tide, in der die Zeiten als Abzissen und die zugehörigen Wasserstände oder Gezeitenhöhen als Ordinaten aufgetragen sind.

Gezeitenkurve ist die zeichnerische Darstellung der Wasserstände oder Gezeitenhöhen während mehrerer aufeinanderfolgender Tiden.

Flut ist das Steigen des Wassers von einem Niedrigwasser bis zum folgenden Hochwasser.

Ebbe ist das Fallen des Wassers von einem Hochwasser bis zum folgenden Niedrigwasser.

Stillstand der Gezeit ist der Zeitraum im Verlauf einer Tide, während dessen sich der Wasserstand nicht merklich ändert.

Zeiten

Hochwasserzeit (HWZ) ist die Zeit, zu der das Hochwasser eintritt.

Hochwasserintervall (HWI) ist der Zeitunter- schied zwischen einem unteren oder oberen Durchgang des Mondes durch den Nullmeridian und dem nächstfolgenden Hochwasser.

Niedrigwasserzeit (NWZ) ist die Zeit, zu der das Niedrigwasser eintritt.

Niedrigwasserintervall (NWI) ist der Zeitun- terschied zwischen einem unteren oder oberen Durchgang des Mondes durch den Nullmeridian und dem Niedrigwasser, das auf das zunächst folgende Hochwasser folgt. Das Niedrigwasser- intervall ist also um die Falldauer größer als das Hochwasserintervall.

Steigdauer (SD) oder Flutdauer ist der Zeitraum von einem Niedrigwasser bis zum folgenden Hochwasser.

Falldauer (FD) oder Ebbdauer ist der Zeitraum von einem Hochwasser bis zum folgenden Niedrigwasser.

Höhen

Wasserstand ist der senkrechte Abstand der Was- seroberfläche von einer festen Nullmarke. Liegt die Wasseroberfläche oberhalb der Nullmarke, so spricht man von positiven Wasserständen; liegt die Wasseroberfläche unterhalb der Nullmarke, so wird das als negativer Wasserstand bezeichnet.

Höhe der Gezeit (HG) ist ein Wasserstand (Ge- zeitenwasserstand), der auf das örtliche Seekar- tennull bezogen ist.

Hochwasser (HW) ist der Eintritt des höchsten Wasserstandes einer Tide beim Übergang vom Steigen zum Fallen.

Hochwasserhöhe (HWH) ist die Höhe der Gezeit beim Hochwasser.

Hochwasserstand ist der Wasserstand beim Hochwasser.

Niedrigwasser (NW) ist der Eintritt des nied- rigsten Wasserstandes zwischen zwei aufeinan- derfolgenden Tiden beim Übergang vom Fallen zum Steigen.

Niedrigwasserhöhe (NWH) ist die Höhe der Gezeit beim Niedrigwasser.

Niedrigwasserstand ist der Wasserstand beim Niedrigwasser.

Mittelwasser (MW) ist der in der Mitte zwischen einem Hochwasserstand und dem vorhergehenden oder folgenden Niedrigwasserstand gelegene Wasserstand; er liegt im Allgemeinen bei der Ebbe und Flut einer Tide sowie auch von Tide zu Tide verschieden hoch.

Höhe des Mittelwassers (HMW) ist der Abstand des Mittelwassers vom Seekartennull oder das arithmetische Mittel aus einer Hochwasserhöhe und der vorhergehenden oder folgenden Niedrigwasserhöhe.

Tidenstieg (TS) ist der Betrag, um den das Wasser während der Flut steigt, also der Unterschied zwischen einem Niedrigwasserstand und dem folgenden Hochwasserstand oder der Unterschied zwischen einer Niedrigwasserhöhe und der folgenden Hochwasserhöhe.

Tidenfall (TF) ist der Betrag, um den das Wasser während der Ebbe fällt, also der Unterschied zwischen einem Hochwasserstand und dem folgenden Niedrigwasserstand oder der Unterschied zwischen einer Hochwasserhöhe und der folgenden Niedrigwasserhöhe.

Tidenhub (TH) ist das arithmetische Mittel aus dem Stieg und dem Fall einer Tide.

Höchster Gezeitenwasserstand (HGzW) (Highest Astronomical Tide, HAT) ist die Höhe des höchsten Hochwassers, das für einen Pegel allein auf der Grundlage der ermittelten, örtlich herrschenden Gezeitenbedingungen vorausberechnet werden kann.

Niedrigster Gezeitenwasserstand (NGzW) (Lowest Astronomical Tide, LAT) ist die Höhe des niedrigsten Niedrigwassers, das für einen Pegel allein auf der Grundlage der ermittelten, örtlich herrschenden Gezeitenbedingungen vorausberechnet werden kann.

3.4 Gezeitengrundwerte

Als Gezeitengrundwerte bezeichnet man Kenngrößen, die das mittlere Verhalten der Gezeit an einem (Pegel-)Ort beschreiben. Im Allgemeinen entspricht ein Gezeitengrundwert dem bestbekanntesten Mittelwert der jeweiligen Größe, der aus einer längeren Zeitreihe nach besonderen Vorschriften bestimmt wurde.

Die Gezeitengrundwerte für die deutschen Orte werden über die Analyse der halbmonatlichen Ungleichheit (halbtägige Gezeitenform) berechnet. Dafür werden in der Regel fünf Jahre an Wasserstandsbeobachtungen verwendet. Die folgenden Definitionen gelten im Speziellen für dieses Verfahren.

Zeiten

Mittleres Hochwasserintervall (MHWI) ist der konstante Wert, um den herum die einzelnen Hochwasserintervalle periodisch im Rahmen der halbmonatlichen Ungleichheit abweichen.

Mittleres Niedrigwasserintervall (MNWI) ist der konstante Wert, um den herum die Niedrigwasserintervalle der einzelnen Tiden periodisch im Rahmen der halbmonatlichen Ungleichheit abweichen.

Mittlere Tidendauer (MTD) ist bei halbtägiger Gezeitenform gleich der Länge des halben mittleren Mondtages, also 12h 25,24min.

Mittlere Steigdauer (MSD) ist die Differenz aus mittlerer Tidendauer und mittlerer Falldauer.

Mittlere Falldauer (MFD) ist die Differenz aus mittlerem Niedrigwasserintervall und mittlerem Hochwasserintervall.

Höhen

Mittleres Hochwasser (MHW), kurz für **mittlere Hochwasserhöhe**, ist der konstante Wert, um den herum die einzelnen Hochwasserhöhen periodisch im Rahmen der halbmonatlichen Ungleichheit abweichen.

Mittleres Niedrigwasser (MNW), kurz für **mittlere Niedrigwasserhöhe**, ist der konstante Wert, um den herum die einzelnen Niedrigwasserhöhen periodisch im Rahmen der halbmonatlichen Ungleichheit abweichen.

Mittlerer Tidenhub (MTH) ist die Differenz von mittlerem Hochwasser und mittlerem Niedrigwasser.

Mittleres Springhochwasser (MSpHW), kurz für mittlere Springhochwasserhöhe, ist der größte Wert der halbmonatlichen Ungleichheit in Hochwasserhöhe.

Mittleres Nipphochwasser (MNpHW), kurz für mittlere Nipphochwasserhöhe, ist der niedrigste Wert der halbmonatlichen Ungleichheit in Hochwasserhöhe.

Mittleres Springniedrigwasser (MSpNW), kurz für mittlere Springniedrigwasserhöhe, ist der niedrigste Wert der halbmonatlichen Ungleichheit in Niedrigwasserhöhe.

Mittleres Nippniedrigwasser (MNpNW), kurz für mittlere Nippniedrigwasserhöhe, ist der höchste Wert der halbmonatlichen Ungleichheit in Niedrigwasserhöhe.

Mittlerer Springtidenhub (MSpTH) ist gleich dem Unterschied zwischen der mittleren Springhochwasserhöhe und der mittleren Springniedrigwasserhöhe.

Mittlerer Nipptidenhub (MNpTH) ist gleich dem Unterschied zwischen der mittleren Nipphochwasserhöhe und der mittleren Nippniedrigwasserhöhe.

3.5 Gezeitenformen und Partialtiden

Halbtägige Gezeiten sind solche, bei denen im Laufe eines Tages (Mondtages) zwei Hochwasser und zwei Niedrigwasser eintreten.

Eintägige Gezeiten sind solche, bei denen im Laufe eines Tages (Mondtages) ein Hochwasser und ein Niedrigwasser eintreten.

Gemischte Gezeiten sind solche, bei denen die beiden im Laufe eines Tages eintretenden Hoch- und Niedrigwasser sich in ihren Höhen oder ihren Intervallen stark voneinander unterscheiden.

Partialtiden, auch (harmonische) **Teiltiden**, sind streng periodische Ausdrücke $A \cdot \cos(U)$, in die sich die Gezeiten nach dem harmonischen Verfahren zerlegen und aus denen sie sich auch wieder zusammensetzen lassen.

Astronomische Tide ist eine harmonische Teiltide der Gezeiten, die durch ein harmonisches Glied der gezeitenerzeugenden Kräfte mit der gleichen Winkelgeschwindigkeit verursacht ist. Die Gezeiten tiefer Gewässer sind fast ausschließlich aus astronomischen Tiden zusammengesetzt.

Seichtwassertide ist eine harmonische Teiltide der Gezeiten, die in seichterem Wasser durch das Auftreten einer oder mehrerer astronomischer Tiden zusätzlich hervorgerufen wird. Die Winkelgeschwindigkeiten der Seichtwassertiden sind entweder ganzzahlige Vielfache der Winkelgeschwindigkeiten der astronomischen Tiden oder sie setzen sich mit ganzzahligen Beiwerten aus den Winkelgeschwindigkeiten mehrerer astronomischer Tiden zusammen. Die Winkelgeschwindigkeiten mancher Seichtwassertiden stimmen mit der Winkelgeschwindigkeit einer astronomischen Tide überein, so dass eine Trennung der betreffenden Tiden nicht möglich ist; doch kann gewöhnlich entschieden werden, ob eine bestimmte Tide vorwiegend als astronomische oder als Seichtwassertide anzusehen ist.

Harmonische Gezeitenkonstanten eines Ortes sind die Höhe des mittleren Wasserstandes Z_0 sowie die Amplituden A und die Phasen P der einzelnen harmonischen Teiltiden, wie sie sich nach der harmonischen Analyse der Gezeiten an diesem Ort ergeben.

3.6 Ungleichheiten in Höhe und Zeit

Ungleichheit ist die astronomisch bedingte Abweichung eines einzelnen, d. h. zu einer einzelnen Tide gehörigen Gezeitenwertes von dem entsprechenden Mittelwert. Man unterscheidet Ungleichheiten in Zeit und Ungleichheiten in der Höhe.

Ungleichheit in Hoch- oder Niedrigwasserzeit ist die astronomisch bedingte Abweichung eines einzelnen Hoch- oder Niedrigwasserintervalls vom mittleren Hoch- oder Niedrigwasserintervall.

Ungleichheit in Hoch- oder Niedrigwasserhöhe ist die astronomisch bedingte Abweichung einer einzelnen Hoch- oder Niedrigwasserhöhe von der mittleren Hoch- oder Niedrigwasserhöhe.

Halbmonatliche Ungleichheit ist der Teil der gesamten Ungleichheit in Zeit oder Höhe, der von der Phase des Mondes abhängt, genauer: der mittlere zu jeder einzelnen Meridiandurchgangs-

zeit des Mondes gehörige Wert der betreffenden Ungleichheit. Die Periode beträgt 14,77 Tage.

Tägliche Ungleichheit (bei halbtägiger Gezeitenform) ist die Verschiedenheit zwischen den Werten einer Ungleichheit in Zeit oder Höhe bei zwei aufeinanderfolgenden Hoch- oder Niedrigwassern, soweit sie von der Mond- (und Sonnen-) Deklination einschließlich der Vorzeichen abhängt. Im engeren Sinne versteht man unter täglicher Ungleichheit den zu jedem einzelnen Wert der Monddeklination gehörigen mittleren halben Unterschied zwischen den Höhen oder Intervallen je zweier aufeinanderfolgender Hoch- oder Niedrigwasser. Eine tägliche Ungleichheit nimmt jeweils nach Ablauf eines tropischen Monats oder nach 27,32 Tagen wieder den gleichen Wert an. Sie nimmt mit wachsender Deklination des Mondes zu und kehrt nach jedem Durchgang des Mondes durch den Äquator ihr Vorzeichen um.

Parallaktische Ungleichheit ist der Teil der gesamten Ungleichheit in Zeit oder Höhe, der von der Entfernung zwischen Erde und Mond abhängt, genauer: der mittlere zu jedem einzelnen Wert der Entfernung oder Horizontalparallaxe des Mondes gehörige Wert der betreffenden Ungleichheit. Bei genaueren Untersuchungen müssen die Werte der parallaktischen Ungleichheit auch noch getrennt für die verschiedenen Transitzeiten des Mondes bestimmt werden. Eine parallaktische Ungleichheit nimmt durchschnittlich nach Ablauf eines anomalistischen Monats von 27,55 Tagen wieder den gleichen Wert an. Die parallaktischen Ungleichheiten in Hoch- und Niedrigwasserhöhe haben eine Zunahme des Tidenhubs mit wachsender Annäherung des Mondes an die Erde zur Folge.

Deklinationsungleichheit ist der Teil der gesamten Ungleichheit in Zeit oder Höhe, der nur vom Betrag der Monddeklination abhängt, genauer: der mittlere zu jedem einzelnen Grad des Deklinationbetrages gehörige Wert der betreffenden Ungleichheit. Eine Deklinationsungleichheit nimmt jeweils nach Ablauf eines halben tropischen Monats oder nach 13,66 Tagen wieder den gleichen Wert an. Die Deklinationsungleichheiten in Hoch- und Niedrigwasserhöhe haben bei halbtägigen Gezeiten eine Abnahme des Tidenhubs mit wachsender Deklination des Mondes zur Folge.

Springzeit (bei halbtägiger Gezeitenform) ist die Zeit, zu der die halbmonatliche Ungleichheit in Hochwasserhöhe ihren größten positiven Wert annimmt. Wenn die halbmonatliche Ungleichheit alle anderen Ungleichheiten übertrifft, was bei

halbtägiger Gezeitenform mit Ausnahme weniger Gebiete auf der Erde der Fall ist, so treten also zur Springzeit durchschnittlich die höchsten Hochwasser ein. Bei **eintägiger** Gezeitenform ist dies kurz nach dem Eintritt der größten nördlichen oder südlichen Deklination des Mondes der Fall.

Springverspätung (bei halbtägiger Gezeitenform) ist der Zeitunterschied zwischen dem Eintritt des Voll- oder Neumondes und der Springzeit. Bei eintägiger Gezeitenform ist die Springverspätung der Zeitunterschied zwischen dem Eintritt der größten nördlichen oder südlichen Deklination des Mondes und der Springzeit.

Nippzeit (bei halbtägiger Gezeitenform) ist die Zeit, zu der die halbmonatliche Ungleichheit in Hochwasserhöhe ihren größten negativen Wert annimmt. Wenn die halbmonatliche Ungleichheit alle anderen Ungleichheiten übertrifft, was bei halbtägiger Gezeitenform mit Ausnahme weniger Gebiete auf der Erde der Fall ist, so treten also zur Nippzeit durchschnittlich die niedrigsten Hochwasser ein. Bei **eintägiger** Gezeitenform ist dies kurz nach dem Äquatordurchgang des Mondes der Fall.

Nippverspätung (bei halbtägiger Gezeitenform) ist der Zeitunterschied zwischen dem Eintritt des ersten oder letzten Mondviertels und der Nippzeit. Bei eintägiger Gezeitenform ist die Nippverspätung der Zeitunterschied zwischen dem Äquatordurchgang des Mondes und der Nippzeit.

3.7 Berechnungsmethoden

Nonharmonisches Verfahren zur Berechnung der Gezeiten (von halbtägiger Form) ist ein Verfahren, bei dem man die Hoch- und Niedrigwasserzeiten eines Ortes erhält, indem man zu den Meridiandurchgangszeiten des Mondes die mittleren Hoch- und Niedrigwasser-Intervalle sowie die Ungleichheiten in Hoch- und Niedrigwasserzeit hinzufügt; die Hoch- und Niedrigwasserhöhen, indem man zu den mittleren Hoch- und Niedrigwasserhöhen die Ungleichheiten der Hoch- und Niedrigwasserhöhe hinzufügt. Die vier Ungleichheiten in Zeit und Höhe werden ihrerseits aus je einer halbmonatlichen, parallaktischen, Deklinations- und täglichen Ungleichheit sowie gegebenenfalls auch noch weiteren Verbesserungen zusammengesetzt.

Harmonisches Verfahren zur Berechnung der Gezeiten ist ein Verfahren, bei dem die Gezeiten durch Zusammensetzen einer Anzahl harmonischer Teiltiden berechnet werden. Als

Grundlage dienen dabei die harmonischen Gezeitenkonstanten des Ortes. Diese werden mithilfe der harmonischen Analyse bestimmt.

Harmonische Analyse der Gezeiten ist ein Verfahren zur Untersuchung der Gezeiten, bei dem diese in eine größere Anzahl streng periodischer harmonischer Teiltiden von der Form $A \cdot \cos(U)$ zerlegt werden. Die Winkel U sind von der Gestalt $(P+T+i \cdot t)$, mit der Uhrzeit t und festen Werten P , T und i . Die verschiedenen Perioden i der einzelnen Tiden sowie die verschiedenen Werte T ergeben sich aus der Lehre von den Bewegungen des Mondes und der Sonne; sie sind für alle Orte der Erde die gleichen. Die Amplituden A und die Phasen P der einzelnen Tiden sind dagegen im Allgemeinen von Ort zu Ort verschieden und kennzeichnen den verschiedenartigen Verlauf der Gezeiten an den einzelnen Orten. Die harmonische Analyse der Gezeiten beruht auf einer gleichartigen Zerlegung der gezeitenerzeugenden Kräfte in harmonische Glieder.

Harmonische Darstellung der Ungleichheiten (HDdU) ist ein Verfahren zur Berechnung der Gezeiten, das dem nonharmonischen Verfahren ähnelt, bei dem jedoch die Ungleichheiten der Hoch- und Niedrigwasser in Zeit und Höhe ähnlich wie beim harmonischen Verfahren durch Zusammensetzen aus periodischen Gliedern berechnet werden.

Differenzenverfahren zur Berechnung der Gezeiten ist ein Verfahren, bei dem die Eintrittszeiten und Höhen der Hoch- und Niedrigwasser eines Ortes aus den bereits bekannten Eintrittszeiten und Höhen für einen anderen Ort durch Anbringen von Verbesserungen berechnet werden, die aus den Differenzen der mittleren Intervalle und Höhen an den beiden Orten bestehen.

Analyse der halbmonatlichen Ungleichheit ist das Verfahren zur Berechnung der Gezeitengrundwerte für die deutschen (Pegel-) Orte. Jedem Hochwasser oder Niedrigwasser wird die zugehörige Meridiandurchgangszeit des Mondes zugeordnet. Dabei ist die Meridiandurchgangszeit in UTC auszudrücken und zwischen Vormittags- und Nachmittagsstunden nicht zu unterscheiden, also von den nach 11:59 Uhr fallenden Meridiandurchgangszeiten der Betrag von 12 h abzuziehen. Dem Voll- oder Neumond entspricht durchschnittlich die Meridiandurchgangszeit 0 Uhr (oder 12 Uhr), dem ersten oder letzten Viertel die Meridiandurchgangszeit 6 Uhr (oder 18 Uhr). Die Gezeitenhöhen oder Gezeitenintervalle lassen sich als Funktion der zugeordneten Meridiandurchgangszeiten t be-

schreiben. Der gewählte funktionelle Zusammenhang ist

$$a_0 + \sum_{i=1}^4 a_i \cos(i\sigma t + \varphi_i)$$

mit der Winkelgeschwindigkeit σ des halben synodischen Monats sowie der zu bestimmenden Parameter a und φ .

3.8 Bezugsflächen

Seekartennull (SKN) ist die Nullfläche, auf die sich die Tiefenangaben in einer Seekarte und die Höhe der Gezeit in den Gezeitentafeln beziehen. Das Seekartennull wird gewöhnlich so tief festgelegt, dass die verfügbaren Wassertiefen nur ausnahmsweise bei einem besonders niedrigen Niedrigwasser unterschritten werden. Siehe auch Kapitel 4 (Das Seekartennull in Gezeitengebieten).

Pegelnulldpunkt (PNP) ist der Nullpunkt eines Pegels. Beim erstmaligen Aufstellen eines Pegels wird der Pegelnulldpunkt so festgelegt, dass keine negativen Wasserstände auftreten können und liegt in der Regel bei Pegeln im Nordseeküstengebiet und in den tidebeeinflussten Flüssen 5 m unter NHN.

Normalhöhennull (NHN) ist die Nullfläche, auf die sich die Höhenangaben in einer Landkarte beziehen.

Im 17. Jahrhundert wurde durch den Magistrat der Stadt Amsterdam ein Ausgangspunkt für die nationale Höhenmessung festgelegt, welcher der durchschnittlichen Sommer-Hochwasserlinie der Zuiderzee entsprach. Im Jahre 1818 wurde dieser Amsterdamer Pegel als Standard für das ganze Land festgelegt und später auch als Bezugspunkt in verschiedene Nachbarländer, unter anderem 1879 in Deutschland übernommen. Hierfür wurde ein Feinnivellement durchgeführt, wobei das Normalhöhennull vom Amsterdamer Pegel zur alten Berliner Sternwarte mit einer Genauigkeit von 1 dm übertragen wurde. Der heutige Höhenfestpunkt des deutschen Haupthöhennetzes ist in Wallenhorst bei Osnabrück zu finden.

4 Das Seekartennull in Gezeitengebieten

Die Tiefenangaben in Seekarten von Gezeitengebieten geben die Wassertiefen an, die bei einem besonders niedrigen Niedrigwasser noch verbleiben. Dieses besondere Niedrigwasser wird als **Seekartennull (SKN)** bezeichnet und ist im Allgemeinen von Staat zu Staat verschieden ausgewählt.

Je größer der mittlere Tidenhub an einem Ort ist, umso tiefer liegt dieses Niedrigwasser unterhalb des mittleren Wasserstandes und unterhalb des Landesvermessungsnulls an der Küste. In Deutschland bezieht sich die Landesvermessung auf das Normalhöhennull (NHN), welches an der deutschen Nordseeküste nur um geringe Beträge vom mittleren Wasserstand abweicht. Die Tafel 2 (Seekartennull und Tidenhübe deutscher Bezugsorte, Seite 207) zeigt die Lage des Seekartennulls relativ zum Normalhöhennull für einige Orte.

Da bei den Festsetzungen des Seekartennulls nur die astronomischen Ursachen der Gezeiten berücksichtigt werden, muss besonders in solchen Gebieten, wo auch die meteorologischen Umstände starken Einfluss auf die Wasserstände haben, stets mit der Möglichkeit gerechnet werden, dass einzelne Niedrigwasser tiefer eintreten als das Seekartennull.

Nachfolgend sind kurz die gültigen Festsetzungen des Seekartennulls für die Hoheitsgebiete der einzelnen Staaten **Europas** zusammengestellt (Änderungen vorbehalten).

Deutschland: Für das Seekartennull im Seegebiet vor der deutschen **Nordseeküste** einschließlich der Watten wird der örtliche niedrigste Gezeitenwasserstand NGzW (Lowest Astronomical Tide, LAT) zugrunde gelegt. Für Deutschland ist der jeweilige NGzW das niedrigste Niedrigwasser, das aus örtlichen Gezeitenberechnungen über 19 Jahre ermittelt wird. Im Tideflussbereich der Ems, Weser und Elbe ist das Seekartennull in Anlehnung an den niedrigsten Gezeitenwasserstand unter Berücksichtigung des Oberwassereinflusses stufenweise festgelegt. Das Seekartennull in der **Ostsee** entspricht dem mittleren Wasserstand.

Island: Das Seekartennull ist etwa gleich dem örtlichen mittleren Springniedrigwasser.

Russische Föderation (Weißes Meer und Murmanküste): Das Seekartennull ist gleich dem örtlichen niedrigsten Niedrigwasser, das nach einem bestimmten Verfahren ermittelt wird.

Norwegen: Das Seekartennull ist etwa gleich dem örtlichen niedrigsten Gezeitenwasserstand, NGzW (Lowest Astronomical Tide, LAT), nur im südlichen Seegebiet wurde ein Seekartennull festgelegt, das etwa 2 – 3 dm tiefer als das LAT liegt.

Schweden: Das Seekartennull ist in der Regel gleich dem mittleren Wasserstand.

Dänemark: Das Seekartennull westlich von Skagen ist etwa gleich dem örtlichen niedrigsten Gezeitenwasserstand, NGzW (Lowest, Astronomical Tide, LAT). Östlich von Skagen ist das Seekartennull gleich dem mittleren Wasserstand (MSL).

Grönland und Färöer: Das Seekartennull ist gleich dem örtlichen niedrigsten Gezeitenwasserstand, NGzW (Lowest Astronomical Tide, LAT).

Niederlande: Das Seekartennull an der Küste ist gleich dem örtlichen niedrigsten Gezeitenwasserstand, NGzW (Lowest Astronomical Tide, LAT). Diese Festsetzung gilt auch für die Wester- und Oosterschelde. Auf dem Nieuwe Rotterdamsche Waterweg beginnt an der Mündung ein festgesetztes Niedrigwasser (OLW, overeengekomen lage waterstand) als Seekartennull. Das OLW fällt linear zum LAT von Hoek van Holland ab und bildet einen allmählichen Übergang zu dem OLR (overeengekomen lage rivierstand) im weiter oberhalb gelegenen Teil von Lek und Waal. Dieser OLR wird durchschnittlich nur an etwa zwanzig Tagen im Jahr unterschritten.

Belgien: Das Seekartennull ist gleich dem örtlichen niedrigsten Gezeitenwasserstand, NGzW (Lowest Astronomical Tide, LAT).

Großbritannien, Nordirland und Irland: Das Seekartennull ist gleich dem örtlichen niedrigsten Gezeitenwasserstand, NGzW (Lowest Astronomical Tide, LAT).

Frankreich (Nord- und Westküste): Das Seekartennull ist gleich dem örtlichen niedrigsten Niedrigwasser, NGzW. Auf der Seine bis Roue sind die Tiefen auf eine waagerechte Bezugsfläche (Niveaufläche) bezogen, die mit dem gewöhnlichen Seekartennull bei Le Havre übereinstimmt.

Spanien: Seekartennull ist gleich dem örtlichen niedrigsten Gezeitenwasserstand; NGzW (Lowest Astronomical Tide, LAT).

Portugal: Seekartennull liegt etwa 0 – 2 dm unter dem örtlichen niedrigsten Gezeitenwasserstand, NGzW (Lowest Astronomical Tide, LAT).

Schifffahrtspegel

An verschiedenen Orten der deutschen Nordseeküste sind für die Zwecke der Schifffahrt besondere Pegel aufgestellt, deren Nullpunkt mit dem örtlichen Seekartennull übereinstimmt, so dass die abgelesenen Wasserstände als Höhen unmittelbar zu den Tiefenangaben der Seekarten hinzugefügt werden können. Diese „**Schifffahrtspegel**“ werden in der Seekarte als Wasserstands-Signalstellen, SS (Tide) oder SS (Wss-S) bezeichnet. Alle übrigen Pegel heißen Betriebs- oder in der Seekarte Schreibpegel; ihre Nullpunkte liegen gewöhnlich 5 m unter dem Normalhöhennull, so dass die Anzeige eines Betriebspegels zu den Tiefenangaben der Seekarten nicht unmittelbar in Beziehung gesetzt werden darf.

5 Der meteorologische Einfluss auf den Wasserstand / Wasserstandsvorhersage

Der Wind und die Luftdruckschwankungen rufen im Meer Strömungen und Wasserstandsänderungen hervor, die zu den Gezeitenströmen und den Gezeiten hinzutreten, so dass die gesamte Wasserbewegung mehr oder minder von den Gezeitenerscheinungen abweicht. Diese meist kurzfristig wechselnden Beeinflussungen können in langfristige Gezeitenvorausberechnungen, wie sie die Gezeitentafeln enthalten, nicht mit einbezogen werden. Mit der Möglichkeit, dass die tatsächlichen Eintrittszeiten und Höhen der Hoch- und Niedrigwasser von den vorausgerechneten um kleinere und gelegentlich auch um größere Beträge abweichen, muss daher stets gerechnet werden.

Bedingt durch astronomische und meteorologische Ursachen weichen die einzelnen Hoch- und Niedrigwasser gewöhnlich in der Höhe vom mittleren Hochwasser (MHW) bzw. Niedrigwasser (MNW) ab. Für meteorologische Einflüsse gilt allgemein, dass auflandige Winde eine Erhöhung der Wasserstände hervorrufen, Winde aus den entgegengesetzten Richtungen dagegen eine Erniedrigung.

Wasserstandsvorhersage des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie

Für die Hoch- und Niedrigwasser wird die Abweichung, welche an der deutschen Nordseeküste, in Emden, Bremen und Hamburg zu erwarten ist, bis zu 6 Tage voraus und laufend aktualisiert bekannt gegeben (siehe hierzu Beispiel 6).

Bei Gefahr von außergewöhnlich hohen Hochwasserständen werden diese Vorhersagen als „Sturmflutwarnungen“ angekündigt.

Tägliche Bekanntmachungen:

- **Radio:**
Besteht die Gefahr einer Sturmflut, strahlen alle Rundfunksender für die betreffenden Gebiete Warnungen aus.
Der Norddeutsche Rundfunk **NDR 90,3** gibt für Hamburg Mo–So 9:30 Uhr, sowie Mo–Fr 22:00 Uhr nach den Nachrichten die Wasserstandsvorhersage bekannt.
Nachträgliche Änderungen durch die Rundfunksender sind vorbehalten.
- **Telefon:**
BSH:
040 / 3190 3190
- **Internet-Adressen:**
BSH:
www.bsh.de/wasserstand-nordsee
Stadt Hamburg:
www.hamburg.de/sturmflut
Land Schleswig-Holstein:
www.umweltdaten.landsh.de/public/hsi/hochwasser.html
Land Niedersachsen:
www.nlwkn.niedersachsen.de/aktuelles/warndienste_messwerte
Radio NDR:
www.ndr.de/nachrichten/wetter/wasserstand101.html
- **Fernsehen Teletext:**
Norddeutscher Rundfunk (NDR)
Hamburg, Schleswig-Holstein, Niedersachsen: Tafel 109 und 669

Weitere Informationen:

- **Gewässerkundliches Informationssystem**
Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes
Internet: www.pegelonline.wsv.de
- **Aktueller Seewetterbericht**
Deutscher Wetterdienst
Telefon: 069 / 80 62 61 16
Ansagedienst: 069 / 80 62 57 99
Internet: www.dwd.de

6 Anleitung zum Gebrauch der Gezeitentafeln mit Beispielaufgaben

6.1 Ausführliche Gezeitenvorausrechnungen

Teil I enthält die ausführlich vorausberechneten Eintrittszeiten und Höhen der Hoch- und Niedrigwasser an den sogenannten Bezugsorten. Eine Zusammenstellung dieser Bezugsorte befindet sich auf der zweiten Umschlagseite und am Anfang von Teil I. Lage der Bezugsorte ist in den Übersichtskarten auf den Seiten 6* und 7* eingetragen. Im Ortsverzeichnis wird bei den Bezugsorten auf die Seitenzahlen im Teil I verwiesen.

Umrechnung der gesetzlichen Zeit

Die Zeitzone, in der die Hoch- und Niedrigwasserzeiten ausgedrückt sind, ist am Fuß jeder Seite angegeben.

Wenn die Hoch- und Niedrigwasserzeiten in einer anderen Zeit verlangt werden, müssen sie umgerechnet werden.

Beispiel 1:

Wann und wie hoch tritt am 20. Februar 2020 mittags bei Lissabon das Hochwasser in der Zeitzonenzzeit UTC + 1 h 00 min ein?

	Nr.	Ort	HWZ	HWH
Vorausberechnungen Teil I, Seite 162	1978	Lissabon	13:36 Uhr	3,2 m

Die entnommene Hochwasserzeit (HWZ) ist in der Zeitzone UTC ausgedrückt. Die Hochwasserzeit ist nun in die geforderte Zeitzone UTC + 1 h 00 min umzurechnen, dafür ist der Unterschied zwischen der verlangten Zeit und der Zeit aus Teil I für Lissabon zu bilden.

$(UTC + 1\text{ h }00\text{ min}) - (UTC + 0\text{ h }00\text{ min}) = +1\text{ h }00\text{ min}$

Die entnommene Hochwasserzeit (HWZ) ist nun in die geforderte Zeitzone umzurechnen:

HWZ: $13:36\text{ Uhr} + 1\text{ h }00\text{ min} = 14:36\text{ Uhr}$

Ergebnis:

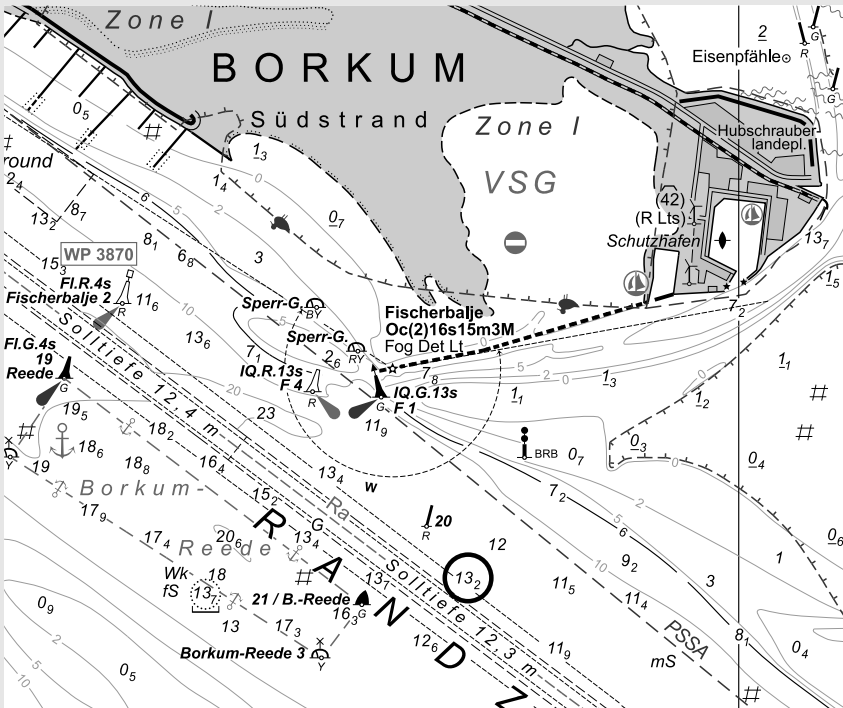
Lissabon HWZ 14:36 Uhr (UTC + 1 h 00 min) HWH 3,2 m (SKN)

Berechnung der Wassertiefe

Die angegebenen Höhen der Hoch- und Niedrigwasser sind auf das Seekartennull an dem betreffenden Bezugsort bezogen. Liegt die Wasseroberfläche oberhalb des Seekartennulls, so wird die Höhe positiv gerechnet; liegt sie unterhalb, so wird die Höhe negativ gerechnet. Um den vorausgerechneten Abstand der Wasseroberfläche vom

Grund zu erhalten, hat man also nur die vorausberechnete Höhe der Gezeit unter Berücksichtigung ihres Vorzeichens zu der Tiefe hinzuzufügen, die in der Seekarte angegeben ist (siehe Seite 9*). Es ist gleichgültig, ob man dabei eine deutsche oder eine andere Seekarte benutzt.

Beispiel 2:
Wann und welche Wassertiefe ist zum Abend-Hochwasser am 17. Juli 2020 für das Fahrwasser bei Borkum, Fischerbalje (siehe Kreis in der Seekarte) zu erwarten?



	Nr.	Ort	HWZ	HWH
Vorausberechnungen Teil I, Seite 66	101	Borkum	20:35 Uhr	2,9 m
Tiefenangabe aus der Seekarte				13,2 m
Ergebnisse		Fahrwasser	20:35	16,1 m

Die entnommenen Höhen- und Tiefenangaben sind auf das Seekartennull (SKN) bezogen (siehe Grafik Seite 9*).
In der ermittelten Wassertiefe sind **keine** durch Wettereinflüsse bedingten Wasserstandserhöhungen oder -erniedrigungen enthalten, siehe hierfür Beispiel 6.

Ergebnis:
Die Wassertiefe im Fahrwasser bei Borkum am 17. Juli 2020 um 20:35 (UTC + 1 h 00 min) beträgt etwa 16,1 m.

6.2 Geographisches Ortsverzeichnis, Gezeitenunterschiede für Anschlussorte

Allgemeines. Für die Bezugsorte lassen sich die Vorausberechnungen der Hoch- und Niedrigwasser direkt aus dem Teil I der Gezeitentafeln entnehmen. Für alle übrigen Orte muss man die Gezeiten mittels Gezeitenunterschiede gegen einen Bezugsort selbst ausrechnen.

Der Teil II führt die Namen sämtlicher Orte in geographischer Folge auf, für die Gezeitenunterschiede angegeben sind. Eine Gebietsübersicht befindet sich am Anfang des Teils II. Die Orte können auch mit Hilfe des alphabetischen Ortsverzeichnisses am Schluss des Bandes gesucht werden; das Verzeichnis verweist auf die Nummer, unter der die Orte im Teil II und III aufgeführt sind.

Auch bei günstiger Wahl der Bezugsorte sind die Gezeitenunterschiede für die angeschlossenen Orte in der Regel keine festen Größen, sondern mehr oder weniger veränderlich mit ähnlichen periodischen Ungleichheiten wie die Gezeiten selbst. Zur Bestimmung der Hoch- und Niedrigwasserzeiten genügt es jedoch gewöhnlich, mit den Mittelwerten der Zeitunterschiede zu rechnen. Die Veränderlichkeit der Höhenunterschiede muss dagegen im allgemeinen berücksichtigt werden. Im einzelnen gibt daher der Teil II der Gezeitentafeln an:

- (1) Mittlere Hoch- und Niedrigwasser-Zeitunterschiede für viele Orte, außerdem Verbesserungen wegen halbmonatlicher Ungleichheit (Teil IV, Tafel 6).
- (2) Mittlere Hoch- und Niedrigwasser-Höhenunterschiede zur Springzeit und zur Nippzeit. Zwischen den Werten zur Spring- und Nippzeit ist gegebenenfalls zu interpolieren.

Anwendung der Gezeitenunterschiede. Jeder Anschlussort im Teil II ist durch entsprechende Überschriften einem Bezugsort im Teil I zugeordnet. Addiert man die Gezeitenunterschiede eines

Anschlussortes mit den angegebenen Vorzeichen an den ausführlichen Vorausberechnungen für den zugehörigen Bezugsort, so erhält man die vorausberechneten Eintrittszeiten und Höhen des Hoch- und Niedrigwassers am Anschlussort.

Hierfür ist es erforderlich die Spring-, Mitt- oder Nippzeit zu bestimmen.

Es kann zwischen zwei Möglichkeiten gewählt werden.

- (1) Die einfachste Möglichkeit besteht darin, die Tafel 4 im Teil IV zu benutzen.
- (2) Durch den Vergleich der jeweiligen HW/NW-Höhen der Vorausberechnungen (Teil I) des Bezugsortes und seiner Gezeitengrundwerte lassen sich (Teil II, grau unterlegte Zeile) die Spring-, Mitt- oder Nippzeit bestimmen.

Etwaige Unterschiede in der Zeitzone und des Seekartennulls zwischen Bezugs- und Anschlussort sind bereits in den Gezeitenunterschieden inbegriffen. Man erhält also die Hoch- und Niedrigwasserzeiten für den Anschlussort ausgedrückt in der Zeitzone, wie sie im Teil II für den Anschlussort angegeben ist, ebenso die Höhen bezogen auf das Seekartennull am Anschlussort. Im übrigen gelten bezüglich der Zeiten und Höhen die gleichen Bemerkungen wie zum Teil I.

Für manche Anschlussorte liegen nur teilweise auswertbare Beobachtungen vor, oder das Gebiet fällt bei Niedrigwasser trocken. Für solche Orte können die Gezeitenunterschiede nur unvollständig angegeben werden. Fehlende Daten sind mit „* **Keine Angaben**“ gekennzeichnet. Diese Werte können mithilfe benachbarter Orte grob geschätzt werden. Es kann auch die Annahme konstanter Steigdauer (6 Std 12 Min) und Falldauer (6 Std 13 Min) oder die eines Nachbarortes verwendet werden. Hierbei ist jedoch grundsätzlich Vorsicht geboten, besonders in Flüssen.

Anwendung vollständiger Gezeitenunterschiede

Beispiel 3:

Wann und wie hoch treten am 18. Februar 2020 bei Stadersand das Vormittaghochwasser und das folgende Niedrigwasser ein?
Die Spring-, Mitt- oder Nippzeit ist zu entnehmen aus Teil IV, Tafel 4, Seite 209.

Es ist laut Tafel 4 **Nippzeit**. Deshalb sind in der folgenden Tabelle bei den Gezeitenunterschieden (Teil II) die Höhenunterschiede bei Nippzeit zu entnehmen.

	Nr.	Ort	HWZ	HWH	NWZ	NWH
Vorausberechnungen Teil I, Seite 30	506	Cuxhaven	8:00 Uhr	3,4 m	14:51 Uhr	0,7 m
Unterschiede Teil II, Seite 180	709	Stadersand	+2 h 39 min	+0,2 m	+2 h 50 min	-0,2 m
Ergebnis	709	Stadersand	10:39 Uhr	3,6 m	17:41 Uhr	0,5 m

Die berechneten Hoch- und Niedrigwasserzeiten sind in der Zeitzone UTC +1 h 00 min angegeben, die Hoch- und Niedrigwasserhöhen beziehen sich auf Seekartennull (SKN).

Addiert man die Hoch- und Niedrigwasserhöhen (Höhe der Gezeit, HG) zur Seekartentiefe, so ergibt sich die Wassertiefe (siehe Grafik Seite 9*).

Verbesserung der Zeitunterschiede wegen halbmonatlicher Ungleichheit

Wenn es sich empfiehlt, auch die mittleren Zeitunterschiede noch wegen halbmonatlicher Ungleichheit zu verbessern, ist dies im Teil II durch eine Buchstabe-Zahl-Kombination hinter dem mittleren Zeitunterschied angezeigt. Der Buchstabe verweist auf die entsprechende Zeile im oberen Teil der Tafel 6, in die mit der vorausberechneten Hoch- bzw. Niedrigwasserzeit des Bezugsortes einzugehen ist. Die Zahl bezeichnet die Zeile im

unteren Teil der Tafel 6, aus deren Spalte unter der oben aufgesuchten Hoch- bzw. Niedrigwasserzeit die Verbesserung des Zeitunterschiedes wegen halbmonatlicher Ungleichheit zu entnehmen ist. In der Praxis reicht es dabei aus, mit der vollen oder halben Stunde der Hoch- bzw. Niedrigwasserzeit des Bezugsortes einzugehen und ohne Interpolation die Verbesserung des Zeitunterschiedes für den Anschlussort zu entnehmen.

Beispiel 4:

Wann und wie hoch treten am 17. April 2020 bei Dundee das Morgenhochwasser und das folgende Niedrigwasser ein?

Die Spring-, Mitt- oder Nippzeit ist zu entnehmen aus Teil IV, Tafel 4, Seite 209.

Es ist laut Tafel 4 **Nippzeit**. Deshalb sind in der folgenden Tabelle bei den Gezeitenunterschieden (Teil II) die Höhenunterschiede bei Nippzeit zu nehmen.

Bei den Zeitunterschieden für Dundee wird auf A1 und H4 der Tafel 6 (Teil IV) verwiesen. Es ist mit der Hoch- bzw. Niedrigwasserzeit des Bezugsortes Aberdeen in die Tafel 6 einzugehen, Seite 210.

	Nr.	Ort	HWZ	HWH	NWZ	NWH
Vorausberechnungen Teil I, Seite 126	1252	Aberdeen	9:33 Uhr	3,4 m	16:11 Uhr	1,4 m
Unterschiede Teil II, Seite 189	1247	Dundee	+1 h 27 min A1	+1,0 m	+1 h 27 min H4	+0,5 m
Verbesserungen Teil IV, Tafel 6, Seite 210	1247	Dundee	+0 h 03 min A1		-0 h 00 min H4	
Ergebnis	1247	Dundee	11:03 Uhr	4,4 m	17:38 Uhr	1,9 m

Die für Dundee erhaltenen Eintrittszeiten sind nach Angaben im Teil II in der Zeitzone UTC angegeben und die Hoch- und Niedrigwasserhöhen sind auf Seekartennull bezogen.

Bestimmung der Gezeitengrundwerte von Anschlussorten

Beispiel 5:

Wie liegen bei Whitehaven das mittlere Spring-, Nipphochwasser (MSpHW, MNpHW) und das mittlere Spring-, Nippniedrigwasser (MSpNW, MNpNW) zum Seekartennull?

Die Höhenunterschiede des Anschlussortes sind an die Gezeitengrundwerte des Bezugsortes anzubringen. Somit erhält man die Gezeitengrundwerte des Anschlussortes zum Seekartennull.

	Nr.	Ort	MSpHW	MNpHW	MSpNW	MNpNW
Grundwerte Teil II, Seite 192	1509	Liverpool	9,4 m	7,5 m	1,1 m	3,2 m
Unterschiede Teil II, Seite 192	1496	Whitehaven	– 1,4 m	– 1,2 m	– 0,1 m	– 0,8 m
Ergebnis	1496	Whitehaven	8,0 m	6,3 m	1,0 m	2,4 m

6.3 Anwendung der Wasserstandsvorhersage des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH):

Wettereinflüsse bewirken Wasserstandserhöhungen oder -erniedrigungen gegenüber den Gezeitenvorausberechnungen und werden als **Windstau** bezeichnet. Damit sich die Schifffahrt rechtzeitig darauf einstellen kann, wird die Wasserstandsvorhersage für die Nordseeküste und deren Flussgebiete durch das BSH 4-mal täglich an die Verkehrszentralen verbreitet. Die Wasserstandsvorhersagen beziehen sich auf das mittlere

Hochwasser (MHW) bzw. Niedrigwasser (MNW) und werden bis zu 24 Stunden vor der Hochwasser- und Niedrigwasserzeit bekannt gegeben und zwischenzeitlich aktualisiert. Zu den MHW bzw. MNW-Wert ist der Betrag des Wasserstandsvorhersage zu addieren und ergibt den Wasserstand bezogen auf Seekartennull. Die Werte des MHW und MNW für den jeweiligen Ort sind dem Teil III zu entnehmen.

Beispiel 6:

Das BSH gibt bekannt:

Am Montag werden das Nachmittag- bzw. Abend-Hochwasser an der ostfriesischen Küste und im Wesergebiet 1 bis 3 dm höher, sowie im Elbegebiet und an der nordfriesischen Küste 3 bis 5 dm höher als das mittlere Hochwasser eintreten.

Wann und wie hoch wird am 13. Juni 2020 das Abend-Hochwasser bei Stadersand über Seekartennull eintreten?

	Nr.	Ort	HWZ	MHW
Vorausberechnung Teil I, Seite 31	506	Cuxhaven	18:26 Uhr	
Unterschiede Teil II, Seite 180	709	Stadersand	+2 h 39 min	
Mittlere HW und NW Teil III, Seite 201	709	Stadersand		3,71 m
Wasserstandsvorhersage		Revier Hamburg		+0,3 bis 0,5 m
Ergebnisse	709	Stadersand	21:05 Uhr	4,01 bis 4,21 m

Ergebnis:

Es wird ein Wasserstand am Abend des 13. Juni 2020 bei Stadersand um 21:05 Uhr (UTC +1 h 00min) mit etwa 4,0 bis 4,2 m über Seekartennull erwartet.

6.4 Abschätzung von Höhen und Zeiten zwischen Hoch- und Niedrigwasser

Den ausführlichen Vorausberechnungen sind die mittleren Spring- und Nipptidenkurven der Bezugsorte beigegeben. Mittels dieser Kurven kann man die Höhe der Gezeit zu einer beliebigen Uhrzeit zwischen Hoch- und Niedrigwasser oder den Zeitpunkt, an dem eine vorgegebene Höhe eintritt, für Bezugsorte und deren Anschlussorte abschätzen. Dazu bildet man nach den Vorausberechnungen die Steig- und Falldauer, trägt in die Darstellung der Tidenkurven bei 0 Stunden die vorausberechnete Hochwasserhöhe, im Abstand der Steig- und Falldauer die vorausberechnete Niedrigwasserhöhe ein und verbindet die beiden Punkte in Anlehnung an die beiden mittleren Tidenkurven durch eine aktuelle Tidenkurve.

An dieser aktuellen Tidenkurve kann man ablesen, welche Höhe zu einer vorgegebenen Zeit vor oder nach Hochwasser eintritt, oder zu welcher Zeit vor oder nach Hochwasser eine vorgegebene Höhe erreicht wird.

Das Verfahren ist einfach, bietet wenig Fehlermöglichkeiten und liefert beispielsweise auch bei unsicherem ETA (estimated time of arrival) für die praktische Schiffsführung geeignete Ergebnisse. Die dabei erzielte Genauigkeit reicht aus, weil stets zusätzlich mit der Möglichkeit gerechnet werden muss, dass auf Grund von Wettereinflüssen die tatsächlichen Eintrittszeiten und Höhen der Hoch- und Niedrigwasser von den vorausberechneten um kleinere und gelegentlich auch um größere Beträge abweichen.

Eine zweite Methode, für Bezugsorte und deren Anschlussorte die Höhe H zu einer vorgegebenen Zeit Z oder die Zeit Z zu einer vorgegebenen Höhe H abzuschätzen, ist im Folgenden beschrieben. Dazu werden die mittleren Spring- und Nipptidenkurven der Bezugsorte in das Hoch- und das Niedrigwasser, zwischen dem Z liegt, rechnerisch eingespannt. Nur in Fällen, in denen sich der Verlauf (nicht die Höhe!) beider Kurven deutlich unterscheidet, lohnt es sich die Ergebnisse für Spring- und Nippzeit zu mitteln.

Für diese Rechnung sind die Zeiten in dezimal geteilten Stunden auszudrücken. In der Darstellung der Tidenkurven beträgt der Stundenabstand 1 cm, für Dezimalteile kann daher bequem die Zentimetereinteilung eines Lineals benutzt werden.

Die zwei genannten, unterschiedlichen Verfahren liefern nicht exakt gleiche Ergebnisse. Die berechneten Höhen können verfahrensbedingt ohne weiteres um etwa 1 dm voneinander abweichen.

Für den **Anschlussort** gesuchte Höhe H oder Zeit Z:

HWZ	vorausberechnete Hochwasserzeit
HWH	vorausberechnete Hochwasserhöhe
NWZ	vorausberechnete Niedrigwasserzeit
NWH	vorausberechnete Niedrigwasserhöhe
Z	vorgegebene oder gesuchte Zeit
H	vorgegebene oder gesuchte Höhe

Gehören Hoch- und Niedrigwasser nicht dem gleichen Tag an, sind alle Zeiten dem ersten Tag zuzurechnen. Zu den Zeiten des zweiten Tages sind also 24 Stunden hinzuzufügen.

Ferner sind für den **zugehörigen Bezugsort**

MSpNWH	die mittlere Springniedrigwasserhöhe,
MSpHWH	die mittlere Springhochwasserhöhe,
MSpD	die mittlere Springsteigdauer MSpSD oder Springfalldauer MSpFD
MNpNWH	die mittlere Nippniedrigwasserhöhe,
MNpHWH	die mittlere Nipphochwasserhöhe und
MNpD	die mittlere Nippsteigdauer MNpSD oder Nippfalldauer MNpFD.

Die Werte für die Bezugsorte sind in Tabellen unter der Darstellung der Tidenkurven angegeben.

A. Es soll die Höhe H zu einer vorgegebenen Zeit Z abgeschätzt werden.

Der Zeitunterschied $HWZ - Z$ entspricht in der Darstellung der mittleren Tidenkurven dem Zeitunterschied ZU_K zum Hochwasser (angepasst im Verhältnis der Steig- bzw. Falldauer):

für Springzeit

$$ZU_K = \frac{HWZ - Z}{HWZ - NWZ} \cdot MSpD$$

für Nippzeit

$$ZU_K = \frac{HWZ - Z}{HWZ - NWZ} \cdot MNpD$$

(A1)

ZU_K Stunden vor bzw. nach Hochwasser liest man an der betreffenden Kurve den Wert H_K ab und berechnet (im Tidenstieg- bzw. Tidenfallverhältnis)

für Springzeit

$$H = \frac{HWH - NWH}{MSpHWH - MSpNWH} \cdot (H_K - MSpNWH) + NWH$$

für Nippzeit

$$H = \frac{HWH - NWH}{MNpHWH - MNpNWH} \cdot (H_K - MNpNWH) + NWH$$

(A2)

B. Es soll die Zeit Z, zu der eine vorgegebene Höhe H eintritt, abgeschätzt werden.

Die Höhe H entspricht in der Darstellung der mittleren Tidenkurven der Höhe H_K (im Tidenstieg- bzw. Tidenverhältnis):

für Springzeit

$$H_K = \frac{MSpHWH - MSpNWH}{HWH - NWH} \cdot (H - NWH) + MSpNWH$$

für Nippzeit

$$H_K = \frac{MNpHWH - MNpNWH}{HWH - NWH} \cdot (H - NWH) + MNpNWH$$

(B1)

An der betreffenden Kurve liest man ab, zu welchem Zeitpunkt ZU_K vor bzw. nach Hochwasser die Höhe H_K eintritt.

Die gesuchte Zeit Z errechnet sich dann (im Verhältnis der Steig- bzw. Falldauer):

für Springzeit

$$Z = HWZ - \frac{HWZ - NWZ}{MSpD} \cdot ZU_K$$

für Nippzeit

$$Z = HWZ - \frac{HWZ - NWZ}{MNpD} \cdot ZU_K$$

(B2)

Dieser Wert ergibt sich als dezimalgeteilte Uhrzeit (Uhr_{dez}), ist daher in Stunden und Minuten umzurechnen.

Beispiel 7:

Wie groß ist am 15. Oktober 2020 um 2:20 Uhr MEZ bei Wangerooge, Hafen die verfügbare Wassertiefe? In der Seekarte an der Position ist eine Tiefe von 5,2 m angegeben.

Die Spring-, Mitt- oder Nippzeit ist zu entnehmen aus Teil IV, Tafel 4, Seite 209.

Es ist laut Tafel 4 **Mittzeit**. Deshalb sind in der folgenden Tabelle bei den Höhenunterschieden (Teil II) das Mittel aus den Spring- und Nippwerten zu entnehmen.

	Nr.	Ort	HWZ 14. Oktober	HWH	NWZ 15. Oktober	NWH
Vorausberechnungen Teil I, Seite 62	111	Norderney	21:45 Uhr	3,0 m	4:01 Uhr	0,7 m
Unterschiede Teil II, Seite 182	777	Wangerooge, Hafen	+0 h 28 min	+0,5 m	+0 h 35 min	+0,1 m
Ergebnis	777	Wangerooge, Hafen	22:13 Uhr	3,5 m	4:36 Uhr	0,8 m

Da Hoch- und Niedrigwasser nicht dem gleichen Tag angehören, ist die Niedrigwasserzeit des zweiten Tages dem ersten Tag zuzurechnen. NWZ: 4:36 Uhr + 24 h 00 min = 28:36 Uhr

Da Hochwasser und die gesuchte Höhe um 2:20 Uhr nicht dem gleichen Tag angehören, ist die Zeit 2:20 Uhr dem ersten Tag zuzurechnen. Z: 2:20 Uhr + 24 h 00 min = 26:20 Uhr

Zwischenergebnis:

Der Eintritt des Hochwassers am Abend des 14. Oktober 2020 und das folgende Niedrigwasser ist:

Wangerooge, Hafen HWZ 22:13 Uhr (UTC + 1 h 00 min) HWH 3,5 m (SKN)

NWZ 28:36 Uhr (UTC + 1 h 00 min) NWH 0,8 m (SKN)

a) Mittlere Springtidenkurve

Folgende Werte unterhalb der mittleren Tidenkurve von Norderney entnehmen, Seite 63:

$$M\text{SpFD} = 6,35 \text{ h}$$

Nach (A 1) berechnet sich

$$ZU_K = \frac{22,22 - 26,33}{22,22 - 28,60} \cdot 6,35 \text{ h} = 4,09 \text{ h}$$

Mit der Zeit 4,09 h nach Hochwasser an der fallenden Springtidenkurve die Höhe ablesen:

$$H_K = 1,09 \text{ m}$$

Folgende Werte links an der mittleren Tidenkurve von Norderney entnehmen, Seite 63:

$$M\text{SpHWH} = 3,22 \text{ m}$$

$$M\text{SpNWH} = 0,39 \text{ m}$$

Nach (A 2) berechnet sich

$$H = \frac{3,5 - 0,8}{3,22 - 0,39} \cdot (1,09 - 0,39) + 0,8 = 1,47 \text{ m}$$

b) Mittlere Nipptidenkurve

$$M\text{NpFD} = 6,37 \text{ h}$$

Nach (A 1) berechnet sich

$$ZU_K = \frac{22,22 - 26,33}{22,22 - 28,60} \cdot 6,37 \text{ h} = 4,10 \text{ h}$$

Mit der Zeit 4,10 h nach Hochwasser an der fallenden Nipptidenkurve die Höhe ablesen:

$$H_K = 1,33 \text{ m}$$

$$M\text{NpHWH} = 2,88 \text{ m}$$

$$M\text{NpNWH} = 0,80 \text{ m}$$

Nach (A 2) berechnet sich

$$H = \frac{3,5 - 0,8}{2,88 - 0,80} \cdot (1,33 - 0,80) + 0,8 = 1,49 \text{ m}$$

c) Für die Mittzeit sind die Höhen für Spring- und Nippzeit zu mitteln

$$H = \frac{1,47 + 1,49}{2} = 1,48 \text{ m, runden} \rightarrow 1,5 \text{ m}$$

Um die Wassertiefe zu erhalten ist die Seekartentiefe und die Höhe der Gezeit zu addieren (siehe Grafik Seite 9*):

$$5,2 \text{ m} + 1,5 \text{ m} = 6,7 \text{ m}$$

Die verfügbare Wassertiefe in der Nacht des 15. Oktober 2020 um 2:20 MEZ bei Wangerooge, Hafen beträgt 6,7 m.

Beispiel 8:

Zum Passieren einer Sandbank bei Glückstadt sei einschließlich eines Sicherheitszuschlages eine Gezeitenhöhe von 2,9 m erforderlich. Ab wann kann am 10. Juni 2020 nachmittags die Sandbank passiert werden?

Die Spring-, Mitt- oder Nippzeit ist zu entnehmen aus Teil IV, Tafel 4, Seite 209.

Es ist laut Tafel 4 **Mittzeit**. Deshalb sind in der folgenden Tabelle bei den Höhenunterschieden (Teil II) das Mittel aus den Spring- und Nippwerten zu entnehmen.

	Nr.	Ort	NWZ	NWH	HWZ	HWH
Vorausberechnungen Teil I, Seite 31	506	Cuxhaven	10:37 Uhr	0,6 m	16:11 Uhr	3,9 m
Gezeitenunterschiede Teil II, Seite 180	695	Glückstadt	+2 h 07 min	+0,0 m	+2 h 05 min	+0,1 m
Ergebnis	695	Glückstadt	12:44 Uhr	0,6 m	18:16 Uhr	4,0 m

Zwischenergebnis:

Der Eintritt des Niedrigwassers am Mittag des 10. Juni 2020 und das folgende Hochwasser ist:

Glückstadt NWZ 12:44 Uhr (UTC + 1 h 00 min) NWH 0,6 m (SKN)

HWZ 18:16 Uhr (UTC + 1 h 00 min) HWH 4,0 m (SKN)

a) Mittlere Springtidenkurve

Folgende Werte links an der mittleren Tidenkurve von Cuxhaven entnehmen, Seite 33:

MSpHWH = 3,70 m MSpNWH = 0,43 m MNpHWH = 3,30 m MNpNWH = 0,81 m

Nach (B 1) berechnet sich

$$H_k = \frac{3,70 - 0,43}{4,0 - 0,6} \cdot (2,9 - 0,6) \text{ m} + 0,43 \text{ m} = 2,64 \text{ m}$$

Mit der Höhe von 2,64 m an der steigenden Springtidenkurve die Zeit ablesen:

ZU_k = 2,9 h vor Hochwasser.

b) Mittlere Nipptidenkurve

Nach (B 1) berechnet sich

$$H_k = \frac{3,30 - 0,81}{4,0 - 0,6} \cdot (2,9 - 0,6) \text{ m} + 0,81 \text{ m} = 2,49 \text{ m}$$

Mit der Höhe von 2,49 m an der steigenden Nipptidenkurve die Zeit ablesen:

ZU_k = 2,73 h vor Hochwasser.

Folgende Werte unterhalb der mittleren Tidenkurve von Cuxhaven entnehmen, Seite 33:

MSpSD = 5,55 h

MNpSD = 5,77 h

Nach (B 2) ergibt sich

$$Z = 18,27 \text{ Uhr}_{\text{dez}} - \frac{18,27 - 12,73}{5,55} \cdot 2,9 \text{ h} = 15,38 \text{ Uhr}_{\text{dez}}$$

Nach (B 2) ergibt sich

$$Z = 18,27 \text{ Uhr}_{\text{dez}} - \frac{18,27 - 12,73}{5,77} \cdot 2,73 \text{ h} = 15,65 \text{ Uhr}_{\text{dez}}$$

c) Für die Mittzeit sind die Höhen für Spring- und Nippzeit zu mitteln

$$Z = \frac{15,38 + 15,65}{2} \text{ Uhr}_{\text{dez}} = 15,515 \text{ Uhr}_{\text{dez}} = 15:31 \text{ Uhr}$$

Die Sandbank kann ab 15:31 Uhr MEZ am 10. Juni 2020 bei Glückstadt passiert werden.

6.5 Berechnung der Hoch- und Niedrigwasser mittels der Gezeitenkarten

Entnimmt man den Karten 1 oder 5 (Teil V) die Kartenwerte für zwei verschiedene Orte und bildet deren Differenz, so stellt diese Differenz den mittleren Hochwasserzeitunterschied der beiden Orte dar. Entsprechendes gilt für die Niedrigwasserzeitunterschiede der Karte 2. Bildet man die Differenz der Kartenwerte gegen den entsprechenden Tabellenwert eines Bezugsorts, so erhält man den mittleren Hoch- oder Niedrigwasserzeitunterschied des Ortes in See gegen den Bezugsort. Dabei sollte stets der nächstgelegene Bezugsort gewählt werden. Bei der Entnahme von Zeitunterschieden aus den Karten 1 und 2 ist zu beachten, dass nicht die Linien 12 h 00 min und 0 h 00 min,

sondern die Linien 12 h 25 min und 0 h 00 min zusammenfallen, da ja die Meridiandurchgänge des Mondes durchschnittlich im Abstand von 12 h 25 min aufeinanderfolgen.

Die Karten 3 und 6 enthalten die Linien gleichen mittleren Springtidenhubs. Nach diesen Mittelwerten lässt sich auch die Größe des Tidenhubs an einem bestimmten Tag abschätzen, am besten, indem man das Verhältnis des Tidenhubs zum mittleren Springtidenhub zunächst für den nächstgelegenen Bezugsort bildet und dann den Springtidenhub am Ort mit dieser Verhältniszahl vervielfältigt (Beispiel 9).

Beispiel 9:

Wann tritt am 27. März 2020 auf 54° 10' N, 8° 00' E morgens das Niedrigwasser und das darauf folgende Hochwasser ein und wie groß ist der Tidenstieg (TS)?

Die Spring-, Mitt- oder Nippzeit ist zu entnehmen aus Teil IV, Tafel 4, Seite 209.

Es ist laut Tafel 4 **Springzeit**. Deshalb ist die Karte 3 für die Entnahme des MSpTH zu verwenden.

9.1 Berechnungen der Eintrittszeiten

Es sind die Karten „Linien gleichen mittleren Zeitunterschiedes gegen den Durchgang des Mondes durch den Nullmeridian“ zu verwenden.

Der nächstgelegene Bezugsort in Karte 1 und 2 in der Tabelle ist Helgoland. Es sind aus den jeweiligen Tabellen und den Karten die mittleren Zeitunterschiede zu entnehmen, Seite 216 und 217.

	Nr.	Ort	NW	HW
Unterschiede Teil V, Karte 1 und 2	509a	Helgoland	Tabelle 4h 54min	Tabelle 10h 35min
Unterschiede Teil V, Karte 1 und 2		54° 10' N 8° 00' E	Karte 2 5h 05min	Karte 1 10h 42min

Die Zeitunterschiede zwischen dem angegebenen Ort und Helgoland betragen:

NWZ: 5h 05min – 4h 54min = 0h 11min

HWZ: 10h 42min – 10h 35min = 0h 07min

Aus dem ermittelten Zeitunterschieden und den Vorausberechnungen für Helgoland erhält man die Vorausberechnungen des Ortes:

	Nr.	Ort	NWZ	NWH	HWZ	HWH
Vorausberechnung Teil I, Seite 15	509a	Helgoland	8:18 Uhr	0,3m	13:51 Uhr	2,9m
Unterschiede		54° 10' N 8° 00' E	+0h 11min		+0h 07min	
Ergebnis		54° 10' N 8° 00' E	8:29 Uhr		13:58 Uhr	

9.2 Berechnungen des Tidenstiegs

Die Karte „Linien gleichen mittleren Springtidenhubs“ ist zu verwenden.

Es sind aus der jeweiligen Tabelle und der Karte der mittlere Springtidenhub (MSpTH) zu entnehmen.

	Nr.	Ort	MSpTH
Grundwert Teil V, Karte 3, Seite 218	509a	Helgoland	Tabelle 2,70 m
Grundwert Teil V, Karte 3, Seite 218		54° 10' N 8° 00' E	Karte 3 2,8 m

Der Tidenstieg am Vormittag bei Helgoland beträgt:

TS: $2,9\text{ m} - 0,3\text{ m} = 2,6\text{ m}$

Das Verhältnis des Tidenstiegs zum mittleren Springtidenhub am Vormittag bei Helgoland beträgt:

$2,6\text{ m} / 2,70\text{ m} = 0,96$

Der Tidenstieg am Vormittag bei 54° 10' N 8° 00' E beträgt:

TS: $2,6\text{ m} \cdot 0,96 = 2,496\text{ m}$, runden: → 2,5 m

Das Niedrigwasser am Vormittag des 27. März 2020, das folgende Hochwasser und der Tidenstieg ist:

54° 10' N 8° 00' E **NWZ 8:29 Uhr (UTC + 1 h 00 min)**
 HWZ 13:58 Uhr (UTC + 1 h 00 min)
 TS 2,5 m

6.6 Hinweise zu den Hilfstafeln 1 bis 6 (Teil IV)

Teil IV enthält verschiedene Tafeln, deren Inhalt und Zweck teilweise bereits in den Erläuterungen zu den Teilen I und II angegeben wurden. Ein Verzeichnis dieser Tafeln befindet sich am Anfang des Teils IV.

Tafel 1 enthält die Grundwerte der Gezeiten für die Bezugsorte, ferner Angaben über die Herkunft der ausführlichen Vorausberechnungen im Teil I sowie über die Verfahren, nach denen diese angefertigt wurden. Die Grundwerte stellen Mittelwerte der Gezeiten dar, nach denen die Verhältnisse an den einzelnen Tagen beurteilt werden können.

Tafel 2 dient zur Veranschaulichung der unterschiedlichen mittleren Springtidenhübe bzw. Nipptidenhübe an der deutschen Nordseeküste und deren Flussgebiete. Die Höhen sind auf das Normalhöhennull (NHN) bezogen. Des Weiteren ist das gültige Seekartennull der Bezugsorte eingetragen.

Tafel 3 gibt die Zeiten an, zu denen der Mond durch den Nullmeridian geht. Die Zeiten sind in UTC ausgedrückt. Sie werden hauptsächlich zur überschläglichen Berechnung der Gezeiten im freien Seegebiet mittels der Gezeitenkarten im Teil V der Gezeitentafeln gebraucht (vgl. die Erläuterung zu diesen Karten).

Tafel 4 ist der Kalender der Spring-, Mitt- und Nippzeiten. Unter Berücksichtigung der vorherrschenden Spring- und Nippverspätungen von ein bis zwei Tagen (insbesondere für die Deutsche Bucht) ist die Spring- und Nippzeit in Tafel 4 folgendermaßen definiert: Springzeit beginnt am Tag des Voll- bzw. Neumonds und dauert vier Tage. Nippzeit beginnt am Tag des Halbmonds und dauert vier Tage. Die Tage zwischen Spring- und Nippzeit sind die Mittzeit.

Tafel 5 gibt die Eintrittszeiten der vier Haupt-Mondphasen an.

Tafel 6 enthält die Verbesserungen wegen halbmonatlicher Ungleichheit, die an den mittleren Hoch- und Niedrigwasser-Zeitunterschieden gewisser Anschlussorte anzubringen sind (Beispiel 4). Ist der mittlere Hochwasser- oder Niedrigwasser-Zeitunterschied nicht konstant, ändert er sich in erster Näherung sinusförmig. Tafel 6 liefert für Phasenverschiebungen von 0 bis 11 Stunden und Amplituden von 10 Minuten bis 2 Stunden 20 Minuten Werte zur Verbesserung in Abhängigkeit von der Eintrittszeit des Hoch- und Niedrigwassers am Bezugsort.

7 How to use the Tide Tables (with example calculations)

7.1 Daily tide predictions

Part I comprises daily predictions of the times and heights of high and low water at reference stations. The reference stations are listed on the inner cover page and at the beginning of Part I; the location of the reference stations is shown on the maps on page 6* and 7*. The numbers in the Index to Stations at the end of the book refer to Table II, page numbers behind reference stations refer to the daily predictions in Part I.

Conversion to different zone times

The time used for the predictions at the individual reference stations is indicated at the bottom of each page.

The following example explains how the times of high and low water are converted to any other local or zonal time required.

Example 1:

What is the time and height of aboutnoon hight water at Lissabon on 20th February 2020 in the time zone UTC + 1 h 00 min?

	No.	Place	HW time	HW height
Prediction Part I, page 162	1978	Lissabon	13 36	3.2m

The HW time prediction is expressed in UTC. To obtain the HW time for Lissabon in the time zone UTC + 1 h 00 min as required, you have to determine the difference between the required HW time and the time shown in Part I:

$$(\text{UTC} + 1 \text{ h } 00 \text{ min}) - (\text{UTC} + 0 \text{ h } 00 \text{ min}) = +1 \text{ h } 00 \text{ min}$$

The HW time for Lissabon is computed as follows:

$$\text{HW time: } 13 \text{ } 36 + 1 \text{ h } 00 \text{ min} = 14 \text{ } 36$$

Result:

Lissabon HW time 14 36 (UTC + 1 h 00 min) HW height 3.2 m (Chart Datum)

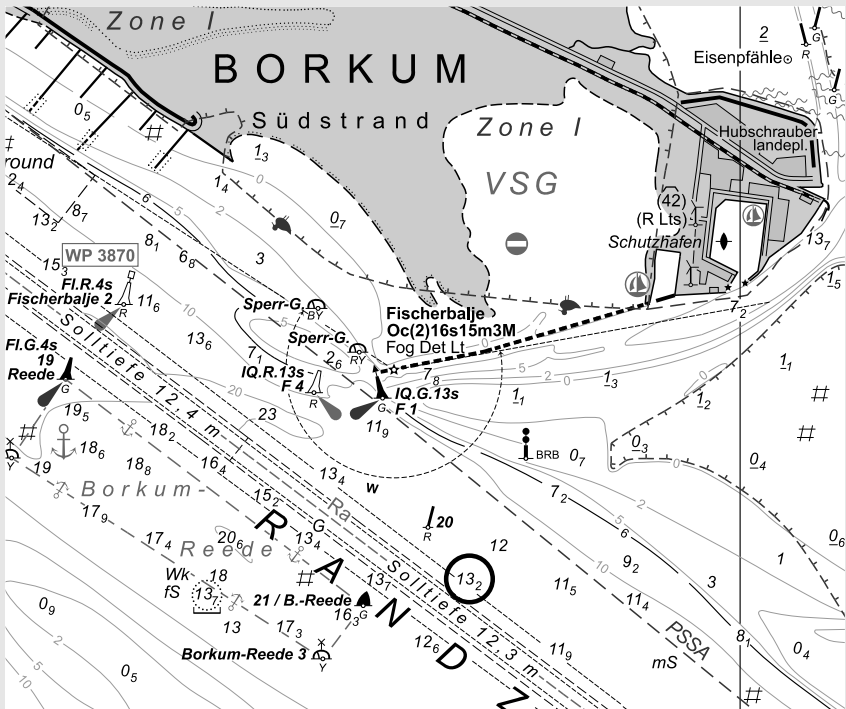
Calculation of the water depth

The predicted heights of high and low water refer to the chart datum at the reference stations. Heights above chart datum are considered positive, heights below chart datum negative. To obtain the actual

water depth, the predicted height of the tide should be added to the charted depth taking into account its sign (see figure on page 9*). It is indifferent whether a German or a foreign nautical chart is used.

Example 2:

At what time and with wich height the evening high water is to be expected on 17th Juli 2020 for the fairway at Borkum, Fischerbalje (indicated by the circle)?



	No.	Place	HW time	
Prediction Part I, page 66	101	Borkum	20 35 Uhr	HW height 2.9 m
Depth indication from seachart		circle		13.2
Result		Fairway	2035	16.1

The height and Depth indications refer to chartdatum (see figure on page 9*).

Any level elevation or reduction due to weather influences are not consided in the calculated water height. For this, see example 6.

Result:

On 17th Juli 2020 at 2035 (UTC + 1 h 00 min) the water depth in the fairway near Borkum is approx 16.1 m.

7.2 Geographical list of subordinate stations and their tidal differences

General remarks. Part I of the tide tables contains complete, independent daily predictions of high and low water for the reference stations. The tide data for other stations are computed by using tidal differences to the predictions for the reference stations.

Part II contains a list of subordinate stations, for which tidal differences are given in geographical order. A region map is shown at the beginning of Part II. The alphabetical index of stations at the end of this volume helps to locate a particular station. The numbers behind the station names listed in the index refer to the numbers of the stations in Part II and Part III.

Even with carefully selected reference stations, the tidal differences computed for the subordinate stations are not constant values but are more or less variable and have similar periodic disparities as the tide itself. To determine the times of high and low water, it is usually sufficient to use an average time difference. However, the variability of the height differences has to be taken into account.

Therefore, to calculate the approximate times and heights of the tide at subordinate stations, Part II of the tide tables provides the:

- (1) Mean high and low water time differences and for some places, additional corrections for semimonthly inequality (Part IV, Table 6).
- (2) Mean high and low water height differences for spring and neap times. Differences other than those at spring or neap time can be obtained by simple interpolation between the given values.

Application of tidal differences. Every subordinate station in Part II can be associated with its reference station by the corresponding header line. Adding the tidal differences of a subordinate station with the given sign to the appropriate reference station yield the predicted times and heights of the high and low waters at the subordinate station.

In this context it is necessary to determine spring, mean or neap time by applying following methods:

- 1) The simplest method is to use table 4 in Part IV.
- 2) By comparison of the predicted high or low water heights of the reference Station (see Part I) with its tidal levels (see Part II, lines highlighted in grey).

Any differences in the time zone and chart datum between reference station and those of the subordinate station are already included in the tidal differences. Thus, one obtains high and low water times for the subordinate station in the time zone of the reference station given in Part II as well as the heights based on the chart datum at the subordinate station. For times and heights the remarks in Part I hold true.

For some subordinate stations only limited evaluable observations are available or the area falls dry during low tide. For those stations the tidal differences can only be partially given. Missing data is marked by “***no data**”. The according values can be estimated roughly by using those of the adjacent stations. Other methods are the assumption of a constant duration of rise (6 h 12 min) or duration of fall (6 h 13 min) or the durations at an adjacent station. However, in doing so, caution has to be exercised, especially in river areas.

Application of tidal differences

Example 3:

What are the times and heights of morning high water and of the following low water at Stadersand on 18th February 2020?

The times of spring, mean, and neap tides are given in part IV, Table 4, page 209.

According to Table 4, it is **neap tide**. Therefore, the neap tide values in the table of tidal differences (Part II) are used in the computation.

	No.	Place	HW time	HW height	LW time	LW height
Predictions Part I, page 30	506	Cuxhaven	08 00	3.4 m	14 51	0.7 m
Differences Part II, page 181	709	Stadersand	+2 h 39 min	+0.2 m	+2 h 50 min	−0.2 m
Result	709	Stadersand	10 39	3.6 m	17 41	0.5 m

The computed times of high and low water are expressed in UTC +1 h 00 min, the high and low water heights are referred to Chart Datum.

The water depth is obtained by adding these values to the charted depths (see graph on page 9*).

Correction of time differences for semi-monthly inequality

Where it is advisable to correct the tidal time difference for a subordinate station as well because it is not constant but varies significantly with the changing phase of the moon, a letter/number combination is shown behind the time difference in Part II. The letter refers to the line in the upper part of Table 6, which has to be entered with the predicted time of high or low water at the reference

station, rounded to the full or half hour (no interpolation). In the column so found, go down to the line with the number equal to the number of the letter-number combination, found in the lower part of Table 6. There you will find the correction to be added to the time difference for calculating the time of high or low water at the subordinate station.

Example 4:

What are the times and heights of morning high water and of the following low water at Dundee on 17th April 2020?

The times of spring, mean, and neap tides are given in Part IV, Table 4, page 209.

According to Table 4, it is **neap tide**. Therefore, the neap tide values in the table of tidal differences (Part II) have to be used in the computation.

Refer to A1 and H4 in Table 5 for the time differences at Dundee. Seek the HW and LW times at the reference station Aberdeen in Table 6, page 210.

	No.	Place	HW time	HW height	LW time	LW height
Predictions Part I, page 126	1252	Aberdeen	09 33	3.4 m	16 11	1.4 m
Differences Part II, page 189	1247	Dundee	+1 h 27 min A1	+1.0 m	+1 h 27 min H4	+0.5 m
Math. fine-tuning Part IV, Table 6, page 210	1247	Dundee	+0 h 03 min A1		−0 h 00 min H4	
Result	1247	Dundee	11 03	4.4 m	17 38	1.9 m

The computed times of high and low water for Dundee are expressed in UTC according to Part II, the high and low water heights are referred to Chart Datum.

Finding mean tidal levels at subordinate stations

Example 5:

What are the heights of mean high water springs and neaps (MHWS, MHWN) and of mean low water springs and neaps (MLWS, MLWN) at Whitehaven relative to Chart Datum?

Apply the height differences for the subordinate station to the tidal constants of the reference station. In this way, you obtain the tidal constants for the subordinate station relative to Chart Datum

	No.	Place	MHWS	MHWN	MLWS	MLWN
Tidal Constants Part II, page 192	1509	Liverpool	9.4 m	7.5 m	1.1 m	3.2 m
Differences Part II, page 192	1496	Whitehaven	– 1.4 m	– 1.2 m	– 0.1 m	– 0.8 m
Result	1496	Whitehaven	8.0 m	6.3 m	1.0 m	2.4 m

7.3 Finding the height of tide at any time between high and low water

A graph of the mean spring and neap tide curves at each reference station is shown on the page following the daily predictions of high and low water, which can be used to determine the height of tide at any time at the reference station or one of its subordinate stations. For that purpose, the duration of rise and fall of the relevant high water have to be determined from the predictions. Insert the predicted height of the high water at zero hour in the diagram. Enter the height of the predicted low water at a point corresponding to the rate of rise before the high water. Likewise, enter the height of the following low water at a point corresponding to the rate of fall after the high

water. Then draw a current tide curve through these points of high and low water in accordance with the given mean spring and neap tide curves. The heights of tide at any time of the day are easily read from the curve.

The method is simple, has few sources of error, and yields appropriate results even in case of, e. g., uncertain ETA. Its accuracy is adequate for practical navigation because there always is a possibility of meteorological conditions causing additional differences between predicted and actually occurring tides.

7.4 Determination of high and low water using co-tidal and co-range charts

The mean high water time difference between two positions is computed by taking the mean high water lunitidal intervals for the two positions from Chart 1 or 5 and calculating the difference. The same applies to the mean low water lunitidal intervals in Chart 2. The difference between the mean high or low water lunitidal intervals at a reference station and at a position at sea is the high or low water time difference for that place as a subordinate tide station of the reference station. The mean lunitidal intervals of reference stations are given in hours and minutes on the co-tidal charts. The closest reference station should be used in each case. It should be kept in mind that

it is the co-tidal lines 12 h 25 min and 0 h 00 min which overlap, not the co-tidal lines 12 h 00 min and 0 h 00 min, because the mean interval of the moon's transit (upper or lower) over the Greenwich meridian is 12 h 25 min.

Chart 3 and Chart 6 show mean spring co-range lines. Using these mean values, the range for a position at sea on a particular day can be estimated by multiplying the spring tidal range at the particular place with the quotient of the tidal range divided by the spring tidal range of the reference station.

Ausführliche Vorausberechnungen für die europäischen Bezugsorte

	Seite		Seite
Aberdeen	126	Husum	19
Avonmouth	146	Immingham	118
Bergen	10	Le Havre	86
Bilbao, Santurtzi	158	Leith	122
Borkum, Fischerbalje	64	Lissabon, Marinewerft	162
Bremen, Oslebshausen	49	Liverpool, Gladstone Dock	142
Bremerhaven, Alter Leuchtturm	44	London Bridge	114
Brest	94	Narvik	6
Brunsbüttel, Mole 1	34	Norderney, Riffgat	59
Büsum	24	Oban	134
Cobh	150	Plymouth, Devonport	98
Cuxhaven, Steubenhöft	29	Pointe de Grave	154
Dover	110	Portsmouth	106
Ekaterininskaja	2	Saint-Malo	90
Emden, Große Seeschleuse	69	Southampton	102
Gibraltar	166	Ullapool	130
Greenock	138	Vlissingen	82
Hamburg, St. Pauli	39	West-Terschelling	74
Helgoland, Binnenhafen	14	Wilhelmshaven, Alter Vorhafen	54
Hoek van Holland	78		