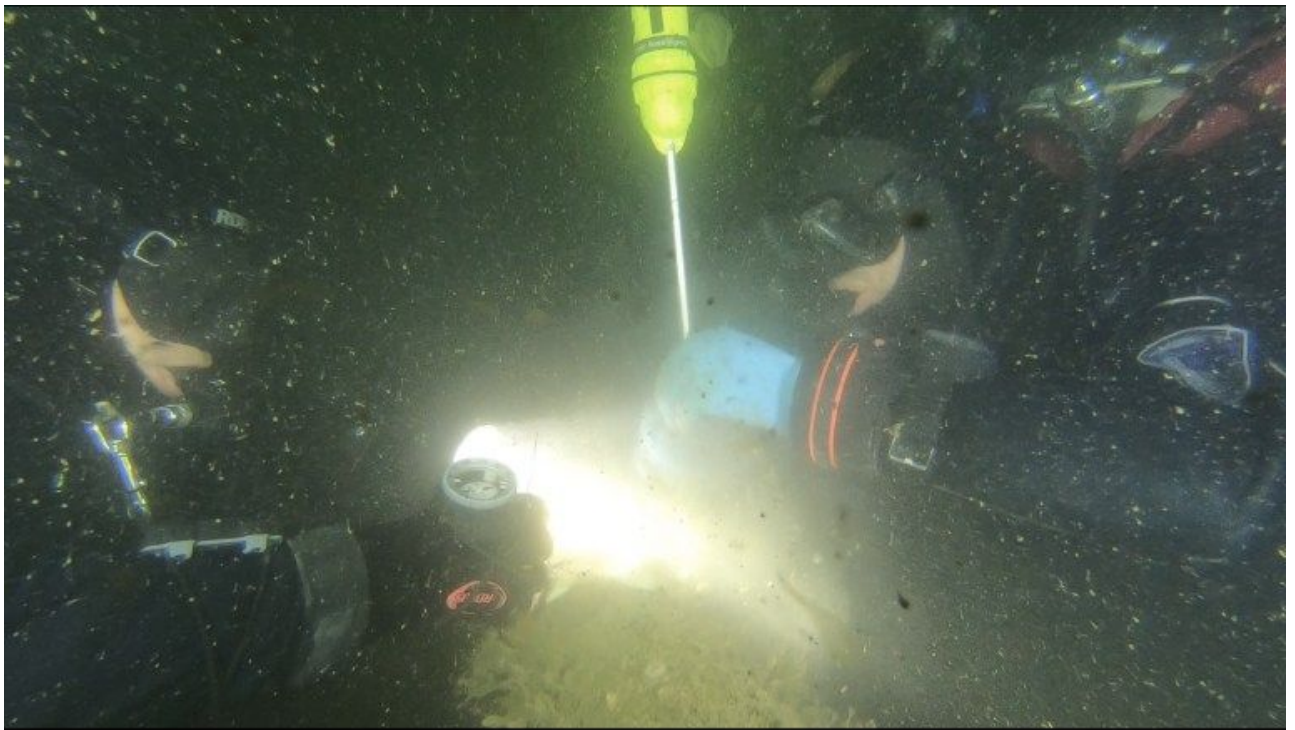


Die Gezeitentaucher Strömungssensor



Messzeitraum1:
01.06.2018 bis 14.10.2018
Messzeitraum2:
14.10.2018 bis 9.01.2018

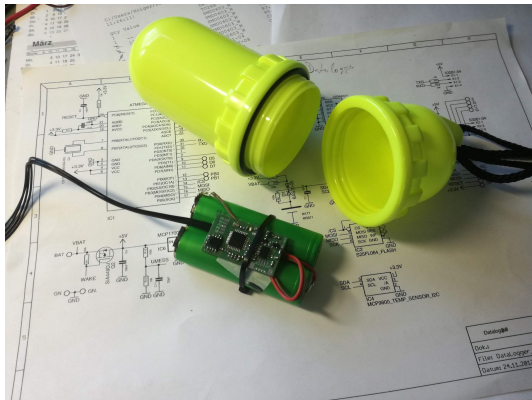
Dokument Version:
16.01.2019
Holger Buss

Intention	2
Meßverfahren	2
Position des Strömungssensors	3
Temperaturverlauf über den Messzeitraum	4
Strömungsverlauf über den Meßzeitraum	5
Stillwasser	6
Ruhiges Wetter vs. Schlechtes Wetter	7
Tidenangaben	8
Langes Stillwasser	9
Kurzes Stillwasser	9
Strömung während des Stillwassers	10
Prognose des Stillwassers	11
Prognose mittels Gezeitenvorhersagen	12
Korellation des Gezeitenkoeffizienten	13
Strömungsamplitude vs. Koeffizient	13
Stillwasserintegral vs. Koeffizient	14
Verlust und Abdriften des Sensors	15
Erfahrungen aus Tauchgängen	16
Fazit	16
Autor	16
Anhang: Gezeitenkoeffizienten	17

Intention

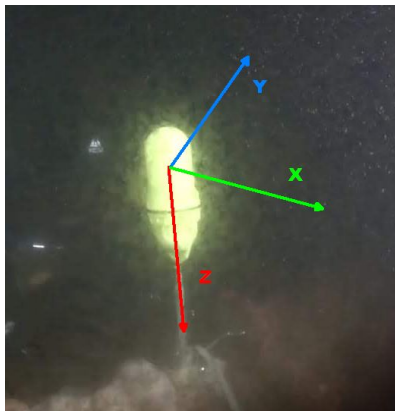
Die Gezeitentaucher tauchen in der Nordsee. Der ständige Gezeitenwechsel erzeugt starke Strömung, die das Tauchen in bestimmten Zeitfenstern zulässt. Nur in dem Moment, wenn die Tide kentert, nimmt die Strömung soweit ab, dass getaucht werden kann. Mit dem eigens dafür entwickelten Strömungssensor soll untersucht werden, wie sich die Strömung im Laufe der Zeit verhält und ob es möglich ist, die im Zeitfenster zu erwartende Strömung vorherzusagen.

Meßverfahren



Version 1
1.6.-14.10.2018

Version 2
14.10.2018 - 9.01.2019



$$Y = g \cdot \sin(\varphi_y)$$

$$X = g \cdot \sin(\varphi_x)$$

$$Z = g \cdot \cos(\varphi_{\text{gesamt}})$$

g = Erdbeschleunigung
 φ = Kippwinkel

Ein batteriebetriebener Datenlogger befindet sich in einem Schwimmer, der in der Nordsee an einem Wrack befestigt wird. Der Schwimmer ist so befestigt, dass er durch die Strömung zum Kippen gebracht wird. Ohne Strömung steht er senkrecht.

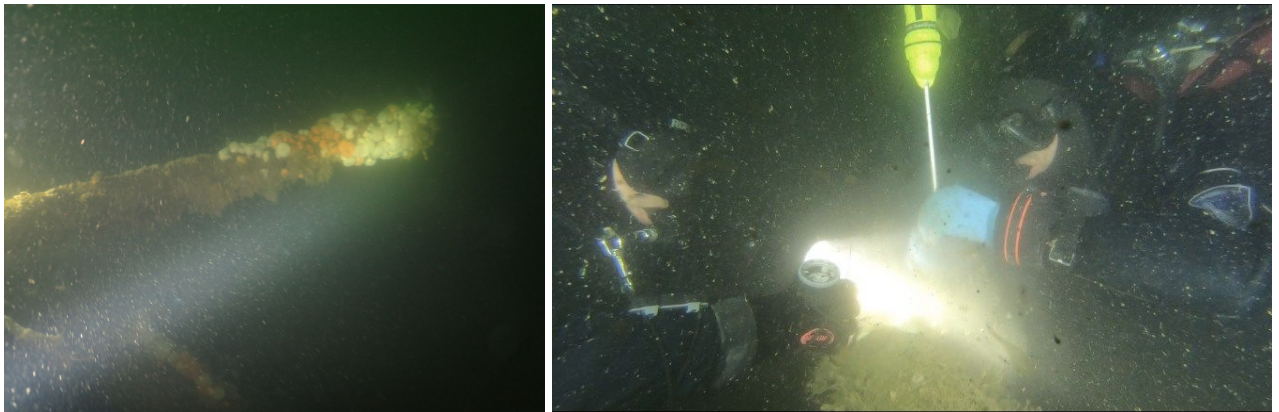
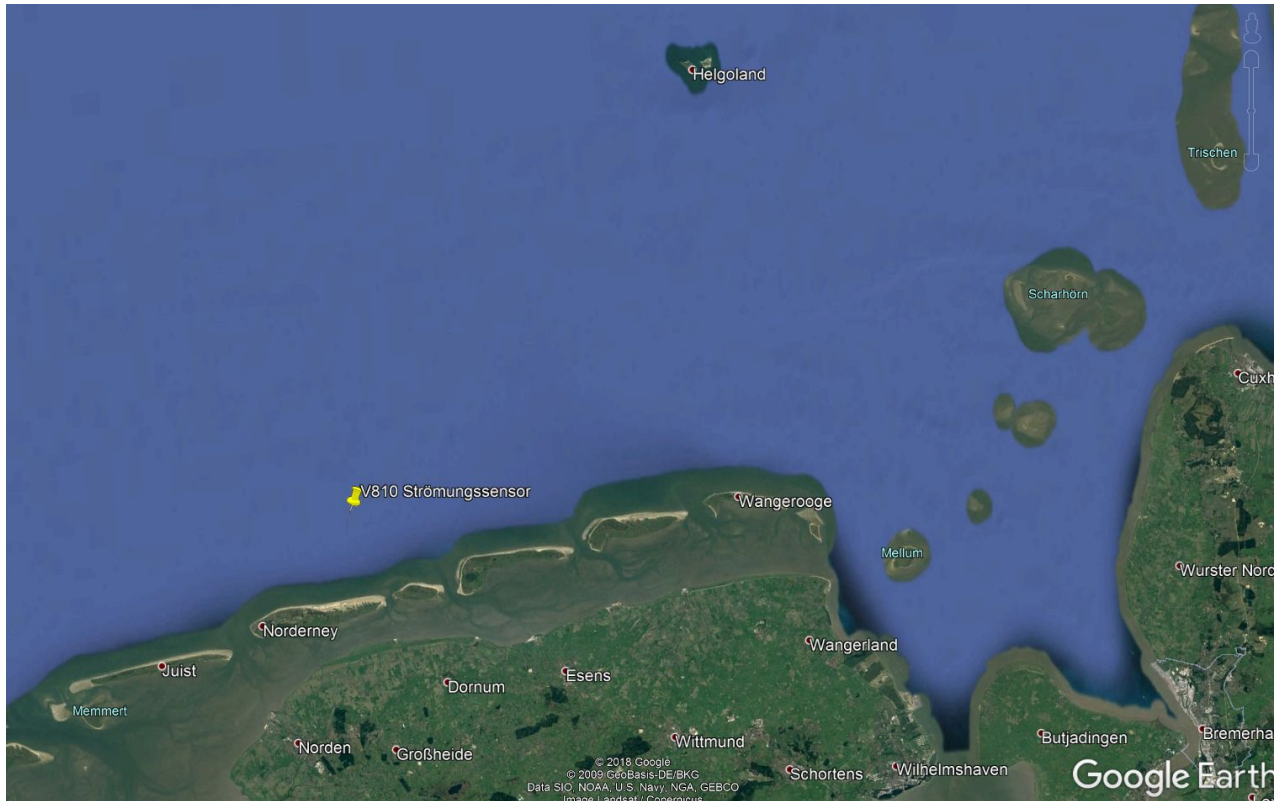
Die Elektronik wird durch eine Echtzeituhr im Intervall von drei Minuten geweckt und führt für 4 Sekunden eine Messung mit Mittelwertbildung durch. Die Daten werden in einem 8GB Flashspeicher gehalten. Zum Auslesen der Daten muss der Sensor geborgen werden.

Es hat sich gezeigt, dass die Z-Achse (senkrecht) den besten Wert für den Gesamtwert der Strömung liefert, weil sich dort die Seitwärtsbeschleunigungen beim Schwingen in der Strömung kaum bemerkbar machen. Die überarbeitete Version 2 lieferte verbesserte Werte, weil die Konstruktion mit der Stange für deutlichere Kippwinkel und eine höhere Dämpfung der Z-Achse gesorgt hat.

Aufgezeichnet werden:

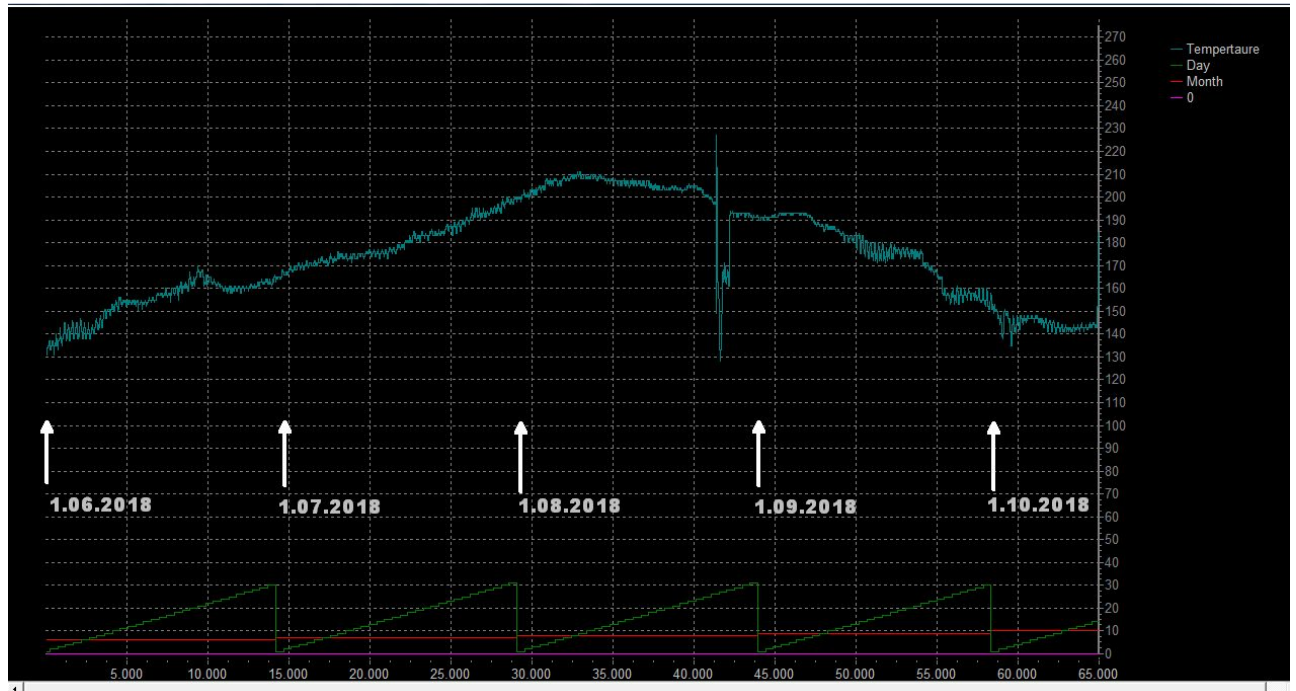
- Zeit und Datum
- Temperatur
- 3-Achsen Beschleunigungssensor als Neigungssensor

Position des Strömungssensors



Der Sensor wurde an einem Wrack (Vorpostenboot V810) an einer Bordkanone befestigt. Das ist ein markanter und erhobener Punkt des Wracks, der auch bei schlechter Sicht wiedergefunden werden kann. Die Wassertiefe ist ca. 27m.

Temperaturverlauf über den Messzeitraum



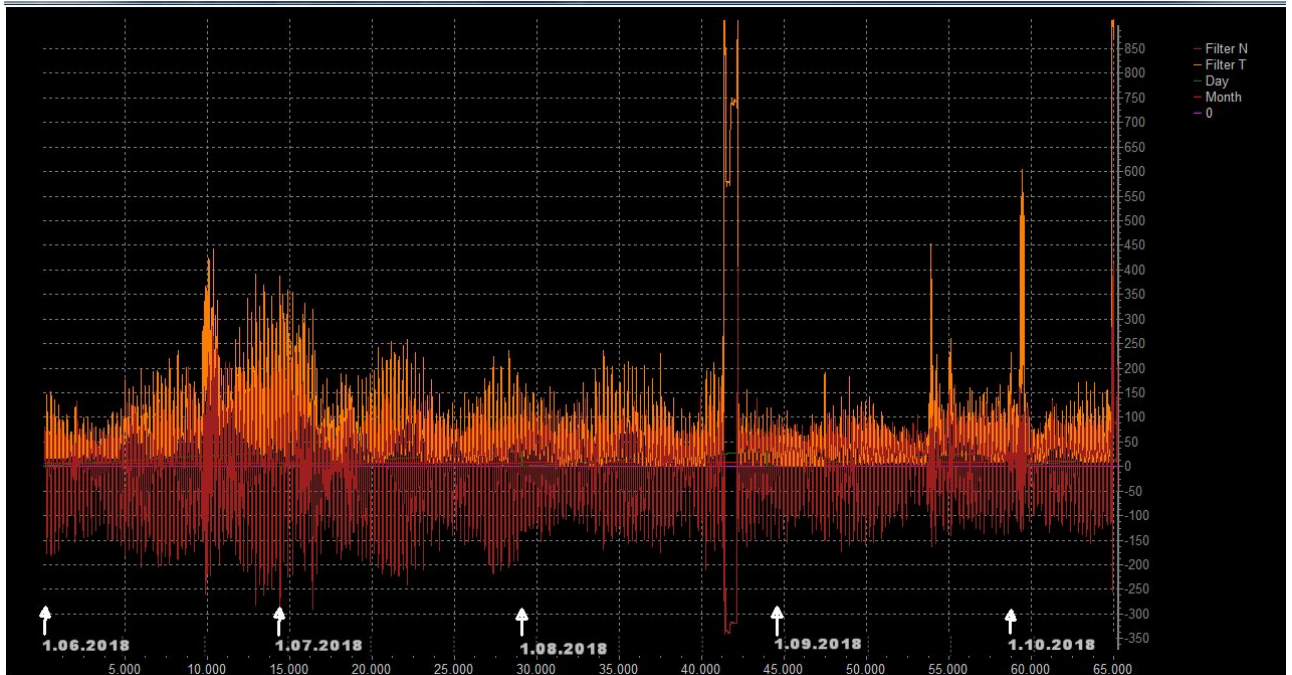
Messzeitraum1: 1.6.-14.10.2018



Messzeitraum2: 14.10.2018 - 09.01.2019

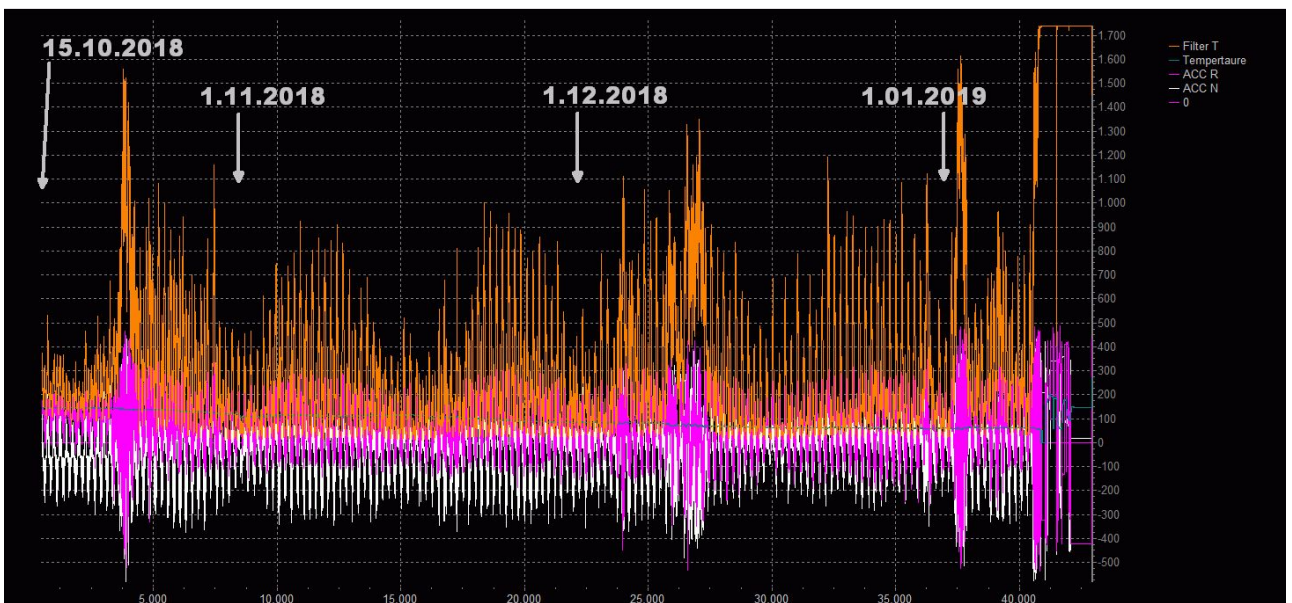
Hinweis: Der "Sägezahn" (grün) stellt den jeweiligen Tag des Monats dar.

Strömungsverlauf über den Meßzeitraum



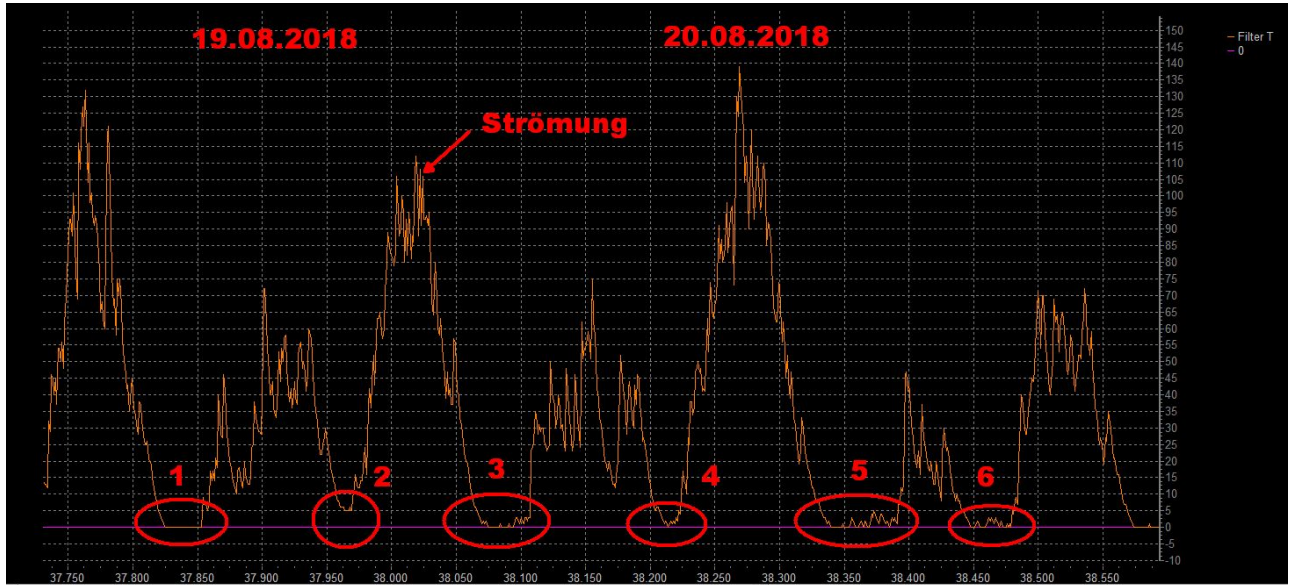
Messzeitraum1: 1.6.-14.10.2018

Hinweis: im Zeitraum 26.-28.08.2018 war der Sensor aus dem Wasser genommen und lieferte deshalb keine Daten



Messzeitraum2: 14.10.2018 - 09.01.2019

Stillwasser



Tauchen ist nur beim sog. Stillwasser möglich. Das tritt dann ein, wenn die Tide kentert. Also genau bei Hochwasser oder Niedrigwasser. In den Messergebnissen fällt dann der Messwert für einige Zeit auf Null. In der Grafik erkennt man, dass dieser Zeitraum unterschiedlich lang sein kann.

In dieser Aufzeichnung war der Zeitraum 1 etwa 60 Minuten lang.

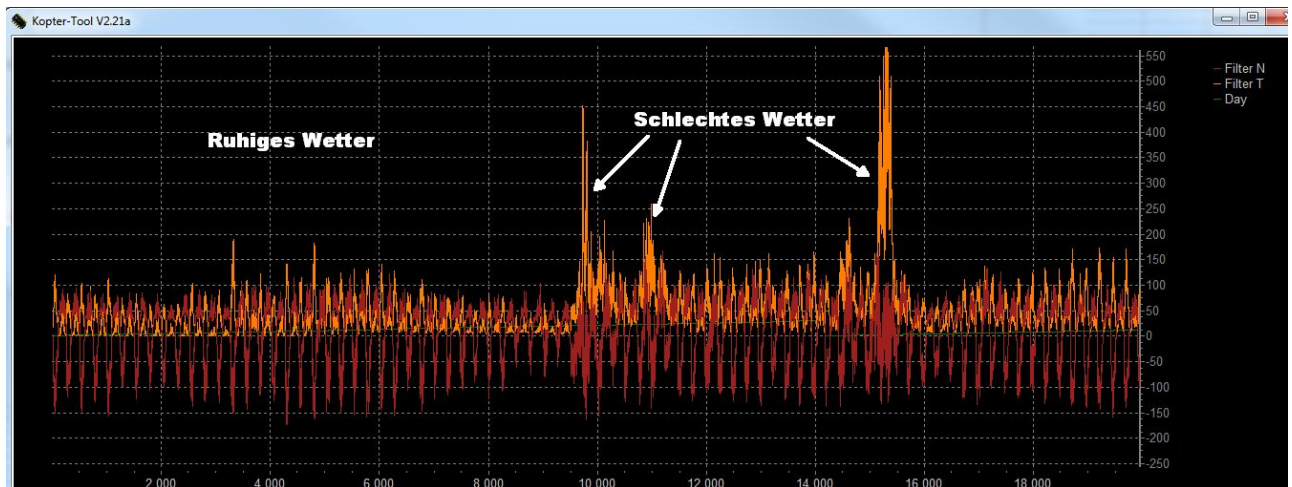
Zeitraum 5 war sogar fast 120 Minuten lang.

Dies war die prognostizierte Tide für den Zeitraum.

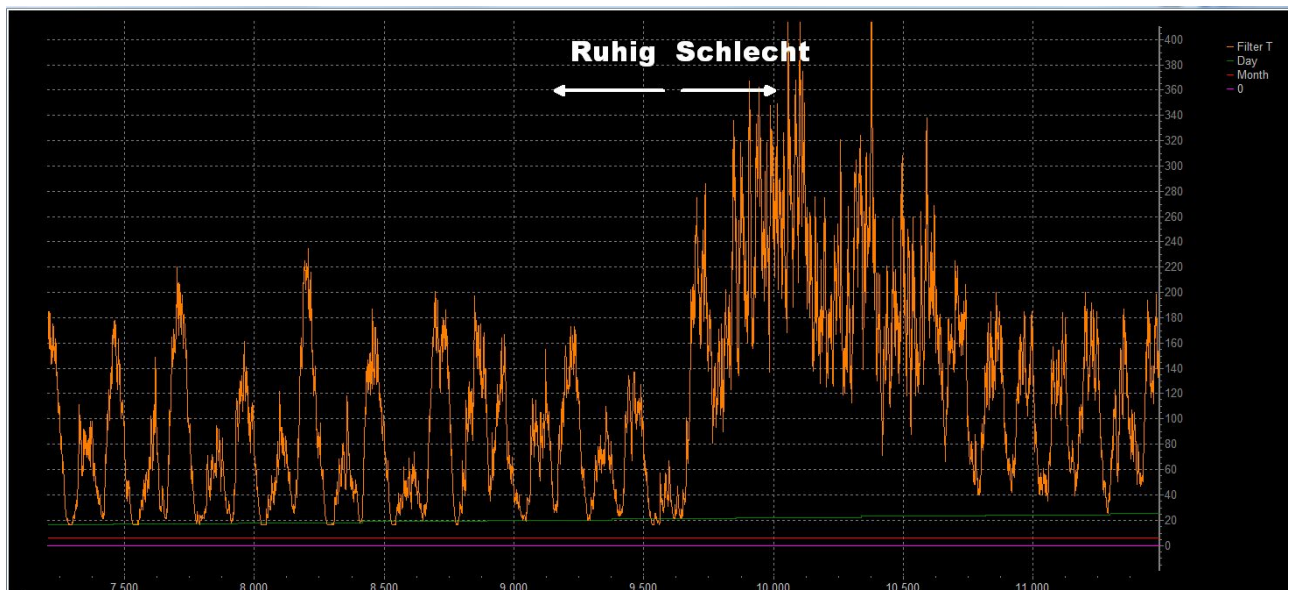
19 So		▲ 6:18 Uhr ▼ 20:52 Uhr	5:55 Uhr ▲ 2,9 m	12:05 Uhr ▼ 0,8 m	18:19 Uhr ▲ 3,0 m	40 niedrig	
20 Mo		▲ 6:20 Uhr ▼ 20:49 Uhr	0:34 Uhr ▼ 0,9 m	6:48 Uhr ▲ 2,8 m	12:58 Uhr ▼ 0,9 m	41 niedrig	

Quelle: gezeitenfisch.de

Ruhiges Wetter vs. Schlechtes Wetter



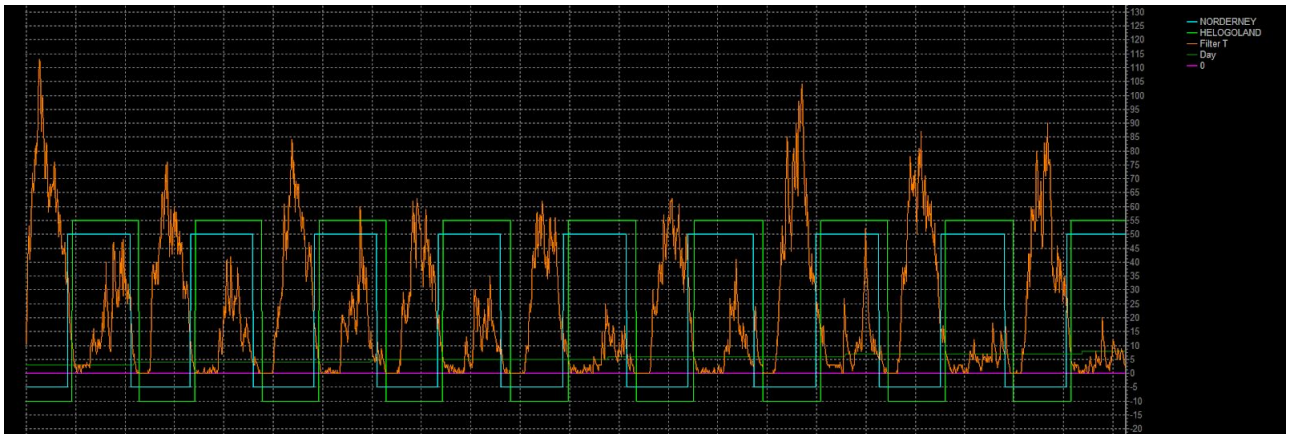
Bei schlechtem Wetter wurden Strömungen gemessen, die um das sechsfache stärker waren, als bei ruhigem Wetter.



In den Schlechtwetterphasen ist die Strömung deutlich erhöht und es gibt dann auch keine längeren Phasen ohne Strömung am Wrack.

Tidenangaben

Es wurde untersucht, wie sich das eintretende Stillwasser zu den prognostizierten Gezeiten von Helgoland und Norderney verhält.



In der Grafik wurden die prognostizierten Gezeitenangaben als Rechteck eingefügt.

Hoch = Flut

Niedrig = Ebbe



Für das Wrack V810 können wir beobachten:

- Bei Niedrigwasser tritt das Stillwasser kurz vor der gemeldeten Tide von Helgoland ein
- Bei Hochwasser tritt das Stillwasser genau zur gemeldeten Tide von Helgoland ein

Außerdem konnten wir beobachten, dass die Strömung bei Hochwasser deutlich geringer ist, als bei Niedrigwasser. Anscheinend ist die Strömung also stärker, wenn das Wasser wiederkommt.

Es lässt sich dabei allerdings nicht ganz ausschließen, dass dieser Effekt evtl. durch die Strömungsrichtung und etwaigen Strömungsschatten durch das Wrack erzeugt wird.

Um das auszuschließen, müsste ein anderer Standort für den Sensor ausgewählt werden.

Dauer des Stillwassers

Die Dauer des Stillwassers ist für den geplanten Tauchgang wichtig. Deshalb wurde untersucht, ob es einer Regelmäßigkeit unterliegt.

Langes Stillwasser



Hier zeigt der Sensor eindeutig für längere Zeit eine Strömung von Null an. Das Stillwasser tritt genau wie prognostiziert ein. Das wäre ideal für einen Tauchgang,

Kurzes Stillwasser



Hier geht die Strömung nur sehr kurz zurück und geht nicht auf Null. Taucher hätten hier immer Strömung.

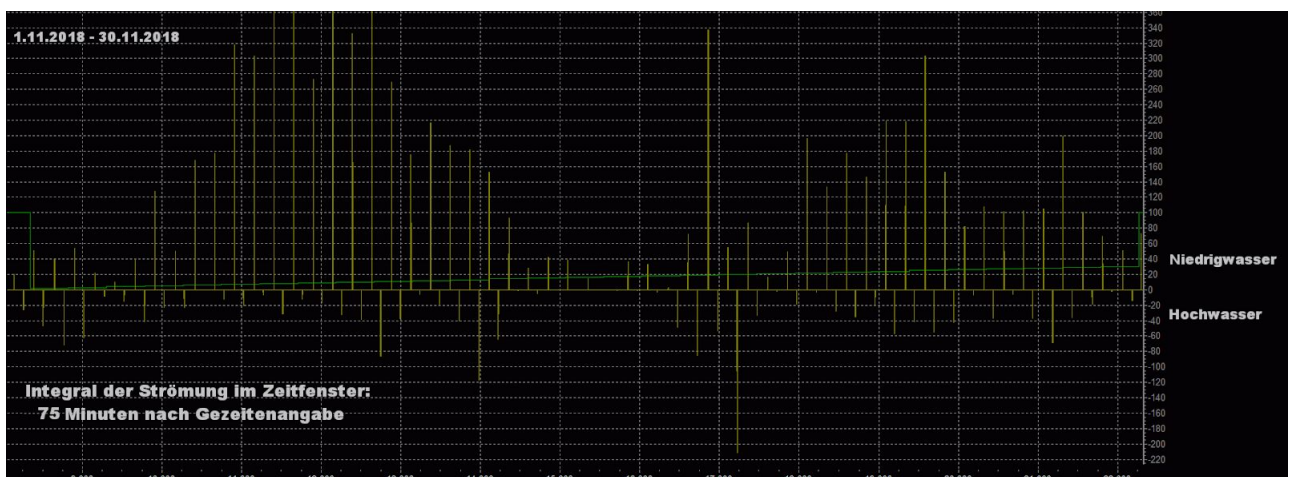
Strömung während des Stillwassers

Es wurde untersucht, wie stark die Strömung während eines Zeitfensters nach dem Tidenwechsel war. Das ist wichtig, um einschätzen zu können, welche Strömung der Taucher in dieser Zeit zu erwarten hat.

Dazu wurde der Wert der Strömung im Zeitfenster von 75 Minuten nach Tidenwechsel numerisch aufintegriert und dargestellt.



Integrationsverfahren



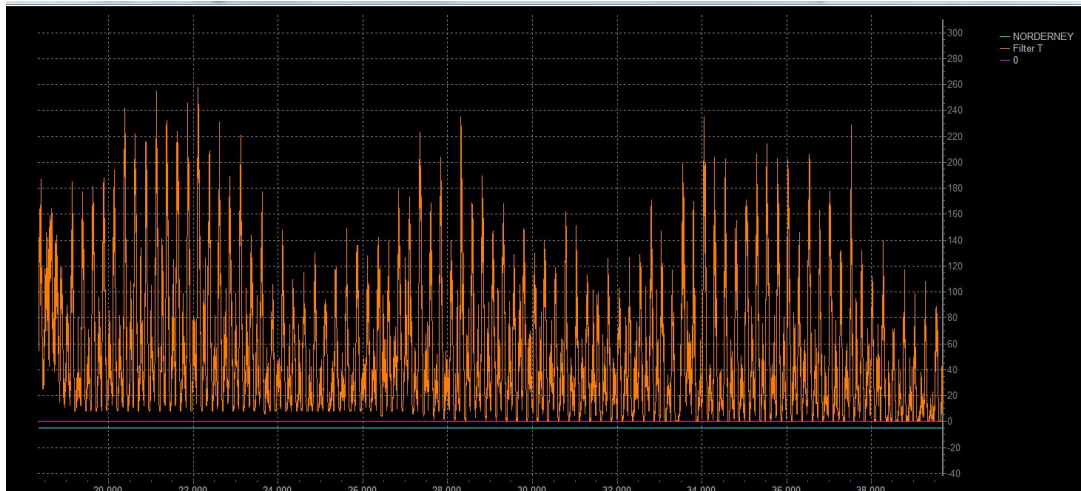
Das Integral der Strömung wurde bei Niedrigwasser positiv aufgetragen und bei Hochwasser als negativer Wert.

Es lässt sich deutlich erkennen, dass die Strömungen im Stillwasser-Zeitfenster bei Niedrigwasser deutlich höher sind, als bei Hochwasser.

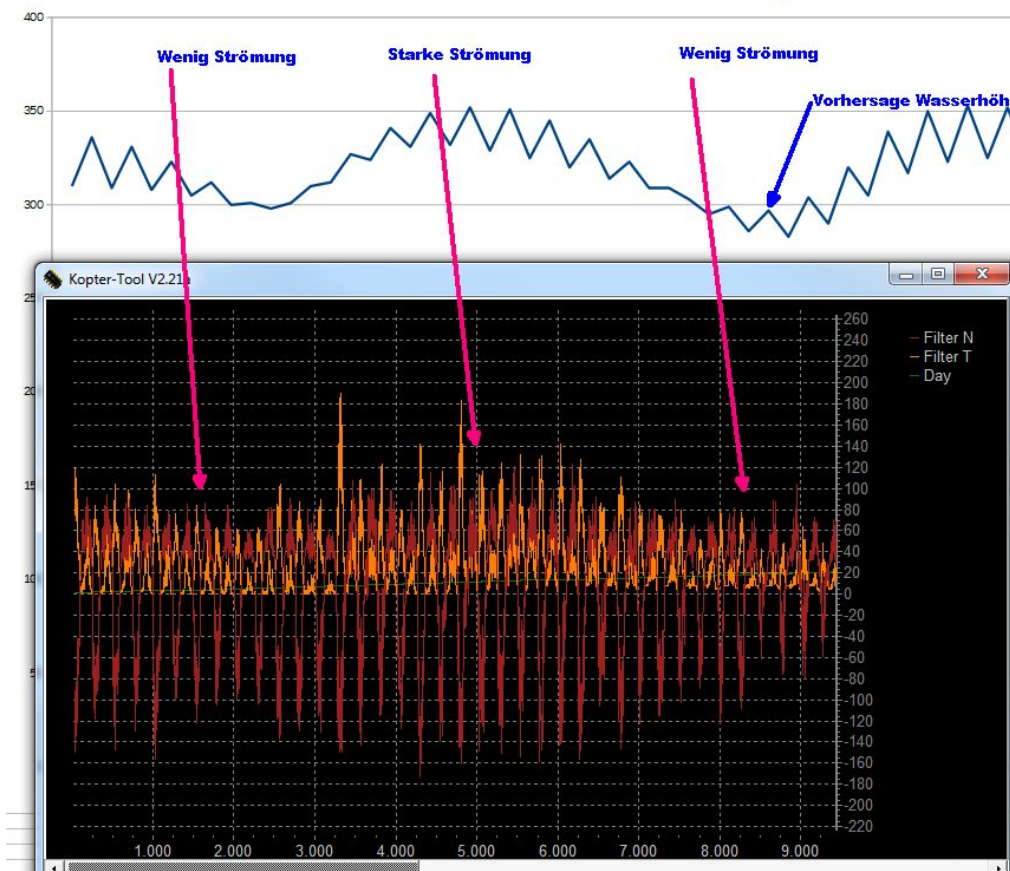
Prognose des Stillwassers

Man kann beobachten, dass die Dauer des Stillwassers länger ist, wenn die absolute Amplitude der Strömung niedrig ist und umgekehrt. Die Amplituden werden durch harmonische (Sinus) Schwingungen überlagert. Es gibt eine schnelle Schwingung durch die Erdrotation, die für Ebbe und Flut verantwortlich ist. Überlagert sind langsame Schwingungen, die durch die Umkreisung des Mondes und des Sonnenwinkels erzeugt werden (Nipptide / Springtide).

Eine Vorhersage der Amplitude der Strömung würde also vermutlich eine Vorhersage des Stillwassers ermöglichen.



Nun wurde die Amplitude der Strömung mit den gemeldeten Wasserständen korreliert.



Obere Kurve: Gemeldeter Pegel des Hochwassers.

Zusammenhang bei Hochwasser:

Man erkennt deutlich die gemeinsame Tendenz. Immer wenn das Hochwasser mit über 3,25m gemeldet war, gab es viel Strömung. Wenn es hingegen mit unter 3,25m gemeldet wurde, gab es weniger Strömung.

Zusammenhang bei Niedrigwasser:

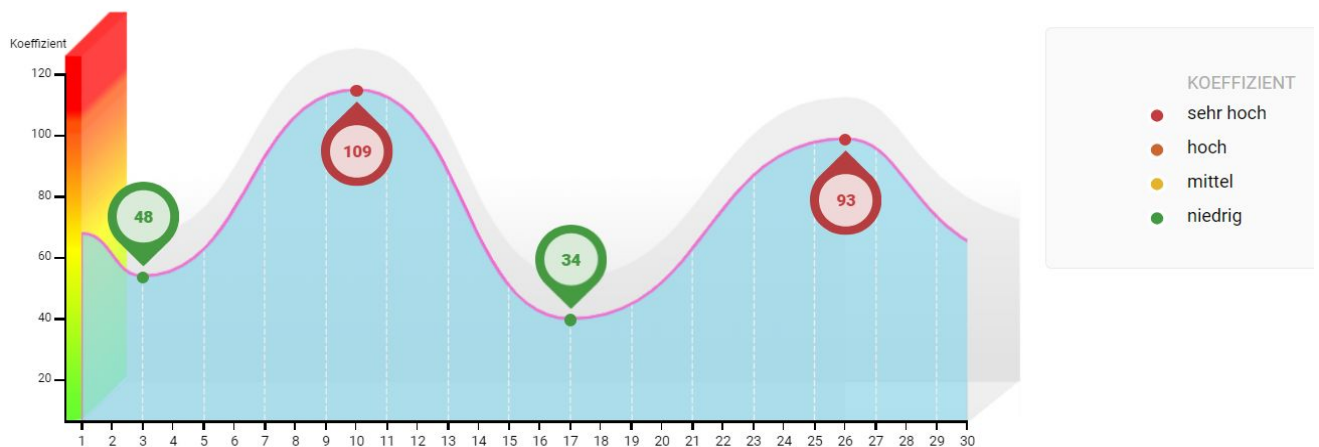
Wenn als Niedrigwasser mehr als 0,8m gemeldet wurde, war wenig Strömung zu erwarten. Wenn weniger als 0,8m gemeldet wurden, gab es viel Strömung.

Erklärung:

Starke Schwankung zwischen Hoch- und Niedrigwasser bedeutet, dass viel Wasser durch die Gezeiten transportiert wurden. Dabei ist allerdings nicht der absolute Wasserstand zu betrachten, sondern der relative - also die Differenz zwischen Ebbe und Flut. Ist diese gering, sind wenig Strömung und lange Stillwasserzeiten zu erwarten.

Prognose mittels Gezeitenvorhersagen

Auf der Webseite <https://gezeitenfisch.com/de/niedersachsen/norderney-riffgat> gibt es neben den Gezeitentabellen auch einen sog. Gezeitenkoeffizienten (Beiwert). Er ist ein Maß für die Differenz von Ebbe- und Flutpegel. Man kann auf der Webseite sowohl Prognosen für die Zukunft, als auch aus der Vergangenheit einsehen.



Quelle: gezeitenfisch.de (X-Achse = Tag des Monats)

Dieser Koeffizient gibt verblüffend genau die zu erwartende Strömung an.

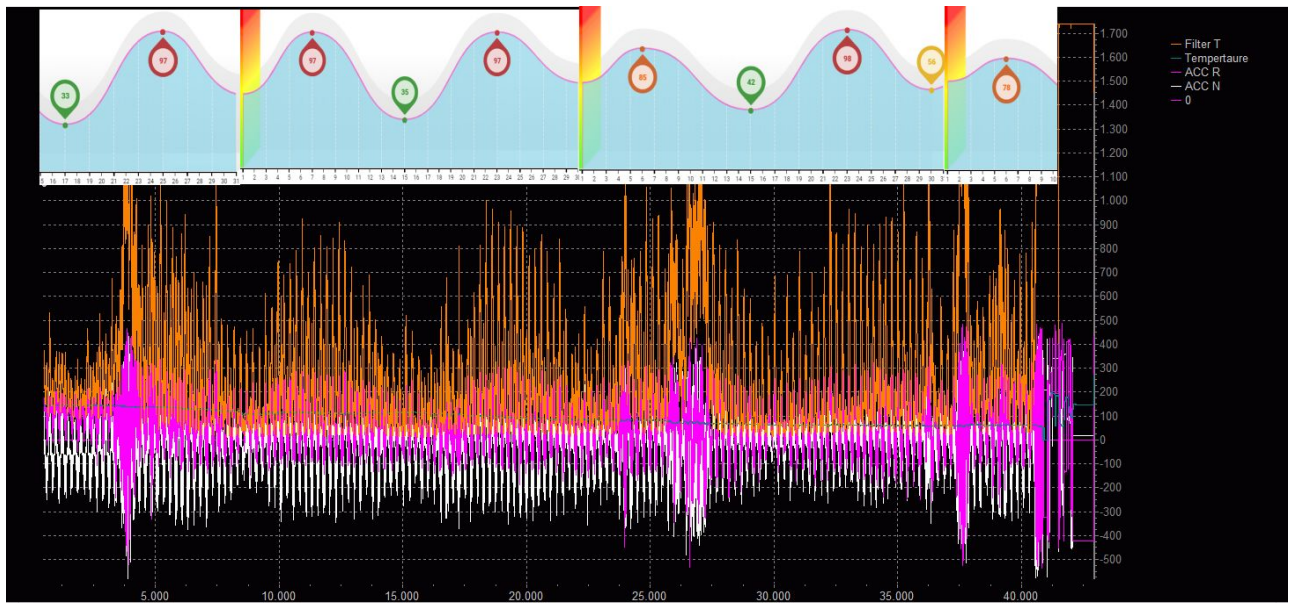
TAG	☾	☀	GEZEITEN VON NORDERNEY (RIFFGAT)				KOEFFIZIENT	AKTIVITÄT
			1. GEZEIT	2. GEZEIT	3. GEZEIT	4. GEZEIT		
1 Sa	☾	☀	3:42 Uhr ▲ 2,9 m	9:51 Uhr ▼ 0,7 m	15:56 Uhr ▲ 3,1 m	22:17 Uhr ▼ 0,7 m	62 mittel	🐟🐟🐟
2 So	☾	☀	4:20 Uhr ▲ 2,9 m	10:29 Uhr ▼ 0,8 m	16:39 Uhr ▲ 3,0 m	22:58 Uhr ▼ 0,8 m	53 mittel	🐟🐟🐟
3 Mo	☾	☀	5:05 Uhr ▲ 2,8 m	11:15 Uhr ▼ 0,9 m	17:33 Uhr ▲ 2,9 m	23:51 Uhr ▼ 0,9 m	48 niedrig	🐟🐟🐟
4 Di	☾	☀	6:08 Uhr ▲ 2,7 m	12:20 Uhr ▼ 1,0 m	18:46 Uhr ▲ 2,7 m		51 mittel	🐟🐟🐟
5 Mi	☾	☀	1:01 Uhr ▼ 1,1 m	7:22 Uhr ▲ 2,7 m	13:40 Uhr ▼ 1,0 m	20:01 Uhr ▲ 2,7 m	60 mittel	🐟🐟🐟

Quelle: gezeitenfisch.de

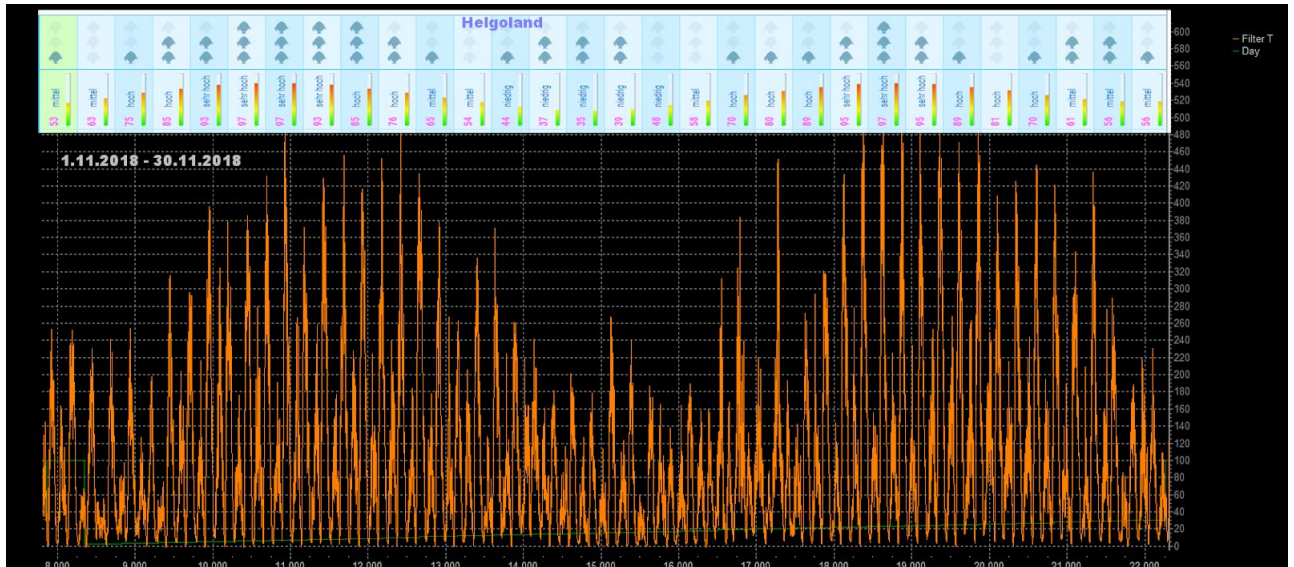
Korellation des Gezeitenkoeffizienten

Strömungsamplitude vs. Koeffizient

Es wurde untersucht, wie die Strömungsamplitude und der Koeffizient korrelieren.



Messzeitraum2: 14.10.2018 - 09.01.2019



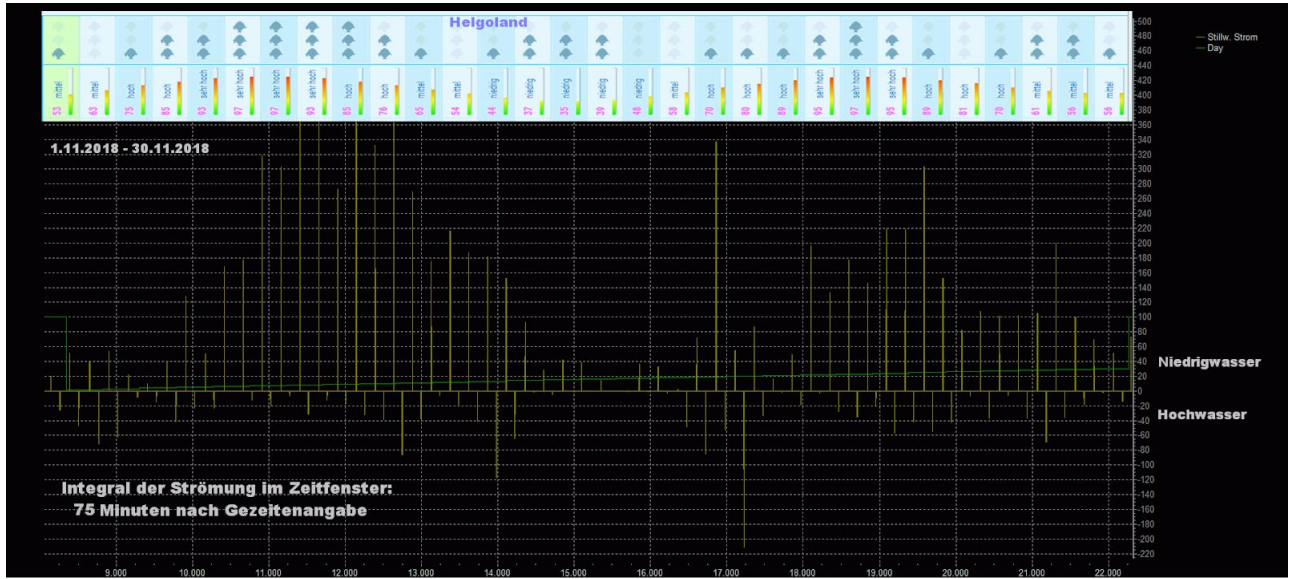
Strömung und Koeffizient. November 2018

Hier wurde der Tabellenausschnitt über die gemessene Strömung gelegt.
Es gibt eine eindeutige Deckung der Kurven.

Das bedeutet, dass sich die Strömungsamplituden mit dem prognostizierten Koeffizienten vorhersagen lassen.

Stillwasserintegral vs. Koeffizient

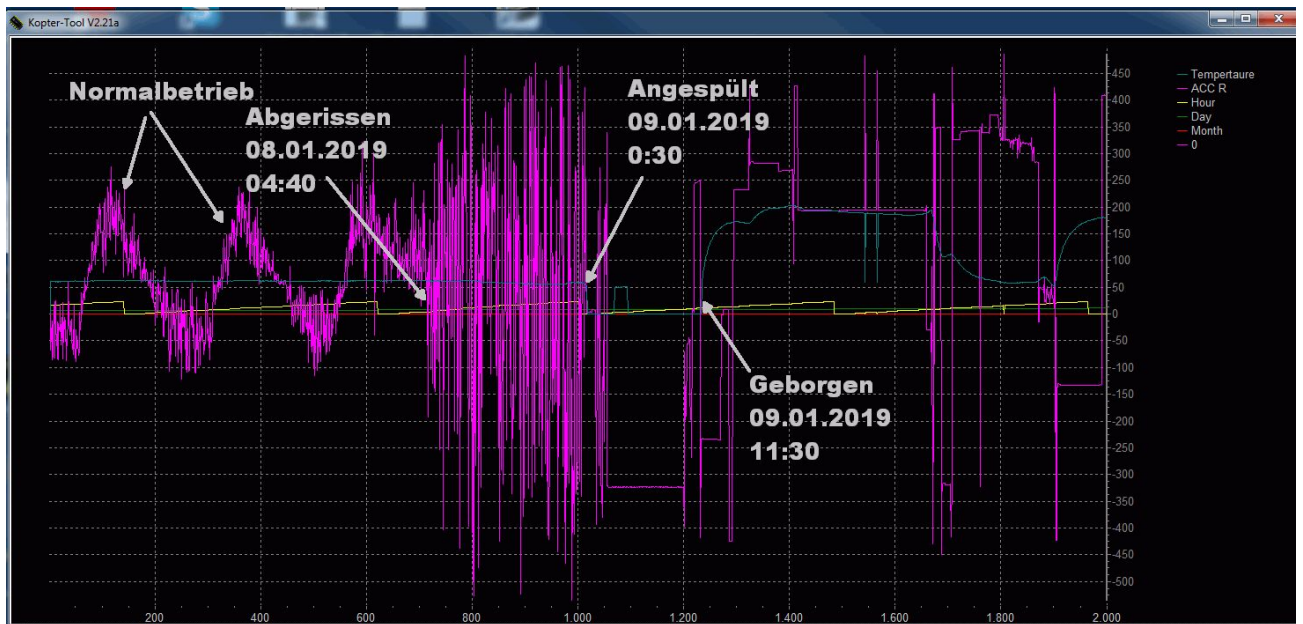
Es wurde untersucht, wie das Integral der Strömung im Stillwasserzeitfenster und der Koeffizient korrelieren.



Auch hier sieht man eine deutliche Übereinstimmung mit den Koeffizienten.

Verlust und Abdriften des Sensors

Es war geplant, den Sensor über die Wintermonate installiert zu lassen. Allerdings wurde er am 8.01.2019 bei Sturm abgerissen und trieb ab. Am 9.01. wurde er auf Langeoog angeschwemmt und glücklicherweise gefunden.



Dank der Hinweise "Sensor! Do NOT open!" und einer Emailadresse, konnten wir kontaktiert werden. Der Sensor wurde dann per Post verschickt.

Erfahrungen aus Tauchgängen



Am 24.09.2017 ist es uns gelungen, während eines Tauchganges das gesamte WrackX neanderförmig mit Kameras abzufilmen. Wir hatten an dem Tag ungewöhnlich langes Stillwasser (mind. 60minuten) und kaum Strömung. Gemeldet war ein Koeffizient von 63



Ein Paar Tage zuvor (am 5.09.2017) war die Strömung moderat aber hätte einen so langen Überflug über das Wrack nicht ermöglicht. Gemeldet war ein Koeffizient von 92

Fazit

1. Das einfache Meßprinzip hat gut funktioniert. Verbesserungen im Rauschverhalten der Messwerte konnten durch eine andere Aufhängung des Sensors verbessert werden. Ein entsprechender Sensor wurde am 14.10.2018 montiert und erfolgreich getestet.
2. Es konnten wichtige Daten erhoben werden, die zum Verständnis des Stillwassers beitragen konnten.
3. Es lässt sich beobachten, dass eine geringe Amplitude der maximalen Strömung auch längere Stillwasserzeiten zur Folge hat. Das ist eine wichtige Erkenntnis für Taucher.
4. Der Koeffizient bei <https://gezeitenfisch.com> lässt verblüffend genau Rückschlüsse auf die zu erwartende Strömung und damit auch auf die Dauer und Intensität des Stillwassers zu.
5. Die Strömung bei Hochwasser war an dem Messpunkt stets niedriger als bei Niedrigwasser. Das muss noch genauer untersucht werden.
6. Für das Wrack V810 bietet es sich an, eine Zeit zum Abtauchen kurz vor der gemeldeten Helgolantide zu wählen.

Autor

Dipl.Ing. Holger Buss
Moormerlandstrasse 39
D-26802 Moormerland
eMail: holger.buss@googlemail.com

Video zum Sensor: [hier](#)
Gezeitentaucher website: www.gezeitentaucher.de

Anhang: Gezeitenkoeffizienten

Gezeitenkoeffizienten 2018

TAG	JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ
1	100,102	105,104	104,106	100,97	86,82	68,65	67,65	68,66	62,57	53,49	53,57	61,65
2	103,103	101,98	106,106	93,88	78,74	62,58	63,60	63,60	53,50	47,47	63,69	69,72
3	101,99	93,88	104,100	83,77	69,64	55,51	58,56	57,55	48,48	50,55	75,80	75,78
4	95,91	82,76	96,91	71,64	59,54	48,46	54,52	53,52	51,55	61,68	85,90	81,83
5	86,80	69,62	85,78	58,52	49,44	44,43	51,50	51,53	60,67	75,83	93,96	84,85
6	75,69	56,50	71,64	46,40	41,38	43,45	50,52	55,59	74,81	89,95	97,97	85,85
7	64,59	45,41	57,51	36,33	36,36	47,51	54,57	63,69	88,95	100,103	97,95	84,82
8	54,51	39,38	45,39	32,33	38,41	55,59	60,65	75,81	100,104	105,106	93,89	80,78
9	48,47	39,41	35,33	35,39	45,50	65,70	69,74	87,93	107,109	106,104	85,81	75,71
10	47,47	44,48	32,34	45,50	55,61	75,80	79,84	98,102	109,107	101,96	76,71	68,64
11	49,51	52,56	37,42	56,63	67,73	85,89	89,93	104,106	104,100	91,86	65,60	60,56
12	54,57	61,65	47,52	69,75	79,84	93,96	96,99	106,105	95,89	79,72	54,49	53,49
13	60,63	70,74	58,64	80,86	89,93	98,99	100,101	102,98	82,75	66,59	44,40	46,44
14	66,69	77,80	69,74	90,94	97,99	99,98	100,98	93,88	67,60	52,46	37,35	42,41
15	72,74	83,85	79,84	97,99	100,100	95,92	96,92	82,75	53,46	40,35	35,36	42,43
16	76,77	87,88	88,91	100,100	99,97	89,85	88,83	68,61	41,36	33,32	39,43	46,49
17	78,79	88,88	94,96	99,97	94,90	80,75	78,72	55,50	34,33	33,36	48,53	53,58
18	79,79	87,85	96,96	93,89	85,79	71,67	67,62	45,42	35,38	40,45	58,64	63,68
19	78,77	83,80	95,93	83,78	74,69	63,60	58,54	40,40	42,47	50,56	70,75	73,78
20	75,73	76,72	90,86	71,65	64,60	58,57	51,50	41,44	53,58	62,68	80,85	83,87
21	71,68	67,62	82,76	59,55	57,56	57,57	49,50	47,51	63,68	73,78	89,92	91,94
22	65,62	58,54	70,64	51,50	56,57	59,60	51,53	56,60	73,78	83,87	95,96	96,97
23	60,57	51,50	58,53	51,54	60,63	62,64	55,58	64,68	82,85	91,94	97,97	98,97
24	55,53	50,53	50,48	59,64	66,69	66,68	61,64	72,75	88,90	95,97	95,93	95,93
25	53,54	58,64	49,52	69,75	72,75	70,72	67,69	78,81	92,93	97,96	89,85	89,85
26	56,59	70,77	57,63	80,84	78,80	73,74	71,73	83,84	93,92	94,91	81,76	81,76
27	64,69	84,91	70,76	88,91	81,82	75,75	75,76	85,85	90,87	87,82	70,65	72,67
28	75,81	96,101	83,89	93,94	83,83	75,75	77,77	85,84	84,79	76,71	61,58	64,60
29	87,93	/	94,98	94,93	82,81	74,73	77,77	83,80	74,69	65,59	56,55	58,57
30	97,101	/	101,102	91,89	79,77	71,69	76,75	78,74	63,58	54,51	56,58	56,57
31	104,105	/	102,102	/	74,72	/	73,71	70,66	/	49,50	/	58,60

2019

TAG	JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ
1	62,64	62,65	47,51	63,68	70,75	82,84	84,87	99,101	108,104	97,89	62,55	53,49
2	67,69	68,71	56,61	73,77	79,83	87,88	89,91	102,101	98,92	81,73	48,43	44,41
3	71,73	74,76	65,70	81,84	86,88	89,89	92,92	99,96	84,76	64,56	38,35	39,38
4	75,76	78,79	74,77	87,89	90,90	89,87	92,90	93,88	68,60	49,42	34,35	39,40
5	77,78	80,81	80,83	90,91	91,90	85,82	88,85	82,76	53,47	37,35	38,42	43,46
6	78,77	80,80	85,86	90,89	88,86	79,75	82,79	70,64	42,40	34,36	46,51	50,54
7	76,75	79,77	87,87	87,85	83,79	72,68	75,71	59,54	39,41	40,44	56,61	58,62
8	73,71	75,72	86,85	81,77	74,70	65,62	68,65	51,49	44,48	49,55	65,70	66,70
9	69,66	69,66	83,81	73,67	65,60	61,60	62,60	48,49	52,57	60,65	74,77	74,77
10	64,61	63,59	78,74	62,57	56,53	60,62	59,59	51,54	62,66	69,74	81,83	80,82
11	58,55	55,51	69,65	52,48	52,52	64,66	60,61	57,61	70,74	77,81	85,87	84,86
12	52,50	48,46	60,55	45,45	54,58	69,72	62,64	64,68	77,80	83,86	87,87	86,86
13	48,47	45,45	50,46	48,52	63,68	75,77	67,69	71,73	82,84	87,88	87,85	86,84
14	46,47	48,52	44,43	58,66	74,79	79,81	71,73	76,78	85,85	88,88	83,80	82,79
15	48,51	57,64	45,49	73,81	84,88	82,83	75,76	79,80	85,84	86,84	77,73	76,73
16	54,59	71,78	55,63	88,94	92,94	83,83	77,77	80,80	83,81	82,78	68,64	70,66
17	64,70	86,93	71,79	100,104	96,96	82,81	77,77	79,78	78,75	74,70	59,55	63,61
18	75,81	99,104	87,95	106,108	96,94	79,76	76,74	77,74	71,67	65,60	52,50	60,59
19	87,92	108,111	101,107	107,106	92,89	74,71	73,71	72,69	62,58	54,49	49,51	59,61
20	96,100	112,111	111,113	103,98	85,80	68,64	68,66	66,62	53,48	45,43	54,59	63,66
21	102,104	109,105	113,112	93,87	76,71	61,57	63,60	58,54	44,41	42,44	65,71	69,72
22	104,103	100,94	110,105	81,74	66,60	54,51	57,55	51,47	40,42	48,55	77,82	75,78
23	100,97	87,79	100,93	67,60	55,51	48,46	52,49	45,43	45,51	62,70	87,92	80,82
24	93,87	71,63	86,78	53,47	46,43	45,44	47,46	43,44	59,67	78,86	95,97	84,85
25	82,75	56,49	70,62	42,37	40,39	44,45	45,46	47,52	75,84	93,100	99,99	86,85
26	69,63	43,39	54,47	35,34	38,39	47,49	47,49	58,65	92,99	105,108	98,96	85,83
27	58,53	37,37	41,36	35,37	41,44	52,56	53,57	72,80	105,110	110,111	93,89	81,79
28	49,47	39,42	33,33	41,46	48,52	60,64	62,67	87,94	114,115	109,107	85,80	76,73
29	46,47	/	35,38	50,56	57,61	68,72	73,78	100,105	115,113	103,97	75,69	70,66
30	49,51	/	43,48	61,66	66,70	76,80	84,89	108,111	109,103	91,84	64,58	62,58
31	55,58	/	53,58	/	74,78	/	93,97	111,110	/	77,70	/	55,51

Quelle: Gezeitenfisch.com