

WIND- UND SEEGANGSKLIMATOLGIE 1958-2001 FÜR DIE SÜDLICHE NORDSEE BASIEREND AUF MODELLRECHNUNGEN

Ralf Weisse Frauke Feser Heinz Günther

GKSS Report 2003/10.

Kontakt:

Ralf Weisse

GKSS Institut für Küstenforschung

Max-Planck-Strasse 1

D-21502 Geesthacht

Email: weisse@gkss.de

Zusammenfassung

Im Rahmen des von der Europäischen Union geförderten Projekts HIPOCAS (Hindcast of Dynamic Processes of the Ocean and Coastal Areas of Europe) wurden am Institut für Küstenforschung in Zusammenarbeit mit der Bundesanstalt für Wasserbau, Außenstelle Küste hochaufgelöste regionale Hindcasts ("Nachhersagen") für den atmosphärischen Zustand, den Seegang sowie den Wasserstand für den Zeitraum 1958-2001 für den Bereich der (südlichen) Nordsee erstellt. Das auf diese Weise erhaltene umfangreiche Datenmaterial wird derzeit analysiert und ausgewertet. Dieser Artikel dient der Vorstellung der Datensätze und soll mögliche Analysen und Anwendungen aufzeigen. Es wird dabei kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben. Vielmehr soll eine Grundlage für Interaktionen mit potentiellen Anwendern geschaffen und die Existenz der Datensätze bekannt gemacht werden. In der vorliegenden Arbeit liegt der Schwerpunkt auf der Analyse der Wind- und Seegangsfelder. Es werden erste Ergebnisse vorgestellt. Dabei werden sowohl Beispiele zur Erstellung einer Klimatologie, als auch Ergebnisse von Extremwertanalysen sowie Trends von Extremwerten betrachtet. Zum Abschluss wird ein Ausblick über weitere geplante Auswertungen und Analysen sowie derzeit geplante weitere Hindcaststudien gegeben.

Abstract

Results from high-resolution wind and wave hindcasts for the Southern North Sea are presented. These hindcasts have been carried out within the European project HIPOCAS (Hindcast of Dynamic Processes of the Ocean and Coastal Areas of Europe) and cover the period from 1958 until 2001. Comparison of hindcast data with observations is presented. Special emphasis is put on assessing how good the statistics of extreme wind and wave events are reproduced by the hindcasts. A wind and wave climatology as well as results of extreme value analyses based on the numerical products is presented.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung		1
2	Kurze Beschr	eibung der Hindcasts	3
	2.1 Atmosph	äre	3
	2.2 Wassersta	and	3
	2.3 Seegang		4
3	Vergleich mit	Beobachtungen	4
4	Wind-und See	egangsklimatologie	6
	4.1 Korrelati	onsdiagramme	6
	4.2 Extremw	ertverteilungen	10
5	Zusammenfas	sung	11
6	Ausblick		12
Li	teraturverzeich	nis	14
Al	bildungsverzei	chnis	15
Al	bildungen		17

1 Einleitung

Im Rahmen des von der Europäischen Union geförderten Projekts HIPOCAS (Hindcast of Dynamic Processes of the Ocean and Coastal Areas of Europe) wurden am Institut für Küstenforschung (IfK) am GKSS Forschungszentrum Geesthacht in Zusammenarbeit mit der Bundesanstalt für Wasserbau, Außenstelle Küste (BAW-AK) räumlich und zeitlich hochaufgelöste Hindcasts ("Nachhersagen") des atmosphärischen Zustands in der Nordatlantikregion sowie des Seegangs und des Wasserstandes für die Nordsee erstellt. Ziel der Arbeiten war es, über entsprechend lange Zeiträume möglichst flächendeckende und lückenlose Daten bereitzustellen, wie sie zur Erstellung flächendeckender Klimatologien sowie für Extremwertanalysen benötigt werden, aber im marinen Bereich nur selten vorhanden sind.

Bei der Bereitstellung flächendeckender atmosphärischer Daten, die als Antrieb für Strömungsoder Seegangsmodelle verwendet werden können, besteht ein wesentliches Problem in deren oftmals
unzureichender oder zumindest schwer einzuschätzender räumlicher und zeitlicher Homogenität (z.B.
WASA 1998). So haben sich z.B. im Verlauf der Jahre die Analyse- und Assimilationsmethoden sowie
die zur Erstellung von Analysen im meteorologischen Bereich verwendeten Atmosphärenmodelle stark
verändert. Weiterhin sind (insbesondere seit Einführung der Satelliten) im Laufe der Zeit immer mehr
Daten, insbesondere über ehemals datenarmen Regionen wie den offenen Ozeanen, verfügbar geworden. Solche Änderungen sind Quellen möglicher Inhomogenitäten in den Wetteranalysen und erschweren deren Verwendbarkeit bei der statistischen Auswertung sowie bei der Erstellung langer numerischer
Hindcasts im marinen Bereich.

Um zumindest die aufgrund des Wechsels von Analysemethoden, Assimilationsschemata sowie numerischen Modellen in den atmosphärischen Daten möglicherweise vorhandenen Inhomogenitäten zu reduzieren, wurden in jüngster Zeit verschiedene sogenannte Reanalyseprojekte gestartet. Die grundlegende Idee solcher Reanalysen ist die Reprozessierung historischer Analysen mit heutigen (für die Dauer der Reanalyse unveränderten) Modellen, Analyse- und Datenassimilationsmethoden. Von den auf dieser Weise entstehenden globalen atmosphärischen Reanalysen wird angenommen, dass ihre Homogenität gegenüber anderen derzeit verfügbaren Produkten deutlich verbessert ist. Die längste derzeit verfügbare Reanalyse des atmosphärischen Zustands ist die des National Centers for Environmental Prediction (NCEP) (Kalnay et al. 1996). Sie umfasst derzeit den Zeitraum 1958-2001.

Aufgrund begrenzter Rechenkapazitäten haben die derzeit verfügbaren globalen Reanalysen jedoch

nur eine beschränkte räumliche und zeitliche Auflösung. Diese ist für viele Anwendungen im marinen Bereich deutlich zu gering und deshalb ungeeignet. Dieses wird insbesondere im Bereich der Küsten deutlich. So haben die NCEP Reanalysen derzeit lediglich eine horizontale Auflösung von etwa 210 × 210 km. Außerdem wurden die Daten nur im meteorologisch konventionellen Intervall von 6 Stunden gespeichert, was für viele Anwendungen im marinen Bereich ebenfalls zu gering ist (vgl. z.B. Bauer und Weisse 2000).

Um diese Situation zumindest regional zu verbessern, wurden deshalb am IfK atmosphärische Hindcasts mit einem Regionalmodell der Atmosphäre durchgeführt. Dabei wurde das Regionalmodell an den Rändern von den NCEP Reanalysen angetrieben (Feser et al. 2001). Zusätzlich wurde mit Hilfe einer spektralen Nudgingmethode (von Storch et al. 2000) eine Art einfache Datenassimilation durchgeführt. Auf diese Weise erhält man für bestimmte Regionen eine deutlich verbesserte räumliche Auflösung, ohne dass die Vorteile der verbesserten Homogenität der Antriebsdaten dabei verloren gehen. Bei den zurzeit am IfK verfügbaren Hindcasts wurde entsprechend der vorhandenen Rechnerkapazitäten die räumliche Auflösung gegenüber den NCEP Reanalysen dabei um etwa einen Faktor 16 erhöht. Zusätzlich wurden die Daten im Stundenintervall gespeichert, was einer Verbesserung der zeitlichen Auflösung um einen Faktor 6 entspricht. Die Hindcasts decken gegenwärtig eine Region ab, die unter anderem die Nordsee, die Ostsee sowie weite Teile des Nordatlantiks umfasst. Aufgrund der in jüngster Zeit weiter gestiegenen verfügbaren Rechnerkapazitäten sind gegenwärtig weitere atmosphärische Hindcasts mit weiter erhöhter räumlicher Auflösung in Vorbereitung.

Sämtliche derzeit am IfK erstellten und verfügbaren atmosphärischen Hindcasts umfassen den Zeitraum 1958-2001. Die Windfelder wurden stündlich gespeichert und anschließend verwendet, um für den selben Zeitraum Seegangs- und Wasserstandsmodelle für den Bereich der Nordsee anzutreiben. Die Auflösung der Seegangs- und Wasserstandsmodelle lag dabei im Bereich von wenigen Kilometern bis hin zu etwa 100 Metern. Im folgenden Abschnitt werden die atmosphärischen und die marinen Hindcasts kurz beschrieben. Anschließend wird exemplarisch ein Vergleich von simulierten und beobachteten Werten gezeigt. Der wesentliche Teil dieser Arbeit besteht in der Darstellung von Analysen zur Erstellung von Klimatologien sowie aus Beispielen von Extremwertanalysen. Die dargestellten Fälle und ausgewählten Parameter haben dabei lediglich exemplarischen Charakter und sollen eine Vorstellung von den Verwendungsmöglichkeiten der Datensätze geben. Für Anregungen und Kommentare von Anwenderseite sind wir jederzeit offen und dankbar.

2 Kurze Beschreibung der Hindcasts

2.1 Atmosphäre

Die atmosphärischen Hindcasts wurden am IfK mit Hilfe des Regionalmodells REMO (Jacob und Podzun 1997) erstellt. Es handelt sich hierbei um eine Klimaversion des ehemaligen Europamodells des Deutschen Wetterdienstes. Das Modell wurde an den seitlichen Rändern von den in der Einleitung erwähnten NCEP Reanalysen (Kalnay et al. 1996) angetrieben. Zusätzlich verhinderte eine spektrale Nudgingmethode (von Storch et al. 2000), dass sich das Modell unrealistisch vom großskaligen atmosphärischen Zustand entfernen konnte. Kleinskalige Variabilität, wie sie insbesondere in der Nähe von Küsten von Bedeutung ist, wurde dadurch nicht unterdrückt. Diese Methode kann auch als ein sehr einfaches und simples Datenassimilationsverfahren aufgefasst werden (von Storch et al. 2000).

Das Modellgebiet des atmosphärischen Hindcasts kann aus Abbildung 1 entnommen werden. Die räumliche Auflösung des Modells beträgt etwa 50×50 km. Der gesamte Modelloutput wurde jede Stunde gespeichert. Die Simulation umfasst zurzeit den Zeitraum 1958-2001. Es ist geplant, diese Simulation regelmäßig fortzuführen, sobald neuere Randwerte von NCEP verfügbar sind. Neben diesem Hindcast existiert derzeit eine weitere, weite Teile des Nordatlantiks umfassende Simulation, auf die hier nicht näher eingegangen werden soll. Für die nächste Zukunft sind desweiteren Hindcasts mit etwa 18 km Auflösung geplant, die in etwa den Bereich der Nord- und Ostsee abdecken werden.

2.2 Wasserstand

Angetrieben durch die Windfelder des regionalen atmosphärischen Hindcasts wurde ein Hindcast mit einem Strömungsmodell (TELEMAC-2D) erstellt. Dieser Hindcast wurde an der Bundesanstalt für Wasserbau, vertreten durch die Außenstelle Küste, (BAW-AK) durchgeführt und soll deshalb hier nur sehr kurz erwähnt werden. Das Modellgebiet des Strömungsmodells umfasst die gesamte Nordsee (Abbildung 1), wobei die Auflösung am nördlichen Rand des Modellgebiets etwa 5 km, im Bereich der Deutschen Bucht jedoch teilweise weniger als 100 m beträgt. Das Modell löst die vertikal integrierten Bewegungsgleichungen, so dass als Output stündliche Werte des Wasserstands sowie der barotropen Strömungskomponenten gespeichert wurden. Es ist geplant, dass dieser Hindcast ebenfalls den Zeitraum 1958-2001 umfassen soll. Zurzeit sind die Jahre 1958-1999 fertiggestellt.

2.3 Seegang

Mit Hilfe des Seegangsmodells WAM (WAMDI 1988) wurden am IfK zwei Seegangshindcasts für die Nordsee erstellt. Beide Hindcasts wurden von stündlichen Windfeldern aus den oben beschriebenen atmosphärischen Hindcasts angetrieben. Beim zweiten Seegangshindcast wurde zusätzlich der Einfluss von zeitlich schwankenden Wasserständen auf das Seegangsfeld berücksichtigt. Dazu musste das Seegangsmodell WAM so modifiziert werden, dass es zeitlich variable Wasserstände verarbeiten konnte. Die Wasserstände wurden dann von der BAW-AK aus dem dort durchgeführten Wasserstandshindcast in stündlicher Auflösung zur Verfügung gestellt. Aufgrund der derzeit geringfügig unterschiedlichen Perioden, für die die Wind- bzw. Wasserstandsfelder vorliegen, umfasst der erste Seegangshindcast derzeit den Zeitraum von 1958-2001, wogegen der zweite Hindcast 1999 endet. Es ist jedoch geplant, dass beide Seegangshindcasts letztlich ebenfalls den Zeitraum 1958-2001 umfassen sollen.

Für beide Hindcasts wurde das Seegangsmodell in einer "genesteten" Version betrieben (Abbildung 1). Das grobe Gitter deckt dabei in etwa die Teile des Nordatlantiks ab, in dem für die Nordsee relevante Seegangsenergie erzeugt werden kann. Zusätzlich wurden monatliche Eisbedeckungen berücksichtigt, die uns vom Norwegisch Meteorologischen Institut (DNMI) zur Verfügung gestellt wurden. Die räumliche Auflösung des groben Gitters beträgt etwa 50×50 km. Von dieser Simulation werden bei 56° N Randwerte an das feine Gitter übergeben. Das feine Gitter überdeckt das Gebiet der Nordsee südlich von 56° N und besitzt eine Auflösung von etwa 5×5 km. Auch bei diesen Hindcasts wurde der vollständige Modelloutput stündlich gespeichert, so dass er in Zukunft auch dazu verwendet werden kann, Randwerte für noch höher aufgelöste Simulationen, z.B. im Bereich der nord- und ostfriesischen Inseln oder bei Helgoland, zu liefern.

3 Vergleich mit Beobachtungen

In diesem Abschnitt sollen exemplarisch einige Vergleiche der simulierten Wind- und Seegangsfelder mit Beobachtungen gezeigt werden. Diese erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit, sondern sollen lediglich einen Eindruck von der in etwa zu erwartenden Güte der Hindcasts geben sowie die Basis für weitere Analysen und Auswertungen liefern.

Abbildung 2 zeigt einen Vergleich von modellierten und beobachteten Zeitreihen der Windgeschwindigkeit und der Windrichtung sowie von signifikanter Wellenhöhe, Wellenrichtung und TM2-

Periode für den 3-Monatszeitraum von Januar bis März 1993 an der Station K13-Alpha (53.22°N, 3.22°E). Prinzipiell ist eine gute Übereinstimmung zwischen Hindcast und Beobachtungen zu erkennen. So ist z.B. das Sturmereignis am 21. Februar, das zu Wellenhöhen von mehr als 6 m führte, recht gut modelliert. Sowohl im Hindcast als auch in der Realität kamen der Wind und der Seegang in etwa aus nördlichen Richtungen, wobei die Periode des Seegangsfeldes bei etwa 8 bis 9 s lag. Wertet man zusätzlich das Datenmaterial des gesamten Wind- und Seegangshindcasts bei K13-Alpha aus, so stellt man fest, dass es sich bei diesem Sturm um ein eher moderates Ereignis handelte (vgl. Abbildung 6-13). Neben Perioden mit relativ guter Übereinstimmung zwischen Beobachtungen und Hindcasts, sind in Abbildung 2 allerdings auch Zeiträume mit größeren Abweichungen zu erkennen. So sind z.B. die simulierten Wellenhöhen um den 1. März zu niedrig, was in diesem speziellen Fall auf die zu geringen Windgeschwindigkeiten im atmosphärischen Hindcast zurückzuführen ist.

Abbildung 3 zeigt, ebenfalls für K13, ein Streudiagramm zwischen beobachteter und modellierter Windgeschwindigkeit sowie zwischen beobachteter und modellierter Wellenhöhe jeweils für den Zeitraum 1985-1997. Weiterhin angegeben sind einige die Güte der Hindcasts beschreibende statistische Maßzahlen, wie die Wurzel aus dem mittleren quadratischen Fehler (root-mean-square error), der Bias (der eine grundsätzliche Verzerrung zwischen Beobachtungen und Hindcasts beschreibt) oder die Korrelation. Tabelle 1 zeigt einen Vergleich dieser Maßzahlen für eine Reihe weiterer Stationen, an denen Beobachtungen vorlagen. Bei K13 und EUR ist prinzipiell eine gute Übereinstimmung zwischen den Hindcasts und den Beobachtungen zu erkennen. Bei SON und HBG treten etwas größere Abweichungen zwischen modellierten und beobachteten Werten auf und die Korrelationen fallen etwas geringer aus.

Die statistischen Verteilungen der Windgeschwindigkeit und der signifikanten Wellenhöhe sind in den Simulationen sehr gut wiedergegeben. Das wird insbesondere an der guten Übereinstimmung von den anhand von Beobachtungen und Modellergebnissen ermittelten Extremwerten bzw. Extremwertverteilungen deutlich. Abbildung 4 zeigt als Beispiel die Anpassung einer generalisierten Extremwertverteilung (GEV) an die beobachteten Werte der Windgeschwindigkeit bei K13. Solche Anpassungen wurden sowohl für die modellierten, als auch für die beobachteten Windgeschwindigkeiten und Wellenhöhen an den verschiedenen Stationen durchgeführt. Tabelle 2 zeigt einen Vergleich der aus diesen Anpassungen geschätzten 2, 5 und 25-jährigen Wiederkehrwerte. Für die Windgeschwindigkeiten liegen die aus den Hindcasts ermittelten Wiederkehrwerte an den Stationen K13 und EUR leicht un-

		W	indgesch	nwindigk	keit [ms	-1]	Si	gnifikan	ite Welle	nhöhe [1	m]
Station	Position	$ar{x_o}$	$ar{x_h}$	b	r	c	$ar{x_o}$	$ar{x_h}$	b	r	c
K13	53.22°N 03.22°E	8.14	8.16	0.04	2.41	0.82	1.45	1.55	0.07	0.48	0.87
EUR	52.00°N 03.28°E	7.90	7.52	-0.37	2.33	0.82	1.26	1.21	-0.05	0.41	0.87
HBG	53.57°N 06.40°E	7.90	7.64	-0.25	3.14	0.66	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
SON	53.60°N 06.17°E	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	1.26	1.19	-0.07	0.63	0.70

Tabelle 1: Vergleich zwischen Beobachtungen und Hindcasts an den Stationen K13, Europlatform (EUR), Huibertgat (HBG) und Schiermonnikoog (SON) für den Zeitraum 1985-1997. Dargestellt sind jeweils die Mittelwerte der Beobachtungen (\bar{x}_o) und der Hindcasts (\bar{x}_h) über den Gesamtzeitraum sowie der Bias (b), die Wurzel aus dem mittleren quadratischen Fehler (root-mean-square error, r) und die Korrelation (c) zwischen Beobachtungen und Hindcast.

terhalb, für die Station HBG leicht oberhalb der aus den Beobachtungen ermittelten Werte. Bei den Wellenhöhen sind die aus den Hindcasts ermittelten Werte generell höher, wobei sich die Tendenz in flacherem Wasser zu verstärken scheint. Dieses ist zurzeit jedoch lediglich eine Hypothese und bedarf noch weiterer Analysen anhand zusätzlicher Stationen, um entscheiden zu können, ob ein solcher Rückschluss zulässig ist. Generell ist jedoch zu bemerken, dass (mit Ausnahme der Wellenhöhen bei SON) an den hier untersuchten Stationen die Unterschiede zwischen aus Beobachtungen und aus den Hindcasts geschätzten Wiederkehrwerten klein im Vergleich zu den statistischen Unsicherheiten sind. Im Rahmen dieser Unsicherheiten sind die aus den Hindcasts ermittelten Werte nicht signifikant von den anhand von Beobachtungen gewonnenen verschieden.

4 Wind-und Seegangsklimatologie

4.1 Korrelationsdiagramme

Im Zuge der Erstellung einer Wind- und Seegangsklimatologie wurde für eine Vielzahl von Punkten in der südlichen Nordsee Korrelationsdiagramme erstellt. Abbildung 5 zeigt eine Übersicht über diese Punkte. Es wurden sowohl küstennahe als auch küstenferne Punkte betrachtet. Weiterhin wurden Diagramme für alle Punkte erstellt, an denen Beobachtungen vorlagen. Außerdem wurden Statistiken für jene Orte erstellt, an denen Offshore-Windanlagen geplant sind. Im folgenden werden die erstellten Korrelationsdiagramme lediglich für zwei ausgewählte Punkte dargestellt. Der erste ist die bereits mehrfach besprochene Station K13 (53.22°N, 03.22°E). Der zweite Punkt mit den Koordinaten 55.00°N und

			Wind	geschwin	digkeit [ms ⁻¹]		Signifikante Wellenhöhe [m]							
]	Hindcas	st	Beo	bachtur	ngen]	Hindcas	t	Bec	bachtur	ngen		
	T	$x_r^{90} \le$	x_r	$\leq x_r^{90}$	$x_r^{90} \le$	x_r	$\leq x_r^{90}$	$x_r^{90} \le$	x_r	$\leq x_r^{90}$	$x_r^{90} \le$	x_r	$\leq x_r^{90}$		
K13	2	24.4	25.2	26.0	24.1	25.2	26.4	7.1	7.5	7.9	6.4	6.8	7.1		
	5	25.9	27.3	28.7	25.8	27.6	29.5	7.8	8.4	9.0	6.9	7.5	8.2		
	25	28.4	31.3	34.2	28.1	32.8	37.5	9.0	10.4	11.7	7.5	9.2	10.9		
EUR	2	22.5	23.2	23.8	23.2	24.0	24.9	5.9	6.2	6.4	5.5	5.8	6.2		
	5	23.8	24.8	25.9	24.3	25.9	27.6	6.3	6.8	7.3	5.9	6.5	7.0		
	25	25.7	28.0	30.3	26.4	29.8	33.1	6.9	8.2	9.5	6.0	7.9	9.8		
HBG	2	23.3	24.2	25.0	23.1	24.0	25.0	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.		
	5	24.9	26.3	27.8	24.2	26.0	27.7	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.		
	25	26.7	30.7	34.7	26.4	29.8	33.1	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.		
SON	2	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	6.8	7.1	7.3	5.6	5.8	6.1		
	5	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	7.4	7.8	8.2	6.0	6.5	7.0		
	25	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	8.0	9.0	10.0	6.3	7.9	9.4		

Tabelle 2: Vergleich zwischen aus Beobachtungen und aus den Hindcasts ermittelten 2, 5 und 25-jährigen Wiederkehrwerten (x_r) für die Windgeschwindigkeit und die signifikante Wellenhöhe an den Stationen K13, Europlatform (EUR), Huibertgat (HBG) und Schiermonnikoog (SON) für den Zeitraum 1980-1997. Angegeben ist weiterhin das 90% Konfidenzinterval x_r^{90} , das mit Hilfe von jeweils 1000 Monte Carlo Simulationen ermittelt wurde.

 7.00° E befindet sich in der Nähe des geplanten Offshore Windparks Butendiek (7° 44' E - 7° 48' E und 54° 57' N - 55° 03' N) westlich von Sylt. Dieser Punkt wird im folgenden mit WP1 bezeichnet.

Beschreibung der erstellten Diagramme

Für jeden Auswertepunkt (Abbildung 5) wurden je 7 Korrelationsdiagramme erstellt (Tabelle 3). Die Diagramme wurden sowohl für den Gesamtzeitraum, als auch nach Jahreszeiten aufgeschlüsselt erstellt. Aus Gründen des Umfangs sind in dieser Arbeit allerdings nur die Diagramme für den Gesamtzeitraum dargestellt.

Alle Diagramme wurden nach einem einheitlichen Muster erstellt: Die x-Achse und die y-Achse sind jeweils mit der entsprechenden Variablen beschriftet. An den Achsen sind weiterhin die $x_{i=1...n}$ und $y_{j=1...m}$ angegeben, die zur Unterteilung der Klassen verwendet wurden. Im Inneren des Diagramms gibt der Wert (x_i, y_j) die Anzahl der Ereignisse an, bei der der x-Parameter die Bedingung

Nr.	x-Achse	y-Achse
1	Peakperiode	signifikante Wellenhöhe
2	TM2 Periode	signifikante Wellenhöhe
3	Windgeschwindigkeit	signifikante Wellenhöhe
4	Seegangsrichtung	signifikante Wellenhöhe
5	Windrichtung	Windgeschwindigkeit
6	Dauer	signifikante Wellenhöhe
7	Dauer	Windgeschwindigkeit

Tabelle 3: Übersicht über die erstellten Korrelationsdiagramme. Die Diagramme wurden sowohl über den Gesamtzeitraum, als auch aufgeschlüsselt nach Jahreszeiten erstellt. Hierbei entspricht der Winter dem Zeitraum von Dezember bis Februar, der Frühling dem von März bis Mai, der Sommer dem von Juni bis August und der Herbst dem Zeitraum von September bis November.

 $x_{i-1} < x \le x_i$ und der y-Parameter gleichzeitig die Bedingung $y_{j-1} < y \le y_j$ erfüllt. In den mit SUM gekennzeichneten Spalten sind die jeweiligen Summenhäufigkeiten angegeben. In der rechten oberen Ecke weist ein Namenskürzel (hier K13 bzw. WP1) auf den analysierten Punkt hin. Weiterhin ist angegeben, ob die Analyse das gesamte Jahr oder nur für einzelne Jahreszeiten durchgeführt wurde. Der Gesamtzeitraum, für den die Analyse durchgeführt wurde, ist in der linken unteren und der rechten unteren Ecke angegeben. Die genaue Position des Punktes findet man in der rechten oberen Ecke.

Signifikante Wellenhöhe gegen Peakperiode

Abbildung 6 zeigt die gemeinsame Verteilung von signifikanter Wellenhöhe und Peakperiode an den beiden betrachteten Stationen K13 und WP1. Bei K13 gab es 42 Fälle, in denen die Wellenhöhe 8.00 m überschritt und gleichzeitig die Peakperiode grösser als 12 s war. Bei WP1 war das immerhin in 366 Fällen der Fall. An beiden Punkten liegt die Mehrzahl der Peakperioden im Bereich von etwa 4.8 - 7.8 s.

Signifikante Wellenhöhe gegen TM2 Periode

Abbildung 7 zeigt die gemeinsame Verteilung von signifikanter Wellenhöhe und TM2 Periode an den beiden Stationen. Sowohl bei WP1 als auch bei K13 lassen sich zwei Äste in der Verteilung ausmachen. Der erste Ast ist durch einen Anstieg der Periode mit zunehmender Wellenhöhe gekennzeichnet, was typisch für noch unter Windeinfluss stehendem Seegang ist. Der zweite, untere Ast zeigt, dass auch

niedrige Wellenhöhen bei längeren Perioden auftreten können, was typisch für Dünungsereignisse ist. Letztere sind bei K13 etwas deutlicher ausgeprägt. Basierend auf dieser Darstellung kann z.B. das in Abschnitt 3 beschriebene Ereignis am 21. Februar 1993, bei dem an der Station K13 Wellenhöhen von etwa 6-7 m und Perioden von etwa 8-9 s beobachtet wurden, noch als moderat eingestuft werden.

Signifikante Wellenhöhe gegen Windgeschwindigkeit

Diese Darstellung (Abbildung 8) zeigt den Zusammenhang zwischen Windgeschwindigkeit und Wellenhöhe. Zu erkennen ist erwartungsgemäß eine Zunahme der Wellenhöhe mit steigenden Windgeschwindigkeiten. An beiden Punkten treten die höchsten Wellen gleichzeitig mit hohen Windgeschwindigkeiten auf. Seegang von mehr als 8.00 m trat an beiden Stationen erst bei Windgeschwindigkeiten von mehr als 17.0 ms⁻¹ auf, was in etwa etwa Beaufort 8 (17.2 ms⁻¹) entspricht.

Signifikante Wellenhöhe gegen Seegangsrichtung

Abbildung 9 zeigt die gemeinsame Verteilung von Seegangsrichtung und signifikanter Wellenhöhe bei K13 und WP1. Alle Richtungen sind als "coming from" angegeben, d.h. ein Seegangsfeld mit Richtung 360° bewegt sich von Norden nach Süden. Bei WP1 liegt die Hauptanlaufrichtung für schweren Seegang etwa zwischen 240 und 330 Grad (WSW-NNW). Bemerkenswert ist ferner, dass Seegang mit einer kennzeichnenden Wellenhöhe von mehr als 6 m praktisch nur aus einem eng begrenzten Sektor von etwa 210-330° zu erwarten ist. Bei K13 ist die Hauptanlaufrichtung für schweren Seegang etwas breiter gestreut. Hier findet sich ein Maximum in etwa bei Richtungen um Nord. Es ist ferner zu erkennen, dass aus Richtungen um etwa 150 Grad kaum besonders hoher Seegang zu erwarten ist, was in der Kürze des Fetches in diese Richtung begründet liegt.

Windgeschwindigkeit gegen Windrichtung

Abbildung 10 zeigt die gemeinsame Verteilung von Windgeschwindigkeit und Windrichtung. Unabhängig von der Windrichtung liegt das Maximum der Anzahl der Ereignisse an beiden Stationen in etwa bei 8.5 ms⁻¹. Besonders hohe Windgeschwindigkeiten sind jedoch in der Mehrzahl der Fälle aus westlichen bis nördlichen Richtungen zu erwarten.

Signifikante Wellenhöhe gegen Dauer

Abbildung 11 gibt Auskunft über die Dauer oder die Persistenz von signifikanten Wellenhöhen. Eingetragen ist jeweils die Zahl der Zeitabschnitte, in denen die Wellenhöhe konstant innerhalb einer Wellenhöhenklasse lag. An beiden Stationen ist deutlich zu erkennen, dass die Persistenz mit zunehmender Wellenhöhe abnimmt. So gibt es z.B. bei K13 kein Ereignis, bei dem Seegang von mehr als 8 m kennzeichnender Wellenhöhe länger als 9 Stunden angedauert hat. Bei WP1 ist die Situation anders. Hier gab es z.B. einen Fall, in dem eine signifikante Wellenhöhe von mehr als 8 m etwa 30 Stunden angehalten hat. Dieses Ereignis war der Sturm, der mit der Sturmflut am 16./17. Februar 1962 verbunden war. Abbildung 12 zeigt dieses Ereignis, wie es vom Wind- und Seegangshindcast bei WP1 simuliert wurde. Deutlich zu erkennen sind die für ein Ereignis dieser Stärke relativ moderaten Windgeschwindigkeiten (etwa Beaufort 9), die sehr gut mit den seinerzeit über der Deutschen Bucht gemessenen übereinstimmen (vgl. Koopmann 1962). Obwohl am 12./13. Februar 1962 über der Deutschen Bucht ähnliche Windverhältnisse herrschten, war der Seegang am 16./17. Februar deutlich höher, langanhaltender und langperiodischer. Dieses lässt sich auf die während dieses Ereignisses deutlich stärkeren Windgeschwindigkeiten über der nördlichen Nordsee zurückführen (Koopmann 1962). Von solchen Einzelereignissen abgesehen, scheinen jedoch auch bei WP1 Ereignisse mit einer kennzeichnenden Wellenhöhe von mehr als 8 m selten länger als etwa 12-15 Stunden anzuhalten.

Windgeschwindigkeit gegen Dauer

Abbildung 13 gibt Auskunft über die Dauer oder die Persistenz der Windgeschwindigkeit an den beiden Stationen. Eingetragen ist jeweils die Zahl der Zeitabschnitte, in denen die Windgeschwindigkeit konstant innerhalb einer Windgeschwindigkeitsklasse lag. An beiden Stationen haben Windgeschwindigkeiten um etwa 8.5 ms⁻¹ die größte Persistenz. Sowohl für Schwach- als auch für Starkwindlagen nimmt die Persistenz deutlich ab. Bei K13 gab es vier, bei WP1 zwei Ereignisse mit Windgeschwindigkeiten von mehr als 27.5 ms⁻¹. Diese Ereignisse dauerten generell weniger als 3 Stunden an.

4.2 Extremwertverteilungen

Im Folgenden wird anhand einiger Beispiele kurz auf die Ergebnisse der Extremwertanalysen eingegangen. Abbildung 14 zeigt die 2, 5, 10, 25, 50 und 100-jährigen Wiederkehrwerte für die Windgeschwindigkeit, wie sie aus dem atmosphärischen Hindcast 1958-2001 ermittelt werden. Deutlich sind

z.B. Gebiete hoher Wiederkehrwerte über dem offenen Ozean zu erkennen. Für die südlichen Nordsee liegen die 100-jährigen Wiederkehrwerte im Bereich von etwa 30 ms⁻¹.

Eine analoge Darstellung für den Seegang findet man in Abbildung 15. Hier ist ein deutliches Nord-Süd Gefälle der Extremwerte zu erkennen. Im Bereich der Deutschen Bucht muss demnach im Mittel einmal alle 100 Jahre mit kennzeichnenden Wellenhöhen im Bereich von 10-14 m gerechnet werden. Allen Extremwertanalysen liegt eine generalisierte Extremwertverteilung (GEV) zugrunde. Diese wurde an die Extremereignisse angepasst, die mindestens 24 Stunden auseinander lagen und zusätzlich einen vorgegebenen Schwellenwert überschritten.

Basierend auf stündlichen Werten wurden ferner jährliche Percentile der Verteilungen bestimmt und auf das Vorhandensein von Trends geprüft. Ein Beispiel einer solchen Analyse ist in Abbildung 16 dargestellt. Danach hat im Bereich der Deutschen Bucht das 99% Percentil der signifikanten Wellenhöhe um etwa 70 cm innerhalb der letzten 40 Jahre zugenommen. Das Maximum dieses Anstiegs liegt unter anderem im Bereich von WP1. Hier ist dieser Trend nach dem Mann-Kendall Test mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% als signifikant von Null verschieden anzusehen. Inwieweit sich dieser Trend in Zukunft fortsetzen wird oder ob er Bestandteil langperiodischer natürlicher Klimavariabilität ist, kann mit dem vorhandenen Datenmaterial nicht untersucht werden. Solche Aussagen können letztlich nur mit Hilfe von statistischem Downscaling (z.B. Zorita et al. 1999) untersucht werden, da Antriebsdaten für Seegangsmodelle für Zeiträume vor ca. 1950 nicht oder nicht in ausreichender Qualität zur Verfügung stehen. Interessanterweise ist der Anstieg der Wellenhöhen im Bereich der Deutschen Bucht mit einem Rückgang vor der englischen Küste verbunden. Letzteres scheint eher auf eine Änderung der vorherrschenden Windrichtung, als auf eine generelle Intensivierung des Sturmklimas zu deuten.

5 Zusammenfassung

Es wurden die Ergebnisse von am IfK durchgeführten zeitlich und räumlich hochaufgelösten Seegangsund Windhindcasts für den Bereich der Nordsee vorgestellt. Die Hindcasts umfassen gegenwärtig den Zeitraum 1958-2001 (Wind) bzw. 1958-1999/2001 (Seegang) und sollen regelmäßig (in Jahresabständen) fortgesetzt werden. Von allen Hindcasts sind die vollständigen Modelloutputs auf stündlicher Basis verfügbar. Für die Atmosphäre beträgt die horizontale Auflösung etwa 50×50 km, für den Seegang etwa 5×5 km. Es wurde exemplarisch gezeigt, dass die Hindcasts die Beobachtungen im Rahmen der Erwartungen wiedergeben können. Anhand von zwei Punkten (K13 sowie ein weiterer in der Nähe des geplanten Offshore Windparks Butendiek) wurde beispielhaft die Analyse vorgestellt, wie sie derzeit am IfK durchgeführt wird. Ebenfalls exemplarisch wurden die Auswertungen hinsichtlich von Extremwerten und deren Trends vorgestellt. Sie sollen die Basis sowie die Diskussionsgrundlage für eine möglichst praxis-orientierte Auswertung liefern. Über Anregungen von Anwenderseite sind wir daher jederzeit offen und dankbar.

6 Ausblick

Gegenwärtig wird im Rahmen des europäischen Projekts HIPOCAS an der Erstellung von Atlanten des Seegangs, des Wasserstands sowie der Windfelder für verschiedene europäische Küstenregionen gearbeitet. Statistiken, wie sie hier vorgestellt wurden, sind Bestandteil dieser Arbeiten. Weitere Statistiken, wie etwa Karten der relativen Häufigkeit des Überschreitens bestimmter Wellenhöhen (z.B. 1.0, 1.5, 2.5 m) wie sie in einigen praktischen Bereichen wie z.B. Schifffahrt relevant sein können, sind in Vorbereitung.

Gegenwärtig werden weitere Hindcasts geplant oder sind bereits in Vorbereitung. So sollen für das Gebiet der Nordsee und der Ostsee Windfelder mit einer räumlichen Auflösung von etwa 18×18 km modelliert werden. Anschließend sind weitere entsprechende Seegangsläufe für die Nord- und insbesondere die Ostsee geplant. Obwohl die gegenwärtig zur Verfügung stehenden Windfelder für Anwendungen im Ostseeraum noch recht grob sind, soll ein vorläufiger Seegangshindcast bereits jetzt erstellt werden.

Im Rahmen europäischer Forschung, wie sie gegenwärtig z.B. innerhalb des Projekts PRUDENCE (Prediction of Regional scenarios and Uncertainties for Defining EuropeaN Climate change risks and Effects) durchgeführt wird, werden demnächst Windfelder in ähnlicher Auflösung auch für geänderte Klimabedingungen (Zunahme atmosphärischer Treibhausgase) zur Verfügung stehen. Eine Übertragung der hier vorgeschlagenen Methoden auf diese Szenarienläufe ist möglich.

Danksagung: Wir danken Koos Doeks (Rijkswaterstaat, RIKZ/ITB) für die Bereitstellung der Seegangsdaten bei K13, Europlatform und Schiermonnikoog. Wir möchten uns weiterhin bei Magnar Reistad vom Norwegisch Meteorologischen Institut (DNMI) für die Bereitstellung von Eisbedeckungsdaten bedanken, die als Randwerte für die Seegangssimulationen benötigt wurden. Beim British Oceanographic Data Centre (BODC) bedanken wir uns für die Bereitstellung der Pegeldaten von Aberdeen, die zu Zwecken der Datenassimilation für die Wasserstandsnachhersagen verwendet wurden. Die zur Extremwertanalyse verwendete Software basiert auf einem Kern, der uns von Ente Publico Puertos del Estado (EPPE, Spanien) zur Verfügung gestellt wurde. Auch dafür möchten wir uns recht herzlich bedanken. Die in dieser Studie verwendeten Winddaten bei K13, Europlatform und Huibertgat wurden vom Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI, Hydra Projekt) zur Verfügung gestellt. Die Arbeiten wurden von der Europäischen Union im Rahmen des Projekts HIPOCAS (EVK2-CT-1999-00038) gefördert.

LITERATURVERZEICHNIS

- Bauer, E., and R. Weisse, 2000: Determination of high-frequency wind variability from observations and application to North Atlantic Wave Modeling. J. Geophys. Res., **105**, 26179-26190.
- Feser, F., R. Weisse, and H. von Storch, 2001: Multi-decadal atmospheric modeling for Europe yields multi-purpose data. Eos Transactions, **82**, 305,310.
- Gibson, R., P. Kålberg, and S. Uppala, 1996: The ECMWF re-analysis (ERA) project. ECMWF Newsl., 73, 7-17.
- Jacob, D. and R. Podzun, 1997: Sensitivity studies with the regional climate model REMO. Meteorol. Atmos. Phys., **63**, 119-129.
- Kalnay, E., M. Kanamitsu, R. Kistler, W. Collins, D. Deaven, L. Gandin, M. Iredell, S. Saha, G. White,
 J. Woollen, Y. Zhu, M. Chelliah, W. Ebisuzaki, W. Higgins, J. Janowiak, K.C. Mo, C. Ropelewski,
 J. Wang, A. Leetmaa, R. Reynolds, R. Jenne, and D. Joseph, 1996: The NCEP/NCAR reanalysis project. Bull. Am. Meteorol. Soc., 77, 437-471.
- Koopmann, G., 1962: Die Sturmflut vom 16./17. Februar 1962 in ozeanographischer Sicht. Die Küste, **10**, 55-68.
- von Storch, H., H. Langenberg, and F. Feser, 2000: A spectral nudging technique for dynamical downscaling purposes. Mon. Wea. Rev., **128**, 3664-3673.
- WAMDI-Group, 1988: The WAM model a third Generation ocean wave prediction model. J. Phy. Oceanogr., **18**, 1776-1810.
- WASA-Group, 1998: Changing waves and storms in the Northeast Atlantic? Bull. Am. Met. Soc., **79**, 741-760.
- Zorita, E. and H. von Storch, 1999: The analog method as a simple statistical downscaling technique: comparison with more complicated methods. J. Climate, **12**, 2474-2489.

Abbildungsverzeichnis

1	Die für die Hindcasts 1958-2001 verwendeten Modellgebiete und der Informationsfluss zwischen den	
	Modellen. Dargestellt ist jeweils der Zustand um 12 UTC am 21. Februar 1993. Oben: Windrichtung	
	und Windgeschwindigkeit; Rechts: Wasserstand und barotrope Strömung; Links: Signifikante Wellenhöhe	
	und Wellenrichtung. Die atmosphärische sowie die Seegangsrekonstruktionen wurden am IfK, die des	
	Wasserstandes und der Strömungen an der BAW-AK erstellt	17
2	Zeitreihen von signifikanter Wellenhöhe SWH in m, TM2-Periode $TM2$ in s, mittlerer Wellenrichtung	
	$TH0$ in Grad, Windgeschwindigkeit FF in ms^{-1} und Windrichtung DD in Grad (von oben nach unten)	
	für den Zeitraum vom 01. Januar bis 31. März 1993 an der Station K13. Dargestellt sind jeweils die	
	direkten Messungen (schwarz) sowie die aus den Hindcasts erhaltenen Werte (grün).	18
3	Streudiagramme zwischen beobachteter und modellierter Windgeschwindigkeit (oben) und signifikanter	
	Wellenhöhe (unten) an der Station K13. Die Farben geben die Häufigkeiten in den einzelnen Klassen an.	
	Angegeben sind ferner folgende statistische Kenngrößen (von oben nach unten): Mittelwert der Beob-	
	achtungen (ObsMen), Mittelwert des Hindcasts (HindMen), Bias zwischen Modell und Beobachtungen	
	(Bias), Wurzel aus dem mittleren quadratischen Fehler (Rmse), Standardabweichung des Fehlers (Stdev),	
	Scatterindex (ScatterIndex) definiert als Standardabweichung des Fehlers normiert auf den Mittelwert der	
	Beobachtungen, Korrelation (Cor) sowie Anzahl der verwendeten Fälle (NObs).	19
4	Extremwertanalyse der beobachteten Windgeschwindigkeiten bei K13 für den Zeitraum 1985-2000. Dar-	
	gestellt sind alle Ereignisse mit einer Windgeschwindigkeit von $\geq 17.2~\mathrm{ms^{-1}}$, die mindestens 24 Stunden	
	auseinander liegen (graue Punkte) sowie die an die Daten angepasste Generalisierte Extremwertverteilung	
	(Gerade). Dargestellt ist ferner das 90% Kondfidenzintervall, das anhand von jeweils 1000 Monte Carlo	
	Simulationen bei den Wiederkehrperioden 2, 5, 10 und 25 Jahre geschätzt wurde	20
5	Topographie des Seegangsmodells im feinen Gitter in m. Dargestellt sind ferner all jene Punkte, für die	
	Korrelationsdiagramme wie im Text beschrieben erstellt wurden (schwarze und magenta farbene Punkte).	
	An den mit Kreuzen markierten Punkten liegen zusätzlich Beobachtungen vor.	21
6	Gemeinsame Verteilung von Peakperiode und signifikanter Wellenhöhe an den Punkten K13 (oben) und	
	WP1 (unten). Die genauen Positionen sind jeweils in den rechten oberen Ecken der Tabellen dargestellt	22
7	Gemeinsame Verteilung von TM2 Periode und signifikanter Wellenhöhe an den Punkten K13 (oben) und	
	WP1 (unten). Die genauen Positionen sind ieweils in den rechten oberen Ecken der Tabellen dargestellt	23

8	Gemeinsame Verteilung von Windgeschwindigkeit und signifikanter Wellenhöhe an den Punkten K13	
	(oben) und WP1 (unten). Die genauen Positionen sind jeweils in den rechten oberen Ecken der Tabellen	
	dargestellt	24
9	Gemeinsame Verteilung von mittlerer Wellenrichtung und signifikanter Wellenhöhe an den Punkten K13	
	(oben) und WP1 (unten). Die genauen Positionen sind jeweils in den rechten oberen Ecken der Tabellen	
	dargestellt	25
10	Gemeinsame Verteilung von Windrichtung und Windgeschwindigkeit an den Punkten K13 (oben) und	
	WP1 (unten). Die genauen Positionen sind jeweils in den rechten oberen Ecken der Tabellen dargestellt	26
11	Gemeinsame Verteilung von signifikanter Wellenhöhe und Andauerverhalten an den Punkten K13 (oben)	
	WP1 (unten). Die genauen Positionen sind jeweils in den rechten oberen Ecken der Tabellen dargestellt	27
12	Zeitreihen von signifikanter Wellenhöhe SWH in m, TM2-Periode $TM2$ in s, mittlerer Wellenrichtung	
	$TH0$ in Grad, Windgeschwindigkeit FF in ms^{-1} und Windrichtung DD in Grad (von oben nach unten)	
	für den Zeitraum vom 1019. Februar 1962, wie sie in den Hindcasts am Punkt WP1 (55.00°N; 07.00°E)	
	simuliert werden	28
13	Gemeinsame Verteilung von Windgeschwindigkeit und Andauerverhalten an den Punkten K13 (oben) und	
	WP1 (unten). Die genauen Positionen sind jeweils in den rechten oberen Ecken der Tabellen dargestellt	29
14	Aus dem atmosphärischen Hindcast ermittelte 2, 5, 10, 25, 50 und 100-jährige Wiederkehrwerte der Wind-	
	geschwindigkeit in 10 m Höhe in ms^{-1}	30
15	Aus dem Seegangshindcast ermittelte 2, 5, 10, 25, 50 und 100-jährige Wiederkehrwerte der signifikanten	
	Wellenhöhe in m	31
16	Trend des jährlichen 99% Percentils der signifikanten Wellenhöhe in cm/Jahr basierend auf den Daten des	
	Seegangshindcasts. Der Mittelwert des 99% Percentils bei WP1 (Kreuz) liegt bei etwa 5.5 m	32

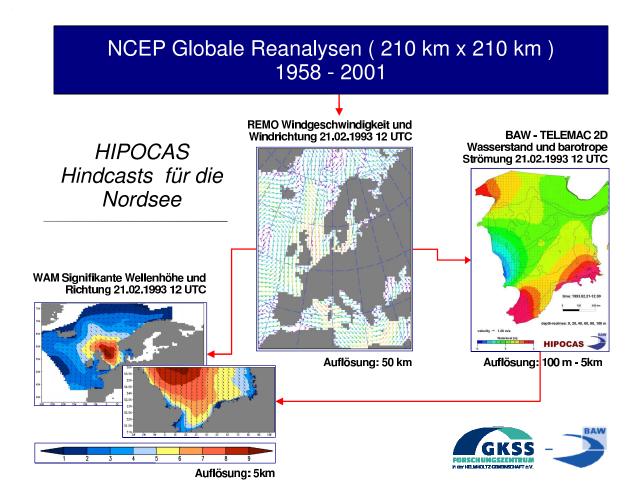


Abbildung 1: Die für die Hindcasts 1958-2001 verwendeten Modellgebiete und der Informationsfluss zwischen den Modellen. Dargestellt ist jeweils der Zustand um 12 UTC am 21. Februar 1993. Oben: Windrichtung und Windgeschwindigkeit; Rechts: Wasserstand und barotrope Strömung; Links: Signifikante Wellenhöhe und Wellenrichtung. Die atmosphärische sowie die Seegangsrekonstruktionen wurden am IfK, die des Wasserstandes und der Strömungen an der BAW-AK erstellt.

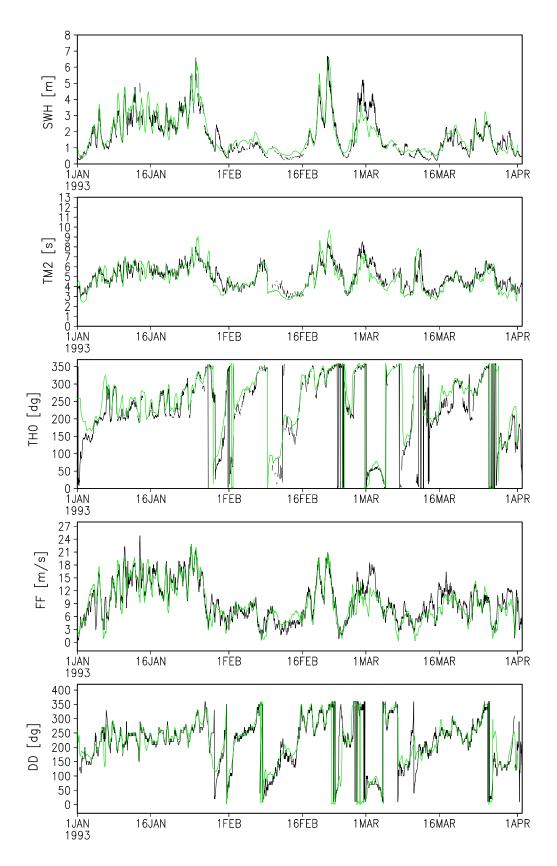


Abbildung 2: Zeitreihen von signifikanter Wellenhöhe SWH in m, TM2-Periode TM2 in s, mittlerer Wellenrichtung TH0 in Grad, Windgeschwindigkeit FF in ms⁻¹ und Windrichtung DD in Grad (von oben nach unten) für den Zeitraum vom 01. Januar bis 31. März 1993 an der Station K13. Dargestellt sind jeweils die direkten Messungen (schwarz) sowie die aus den Hindcasts erhaltenen Werte (grün).

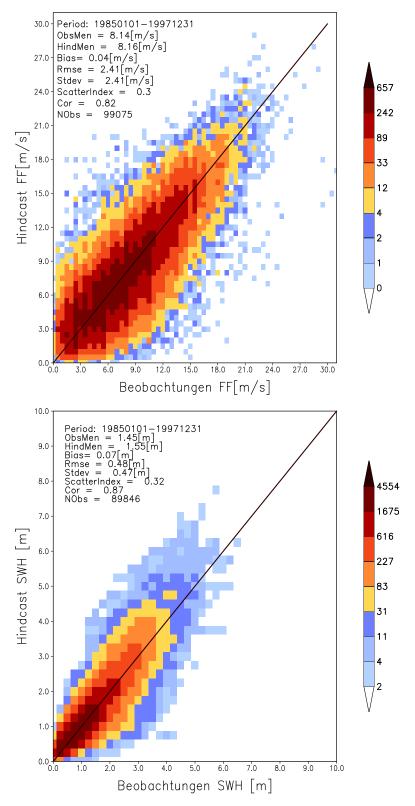
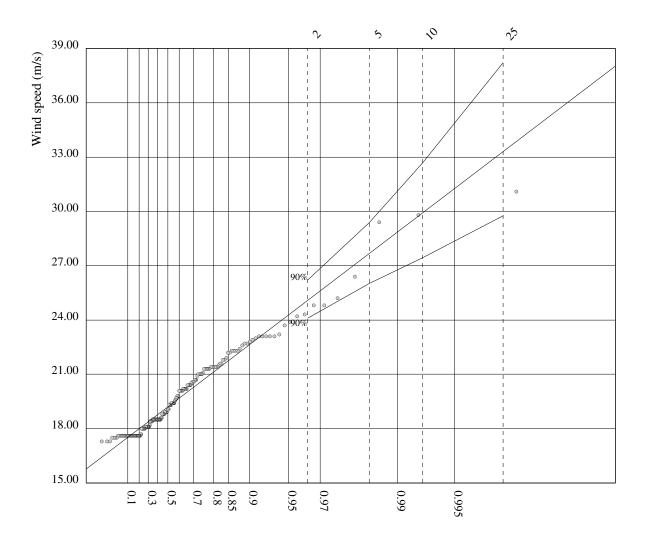


Abbildung 3: Streudiagramme zwischen beobachteter und modellierter Windgeschwindigkeit (oben) und signifikanter Wellenhöhe (unten) an der Station K13. Die Farben geben die Häufigkeiten in den einzelnen Klassen an. Angegeben sind ferner folgende statistische Kenngrößen (von oben nach unten): Mittelwert der Beobachtungen (ObsMen), Mittelwert des Hindcasts (HindMen), Bias zwischen Modell und Beobachtungen (Bias), Wurzel aus dem mittleren quadratischen Fehler (Rmse), Standardabweichung des Fehlers (Stdev), Scatterindex (ScatterIndex) definiert als Standardabweichung des Fehlers normiert auf den Mittelwert der Beobachtungen, Korrelation (Cor) sowie Anzahl der verwendeten Fälle (NObs).



Non Exceedence Probability

Abbildung 4: Extremwertanalyse der beobachteten Windgeschwindigkeiten bei K13 für den Zeitraum 1985-2000. Dargestellt sind alle Ereignisse mit einer Windgeschwindigkeit von $\geq 17.2~{\rm ms}^{-1}$, die mindestens 24 Stunden auseinander liegen (graue Punkte) sowie die an die Daten angepasste Generalisierte Extremwertverteilung (Gerade). Dargestellt ist ferner das 90% Kondfidenzintervall, das anhand von jeweils 1000 Monte Carlo Simulationen bei den Wiederkehrperioden 2, 5, 10 und 25 Jahre geschätzt wurde.

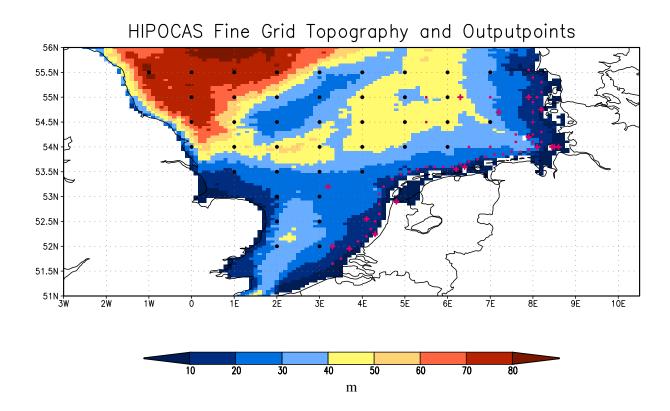


Abbildung 5: Topographie des Seegangsmodells im feinen Gitter in m. Dargestellt sind ferner all jene Punkte, für die Korrelationsdiagramme wie im Text beschrieben erstellt wurden (schwarze und magenta farbene Punkte). An den mit Kreuzen markierten Punkten liegen zusätzlich Beobachtungen vor.

	K13 year	3.00	3.60	4.20	4.80	5.40	6.00	Total F	Peak Pe 7.20	riod [s]	8.40	9.60 ¦	10.80	12.00	>	Sum	53.20 3.20	
	>	i										i i		4	42	46	>	
	8.00		I	 			 	-				! ! !	5	3	66	74	8.00	
	7.50	!		 		1		 		1 +		I	9	9	108	126	7.50	
	7.00			 	 	 	i			 	· j	4 !	20	34	165	223	7.00	
	6.50									! <u>-</u>	1	23	81	93	265	463	6.50	
	6.00			 			 	I		+ 	10	80 ¦	150	212	368	820	6.00	
	5.50	i					i			 1	64	353	306	243	405	1372	5.50	
Wave Height [m]	5.00							 		 31	361	631	515	384	431	2353	5.00	Sig.
leigh	4.50	L	 	_	 	 	L ! ! !	L 	 5	J 1	1317	1064	712	399		4168	4.50	ig. Wave
ave F	4.00							2	138	1678	2294	1318	733	365	488	7016	4.00	е Не
, Wa	3.50					 1	 : 3			4837	2421	1294	676	345	650	12087	3.50	Height [m]
Sig.	3.00					5	 :	1733	7983	5556	2315	1306	594	402		21186	3.00	⅓
	2.50		!		23	284	L I	11158		4280	2173	1329	907	692		35600	2.50	
	2.00			9	1016		15198	13837	6464	4056	2980	1956	1629	2017	3722	58504	2.00	
	1.50		106		17767	i i	- ;	8907	7624	7186	4758	3144	3434	3195	4354	94104	1.50	
	1.00	490	9706	13668			<u> </u>	9208		4671	2950	3070	2396	1644		109146	1.00	
	0.50	1687		3006		10002		611	649	553	534	456	410	309	778	20128	0.50	
	Sum	2177			53306			45556			22178	-			18969		Sum	
Fror		3.00	3.60	4.20	4.80	5.40		6.60	7.20	7.80	8.40		10.80		10303	Sum	Until:	
	80101	0.00	0.00			0.10	. 0.00		eak Pe		00	0.00	.0.00	12.00			1999123	31
	N/D1							Total F	Peak Pe	riod [s]							55 OC) NI
	WP1 year	3.00	3.60	4.20	4.80	5.40	6.00	Total F	eak Pe	riod [s]	8.40	9.60 ¦	10.80	12.00	>	Sum	55.00 7.00	
		3.00	3.60	4.20	4.80	5.40	6.00				8.40	9.60	10.80	12.00		Sum 374		
	year	3.00	3.60	4.20	4.80	5.40	6.00				8.40	9.60	10.80	8	366		7.00	
	year >	3.00	3.60	4.20	4.80	5.40	6.00				8.40	9.60		8	366 169	374	7.00	
	year 8.00	3.00	3.60	4.20	4.80	5.40	6.00				8.40	9.60	2	20	366 169	374 191	7.00 > 8.00	
	9.00 8.00 7.50	3.00	3.60	4.20	4.80	5.40	6.00				8.40	9.60	2	20 52	366 169 296 428	374 191 353	7.00 8.00 7.50	
	8.00 7.50	3.00	3.60	4.20	4.80	5.40	6.00						2 5 20	20 52 187	366 169 296 428 556	374 191 353 635	7.00 8.00 7.50 7.00	
	8.00 7.50 7.00 6.50	3.00	3.60	4.20	4.80	5.40	6.00				2	10	2 5 20	20 52 187	366 169 296 428 556 514	374 191 353 635 1040	7.00 8.00 7.50 7.00 6.50	
	year 8.00 7.50 7.00 6.50 6.00	3.00	3.60	4.20	4.80	5.40	6.00				2	10	2 5 20 93 369	20 52 187 379 627	366 169 296 428 556 514	374 191 353 635 1040 1546	7.00 8.00 7.50 7.00 6.50 6.00	Sig.
	8.00 7.50 7.00 6.50 6.00	3.00	3.60	4.20	4.80	5.40	6.00			7.80	2	10	2 5 20 93 369 1041	20 52 187 379 627	366 169 296 428 556 514 457	374 191 353 635 1040 1546 2489	7.00 8.00 7.50 7.00 6.50 6.00 5.50	Sig.
e Height [m]	year > 8.00 7.50 7.00 6.50 6.00 5.50	3.00	3.60	4.20	4.80	5.40	6.00		7.20	7.80	5 33 210	10 31 246	2 5 20 93 369 1041 1763	20 52 187 379 627 712	366 169 296 428 556 514 457 431	374 191 353 635 1040 1546 2489 4166	7.00	E Sig. Wave
Wave Height [m]	8.00 7.50 7.00 6.50 6.00 5.50 4.50	3.00	3.60	4.20	4.80	5.40	6.00	6.60	7.20	7.80	5 33 210	10 31 246 1061 2769	2 5 20 93 369 1041 1763	20 52 187 379 627 712 651	366 169 296 428 556 514 457 431 484 576	374 191 353 635 1040 1546 2489 4166 6539	7.00 8.00 7.50 7.00 6.50 6.00 5.50 4.50	E Sig. Wave
e Height [m]	8.00 7.50 7.00 6.50 6.00 5.50 4.50 4.00	3.00	3.60	4.20	4.80	5.40	33	6.60	7.20	7.80 7.80 230 895	2 5 33 210 690 2696 5882	10 31 246 1061 2769 3878 3371	2 5 20 93 369 1041 1763 1846	20 52 187 379 627 712 651 518	366 169 296 428 556 514 457 431 484 576 983	374 191 353 635 1040 1546 2489 4166 6539 9844	7.00 8.00 7.50 7.00 6.50 6.00 5.50 4.00 4.00	Sig.
Wave Height [m]	year 8.00 7.50 7.00 6.50 6.00 5.50 4.50 4.00 3.50 3.00	3.00	3.60	4.20		9	33	6.60 44 49 1870	7.20 	7.80 7.80 50 230 895 2891 7357	2 5 33 210 690 2696 5882 6133	10 31 246 1061 2769 3878 3371 2120	2 5 20 93 369 1041 1763 1846 1338 767 675	8 20 52 187 379 627 712 651 518 300 253 457	366 169 296 428 556 514 457 431 484 576 983 1612	374 191 353 635 1040 1546 2489 4166 6539 9844 15718 24507	7.00 8.00 7.50 7.00 6.50 6.00 5.50 4.50 4.00 3.50 3.00	E Sig. Wave
Wave Height [m]	year 8.00 7.50 7.00 6.50 6.00 5.50 5.00 4.50 4.00 3.50	3.00	3.60	4.20	15	9)	33 683 2547	6.60 4 49 1870 7939	7.20 	7.80 7.80 50 230 895 2891 7357 9126	210 210 690 2696 5882 6133 4357	10 31 246 1061 2769 3878 3371 2120	2 5 20 93 369 1041 1763 1846 1338 767 675	20 52 187 379 627 712 651 518 300 253 457	366 169 296 428 556 514 457 431 484 576 983 1612 2946	374 191 353 635 1040 1546 2489 4166 6539 9844 15718 24507 38887	7.00 8.00 7.50 7.00 6.50 6.00 5.50 4.50 4.00 3.50	E Sig. Wave
Wave Height [m]	year 8.00 7.50 7.00 6.50 6.00 5.50 4.50 4.00 3.50 3.00 2.50 2.00	3.00			15	99175	3 3 68 2547	6.60 4 49 1870 7939	7.20 	7.80 7.80 50 230 895 2891 7357 9126 7619	210 690 2696 5882 6133 4357 3179	10 31 246 1061 2769 3878 3371 2120 1479 1622	2 5 20 93 369 1041 1763 1846 1338 767 675 794	20 52 187 379 627 712 651 518 300 253 457 874	366 169 296 428 556 514 457 431 484 576 983 1612 2946 4938	374 191 353 635 1040 1546 2489 4166 6539 9844 15718 24507 38887 61177	7.00 8.00 7.50 7.00 6.50 6.00 5.50 4.00 3.50 3.00 2.50 2.00	Sig. Wave
Wave Height [m]	year 8.00 7.50 7.00 6.50 6.00 5.50 4.50 4.00 3.50 3.00 2.50 2.00 1.50		131	7	15 812	9) 175 5437 14330	3 68 2547 12304	49 1870 7939 11033	7.20 	7.80 7.80 50 230 895 2891 7357 9126 7619 5725	2 5 33 210 690 2696 5882 6133 4357 3179 3407	10 31 246 1061 2769 3878 3371 2120 1479 1622 3081	2 5 20 93 369 1041 1763 1846 1338 767 675 794 1403 3215	20 52 187 379 627 712 651 518 300 253 457 874 1920 2687	366 169 296 428 556 514 457 431 484 576 983 1612 2946 4938 5492	374 191 353 635 1040 1546 2489 4166 6539 9844 15718 24507 38887 61177	7.00 8.00 7.50 7.00 6.50 6.00 5.50 4.00 3.50 3.00 2.50 2.00 1.50	Sig. Wave
Wave Height [m]	year 8.00 7.50 7.00 6.50 6.00 5.50 4.50 4.00 3.50 3.00 2.50 2.00 1.50 1.00	577	131	7 727 10810	15 812 17045 23871	90 175 5437 14330 8930	3 68 2547 12304 11864 9320	6.60 4 49 1870 7939 11033 11460	7.20 	7.80 7.80 50 230 895 2891 7357 9126 7619 5725 4135	210 210 690 2696 5882 6133 4357 3179 3407 3795	10 31 246 1061 2769 3878 3371 2120 1479 1622 3081 3180	2 5 20 93 369 1041 1763 1846 1338 767 675 794 1403 3215 2225	20 52 187 379 627 712 651 518 300 253 457 874 1920 2687	366 169 296 428 556 514 457 431 484 576 983 1612 2946 4938 5492 3869	374 191 353 635 1040 1546 2489 4166 6539 9844 15718 24507 38887 61177 88544 93936	7.00 8.00 7.50 7.00 6.50 6.00 5.50 4.50 4.00 3.50 3.00 2.50 2.00 1.50 1.00	Sig. Wave
Wave Height [m]	year 8.00 7.50 7.00 6.50 6.00 5.50 4.50 4.00 3.50 3.00 2.50 1.50 1.00 0.50	577	131	7 727 10810	15 812 17045 23871	9 175 5437 14330 8930	3 3 68 2547 12304 11864 9320	49 1870 7939 11033 11460 7132	7.20	7.80 7.80 50 230 895 2891 7357 9126 7619 5725 4135	210 690 2696 5882 6133 4357 3179 3407 3795 529	10 31 246 1061 2769 3878 3371 2120 1479 1622 3081 3180 501	2 5 20 93 369 1041 1763 1846 1338 767 675 794 1403 3215 2225 496	20 52 187 379 627 712 651 518 300 253 457 874 1920 2687 1666 359	366 169 296 428 556 514 457 431 484 576 983 1612 2946 4938 5492 3869 819	374 191 353 635 1040 1546 2489 4166 6539 9844 15718 24507 38887 61177 88544 93936 17470	7.00 8.00 7.50 7.00 6.50 6.00 5.50 4.00 3.50 3.00 2.50 2.00 1.50 1.00 0.50	E Sig. Wave
Wave Height [m]	year 8.00 7.50 7.00 6.50 5.50 5.00 4.50 4.00 3.50 3.50 2.50 2.50 1.50 1.00 Sum	577 1610 2187	131	7 727 10810 1764	15 812 17045 23871 4356 46099	9 175 5437 14330 8930	3 68 2547 12304 11864 9320 551	49 1870 7939 11033 11460 7132 453 39940	7.20	7.80 7.80 50 230 895 2891 7357 9126 7619 5725 4135	210 690 2696 5882 6133 4357 3179 3407 3795 529 30918	10 31 246 1061 2769 3878 3371 2120 1479 1622 3081 3180 501 23349	2 5 20 93 369 1041 1763 1846 1338 767 675 794 1403 3215 2225 496 16052	20 52 187 379 627 712 651 518 300 253 457 874 1920 2687 1666 359	366 169 296 428 556 514 457 431 484 576 983 1612 2946 4938 5492 3869 819	374 191 353 635 1040 1546 2489 4166 6539 9844 15718 24507 38887 61177 88544 93936 17470	7.00 8.00 7.50 7.00 6.50 6.00 5.50 4.50 4.00 3.50 3.00 2.50 2.00 1.50 1.00	E Sig. Wave

Abbildung 6: Gemeinsame Verteilung von Peakperiode und signifikanter Wellenhöhe an den Punkten K13 (oben) und WP1 (unten). Die genauen Positionen sind jeweils in den rechten oberen Ecken der Tabellen dargestellt.

	K13									TM2 Pe										53.20	N
	year	3.00	3.60	4.20	4.80	5.40	6.00	6.60	7.20	7.80	8.40			10.20	i	i	i	>	Sum	3.20) E
	>		! !	 	 	 	 	 	 	 						<u>-</u>	13	7	46	>	
	8.00		; + ·	; 	; + ·	; + ·	; +			; -	3	5	3	17	25	13	8;		74 	8.00	
	7.50		! ! :	 	! ! :	! ! :	! ! :	 	 	¦ 1	6	22	27	43	23	3¦	1¦		126	7.50	
	7.00		! <u>!</u>	! !	! L	! L	! <u>L</u>	 -	 -	7	33	43	68	63	6	3			223	7.00	
	6.50		: +	: +	+	+	+		3	69	87	144	106	48	5	1 ;	į		463	6.50	
	6.00		! ! :	 	! ! :	! ! :	 	 	38	190	284	213	78	14	3¦				820	6.00	
두	5.50		! !	<u> </u> 	! !	! !	! !	16	316	432	410	175	20	3					1372	5.50	S
ght [5.00		L	L	L	L	4	191	906	772	412	62	6		į	į	[2353	5.00	ig. ∨
Hei	4.50	l .	! ! + :	! ! :	! ! + :	! ! + :	57	1499	1678	747	159	28	;		;				4168	4.50	Wave
Wave Height [m]	4.00	 	! !	 	! !	¦ 7	1117	3869	1576	396	40	11			!		[7016	4.00	Height
Sig. V	3.50	.	! !	L	1	295	7237	3612	778	127	28	9	!	L L					12087	3.50]t [m]
0	3.00	l	! ! L	 -	59	8295	10626	1759	317	65	40	16	5	2	2			:	21186	3.00	
	2.50		1	9	7070	23344	3638	889	346	163	91	32	8	8	2		1		35600	2.50	
	2.00	[3	7198	37611	8800	2448	1242	709	339	117	12	12	13					58504	2.00	
	1.50	:	8644	54398	19238	5841	3042	2066	712	144	12	7		₋					94104	1.50	
	1.00	16861	52082	23315	9532	4902	2004	374	43	16	17	i			i			1	09146	1.00	
	0.50	9952	6535	2978	609	45	¦ 9		 	+ · !					;				20128	0.50	
	Sum	26813	67264	87898	74120	51529	30182	15517	7422	3468	1739	783	338	213	71	30	22	73	67416	Sum	
Fro	m:	3.00	3.60	4.20	4.80	5.40	6.00	6.60	7.20	7.80	8.40	9.00	9.60	10.20	10.80	11.40	12.00	>	Sum	Until:	
195	80101									TM2 Pe	eriod [s	1								1999123	31
	WP1								-	TM2 Pe	eriod [s									55.00) N
	WP1 year	3.00	3.60	4.20	4.80	5.40	6.00	6.60				9.00		10.20	10.80	i	i	>	Sum	55.00 7.00	
	year >	3.00	3.60	4.20	4.80	5.40	6.00	6.60		7.80	8.40	9.00	20	77	114	87	12.00	> 24	374	7.00	
	year	3.00	3.60	4.20	4.80	5.40	6.00	6.60				9.00		i i	i	i	i			7.00	
	year >	3.00	3.60	4.20	4.80	5.40	6.00	6.60		7.80	8.40	9.00	20	77	114	87	49		374	7.00	
	year 8.00	3.00	3.60	4.20	4.80	5.40	6.00	6.60		7.80	8.40	9.00	20 38	77 1	39	87 11	49		374 191	7.00 8.00	
	year 8.00 	3.00	3.60	4.20	4.80	5.40	6.00	6.60		7.80	8.40 2 9	9.00	20 38 145	80 110	39 40	87 11	49		374 191 353	7.00 8.00 7.50	
	8.00 7.50	3.00	3.60	4.20	4.80	5.40	6.00	6.60	7.20	7.80	8.40 2 9 35	9.00	20 38 145 252	80 110 112	39 40 17	87 11 11	49		374 191 353 635	7.00 8.00 7.50 7.00	
	8.00 7.50 7.00 6.50	3.00	3.60	4.20	4.80	5.40	6.00		7.20	7.80	8.40 2 9 35 196	9.00 3 19 48 217 508	20 38 145 252 247	77 80 110 112 112	114 39 40 17	87 11 11	49	24	374 191 353 635 	7.00 8.00 7.50 7.00 6.50	OΕ
	8.00 7.50 7.00 6.50	3.00	3.60	4.20	4.80	5.40	6.00	1	7.20	7.80	8.40 2 9 35 196	9.00 3 19 48 217 508	20 38 145 252 247	77 80 110 112 12 48 48	114 39 40 17	87 11 11	49	24	374 191 353 635 1040	7.00 8.00 7.50 7.00 6.50	Sig.
Height [m]	8.00 7.50 7.00 6.50 6.00	3.00	3.60	4.20	4.80	5.40		1 16 240	7.20 5 20 182 920	7.80	8.40 2 9 35 196 693 1063 724	9.00 3 19 48 217 508 505	20 38 145 252 247 107 35	80 110 112 112 112 14 14 14 15 16 17 18	114 39 40 17 17	87 11 11	49	24	374 191 353 635 1040 1546	7.00 8.00 7.50 7.00 6.50 6.00 5.50	E Sig. Wave
ve Height [m]	year > 8.00 7.50 7.00 6.50 6.00 5.50	3.00	3.60	4.20	4.80	5.40		1 16 240	7.20 5 20 182 920 3464	7.80 1 1 2 31 203 910 2143	8.40 2 9 35 196 693 1063 724	9.00 3 19 48 217 508 505 278 120	20 38 145 252 247 107 35	80 110 112 112 112 14 14 14 15 16 17 18	114 39 40 17 17 17	87 11 11	49	24	374 191 353 635 1040 1546 2489 4166	7.00 8.00 7.50 7.00 6.50 6.00 5.50	Sig. Wave He
Wave Height [m]	year 8.00 7.50 7.00 6.50 6.00 5.50 4.50 4.00	3.00	3.60	4.20	4.80			1 16 240 912 4407	7.20 5 20 182 920 3464 3498	7.80 1 2 31 203 910 2143 1708	8.40 2 9 35 196 693 1063 724 336	9.00 3 19 48 217 508 505 278 120 45	20 38 145 252 247 107 35 14	110 112 112 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14	114 39 40 17 17 17	87 11 11	49	24	374 191 353 635 1040 1546 2489 4166 6539	7.00 8.00 7.50 7.00 6.50 6.00 5.50 5.00 4.50	Sig. Wave Height
ve Height [m]	year 8.00 7.50 7.00 6.50 6.00 5.50 4.00 4.00	3.00	3.60	4.20		419	1 58	1 16 240 912 4407 7192	7.20 5 20 182 920 3464 3498 1642	7.80 1 2 2 31 203 2143 1708 801 428	8.40 2 9 35 196 693 724 336	9.00 3 19 48 217 508 505 278 120 45 18	20 38 145 252 247 107 35 14 11	112 112 112 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14	114 39 40 17 17 17	87 11 11	49	24	374 191 353 635 1040 1546 2489 4166 6539	7.00 8.00 7.50 7.00 6.50 6.00 5.50 4.50 4.00	Sig. Wave He
Wave Height [m]	year 8.00 7.50 7.00 6.50 6.00 5.50 4.50 4.00 3.50	3.00	3.60		33	419		1 16 240 912 4407 7192 3528	7.20 5 20 182 920 3464 3498 1642 767	7.80 1 2 31 203 910 2143 1708 801 428 269	8.40 2 9 35 196 693 1063 724 336 124	9.00 3 19 48 217 508 505 278 120 45 18 32	20 38 145 252 247 107 35 14 11 5	77 80 110 -12 -12 -48 -3 -3 4 4 4 4 1	114 39 40 17 17 21 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11	87 11 11	49	24	374 191 353 635 1040 1546 2489 4166 6539 9844	7.00 8.00 7.50 7.00 6.50 6.00 5.50 4.50 4.00 3.50	Sig. Wave Height
Wave Height [m]	year 8.00 7.50 7.00 6.50 6.00 5.50 4.50 4.00 3.50 3.00	3.00		9	33	419 6821	58 988 5921	1 16 240 912 4407 7192 3528 1547	5 20 182 920 3464 3498 1642 767 676	7.80 1 2 31 203 910 2143 1708 801 428 269	8.40	9.00 3 19 48 217 508 505 278 120 45 18 32 68	20 38 145 252 247 107 35 14 11 5	77 80 110 -12 -12 -48 -3 -3 4 4 4 4 1	114 39 40 17 17 21 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11	87 11 11	49	24	374 191 353 635 1040 1546 2489 4166 6539 9844 15718	7.00 8.00 7.50 7.00 6.50 5.50 5.00 4.50 4.00 3.50 3.00	Sig. Wave Height
Wave Height [m]	year 8.00 7.50 7.00 6.50 6.00 5.50 4.00 4.50 4.00 3.50 3.00 2.50	3.00	1	9	33 7017 35400	2 419 6821 22375	1 58 988 5921 12874 6681	1 16 240 912 4407 7192 3528 1547 1455	5 20 182 920 3464 3498 1642 767 676 962	7.80 1 2 31 203 910 2143 1708 801 428 269 325	8.40	9.00 3 19 48 217 508 505 278 120 45 18 32 68 86 66	20 38 145 252 247 107 35 14 11 5	77 80 110 112 14 14 3 3 14 15 14 14 14 14 14 14 14 14 15 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14	114 39 40 17 17 21 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11	87 11 11	49	24	374 191 353 635 1040 1546 2489 4166 6539 9844 15718 24507 38887	7.00 8.00 7.50 7.00 6.50 6.00 5.50 4.50 4.00 3.50 3.00 2.50	Sig. Wave Height
Wave Height [m]	year 8.00 7.50 7.00 6.50 6.00 5.50 4.00 3.50 4.00 3.50 2.50 2.00 1.50		1 1 8736	9 7270	33 7017 35400	2 419 6821 22375 11985	1 58 988 988 5921 12874 6681	1 16 240 912 4407 7192 3528 1547 1455 1791	5 20 182 920 3464 3498 1642 767 676 962 641	7.80 1 2 31 203 910 2143 4708 801 428 269 325 404 404	8.40) 2 9 35 196 693 1063 724 70 108 152 116 49	9.00 3 19 48 217 508 505 278 120 45 18 32 68 86 66	20 38 145 252 247 107 35 14 11 5 10 25 17	77 80 110 112 14 14 3 3 14 15 14 14 14 14 14 14 14 14 15 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14	1144 400 177 171 111 111 111 111 111 111	87	49	24	374 191 353 635 1040 1546 2489 4166 6539 9844 15718 24507 38887 61177	7.00 8.00 7.50 7.00 6.50 6.00 5.50 4.50 4.00 3.50 3.00 2.50 2.00	Sig. Wave Height
Wave Height [m]	year 8.00 7.50 7.00 6.50 6.00 5.50 4.00 3.50 4.00 3.50 2.50 2.00 1.50	14793	1 8736	9 7270 48355	33 7017 35400	2 419 6821 22375 11985 5865	1 58 988 5921 12874 6681 3553	1 16 240 912 4407 7192 3528 1547 1455 1791 354	5 20 182 920 3464 3498 1642 767 676 962 641 46	7.80 1 2 31 203 910 2143 4708 801 428 269 325 404 404	8.40) 2 9 35 196 693 1063 724 70 108 152 116 49	9.00 3 19 48 217 508 505 278 120 45 18 32 68 86 66	20 38 145 252 247 107 35 14 11 5 10 25 17	77 80 110 112 14 14 3 3 14 15 14 14 14 14 14 14 14 14 15 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14	1144 400 177 171 111 111 111 111 111 111	87	111111111111111111111111111111111111111	24	374 191 353 635 1040 1546 2489 4166 6539 9844 15718 24507 38887 61177 88544	7.00 8.00 7.50 7.00 6.50 6.50 5.00 4.50 4.00 3.50 3.00 2.50 2.00 1.50	Sig. Wave Height
Wave Height [m]	year 8.00 7.50 7.00 6.50 5.00 4.50 4.00 3.50 2.50 2.00 1.50 1.50	14793	1 8736 44375	9 7270 48355 20549	33 7017 35400 19980 8072	2 419 6821 11985 5865 4139	1 58 988 988 5921 12874 6681 3553 2959	1 16 240 912 4407 7192 3528 1547 1455 1791 354 16	5 20 182 920 3464 3498 1642 767 676 962 641 46	7.80 1 2 31 203 910 2143 1708 801 428 269 404 139 8	8.40) 2 9 9 355 - 196 693 1063 724 70 108 152 116 49 9	9.00 3 19 48 217 508 505 278 120 45 18 32 68 86 31 4	20 38 145 252 247 107 35 14 11 5 10 25 17	77 80 110 112 14 14 3 3 14 15 14 14 14 14 14 14 14 14 15 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14 14	39) 40) 17/ 21/ 11/ 11/ 11/ 11/ 11/ 11/ 11/ 11/ 11	87	111111111111111111111111111111111111111	24	374 191 353 635 1040 1546 2489 4166 6539 9844 15718 24507 38887 61177 88544 93936	7.00 8.00 7.50 7.00 6.50 6.00 5.50 4.50 4.00 3.50 3.00 2.50 2.00 1.50 1.00	Sig. Wave Height
Wave Height [m]	year 8.00 7.50 7.00 6.50 5.00 4.50 4.00 3.50 3.00 2.50 2.00 1.50 1.00 Sum	14793 8155 22948	1 8736 44375 5732	9 7270 48355 20549 2899 79082	33 7017 35400 19980 510 71012	22 419 6821 11985 5865 4139	1 58 988 988 5921 12874 6681 3553 2959 1591 33 34659	1 1 16 240 912 4407 7192 3528 1547 1455 1791 354 16 21459	5 20 182 920 3464 3498 1642 767 676 962 641 46	7.80 1 2 31 203 910 2143 1708 801 428 269 325 404 139 8	8.40 2 9 9 355 196 693 1063 724 70 108 152 116 49 9 3686	9.00 3 19 48 217 508 505 278 120 45 18 32 68 86 86 31 4	20 38 145 252 247 107 35 14 11 5 10 25 17	77 80 110 112 14 14 14 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11	39) 40) 17/ 21/ 11/ 11/ 11/ 11/ 33/ 33/ 88/ 227/	87	49	24	374 191 353 635 1040 1546 2489 4166 6539 9844 15718 24507 38887 61177 88544 93936 17470 67416	7.00 8.00 7.50 7.00 6.50 6.00 5.50 4.50 4.00 3.50 3.00 2.50 2.50 1.50 1.00 0.50	Sig. Wave Height

Abbildung 7: Gemeinsame Verteilung von TM2 Periode und signifikanter Wellenhöhe an den Punkten K13 (oben) und WP1 (unten). Die genauen Positionen sind jeweils in den rechten oberen Ecken der Tabellen dargestellt.

K	13						Wind Spe	ed [m/s]						53.2	0 N
уe	ear	2.00	3.50 ¦	5.50	8.50	11.00	14.00	17.00	20.50	24.00	27.50 ¦	>	Sum	3.2	0 E
_	>			+	+	+	 +	! ! ! !	11	19	12		4 46	>	
	8.00	1				!		!	28	34	9 ¦		3 74	8.00	
	7.50							2	43	55	24		2 126	7.50	
_	7.00	_T	_T		<u>-</u>		₋ -	9	96	96	22		223	7.00	
_	6.50					i		47	215	186	15		463	6.50	
-	6.00					1	2	121	442	248	7¦		820	6.00	
	5.50					1 1	9	331	725	307			1372	5.50	
Wave Height [m]	5.00						85	863	1242	162	1!		2353	5.00	Sig. \
Heig -	4.50					5	417	1796	1921	29			4168	4.50	Wave
ave	4.00			+	4¦	86	1503	3727	1687	9			7016	4.00	
Sig. –	3.50	_T		2	53	533	4157	6872	469	1			12087	3.50	Height [m]
<u> </u>	3.00	-	4	27	382	2740	12224	5773	36				21186	3.00	ユ
-	2.50	23	63	325	2539	10822	20703	1122	3				35600	2.50	
-	2.00	298	783	2363	13394	31588	10018	60	· · · · · · · · · · · · · · ·				58504	2.00	
-	1.50	1535	4270	13269	50118	24357	554	 ! 1	· i				94104	1.50	
_	1.00	6417	15782	40512	45369	1065	1 ·		! !				109146	1.00	
-	0.50	4700	8288	6692	448	· + 		 	· i				20128	0.50	
_	Sum	12973	29190	63190	112307	71196	49673	20724	6918	1146	90		9 367416	Sum	
From:		2.00	3.50	5.50	8.50	11.00	14.00	17.00	20.50	24.00	27.50	>	Sum	Until:	
19580101							Wind Spe	ed [m/s]						1999123	31
WP1 Wind Speed [m/s]											55.0	 0 N			
	ear	2.00	3.50 ¦	5.50	8.50	11.00	14.00	17.00 ¦	20.50	24.00	27.50 ¦	>	Sum	7.0	
_	>		1	+	 +	 	! ! - +	 	42	247	81		4 374	>	
	8.00	ī	1	ī	- 1	i	i	2	50	122	17		191	8.00	

W	P1						Wind Spe	eed [m/s]						55.00	N
ye	ear	2.00	3.50	5.50	8.50	11.00	14.00	17.00 ¦	20.50	24.00	27.50	>	Sum	7.00) E
_	>			+	+			ا ا ا	42	247	81	4	374	>	
_	8.00							2 ¦	50	122	17		191	8.00	
_	7.50	; 		i	<u> </u>			3	181	156	13		353	7.50	
	7.00							35	397	202	1		635	7.00	
	6.50				1		2	137	712	182	6		1040	6.50	
	6.00		į			1	9	353	1068	114	1		1546	6.00	
	5.50	<u>'</u>	<u>i</u>		<u> </u>	1	47	1020	1338	83	<u> i</u>		2489	5.50	w
Wave Height [m]	5.00	 		1	1	8	306	2445	1270	134	1		4166	5.00	Sig. V
Heig _	4.50				5 !	57	1278	4195	977	27			6539	4.50	Wave
/ave	4.00	İ	i	2	11	281	3763	4867	919	1			9844	4.00	
Sig. V	3.50	5	8	13	181	1474	8860	4710	466	1			15718	3.50	Height [m]
J .	3.00	16	36	117	1032	5327	13731	4227	20	1			24507	3.00	크
	2.50	80	199	581	4524	16268	15900	1330	5				38887	2.50	
_	2.00	251	928	3194	17621	29631	9518	34			<u> i</u>		61177	2.00	
	1.50	1530	4004	12878	47078	22500	553	1					88544	1.50	
	1.00	5248	13708	35932	37923	1124	1						93936	1.00	
	0.50	3981	7353	5740	396	i		i	i				17470	0.50	
	Sum	11111	26236	58458	108773	76672	53968	23359	7445	1270	120	4	367416	Sum	
From: 19580		2.00	3.50	5.50	8.50	11.00	14.00 Wind Spe	17.00 deed [m/s]	20.50	24.00	27.50	>	Sum	Until: 1999123	:1

Abbildung 8: Gemeinsame Verteilung von Windgeschwindigkeit und signifikanter Wellenhöhe an den Punkten K13 (oben) und WP1 (unten). Die genauen Positionen sind jeweils in den rechten oberen Ecken der Tabellen dargestellt.

Wave Direction [deg]

53.20 N

K13

Sum

From:

10930

12628 | 17775 |

16889

	year	30.00	60.00	90.00	120.00	150.00	180.00	210.00	240.00	270.00	300.00	330.00	360.00	Sum	3.20	ΣE
	>	1							! ! !	2	4	5	34	46	>	
	8.00	1								5	3	10	55	74	8.00	
	7.50		7						1	4	9	32	73	126	7.50	
	7.00	11	5					2	4	5	17	65	114	223	7.00	
	6.50	20	9					25	5	9	54	130	211	463	6.50	
	6.00	41	15					39	16	19	81	282	327	820	6.00	
_	5.50	56	20	15	 		2	91	 ¦ 71	47	179	418	473	1372	5.50	S
받	5.00	88	62	51	3		3	162	156	111	315	641	761	2353	5.00	g.
Sig. Wave Height [m]	4.50	202	206	196	15	4	7	319	328	213	593	981	1104	4168	4.50	Wave
/ave	4.00	343	334	330	58	35	48	615	770	465	1041	1286	1691	7016	4.00	
.ġ	3.50	668	629	570	184	58	93	1096	1643	1050	1799	1943	2354	12087	3.50	Height [m]
S	3.00	1129	1203	1030	416	190	314	2074	3011	2193	2909	2920	3797	21186	3.00	크
	2.50	2182	1958	1936	689	538	642	3358	4924	3914	4317	4745	6397	35600	2.50	
	2.00	5163	3743	3007	1579	1065	1372	5136	6932	5437	6255	6993	11822	58504	2.00	
	1.50	11283	7340	5042	2745	2180	2689	7531	9839	7695	8017	11484	18259	94104	1.50	
	1.00	14639	10843	7434	4115	3090	3972	8627	11256	8126	8100	11216	17728	109146	1.00	
	0.50	2666	2467	1518	752	620	799	1370	2000	1536	1391	2209	2800	20128	0.50	
	Sum	38493	28841	21129	10556	7780	9941	30445	40956	30831	35084	45360	68000	367416	Sum	
Fro	n: 80101	30.00	60.00	90.00	120.00	150.00	180.00		240.00	270.00	300.00	330.00	360.00	Sum	Until: 1999123	
							vvave	Direction	ınenı							
193	00101							Direction	[dog]						1000120	01
	WP1					!	Wave	Direction	[deg]						55.00) N
	WP1 year	30.00	60.00	90.00	120.00	150.00	Wave	Direction	[deg]	270.00			i	Sum	55.00 7.00) N
	WP1 year	30.00	60.00	90.00	120.00	150.00	Wave	Direction	[deg]	47	123	204	 	374	55.00 7.00) N
	WP1 year 8.00	30.00	60.00	90.00	120.00	150.00	Wave	Direction	[deg]	47 35	123 59	204 93	 	374 191	55.00 7.00 8.00) N
	WP1 year 	30.00	60.00	90.00	120.00	150.00	Wave	Direction	[deg] 240.00 4	47 35 46	123 59 124	204 93 	 	374 191 353	55.00 7.00 2 8.00 7.50) N
	WP1 year 	30.00	60.00	90.00	120.00	150.00	Wave	Direction	[deg] 240.00 4 12 19	47 35 46 99	123 59 124 214	204 93 171 303		374 191 353 635	55.00 7.00 > 8.00 7.50 7.00) N
	WP1 year 8.00 7.50 7.00 6.50	30.00			120.00	150.00	Wave	Direction 210.00	[deg] 240.00 4 12 19	47 35 46 99	123 59 124 214 321	204 93 171 303 509	18	374 191 353 635 1040	55.00 7.00 8.00 7.50 7.00 6.50) N
	WP1 year 8.00 7.50 7.00 6.50 6.00			1			Wave 180.00	Direction 210.00	[deg] 240.00 4 12 19 97	47 35 46 99 151 226	123 59 124 214 321 525	204 93 171 303 509 625	18	374 191 353 635 1040	55.00 7.00 8.00 7.50 7.00 6.50) N
	WP1 year 8.00 7.50 7.00 6.50 6.00 5.50	12	4	1		4	Wave 180.00	Direction 210.00	[deg] 240.00 4 12 19 41 232	47 35 46 99 151 226 480	123 59 124 214 321 525 785	204 93 171 303 509 625 840	18	374 191 353 635 1040 1546 2489	55.00 7.00 8.00 7.50 7.00 6.50 6.00) N) E
	WP1 year	12	4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4	10 30	1 46	4	Wave 180.00	Direction 210.00	[deg] 240.00 4 12 19 41 97 232	47 35 46 99 151 226 480 810	123 59 124 214 321 525 785 1159	204 93 171 303 509 625 840	18 64 107	374 191 353 635 1040 1546 2489 4166	55.00 7.00 8.00 7.50 7.00 6.50 6.00 5.50	O N O E
	WP1 year	12 43 43 84	443316	1 10 30 37	1 46	4 17	Wave 180.00	Direction 210.00	[deg] 240.00 4 12 19 41 41 41 47 47 47 47 47 47 47 47 47 47 47 47 47	47 35 46 99 151 226 480 810	123 59 124 214 321 525 785 1159	204 93 171 303 509 625 840 1342	18 64 107 202	374 191 353 635 1040 1546 2489 4166 6539	55.00 7.00 > 8.00 7.50 7.00 6.50 6.00 5.50 5.00	Sig. Wave
. Wave Height [m]	WP1 year 8.00 7.50 7.00 6.50 6.00 5.50 5.00 4.00	12 43 84 143	4 4 4 4 4 4 4 6 6 3 6 3	1 10 30 37 90	1 46 98 264	4 17 41 128	Wave 180.00	Direction 210.00 4 13 60 72 146	[deg] 240.00 4 12 19 97 232 409 764	47 35 46 99 151 226 480 810 1252	123 59 124 214 321 525 785 1159 1815	204 93 171 303 509 625 840 1342 1929 2547	18 64 107 202 414 706	374 191 353 635 1040 1546 2489 4166 6539 9844	55.00 7.00 8.00 7.50 7.00 6.50 6.00 5.50 5.00 4.50	O N O E
	WP1 year	12 43 84 143 265	4 43 16 63 189	1 10 30 37 90 224	1 46 98 264 435	4 17 41 128 390	Wave 180.00	Direction 210.00 210.00 4 13 60 72 146 357	[deg] 240.00 4 12 19 41 97 232 409 764 1137	47 35 46 99 151 226 480 810 1252 1989 3017	123 59 124 214 321 525 785 1159 1815 2583 3659	204 93 171 303 509 625 840 1342 1929 2547 3863	18 64 107 202 414 706	374 191 353 635 1040 1546 2489 4166 6539 9844	55.00 7.00 8.00 7.50 7.00 6.50 6.00 5.50 5.00 4.50 4.00	Sig. Wave
. Wave Height [m]	WP1 year 8.00 7.50 7.00 6.50 6.00 5.50 5.00 4.50 4.00 3.50 3.00	12 43 84 143 265 594	4 43 43 16 63 189 400	1 10 30 37 90 224 588	1 46 98 264 435	4 17 41 128 390 849	Wave 180.00 180.00 1 1 1 1 5 1 7 48 170 323	Direction 210.00 4 13 60 72 146 357 749	[deg] 240.00 4 12 19 41 41 41 41 41 137 764 1137 1914 2896	47 35 46 99 151 226 480 810 1252 1989 3017 4354	123 59 124 214 321 525 785 1159 1815 2583 3659 4765	204 93 171 303 509 625 840 1342 1929 2547 3863 5801	18 64 107 202 414 706 1235 2277	374 191 353 635 1040 1546 2489 4166 6539 9844 15718 24507	55.00 7.00 8.00 7.50 7.00 6.50 6.50 5.50 4.50 4.00 3.50 3.00	Sig. Wave Height
. Wave Height [m]	WP1 year 8.00 7.50 7.00 6.50 6.00 5.50 4.00 4.50 4.00 3.50 3.00 2.50	12 43 84 143 265 594	4 4 43 16 63 189 400 939	1 10 30 37 90 224 588 1148	11 46 98 264 435 911	4 17 41 128 390 849	Wave 180.00 1 1 1 1 1 1 1 1 1	Direction 210.00 4 13 60 72 146 357 749 1302	[deg] 240.00 4 12 19 41 97 232 409 764 1137 1914 2896 4212	47 35 46 99 151 226 480 810 1252 1989 3017 4354 6146	123 59 124 214 321 525 785 1159 1815 2583 3659 4765	204 93 171 303 509 625 840 1342 1929 2547 3863 5801	18 64 107 202 414 706 1235 2277 3619	374 191 353 635 1040 1546 2489 4166 6539 9844 15718 24507 38887	55.00 7.00 8.00 7.50 7.00 6.50 6.00 5.50 4.50 4.00 3.50 3.00 2.50	Sig. Wave Height
. Wave Height [m]	WP1 year 8.00 7.50 7.00 6.50 6.50 5.50 5.00 4.50 4.00 3.50 3.00 2.50 2.00	12 43 84 143 265 594 1110	4 43 16 63 189 400 939 1698	1 10 30 37 90 224 588 1148 2221	1 46 98 264 435 911 1898 3075	44 17 41 128 390 849 1629 2918	Wave 180.00 1 1 5 1 7 48 170 323 724 1459	Direction 210.00 210.00 4 13 60 72 146 357 749 1302 2244	[deg] 240.00 4 12 19 41 97 232 409 764 1137 1914 2896 4212	47 35 46 99 151 226 480 810 1252 1989 3017 4354 6146 8479	123 59 124 214 321 525 785 1159 1815 2583 3659 4765 7080	204 93 171 303 509 625 840 1342 1929 2547 3863 5801 9080 14539	18 64 107 202 414 706 1235 2277 3619	374 191 353 635 1040 1546 2489 4166 6539 9844 15718 24507 38887 61177	55.00 7.00 8.00 7.50 7.00 6.50 6.00 5.50 5.00 4.50 4.00 3.50 3.00 2.50	Sig. Wave Height
. Wave Height [m]	WP1 year 8.00 7.50 7.00 6.50 6.50 5.00 4.50 4.00 3.50 2.00 1.50	12 43 84 143 265 594 1110 1783 3659	4 4 43 16 63 189 400 939 1698 2796	1 10 30 37 90 224 588 1148 2221 3819	1 46 98 264 435 911 1898 3075	4 17 41 128 390 849 1629 2918 4649	Wave 180.00 180.00 11 5 17 48 170 323 724 1459 2601	Direction 210.00 4 13 60 72 146 357 749 1302 2244 3273	[deg] 240.00 4 12 19 41 41 41 41 40 764 1137 1914 2896 4212 6584 8737	47 35 46 99 151 226 480 810 1252 1989 3017 4354 6146 8479 10743	123 59 124 214 321 525 785 1159 1815 2583 3659 4765 7080 10048	204 93 171 303 509 625 840 1342 1929 2547 3863 5801 9080 14539	18 64 107 202 414 706 1235 2277 3619 6129	374 191 353 635 1040 1546 2489 4166 6539 9844 15718 24507 38887 61177 88544	55.00 7.00 8.00 7.50 7.00 6.50 6.00 5.50 4.50 4.00 3.50 3.00 2.50 2.00	Sig. Wave Height
. Wave Height [m]	WP1 year 8.00 7.50 7.00 6.50 6.50 5.50 5.00 4.50 4.00 3.50 3.00 2.50 2.00	12 43 84 143 265 594 1110	4 4 43 16 63 189 400 939 1698 2796 3963	1 10 30 37 90 224 588 1148 2221 3819 3708	11 46 98 264 435 911 1898 3075 4771 5492	4 17 41 128 390 849 1629 2918 4649	Wave 180.00 1 1 5 6 7 7 7 4 8 7 7 2 4 1 4 5 9 2 6 0 1 1 3 4 2 0 1 1 4 5 9	Direction 210.00	[deg]	47 35 46 99 151 226 480 810 1252 1989 3017 4354 6146 8479 10574	123 59 124 214 321 525 785 1159 1815 2583 3659 4765 7080 10048 12176	204 93 171 303 509 625 840 1342 1929 2547 3863 5801 9080 14539 19840	18 64 107 202 217 706 1235 2277 3619 6129 11480 14819	374 191 353 635 1040 1546 2489 4166 6539 9844 15718 24507 38887 61177	55.00 7.00 8.00 7.50 7.00 6.50 6.00 5.50 5.00 4.50 4.00 3.50 3.00 2.50	Sig. Wave Height

Abbildung 9: Gemeinsame Verteilung von mittlerer Wellenrichtung und signifikanter Wellenhöhe an den Punkten K13 (oben) und WP1 (unten). Die genauen Positionen sind jeweils in den rechten oberen Ecken der Tabellen dargestellt.

Wave Direction [deg]

9464 | 12415 |

30.00 | 60.00 | 90.00 | 120.00 | 150.00 | 180.00 | 210.00 | 240.00 | 270.00 | 300.00 | 330.00 | 360.00

37312 50756

58146

81912

Sum

19991231

Until:

ŀ	K13							Direction	. 0,						53.20	N
У	/ear	30.00	60.00	90.00	120.00	150.00	180.00	210.00	240.00	270.00	300.00	330.00	360.00	Sum	3.20) E
	>					! ! ! !			1	7	. 1 	! !	! !	9	>	
	27.50	4	 	8		 	1	7	4	27	25	12	2	90	27.50	
	24.00	33	22	35	1	4	8	133	123	213	292	216	66	1146	24.00	
	20.50	196	165	389	179	69	129	622	944	1091	1583	991	560	6918	20.50	
[s/	17.00	738	632	1191	926	404	703	1918	3378	3635	3226	¦ 2288	1685	20724	17.00	<
m] paa	14.00	2368	2329	3114	2225	1507	1886	4861	8072	7994	6206	4960	4151	49673	14.00	Wind Sp
Wind Speed [m/s]	11.00	4934	4324	4503	3664	3112	3338	7018	9969	9947	, 7385	6238	6764	71196	11.00	Speed [m/s]
>	8.50	8425	7560	8065	7171	5725	6963	12645	1 14777	12952	10075	8669	9280	112307	8.50	S)
	5.50	4583	4527	4288	4266	4013	5316	6907	7505	6460	5445	5010	4870	63190	5.50	
	3.50	2180	2062	1827	1942	2153	2572	2907	3029	3028	2708	2557	2225	29190	3.50	
	2.00	993	986	964	987	1085	1137	1170	1135	1250	1120	1155	991	12973	2.00	
	Sum	24454	22607	24384	21361	18072	22053	38188	48937	46604	38066	32096	30594	367416	Sum	
From 1958	n: 30101	30.00	60.00	90.00	120.00	150.00		210.00 Direction		270.00	300.00	330.00	360.00	Sum	Until: 1999123	31

٧	VP1						Wind	Direction	[deg]						55.00	N
у	ear ear	30.00	60.00	90.00	120.00	150.00	180.00	210.00	240.00	270.00	300.00	330.00	360.00	Sum	7.00) E
	>	!	!							4			 - -	4	>	
	27.50		 - 					3	14	36	53	11	3	120	27.50	
	24.00	7	20	53	69	5	7	63	114	278	368	228	58	1270	24.00	
	20.50	171	123	225	588	219	131	546	926	1441	1441	1215	419	7445	20.50	
[s/	17.00	526	488	1174	1835	1154	674	1541	2937	4144	3867	3268	¦ 1751	23359	17.00	8
Wind Speed [m/s]	14.00	1598	1629	2944	4311	3155	1988	3792	6664	8954	7247	7268	4418 	53968	14.00	Wind Spe
/ind Sp	11.00	2762	2669	4559	5837	4783	3660	6153	9561	11016	9270	9430	6972	76672	11.00	Speed [m/s]
>	8.50	6370	5705	6307	7841	7221	6452	9420	13265	13510	11498	11313	9871	108773	8.50	s]
	5.50	4573	4516	4027	4043	3929	3752	4768	5933	6262	5272	5708	5675	58458	5.50	
	3.50	2320	2044	2041	1910	1814	1956	2112	2316	2497	2397	2490	2339	26236	3.50	
	2.00	956	921	858	886	917	994	883	858	906	923	949	1060	11111	2.00	
	Sum	19283	18115	22188	27320	23197	19614	29281	42588	49048	42336	41880	32566	367416	Sum	
From 1958	n: 80101	30.00	60.00	90.00	120.00	150.00	180.00 Wind	210.00 Direction		270.00	300.00	330.00	360.00	Sum	Until: 1999123	31

 $Abbildung\ 10: Gemeinsame\ Verteilung\ von\ Windrichtung\ und\ Windgeschwindigkeit\ an\ den\ Punkten\ K13\ (oben)\ und\ WP1\ (unten). Die genauen\ Positionen\ sind\ jeweils\ in\ den\ rechten\ oberen\ Ecken\ der\ Tabellen\ dargestellt.$

	K13									Durat										53.20	N
	year	3.00		1		15.00	18.00	21.00	24.00	27.00	30.00	33.00	36.00	39.00	42.00¦	45.00	48.00¦	>	Sum	3.20) E
	>	9	1	3					i		i			i i			i		13	>	
	8.00	25	5	 	1				 				 						31	8.00	
	7.50	41	8	4	!	!		!	!				<u>.</u>	! !	!	!	!		53	7.50	
	7.00	74	13	5					¦					L !					92	7.00	
	6.50	143	29	7	2				!										181	6.50	
	6.00	226	45	20	4	3													298	6.00	
_	5.50	393	67	26	4	5		1	1				 	1	,	,			497	5.50	
Sig. Wave Height [m]	5.00	591	139	33	9	6	6	3		2				i					789	5.00	Sig. 1
leig	4.50	823	255	85	30	17	8	3	1	1	1				1				1223	4.50	Wave
ave	4.00	1171	419	150	63	37	11	7	3¦	1						!			1862	4.00	
Š	3.50	1500	665	286	124	62	28	11	 ! 8	9	3	6	2	i ' 1'	j	i	 	 1	2706	3.50	Height [m]
Sig	3.00	1810		483	263	149	76	42	ا ا 17	19	! 7	 5	- 7	 				 1	3912	3.00	⅓
	2.50		1656		1		170	95	60	48	19	19	<u>-</u> - 14	!	¦ 7 ¦	¦ 3 ¦	 1¦	: 2	5331	2.50	
	2.00		1878	+ +	669	462	279	215	156	95	51 51	46	35	23	 24	10	¦ ¦10	- 19	6560	2.00	
		 	i ·	i i	i i	i	j	i	 		j			- i	 	i	 				
	1.50		1416	1198	846	641	492	353	262	190	175	126	97	69	65	58	43	140	6878	1.50	
	1.00	281		469	426	394	343	266	207	186	168	147	127	+ !	116	82	75 ₋	549	4435	1.00	
	0.50	150				85	83	67	60	36	34	27	28	11	15	21	15	76	1114	0.50	
<u> </u>	Sum				2980				775	587		376	310	-	227	174	144	788	35975	Sum	
Fro 195	m: 80101	3.00	6.00	9.00	12.00	15.00	18.00	21.00	24.00	27.00 Durat		33.00	36.00	39.00	42.00 ı	45.00	48.00	>	Sum	Until: 1999123	:1
	WP1 vear	3.00 5	6.00	9 00	12 00	15.00	18 00	21.00	24 00 '	Durat 27 00		33.00	36.00	39 00	42 no !	45 no !	48 00 ¹	_	Sum	55.00 7.00	
	year	3.00	6.00				18.00	i	i	27.00	30.00	33.00	36.00	39.00	42.00	45.00	48.00	>	Sum 51	7.00	
	year >	16	12	11	6		18.00	21.00	24.00			33.00	36.00	39.00	42.00	45.00	48.00	>	51	7.00	
	year 8.00	16 96	12 8	11	6	2	18.00	i	i	27.00	30.00	33.00	36.00	39.00	42.00	45.00	48.00	>	51 105	7.00 8.00	
	9.00 8.00 7.50	96 134	12 8 15	11	2	2	18.00	i	i	27.00	30.00	33.00	36.00	39.00	42.00	45.00	48.00	>	51 105 158	7.00 8.00 7.50	
	8.00 7.50	16 96 134 214	12 8 15 37	11	2	2	18.00	i	i	27.00	30.00	33.00	36.00	39.00	42.00	45.00	48.00	>	105 105 158 263	7.00 8.00 7.50 0	
	8.00 7.50 7.00	16 96 134 214	12 8 15 37	11 6 8	2	1	18.00	1	i	27.00	30.00	33.00	36.00	39.00	42.00	45.00	48.00	>	51 105 158 263 430	7.00 	
	year 8.00 7.50 7.00 6.50 6.00	16 96 134 214 350 493	12 8 15 37 59	11	2 4 4 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	2		i	i	27.00	30.00	33.00	36.00	39.00	42.00	45.00	48.00	>	51 105 158 263 430 614	7.00 8.00 7.50 7.00 6.50	
	8.00 7.50 7.00 6.50 6.00	16 96 134 214 350 493	12 8 15 37 59 87	11	2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	2 2 2 2 3 3	2	1	i	27.00	30.00	33.00	36.00	39.00	42.00	45.00	48.00	>	51 105 158 263 430 614 915	7.00 8.00 7.50 7.00 6.50 6.00 5.50)E
	year > 8.00 7.50 7.00 6.50 6.00 5.50	16 96 134 214 350 493 689 973	12 8 15 37 59 87 175 251	11	2 4 1 10 12 12 28	2 2 2 3 3 11	2	1	1:	27.00	30.00	33.00	36.00	39.00	42.00	45.00	48.00	>	51 105 158 263 430 614 915	7.00 8.00 7.50 7.00 6.50 6.00 5.50	Sig.
Height [m]	8.00 7.50 7.00 6.50 6.00	16 96 134 214 350 493	12 8 15 37 59 87 175 251	11	10 10 12 28 28 50	2 2 2 3 3 11	2	1	i	27.00	30.00	33.00	36.00	39.00	42.00	45.00	48.00	>	51 105 158 263 430 614 915 1351	7.00 8.00 7.50 7.00 6.50 6.00 5.50 5.00 4.50	Sig. Wave
ave Height [m]	year > 8.00 7.50 7.00 6.50 6.00 5.50	16 96 134 214 350 493 689 973	12 8 15 37 59 87 175 251	11	2 4 1 10 12 12 28	2 2 2 3 3 11	2	1	1:	27.00	30.00	33.00	36.00	39.00	42.00	45.00	48.00	>	51 105 158 263 430 614 915	7.00 8.00 7.50 7.00 6.50 6.00 5.50	Sig. Wave He
g. Wave Height [m]	8.00 7.50 7.00 6.50 6.00 5.50 4.50	16 96 134 214 350 493 689 973 1328	12 8 15 37 59 87 175 251	11 1 6 8 8 18 21 21 78 78 78	10 10 12 28 28 28 29 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20	2 2 2 3 3 11 11 24	2	1	1:	27.00	30.00	33.00	36.00	39.00	42.00	45.00	48.00	>	51 105 158 263 430 614 915 1351	7.00 8.00 7.50 7.00 6.50 6.00 5.50 5.00 4.50	Sig. Wave Height
Wave Height [m]	8.00 7.50 7.00 6.50 6.00 5.50 4.50 4.00	16 96 134 214 350 493 689 973 1328 1691 2021	12 8 15 37 59 87 175 251 397 590	11 1 1 8 18 21 21 78 129 211 319		2 2 2 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3	2 6 11 17	1 1 2 2 5 5 7 7	1	27.00	30.00	1			42.00		48.00	>	51 105 158 263 430 614 915 1351 1947 2650	7.00 8.00 7.50 7.00 6.50 6.00 5.50 4.50 4.00	Sig. Wave He
g. Wave Height [m]	year 8.00 7.50 7.00 6.50 6.00 5.50 4.50 4.00 3.50	16 96 134 214 350 493 689 973 1328 1691 2021	12 8 15 37 59 87 175 251 397 590 861	11 1 6 8 18 21 34 78 129 129 319 319	10 12 28 28 28 28 28 270	2 2 2 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3	2 6 11 17 36	1 1 2 2 2 2 4 2 4 3 3 0	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	27.00	111111111111111111111111111111111111111	1	1						51 105 158 263 430 614 915 1351 1947 2650 3549	7.00 8.00 7.50 7.00 6.50 6.00 5.50 4.50 4.00 3.50	Sig. Wave Height
g. Wave Height [m]	year 8.00 7.50 7.00 6.50 6.00 5.50 4.50 4.00 3.50 3.00	16 96 134 214 350 493 689 973 1328 1691 2021 2103 1850	12 8 15 37 59 87 175 251 397 590 861 1305	11 1 6 8 18 21 34 78 129 129 319 319	2 	2 2 2 2 2 3 3 3 3 3 5 5 5 2 2 7 7	2 6 11 17 36	1 1 1 2 2 2 2 2 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3	11 15 30	27.00 1 1 2 4 9 19	111111111111111111111111111111111111111	1 2 10	1						51 105 158 263 430 614 915 1351 1947 2650 3549	7.00 8.00 7.50 7.00 6.50 5.50 5.00 4.50 4.00 3.50 3.00	Sig. Wave Height
g. Wave Height [m]	9 8.00 7.50 7.00 6.50 6.00 5.50 4.50 4.00 3.50 3.00 2.50	16 96 134 214 350 493 689 973 1328 1691 2021 2103 1850 1288	12 8 15 37 59 87 175 251 397 590 861 1305 1782	111 1 1 6 6 8 18 21 34 78 319 506 821	2 2 4 4 4 1 1 1 1 1 1 1 2 2 8 8 2 2 8 2 2 8 8 2 2 7 0 0 6 8 7 4 4 8 8 6 8 7	2 2 2 2 3 3 3 3 5 5 5 7 7 4 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	2 6 111 177 36 107 179	1 1 1 2 2 2 2 2 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	27.00 1 1 - - - - - - - - - - - - -	33.00	1 2 10 21 10	1 1 5 12		4	11		1 4 32	51 105 158 263 430 614 915 1351 1947 2650 3549 4555	7.00 8.00 7.50 7.00 6.50 6.00 5.50 4.50 4.00 3.50 3.00 2.50	Sig. Wave Height
g. Wave Height [m]	year 8.00 7.50 7.00 6.50 6.00 5.50 4.50 4.00 3.50 3.00 2.50 2.00	16 96 134 214 350 493 689 973 1328 1691 2021 2103 1850 1288	12 8 15 37 59 87 175 251 397 590 861 1305 1782 1925	111 1, 6 8 8 211 344 78 129 211 319 506 821 1261	22 4 1 10 10 12 28 28 28 270 270 448 448 448 448 448	2 2 2 3 3 3 11 11 12 2 4 4 15 5 5 5 5 5 1 1 5 5 5 1 1 5 5 1 1 5 5 1	22 6 11 17 36 107 179 315	1 1 2 2 30 107 226 352	1 1 6 15 30 74 143	27.00 1 1 1 2 4 9 9 41 86	30.00 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	1 2 10 21 48	1 1 5 12 38	11 2 2 3 3 3 4 9 9 7 7 8	4	11 44 20)	12,	1 4 4 32 155	51 105 158 263 430 614 915 1351 1947 2650 3549 4555 5666 6620	7.00	Sig. Wave Height
g. Wave Height [m]	year 8.00 7.50 7.00 6.50 6.00 5.50 4.50 4.00 3.50 3.00 2.50 2.50 1.50	16 96 134 214 350 493 689 973 1328 1691 2021 2103 1850 1288 740	12 8 15 37 59 87 175 251 397 590 861 1305 1782 1925 1249	111 1, 6 8 8 211 344 78 129 211 319 506 821 1261	2 2 4 4 4 1 1 1 1 1 1 2 2 8 8 2 1 8 2 2 1 8 2 2 1 8 3 4 4 8 6 8 7 4 8 6 4 4 4 0 2 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	2 2 3 3 3 111 24 39 73 155 277 421 338 338	2 6 11 17 36 107 179 315 445	1 1 2 2 2 4 3 3 0 1 1 0 7 2 2 6 3 3 5 2 2 6 3 3 6 3 5 2	1 1 6 15 30 74 143 257	27.00 1 1 1 2 4 9 19 41 86 171	30.00 11 11 55 10 33 74 156 164	1 2 10 21 48 112	1 1 1 5 12 38 63 123	1 1 2 2 2 3 3 3 4 2 5 5 7 8 8 1 101 1 101 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	4 19 59 800	1 1 20 20 53 3	12	1 4 32 155 426	51 105 158 263 430 614 915 1351 1947 2650 3549 4555 5666 6620 6491	7.00 8.00 7.50 7.00 6.50 6.00 5.50 4.50 4.00 3.50 3.00 2.50 2.00 1.50	Sig. Wave Height
g. Wave Height [m]	year 8.00 7.50 7.00 6.50 6.00 5.50 4.00 3.50 3.00 2.50 2.00 1.50	16 96 134 214 350 493 689 973 1328 1691 2021 2103 1288 740 240 128	12 8 15 37 59 87 175 251 397 590 861 1305 1782 1925 1249 480	111 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	2 2 4 4 4 1 1 1 1 1 2 2 8 8 2 1 8 2 2 7 0 1 4 4 8 6 8 7 4 4 0 2 4 0 2	2 2 2 3 3 3 5 5 5 5 7 7 4 2 1 5 8 1 7 3 3 8 8 7	2 2 6 11 17 36 107 179 315 445 269 75	1 1 2 1 2 1 2 1 2 1 2 1 2 1 2 1 2 1 2 1	1 1 6 15 30 74 143 257 212	27.00 1 1 2 4 9 19 41 86 171 183	30.00 11 11 11 5 10 33 74 156 164 28	1 2 10 21 48 112 137 25	1 1 1 5 12 38 63 123	1 2 2 2 5 78 101	4 19 59 800	1 20 53 85 12	12 12 339 39 10 10 10	1 4 32 155 426	51 105 158 263 430 614 915 1351 1947 2650 3549 4555 5666 6620 6491	7.00 8.00 7.50 7.00 6.50 6.00 5.50 4.50 4.00 3.50 3.00 2.50 2.00 1.50 1.00	Sig. Wave Height
g. Wave Height [m]	year 8.00 7.50 7.00 6.50 6.00 5.50 4.00 3.50 3.00 2.50 2.00 1.50 1.00 Sum	166 966 1344 2144 3500 493 689 973 1328 1691 2021 2103 1288 740 240 128 14354	12 8 15 37 59 87 175 251 397 590 861 1305 1782 1925 1249 480 166	111 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	22 4 4 4 1 10 12 28 82 270 270 864 448 402 125 3171	2 2 2 3 3 3 5 2 7 7 4 2 1 1 5 8 1 3 3 8 8 7 2 2 1 6 6 6 7 6 7 6 7 6 7 6 7 6 7 6 7 6 7 6	2 2 6 111 177 36 107 179 315 445 269 75 1462	1 1 2 2 2 2 3 3 3 2 2 6 3 3 5 2 4 3 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	1 1 6 15 30 74 143 257 212 39 778	27.00 1 1 - - - - - - - - - - - - -	30.00 11 11 5 5 10 156 164 28 472	11 2 10 21 48 112 137 25 356	1 1 1 5 12 38 63 123 13	1 1 2 2 25 78 101 101 19 238	4 19 59 80 18 18	1 20 53 85 12	12 12 339 39 10 10 10	1 4 32 155 426 60	51 105 158 263 430 614 915 1351 1947 2650 3549 4555 5666 6620 6491 4040	7.00	Sig. Wave Height

Abbildung 11: Gemeinsame Verteilung von signifikanter Wellenhöhe und Andauerverhalten an den Punkten K13 (oben) WP1 (unten). Die genauen Positionen sind jeweils in den rechten oberen Ecken der Tabellen dargestellt.

-28-

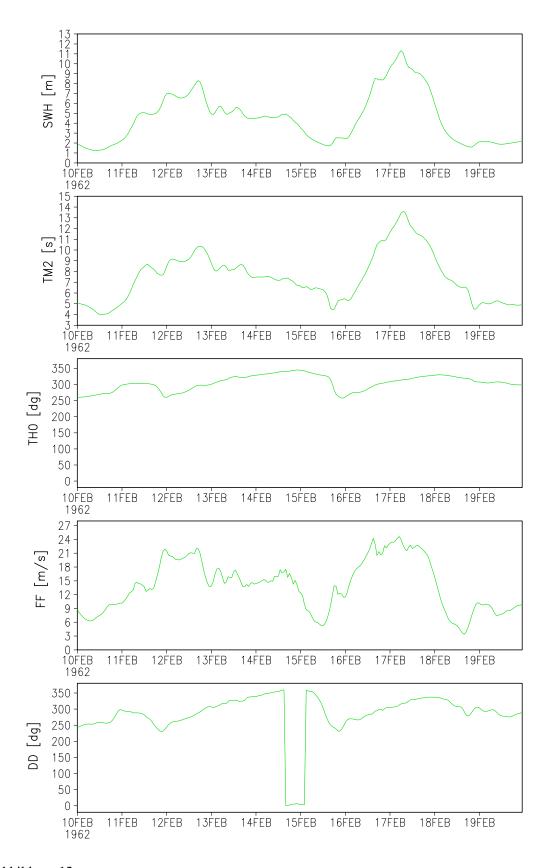


Abbildung 12: Zeitreihen von signifikanter Wellenhöhe SWH in m, TM2-Periode TM2 in s, mittlerer Wellenrichtung TH0 in Grad, Windgeschwindigkeit FF in ms⁻¹ und Windrichtung DD in Grad (von oben nach unten) für den Zeitraum vom 10.-19. Februar 1962, wie sie in den Hindcasts am Punkt WP1 (55.00°N; 07.00°E) simuliert werden.

	K13										ion [h]									53.20	N
-	year	3.00	6.00	9.00	12.00	15.00	18.00	21.00	24.00	27.00	30.00	33.00	36.00	39.00	42.00	45.00	48.00	>	Sum	3.20) E
	>	4	 	 	 	 	 	 					 	<u> </u> 					4	>	
	27.50	24	7	2	 	 	 	' ' 					 - 	 	¦	 	 		33	27.50	
	24.00	170	61	16	13	2	4	1	2			2		 					271	24.00	
	20.50	521	330	166	82	54	25	15	9	5	4	4	1	1					1217	20.50	
[s]	17.00	1306	860	448	260	147	100	46	32	19	13	9	7	7	3	1		5	3263	17.00	W
eed [m	14.00	1951	1583	1015	607	407	245	134	114	66	47	32	25	16	13	17	6	17	6295	14.00	Wind Speed
Wind Speed [m/s]	11.00	3109	2523	1454	848	543	331	199	146	91	59	54	29	28	13	19	5	25	9476	11.00	eed [m/s]
>	8.50	2373	2755	1817	1169	777	549	370	284	217	132	116	81	73	57	37	32	126	10965	8.50	/s]
	5.50	3453	2704	1319	726	467	273	176	95	66	49	29	22	18	10	7	8	14	9436	5.50	
	3.50	3151	1615	639	329	166	74	44	23	14	10	5	4	3			2	2	6081	3.50	
	2.00	818	655	316	156	71	54	19	17	18	13	5	2	1	1	1			2147	2.00	
	Sum	16880	13093	7192	4190	2634	1655	1004	722	496	327	256	171	147	97	82	53	189	49188	Sum	
Fro 195	m: 580101	3.00	6.00	9.00	12.00	15.00	18.00	21.00	24.00	27.00 Durati		33.00	36.00	39.00	42.00	45.00	48.00	>	Sum	Until: 1999123	81
	WD4	1								Durati	ion [h]									FF 00) NI
	WP1 year	3.00	6.00	9.00	12.00	15.00	18.00	21.00	24.00		on [h]	33.00	36.00	39.00	42.00	45.00	48.00	>	Sum	55.00 7.00	
		3.00		9.00	12.00	15.00	18.00	21.00	24.00			33.00	36.00	39.00	42.00	45.00	48.00	>	Sum 2		
	year			9.00	12.00	15.00	18.00	21.00	24.00			33.00	36.00	39.00	42.00	45.00	48.00	>		7.00	
	year >	2	8				 		24.00		30.00	33.00	36.00	39.00	42.00	45.00	48.00	>	2	7.00 >	
	year >	31	8	1		13	1		24.00	27.00	30.00	33.00	36.00	39.00	42.00	45.00	48.00	>	2 41 	7.00 > 27.50	
	27.50 24.00	31 168	69	28	12	13	1 2			27.00	30.00		36.00	39.00	42.00	45.00	48.00		2 41 294	7.00 > 27.50 24.00	DE
	27.50 	31 168 559	69	28	12 84 257	13	2 30	9	8	27.00	30.00	3					48.00	2	2 41 294 1314	7.00 27.50 24.00 20.50	DE
Speed [m/s]	27.50 24.00 20.50 17.00	2 31 168 559 1388 2189	69 365 984 1793	28 181 510 1078	12 84 257	13 59 153	30 30 116 223	9 67	8	27.00	30.00	3	9	5,	2	2	9	27	2 41 294 1314 3590	27.50 24.00 20.50	Wind Speed
	27.50 24.00 20.50 17.00	2 31 168 559 1388 2189	69 365 984 1793	28 28 181 510 1078	12 84 257 625	13 59 153 446	30 30 116 223	9 67 174 254	8	27.00	30.00	3 39 42	9 22 41	5 18,	2	2	9,	27 22 27	2 41 294 1314 3590 6905	27.50 27.50 24.00 20.50 17.00	DE
Speed [m/s]	27.50 24.00 20.50 17.00 11.00	2 31 168 	8 69 365 984 1793 2695	181 181 510 1078 1456 	12 84 257 625 929	13 59 153 446	1 2 30 30 116 223 371 498	9 67 174 254 365	30 30 107 154	27.00 2 10 34 81 101 200	4 4 20 52 71	3 39 42	9 22 41 81	5, 18, 	14	2 8,	9,	27 27 22 112	294 1314 6905 10003	27.50 27.50 24.00 20.50 17.00 14.00	Wind Speed
Speed [m/s]	27.50 24.00 20.50 17.00 14.00 8.50	2 31 168 559 1388 2189 3202 2308 3116	8 69 365 984 1793 2695	28 181 181 170 170 170 170 170 170 170 170 170 17	12 84 257 625 929 1168 685	13 13 59 153 153 446 446 446 440 440	30 30 116 223 371 498	9 67 174 254 365	8 30 107 154 275	27.00 2 10 34 81 101 200	30.00 4 4 20 52 71 148 45	3 39 42 101 23	9 22 41 41 24	55	24 24 43	2 8 8 13 32 32 4	9,	27 27 22 112	2 41 294 3590 6905 10003 	27.50 24.00 20.50 17.00 14.00 11.00	Wind Speed
Speed [m/s]	year 27.50 24.00 20.50 17.00 14.00 11.00 8.50 5.50	2 31 168 559 1388 2189 3202 2308 3116 2738	8 69 365 984 1793 2695 2820 2546	28 181 181 1078 1078 1456 1762 1224	12 84 257 625 929 1168 685 275	13	30 30 116 223 371 498 252 69	9 67 174 254 365 162	8 8 30 107 154 154 154 154 154 154 154 154 154 154	27.00 2 10 34 81 101 200 70	30.00 4 4 20 52 71 148 45	3 5 39 42 101 23	9 9 41 41 24 2	55	24 24 43 14	2 8 8 32 32 4	9,	27 27 27 27 27 112	294 	27.50 24.00 20.50 17.00 14.00 11.00 8.50 5.50	Wind Speed
Speed [m/s]	year 27.50 24.00 20.50 17.00 11.00 8.50 5.50 3.50 2.00 Sum	2 31 168 559 1388 2189 3202 2308 3116 2738 705	8 69 365 984 1793 2695 2820 2546 1407 622	181 1078 1078 1456 1224 642 265	12 84 257 625 929 1168 685 275 132	13	30 30 116 223 371 498 252 69 31	9 67 174 254 365 162 47 26	30 107 154 275 101 12	27.00 2 10 34 81 101 200 70 11 11 520	30.00 4 4 20 52 71 148 45 6 5 351	33 5 39 42 101 23 5 4	9 22 24 41 24 2 2 3 3 182	55 518 18 33 33 33 34 44 44 44 443	24 43 14 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11	32 32 4 4 60	999999999999999999999999999999999999999	27 22 22 112 10 1	294 1314 3590 6905 10003 10819 8700 5391	27.50 24.00 20.50 17.00 14.00 11.00 8.50 5.50	Wind Speed

Abbildung 13: Gemeinsame Verteilung von Windgeschwindigkeit und Andauerverhalten an den Punkten K13 (oben) und WP1 (unten). Die genauen Positionen sind jeweils in den rechten oberen Ecken der Tabellen dargestellt.

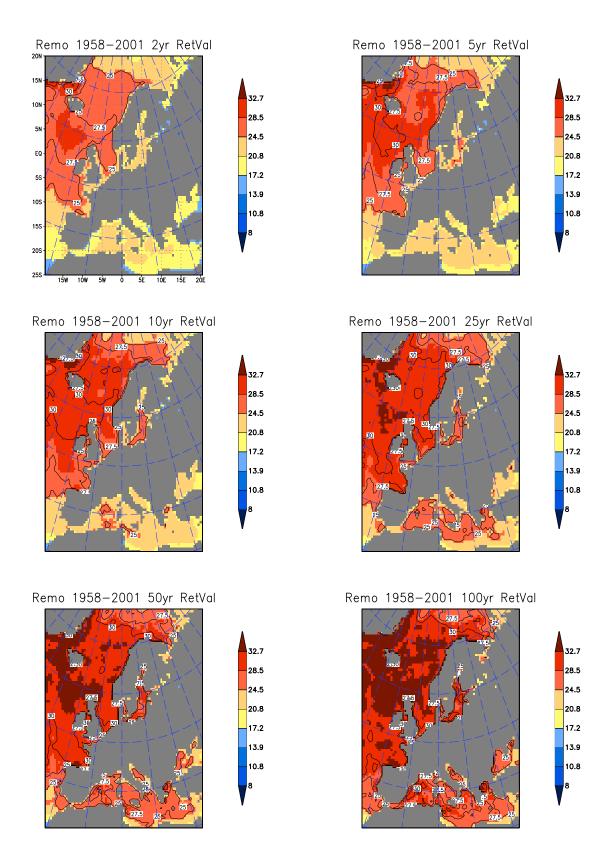


Abbildung 14: Aus dem atmosphärischen Hindcast ermittelte 2, 5, 10, 25, 50 und 100-jährige Wiederkehrwerte der Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe in ms⁻¹.

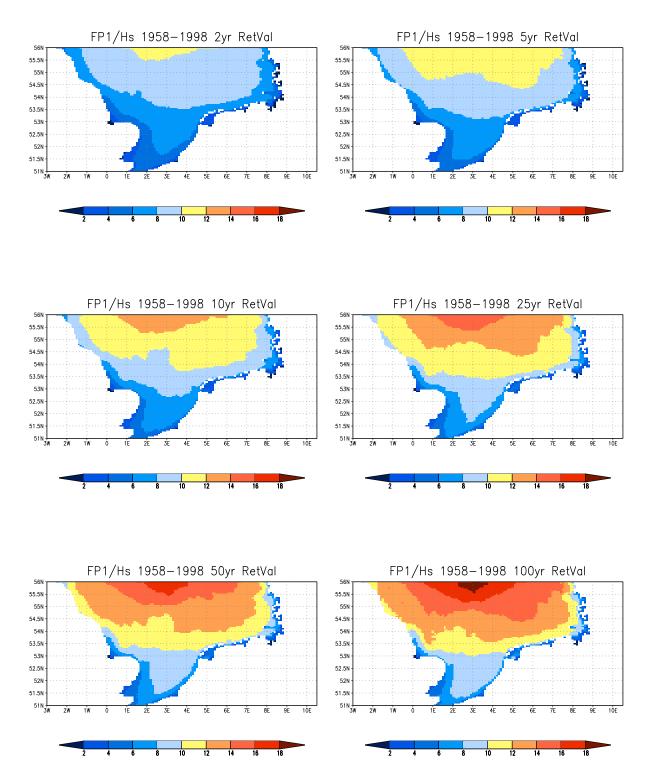


Abbildung 15: Aus dem Seegangshindcast ermittelte 2, 5, 10, 25, 50 und 100-jährige Wiederkehrwerte der signifikanten Wellenhöhe in m.

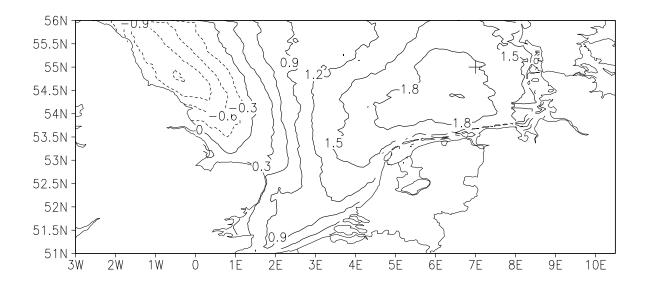


Abbildung 16: Trend des jährlichen 99% Percentils der signifikanten Wellenhöhe in cm/Jahr basierend auf den Daten des Seegangshindcasts. Der Mittelwert des 99% Percentils bei WP1 (Kreuz) liegt bei etwa 5.5 m.