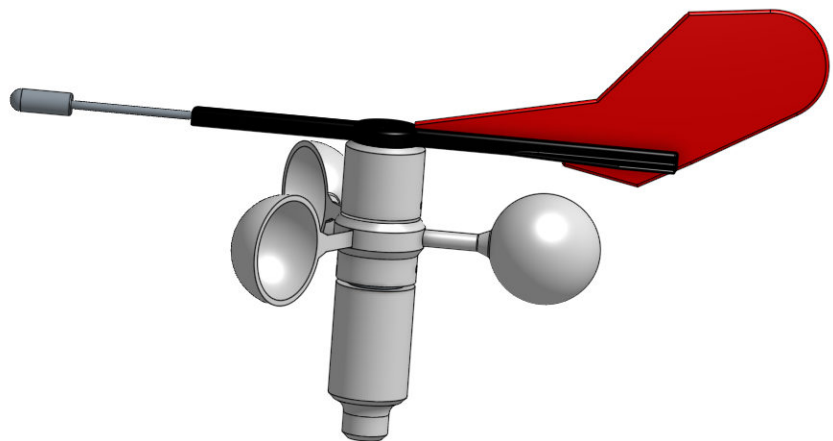


Technische Beschreibung

Windsensor WiFi 1000



Ersteller

Norbert Walter

Wiesbadener Str. 1
40225 Düsseldorf

norbert-walter@web.de

© Die Technische Beschreibung unterliegt der Creative Common Lizenz



Inhalt

1	Windsensor WiFi 1000.....	4
1.1	Vorbemerkung	4
1.2	Funktionsbeschreibung.....	4
1.3	Technische Daten	9
1.4	Einbau- und Sicherheitshinweise	10
1.5	Wartung	11
1.6	Entsorgung.....	11
1.7	Lizenzen.....	11
1.8	Haftungsausschluss.....	12
2	Anhang.....	13
2.1	Betriebsparameter	13
2.2	Protokollbeschreibung	14
2.3	Software Kompatibilitätsliste	15
2.4	Weiterführende Informationen	16

1 Windsensor WiFi 1000

1.1 Vorbemerkung

Der Windsensor ist im Rahmen eines Open Source Projektes unter Mitwirkung vieler aktiver Segler des Segelforums www.segeln-forum.de entstanden. Der Windsensor steht nicht direkt in Konkurrenz mit kommerziellen Produkten. Primär ging es darum die technischen Möglichkeiten neuer Technologien wie 3D-Druck in Verbindung mit innovativen Elektronikkomponenten wie den ESP8266 ⁶⁾ zu testen und in einem sinnvollen Produkt zu verwirklichen. Das technische Funktionsprinzip wurde dem patentgeschützten Windsensor der Firma Peet Bros entnommen und an die technischen Anforderungen angepasst. Das Patent ^{2,3)} ist derzeit abgelaufen, so dass das Funktionsprinzip von der Allgemeinheit verwendet werden darf. Es ist ein sicheres und einfaches Funktionsprinzip, das nur wenige Bauteile benötigt. Der Do It Yourself- Gedanke stand dabei im Vordergrund. Es wurde versucht einen Windsensor zu konstruieren, der von technisch interessierten Leuten selbst zusammengebaut werden kann und den seglerischen Anforderungen hinsichtlich Funktion und Genauigkeit entspricht. Es wurden ausschließlich Komponenten verwendet, die im Handel zu beziehen sind. Alle technischen Unterlagen und Softwarebestandteile wurden veröffentlicht, so dass Modifikationen und Verbesserungen jederzeit vorgenommen werden können.

1.2 Funktionsbeschreibung

Der Windsensor ist ein Schalen- Anemometer ⁴⁾ und dient zum Messen der Windrichtung und der Windgeschwindigkeit auf Booten. Sowohl die Windrichtung als auch die Windgeschwindigkeit werden mit je einem Hallsensor gemessen.

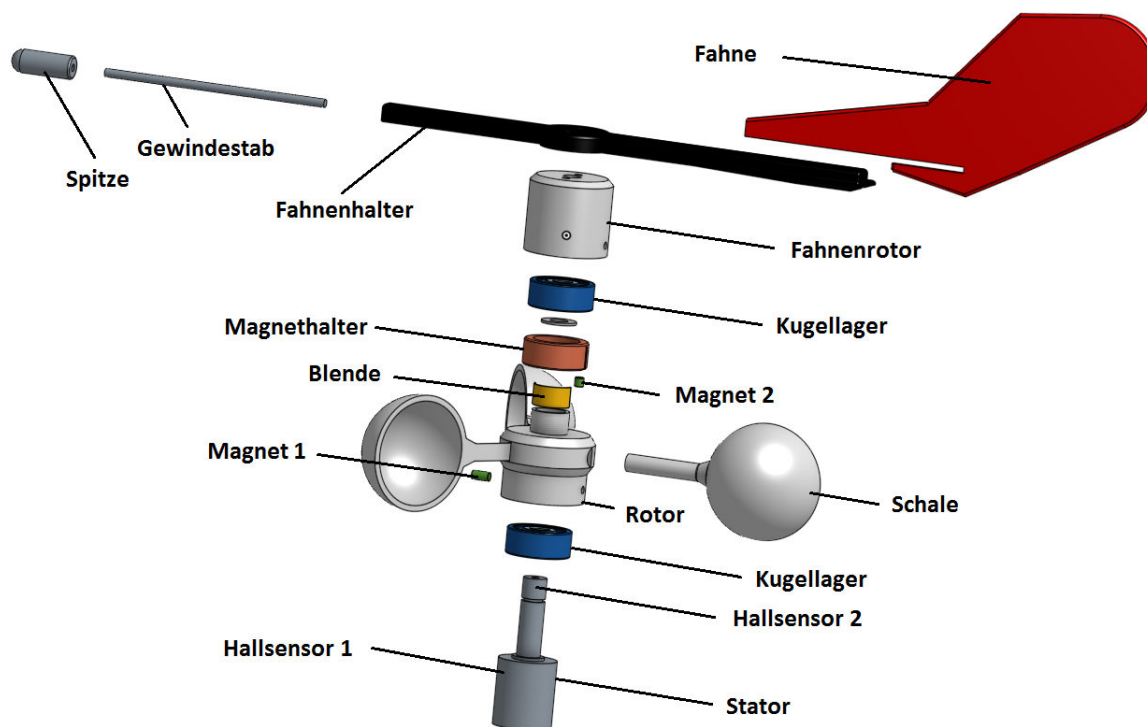


Abb.: Explosionsansicht Windsensor (oberer Teil)

Am Rotor des Schalenrades befindet sich der Magnet 1 der je Umdrehung am Hallsensor 1 vorbeiläuft und einen Impuls erzeugt. Über eine interruptgesteuerte Zeitmessung wird die Umlaufzeit t_1 bestimmt. Daraus lässt sich die Drehzahl n für den Rotor berechnen. Der Theorie nach kann über die Schnelllaufzahl s_1 eines Schalenanemometers die Windgeschwindigkeit bestimmt werden. Die nachfolgende Formel zeigt den Zusammenhang.

$$\lambda = \frac{u}{v} = \frac{\omega_r \cdot r}{v} = \frac{2\pi n \cdot r}{v}$$

Lamda (λ) ist die Schnelllaufzahl und stellt eine Konstante dar, die abhängig vom Typ des Schalenrades ist (Anzahl und Form der Schalen). Die Zahl liegt für ein typisches 3-flügliges Anemometer zwischen 0,3 und 0,4. Für den Windsensor wird der Wert 0,3 verwendet. Er bildet ziemlich genau die Realität ab. Im Vergleich mit einem Windmaster 2 stimmen beide Geräte überein, wenn man diesen Wert verwendet. Die Reibung der Lager spielt dabei nahezu keine Rolle. Unter Kenntnis des Radius r des Löffelrades kann mit Hilfe der Schnelllaufzahl die Windgeschwindigkeit v berechnet werden. Das Schalen-Anemometer ist ein Widerstandsläufer, da die rückläufige Schale die Drehbewegung abbremst. Allein durch die unterschiedlichen Luftwiderstandswerte von Rück- und Vorderseite der Schale, dreht sich das Schalenrad. Die Drehzahl ist nur vom Aufbau des Schalenrades abhängig. Die Reibung der Lager bestimmt nur, ab welcher Windgeschwindigkeit das Schalenrad anfängt zu drehen (Losbrechmoment der Kugelreibung im Lager). Gute Geräte mit Saphir-Nadelaufhängung beginnen ab 0,5 m/s, der vorgestellte Windsensor ungefähr bei 1...1.2 m/s.

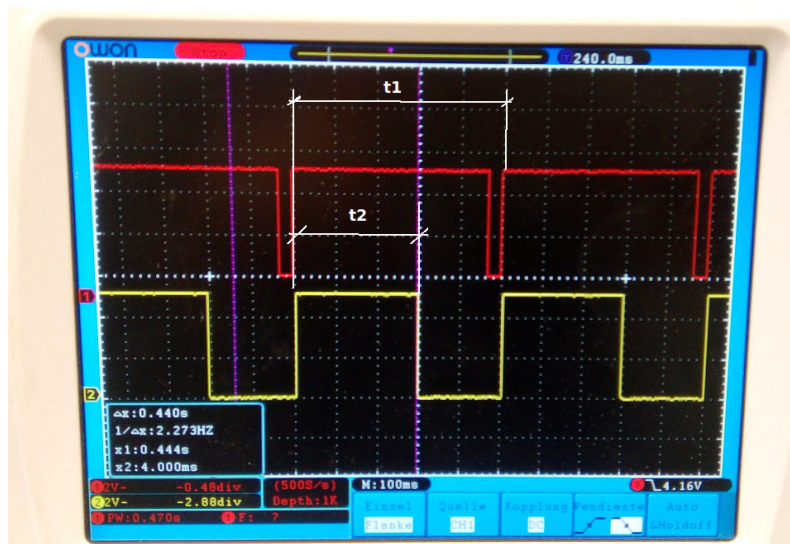


Abb.: Zeitliche Signalverläufe der Hallsensoren (rot Windgeschwindigkeit, gelb Windrichtung)

Die Windrichtung wird sehr trickreich bestimmt. Laut Patent, und das ist das Besondere daran, wird die Windrichtung nur mit zwei Digitalsensoren ermittelt. Der Magnet 2 an der Windfahne richtet sich je nach Windrichtung aus und das rotierende Schalenrad führt eine magnetische Blende am Windfahnen-Magneten vorbei und unterbricht das Magnetfeld des Hallsensors 2 zur Windrichtungsmessung. Die Windrichtung lässt sich über die Zeitspanne t_2 berechnen. Die Zeit t_2 variiert dann je nach Windrichtung zwischen 0 und t_1 . Das bedeutet aber gleichzeitig, dass die Windrichtung nur bestimmt werden kann, wenn sich das Schalenrad dreht. Das ist aber nicht weiter tragisch, da die Windrichtung nicht interessiert, wenn der Wind nicht weht. Die einzige unschöne Sache ist, dass mit Zunahme der Windgeschwindigkeit die Genauigkeit der Windrichtungsbestimmung nachlässt, da weniger Zeit zur Verfügung steht die Zeit von t_1 und t_2 mit Timer-Ticks zu bestimmen. Im ESP8266 gibt es nur einen Millisekunden- Timer, der jeder Millisekunde einen Counter erhöht und die Zeit von t_1 und t_2 in ms bestimmt. Bei Windstärke 12 bft (140km/h) dreht sich das Löffelrad mit ca. 30 U/s. Da verbleiben nur noch 30 ms oder 30 Counts zur Zeitbestimmung für eine Umdrehung. Die Zeitbestimmung von t_1 und t_2 wird damit ungenauer. Die Tabelle Betriebsparameter im Anhang zeigt

diesen Zusammenhang. Dieser Effekt ist aber nicht so tragisch, da es mit zunehmender Windstärke nicht mehr so sehr interessiert woher der Wind genau weht.

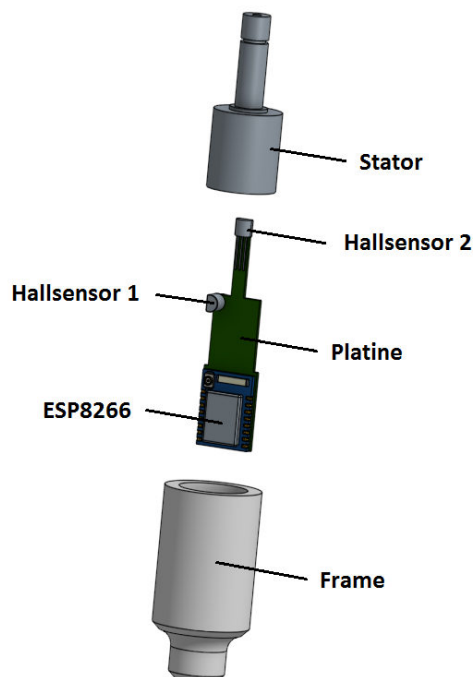


Abb.: Explosionsansicht Windsensor (unterer Teil)

Zur Signalauswertung befindet sich eine Platine im Stator. Auf der Platine sind die Hallsensoren, das Mini- Embedded- Modul ESP8266 ⁶⁾, die Ansteuerelektronik und die Stromversorgung untergebracht. Die Hallsensoren erzeugen Digitalsignale beim Vorbeilaufen der Magnete die vom ESP8266 erfasst und ausgewertet werden. Der ESP8266 ist ein hoch miniaturisierter Minicomputer mit WLAN- Modul der in C und anderen Programmiersprachen programmiert werden kann. In der Arduino Entwicklungsumgebung ⁸⁾ sind bereits alle Komponenten für den ESP8266 integriert, so dass man komfortabel auf eine große Anzahl von Softwarebibliotheken für die Programmierung zurückgreifen kann. Die Platine ist zum Wemos D1 mini ⁷⁾ Embedded- Modul kompatibel und hat die Programmierlogik bereits auf der Platine integriert. Mit einem Seriell- USB- Wandler für 3,3V Logikpegel kann der ESP8266 komfortabel über die Aduino IDE programmiert werden. Auf der Platine befinden sich 6 Anschlüsse zur Programmierung und zur Stromversorgung.

Der Windsensor kann sich in ein bestehendes WLAN-Netzwerk selbständig einbuchen und ist dann ein dauerhaftes Mitglied des Netzwerks. Ist im selben Netzwerk eine Auswertesoftware wie z.B. OpenPlotter ¹⁴⁾ aktiv, so können die Messdaten des Windsensors von OpenPlotter ausgelesen und angezeigt werden. Als Datenprotokoll wird hauptsächlich NMEA0183 ¹⁰⁾ verwendet. Es stehen aber auch andere Protokolle zur Auswahl. Grundsätzlich kann auch jede andere Software wie z.B. AvNav ¹⁶⁾ zur Datenauswertung benutzt werden, sofern sie NMEA0183 Datensätze per Netzwerk einlesen und verarbeiten kann (siehe Anhang: Software Kompatibilitätsliste). Es ist zu beachten, dass immer nur ein Netzwerkteilnehmer mit dem Windsensor verbunden sein kann. Mehrfache Verbindungen zum Windsensor sind nicht möglich. Über OpenPlotter können jedoch die Daten des Windsensors auch zeitgleich an mehrere Teilnehmer ausgegeben werden. So lassen sich auch kommerzielle Sensoren einbinden, wenn man ein NMEA2000/NMEA0183- Gateway wie z.B. den Actisense NGW-1 benutzt. Die Daten beider Netzsysteme werden über das Gateway ausgetauscht. Auch die Sensordaten des NMEA200 Netzwerks lassen sich dann in OpenPlotter auswerten und anzeigen. Ebenso können Daten von OpenPlotter in das NMEA2000- Netzwerk eingespeist und die Daten über die Bordinstrumente angezeigt werden.

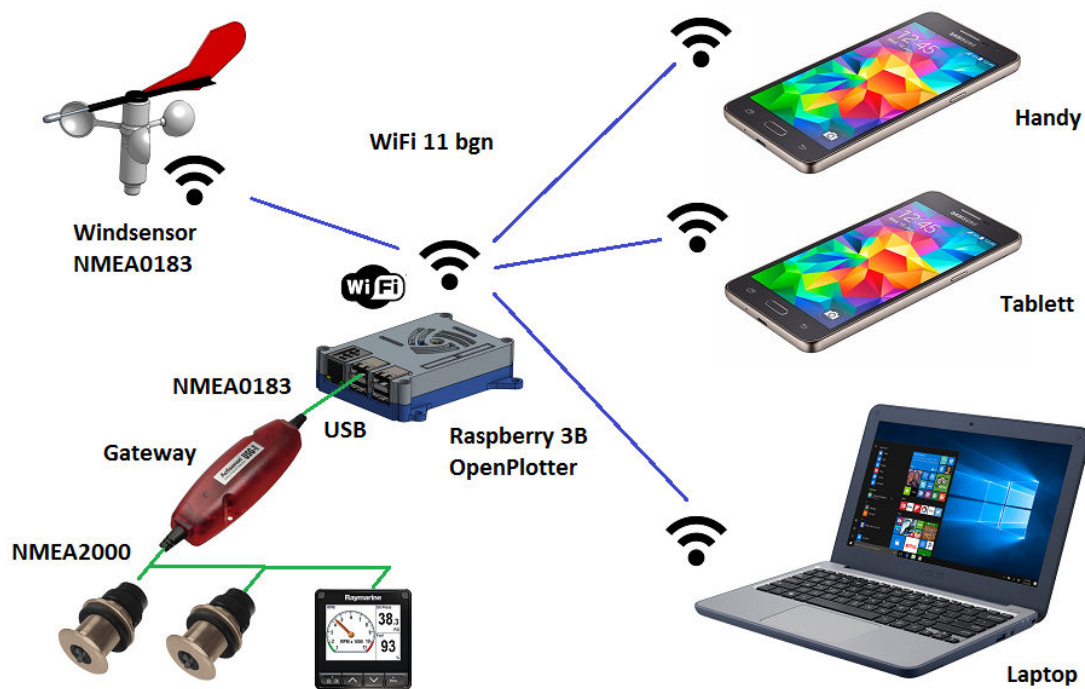


Abb.: Verbindungsmöglichkeiten mit OpenPlotter als zentraler Datenserver und mehrere Endgeräte (Point to Multipoint)

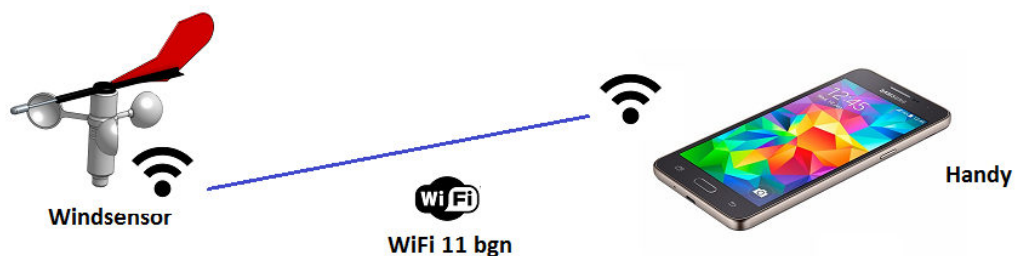


Abb.: Direktverbindung zwischen Windsensor und Endgerät (Point to Point)

Zur Parametrierung des Windsensors ist im Windsensor ein Access Point integriert, der ein eigenes unabhängiges Netzwerk aufspannt. Über ein Webinterface kann die Parametrierung oder ein Softwareupdate vorgenommen werden. Der Access Point ist nur nutzbar, wenn keine weitere Verbindung zu einer Auswertesoftware besteht.

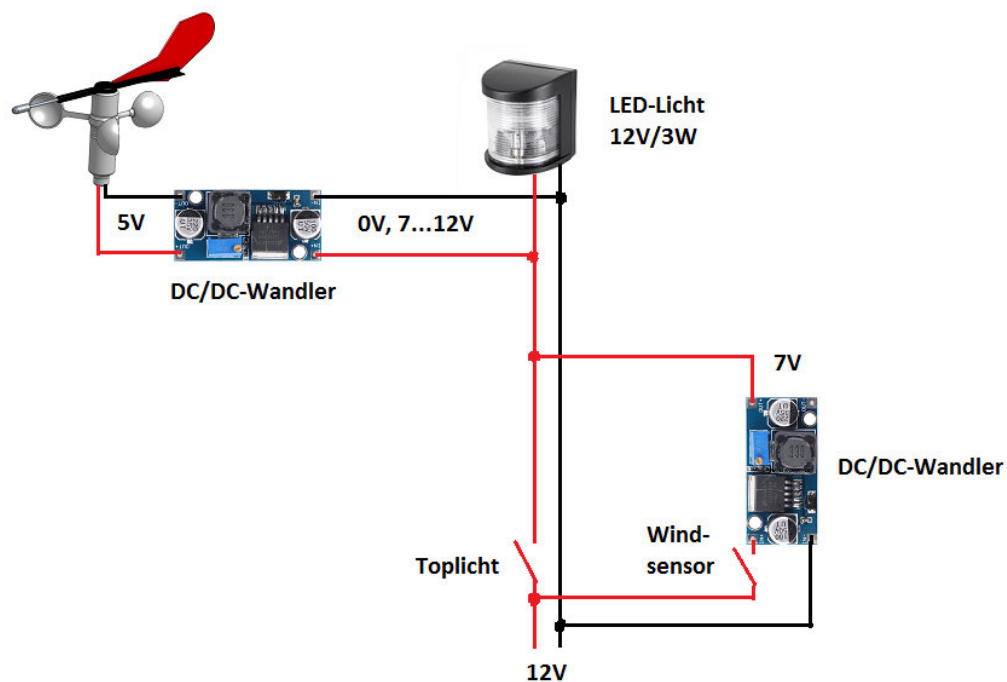


Abb.: Stromversorgung über das Toplicht im Mast

Für die Stromversorgung des Windsensors muss nicht unbedingt ein eigenes Kabel im Mast eingezogen werden. Man kann den Strom vom Toplicht abgreifen und den Windsensor damit versorgen. Durch einen vorgeschalteten DC/DC-Wandler arbeitet der Sensor im Bereich zwischen 7V...12V. Verwendet man eine LED-Lampe als Toplicht, so kann man mit reduzierter Eingangsspannung von 7V dafür sorgen, dass nur der Windsensor versorgt wird die LED-Lampe aber noch nicht leuchtet. Soll beides funktionieren, so muss man nur eine Spannung von 12V anlegen. Somit kann der Windsensor ohne große Umbauten und Erweiterungen in bestehende Systeme eingebaut werden.

1.3 Technische Daten

Bezeichnung	Wert / Wertebereich	Bemerkung
Windgeschwindigkeit	0...40 m/s, 0...78 kn	
Start Geschwindigkeit	1 m/s	
Windrichtung	0...360°	
Auflösung Windrichtung	0,3...6° bei 0...40kn	
Funktionstyp	magnetisch, Hallsensor	
Umgebungstemperatur	0...60°C	
Lagertemperatur	-10...80°C	
Luftfeuchtigkeit	0...100%	
Stromversorgung	5V	verpolungssicher
Leitungsaufnahme	1W	typisch
Datenübertragung	WiFi 11 bgn	
Datenrate	3 Mbit	
Reichweite	ca. 50 m	im Freifeld
Datenprotokolle	NMEA0183 WiFi	
	NMEA0183 seriell	3,3V Logikpegel
	JSON WiFi	
	HTTP Access Point	für Parametrierung
	TCP Socket	Datenverbindung
NMEA0183 Datentypen	MWV	Details siehe Anhang
	VWR	
	VPW	
	INF	Custom Code
Dichtheitsklasse	IP63, IPX3	gegen Sprühwasser geschützt
Abmessungen L x B x H	295 x 180 x 170 mm	ohne Rohr und Fuß
Gewicht	275 g	mit Rohr und Fuß
	165 g	ohne Rohr und Fuß
Kunststoff	PLA: Gehäuseteile	lackiert
Metalle	Alu: Stator, Rohr, Fuß	seewasserbeständig
	V4A: Spitze, Gewindestab	
	V4A: Schrauben, Muttern	
Zulassungen	keine	
Garantie	keine	
Lizenzen	CC-BY-NC-SA	Hardware
	OpenSource, GPL 3.0	Software

1.4 Einbau- und Sicherheitshinweise

Der Windsensor sollte so am Mast angebaut werden, dass ein genügender Abstand zu anderen Bauteilen wie Positionslichtern, Antennen oder ähnliches vorhanden ist. Anderenfalls können Windturbulenzen entstehen und die Messergebnisse verfälscht werden. Besonders die Windrichtungsmessung ist davon betroffen. Grundsätzlich sollte der Windsensor senkrecht an ausreichend dimensionierten Aufnahmen installiert werden. Durch Seegang und Lage können große Kräfte auf den Windsensor übertragen werden. Besonders bei hohen Windstärken können große Dreh- und Trägheitsmomente am Rotor auftreten die sich auf den Befestigungsfuß übertragen.

Hinweise



Auf senkrechte Ausrichtung des Windsensors am Mast achten.

Windfahne und Schalenrad vor dem Anbau demontieren, um Beschädigungen zu vermeiden.

Windsensor in Schiffsmittellinie ausrichten (siehe Markierung) und Madenschraube anziehen. Schrauben mit Sicherungslack gegen versehentliches Lösen sichern.

In der Zuleitung des Windsensors muss eine elektrische Abschalteneinrichtung für Überlast (Sicherung) vorhanden sein.

Elektrische Verbindungen gegen Feuchtigkeit schützen und einen Zugentlastung vorsehen, damit sich das Eigengewicht der Leitungen im Mast nicht auf die Anschlussleitungen überträgt.

Flugrost kann an den Magneten anhaften und die Beweglichkeit der Bauteile beeinträchtigen. Die Messwerte sind dann unter Umständen verfälscht.

Wenn möglich, Windfahne und Schalenrad vor Frost schützen und vor dem Winterlager demontieren.

Bei Schräglage des Schiffes kann die Windrichtungsanzeige verfälscht werden.

Warnungen



Der Windsensor ist nur ein technisches Hilfsmittel und darf nicht in sicherheitskritischen Bereichen eingesetzt werden. Bei Kopplung mit Autopiloten besteht die Gefahr von Leib und Leben durch Fehlfunktionen. Es wird keine Haftung für unmittelbare und indirekte Schäden übernommen. Der Schiffsführer muss jederzeit die Fähigkeit besitzen auch bei Ausfall des Windsensors das Schiff zu beherrschen.

Bei Kollisionen mit dem Windsensor muss das Gerät außer Betrieb genommen und auf Beschädigungen untersucht werden. Gegebenenfalls sind beschädigte Teile auszutauschen. Erst danach darf es wieder in Betrieb genommen werden.

Die Versorgungsspannung des Windsensors an Pin 1 und 6 darf 6V nicht übersteigen. Der Sensor kann bei längerem Betrieb an 12V thermisch zerstört werden. Daher niemals den Sensor direkt mit dem 12V Bordnetz verbinden. Es muss immer ein DC/DC-Wandler vorgeschaltet werden.

In regelmäßigen Abständen den Zustand aller Bauteile des Windsensors auf Beschädigungen überprüfen. Besonders die Kunststoffteile sind durch UV-Strahlung hohen Belastungen ausgesetzt. Brüchige Kunststoffteile umgehend durch Neuteile ersetzen. Es besteht die Gefahr herabstürzender Bauteile.

Die M10- Schraube am Befestigungsfuß nicht zu fest anziehen. Es besteht die Gefahr, dass das Gewinde abreißt.

1.5 Wartung

Der Windsensor bedarf keiner besonderen Wartung im Betrieb. In regelmäßigen Abständen sollte eine Inspektion des Sensors vorgenommen werden. Dazu werden die Windfahne und das Schalenrad abgenommen und auf Verunreinigungen untersucht. Besonders an den Magneten kann sich Flugrost ansammeln, der zu entfernen ist. Die Kugellager sind auf Leichtlauf und geringes Spiel zu untersuchen. Die Lager können bei Bedarf mit Alkohol gereinigt und mit Silikonöl eingeeölt werden. Spröde und rissige Kunststoffteile müssen ausgetauscht werden.

1.6 Entsorgung



Nach dem Ende der Nutzungsdauer kann der Windsensor in die Einzelteile zerlegt und nach Materialien sortiert werden. Die Kunststoff- und Metallteile können über das Duale Hausmüll-Entsorgungssystem entsorgt werden.



Die Elektronikplatine darf nicht in den Hausmüll gelangen und ist der kommunalen Wertstoffentsorgung zu übergeben.

1.7 Lizenzen



Die technischen Beschreibungen, Schaltpläne, Konstruktionszeichnungen und 3D-Modelle des Windsensors genannt Werke unterliegen der Creative Commons (CC) Lizenz by-nc-sa. Alle Werke dürfen unter Nennung des Urhebers für nicht kommerzielle Zwecke vervielfältigt und modifiziert werden. Daraus abgeleitete Werke unterliegen der selben Lizenz und können nicht anderweitig lizenziert werden.



Die Software des Windsensors unterliegt der GPLv3. Die Software gilt als Open Source und kann von jedermann vervielfältigt, modifiziert und vertrieben werden. Die abgeleiteten Werke unterliegen ebenfalls der GPLv3. Der volle Textlaut der GPLv3 kann unter XXX im Detail nachgelesen werden.

1.8 Haftungsausschluss

Die gesamte Konstruktion des Windsensors wurde unter großer Sorgfalt und technischem Sachverstand vorgenommen. Die Konstruktion kann jedoch unter bestimmten Umständen eine fehlerhafte Funktion aufweisen. Für daraus entstandenen Schaden, Regress und Rechtsansprüche kann keine Haftung übernommen werden. Eine Garantie auf Funktionssicherheit wird nicht abgegeben. Der Windsensor wird vom Nutzer so genutzt wie er ist.

2 Anhang

2.1 Betriebsparameter

v	v	v	v	n	t	Winkel- Auflösung
[m/s]	[kn]	[bft]	[km/h]	[1/s]	[ms]	[°]
0	0,0	0,0	0,0	0,0		
1	1,9	0,7	3,6	0,8	1256,6	0,3
2	3,9	1,3	7,2	1,6	628,3	0,6
3	5,8	1,8	10,8	2,4	418,9	0,9
4	7,8	2,3	14,4	3,2	314,2	1,1
5	9,7	2,7	18,0	4,0	251,3	1,4
6	11,7	3,2	21,6	4,8	209,4	1,7
7	13,6	3,6	25,2	5,6	179,5	2,0
8	15,6	4,0	28,8	6,4	157,1	2,3
9	17,5	4,4	32,4	7,2	139,6	2,6
10	19,4	4,8	36,0	8,0	125,7	2,9
11	21,4	5,2	39,6	8,8	114,2	3,2
12	23,3	5,5	43,2	9,5	104,7	3,4
13	25,3	5,9	46,8	10,3	96,7	3,7
14	27,2	6,2	50,4	11,1	89,8	4,0
15	29,2	6,5	54,0	11,9	83,8	4,3
16	31,1	6,8	57,6	12,7	78,5	4,6
17	33,0	7,1	61,2	13,5	73,9	4,9
18	35,0	7,4	64,8	14,3	69,8	5,2
19	36,9	7,6	68,4	15,1	66,1	5,4
20	38,9	7,9	72,0	15,9	62,8	5,7
21	40,8	8,1	75,6	16,7	59,8	6,0
22	42,8	8,4	79,2	17,5	57,1	6,3
23	44,7	8,6	82,8	18,3	54,6	6,6
24	46,7	8,9	86,4	19,1	52,4	6,9
25	48,6	9,1	90,0	19,9	50,3	7,2
26	50,5	9,4	93,6	20,7	48,3	7,4
27	52,5	9,6	97,2	21,5	46,5	7,7
28	54,4	9,8	100,8	22,3	44,9	8,0
29	56,4	10,1	104,4	23,1	43,3	8,3
30	58,3	10,3	108,0	23,9	41,9	8,6
31	60,3	10,6	111,6	24,7	40,5	8,9
32	62,2	10,8	115,2	25,5	39,3	9,2
33	64,1	11,1	118,8	26,3	38,1	9,5
34	66,1	11,4	122,4	27,1	37,0	9,7
35	68,0	11,6	126,0	27,9	35,9	10,0
36	70,0	11,9	129,6	28,6	34,9	10,3
37	71,9	12,2	133,2	29,4	34,0	10,6
38	73,9	12,5	136,8	30,2	33,1	10,9
39	75,8	12,8	140,4	31,0	32,2	11,2
40	77,8	13,1	144,0	31,8	31,4	11,5

2.2 Protokollbeschreibung

MWV – Windgeschwindigkeit und Windrichtung

```

      1  2 3 4 5 6
      |  | | | |
$--MWV,x.x,a,x.x,a*hh<CR><LF>

```

Feld Nummer:

- 1) Windrichtung, 0...360°
- 2) Art, R = Relativ, T = Wahrer Wind
- 3) Windgeschwindigkeit
- 4) Einheit der Windgeschwindigkeit, K/M/N
- 5) Status, A = gültig
- 6) Checksumme

VWR - Relative Windgeschwindigkeit und Windrichtung

```

      1 2  3 4  5 6  7 8 9
      | |  | |  | |  | |
$--VWR,x.x,a,x.x,N,x.x,M,x.x,K*hh<CR><LF>

```

Feld Nummer:

- 1) Windrichtung 0...180°
- 2) Windrichtung Links (L) / Rechts (R)
- 3) Windgeschwindigkeit in kn
- 4) N = Einheit Knoten
- 5) Windgeschwindigkeit in m/s
- 6) M = Einheit m/s
- 7) Windgeschwindigkeit in km/h
- 8) K = Einheit km/h
- 9) Checksumme

VPW - Windgeschwindigkeit – Parallel zum Wind

```

      1 2 3 4 5
      | | | | |
$--VPW,x.x,N,x.x,M*hh<CR><LF>

```

Feld Nummer:

- 1) Windgeschwindigkeit in kn, "-" bedeutet Rückenwind (Downwind)
- 2) N = Einheit Knoten
- 3) Windgeschwindigkeit in m/s, "-" bedeutet Rückenwind (Downwind)
- 4) M = Einheit m/s
- 5) Checksumme

INF - Windgeschwindigkeit und Windrichtung (Custom Code)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

\$--INF,0,x.x,D,x.x,D,x.x,M,x.x,K,x.x,N,x.x,B,A*hh<CR><LF>

Feld Nummer:

- 1) Sensornummer
- 2) Windrichtung in 0...360°
- 3) D = Einheit Grad
- 4) Auflösung der Windrichtung in °
- 5) D = Einheit Grad
- 6) Windgeschwindigkeit in m/s
- 7) M = Einheit m/s
- 8) Windgeschwindigkeit in km/h
- 9) K = Einheit km/h
- 10) Windgeschwindigkeit in kn
- 11) N = Einheit kn
- 12) Windgeschwindigkeit in bft
- 13) B = Einheit bft
- 14) Status, A = gültig
- 15) Checksumme

2.3 Software Kompatibilitätsliste

Software	Anbindung	Betriebssystem	Bemerkung
OpenPlotter	WiFi, Seriell, NMEA0183	Linux, Raspi	kann als Gateway für andere Datennetze benutzt werden
OpenCPN	WiFi, Seriell, NMEA0183	Linux, Windows, Mac, Android, Raspi	universell
AvNav	WiFi, NMEA0183	Linux, Android, Raspi	
Navionics	WiFi, NMEA0183	Android	nur eine Verbindung möglich
NvCharts	WiFi, NMEA0183	Android	nur eine Verbindung möglich
WinGPS Marine	WiFi, NMEA0183	Android, Windows	Vollversion, nur eine Verbindung möglich
Vaarkart Friese Meren	WiFi, NMEA0183	Android	Vollversion, nur eine Verbindung möglich
DKW Kartensoftware	WiFi, NMEA0183	Android	Vollversion, nur eine Verbindung möglich

2.4 Weiterführende Informationen

- 1) Segelforum: <https://www.segeln-forum.de>
- 2) Peet Bros US-Patent: <https://patents.google.com/patent/US5231876A/en>
- 3) Peet Pros EU-Patent: <https://patents.google.com/patent/EP0514184A2/en>
- 4) Anemometer Grundlagen: <https://de.wikipedia.org/wiki/Anemometer>
- 5) Schnelllaufzahl: <https://de.wikipedia.org/wiki/Schnelllaufzahl>
- 6) ESP8266: <https://de.wikipedia.org/wiki/ESP8266>
- 7) Wmos D1 mini: https://wiki.wemos.cc/products:d1:d1_mini
- 8) Arduino IDE: <https://www.arduino.cc/en/Main/Software?>
- 9) Raspberry Pi: <https://www.raspberrypi.org/>
- 10) NMEA0183 Datensätze: <http://www.nmea.de/nmea0183datensaetze.html>
- 11) 3D Online CAD Anwendung Onshape: <https://www.onshape.com/>
- 12) Creative Commons Lizenz: <https://creativecommons.org/licenses/?lang=de>
- 13) GPLv3: <http://www.gnu.de/documents/lgpl-3.0.de.html>
- 14) OpenPlotter: <http://www.sailoog.com/openplotter>
- 15) OpenCPN: <https://opencpn.org/>
- 16) AvNav: <http://www.wellenvogel.net/software/avnav/index.php>