

Windmesser fürs Handy

Egal ob es ums Segeln, Windenergie, Flugzeug-Modellbau oder Drohnen geht: Alle diese Dinge werden vom Wind beeinflusst und wenn man eines dieser Hobbys ausübt, interessiert auch die Windgeschwindigkeit. Warum also nicht mal ein Taschen-Anemometer selber bauen? Es kann mithilfe von 3D-Druck und einer Android-App für gerade mal zwei Euro Materialkosten realisiert werden.

von Michael Jentsch



Die Idee: Drei halbkugelförmige Schalen sind an einer vertikalen Rotorachse montiert und lassen ein Magnetfeld in der Achse rotieren. Die Rotation des Magnetfelds wird vom Android-Handy mit dem eingebauten Magnetfeldsensor erfasst und so die Drehfrequenz der Achse ermittelt. Aus der Rotation kann im Handy dann die Windgeschwindigkeit errechnet und auf dem Display dargestellt werden.

Diese Bauform nennt sich Kugelschalenanemometer. Sie hat etwa gegenüber dem Flügelrad-Anemometer den Vorteil, dass keine Windrichtungsnachführung nötig ist, da dank der vertikalen Achse die Windrichtung egal ist.

Neben dem Kugelschalen- und dem Flügelrad-Anemometern gibt es noch eine Reihe weiterer Bauarten und Prinzipien, von denen die meisten aber wesentlich komplizierter umzusetzen sind.

Ein großer Vorteil der Nutzung des Android-Handys und der Übertragung der Rotation per Magnetfeld ist, dass kein zusätzlicher Mikrocontroller und keine zusätzliche Batterie benötigt wird.

Die Umsetzung

Bei der Realisierung der Idee bin ich schnell auf die offensichtlichen Probleme gestoßen.

So muss etwa die Achse so gut gelagert werden, dass praktisch keine Reibung vorhanden ist und das Windrad muss extrem leicht sein, um auch bei sehr geringem Wind die Windgeschwindigkeit messen zu können.

An dieser Stelle habe ich auch nach vielen Versuchen keine Lösung gefunden, die ausschließlich mit 3D-gedruckten Teilen zufriedenstellend funktioniert hat. Daher habe ich mich für eine Lösung entschieden, die aus zwei Pogo-Pins als Achsen-Spitzen und den Köpfen von M3-Senkkopfschrauben als Lager-schalen zusammengesetzt ist.

Die Pogo-Pins sind hart, spitz, rostfrei, leicht und gefedert. Sie sind sehr gut geeignet, um damit die Spitzen der Achse zu realisieren. Die Köpfe der Edelstahl-M3-Schrauben sind auch hart und rostfrei. Zudem eignen sie sich erstaunlich gut als Lagerschalen für die Pogo-Pins, da die Flanken der Kreuzschlitze mit zunehmender Tiefe zu einer Spitze zusammengeführt werden.

Das vom in der Achse steckenden Magneten erzeugte Feld muss zwar messbar sein, darf aber nicht so stark sein, dass der Magnetfeldsensor in Mitleidenschaft gezogen wird und der Kompass des Handys nicht mehr funktioniert. Hinzu kommt, dass ein Magnet auch vom Erdmagnetfeld beeinflusst wird (so wie eine Kompassnadel).

Um diese Probleme zu lösen, habe ich zwei Magneten verwendet, die mit entgegengesetzter Nord-Süd Ausrichtung eingeklebt werden. So hat das Erdmagnetfeld nur noch einen

Kurzinfo

- » Nutzen Sie die Sensoren eines Android-Smartphones als Windmesser.
- » Schritt für Schritt inklusive Kalibrierung – ohne Smartphone-Zerstörung
- » 3D-Druck der notwendigen Teile

Checkliste



Zeitaufwand:
2 Stunden



Kosten:
2 Euro

Material

- » 2 M3 Senkkopf-Kreuzschrauben Länge egal, es werden nur die Köpfe benötigt
- » 2 Pogo-Pins
- » 2 runde Scheibenmagnete Ø 8mm, Höhe 3mm
- » Gummiband Größe je nach Smartphone
- » 2 Neodymmagnete
- » Kleber zum Verbinden von Magneten und 3D-Form
- » 3D-Druck Filament

Werkzeug

- » 3D-Drucker
- » Android-Smartphone
- » Stahlsäge
- » Akkuschauber (Optional, hilft beim Sägen der M3-Schrauben)

Mehr zum Thema

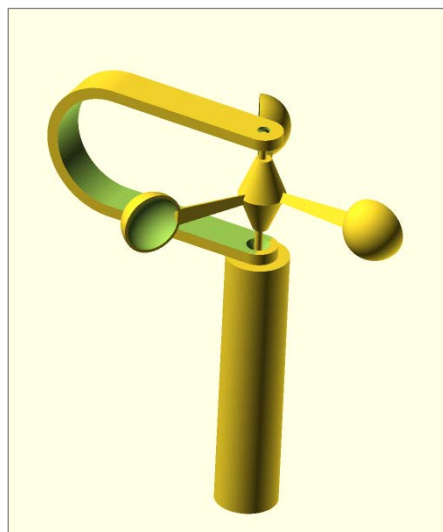
- » Burkhard Fleischer, Anemometer mit Windfahne
- » Pit Noack, Smartphone als Fernsteuerung, Make 4/2018 S. 68
- » Florian Schäffer, Maker-Apps selber machen, Make 3/2018 S. 34

Alles zum Artikel im Web unter make-magazin.de/xn3r

sehr geringen Einfluss auf die Bewegung, da die magnetischen Kräfte durch die entgegengesetzte Polung nahezu neutralisiert werden. Um den Magnetfeldsensor im Handy einem nicht zu starken Feld auszusetzen, habe ich die verwendeten Magnete vorsichtshalber kurzerhand entmagnetisiert, sodass sie

gerade noch so eben vom Sensor erfasst werden können.

Das Kalibrieren des Anemometers erfolgt mithilfe des GPS-Empfängers an einem windstillen Tag. So wie man durch schnelles Laufen einen Drachen an einem windstillen Tag in der Luft halten kann, so kann man auch ein Ane-



Das Kugelschalenanemometer – die gewählte Form für dieses Projekt



Das Flügelradanemometer – eine weitere mögliche Form

Beaufort-Tabelle

Windstärke in Bft	Geschwindigkeit in m/s	Bedeutung
0	0 - 0,2	Windstill
1	0,3 - 1,5	Leiser Zug
2	1,6 - 3,3	Leichte Brise
3	3,4 - 5,4	Schwache Brise
4	5,5 - 7,9	Mäßige Brise
5	8,0 - 10,7	Frische Brise
6	10,8 - 13,8	Starker Wind
7	13,9 - 17,1	Steifer Wind
8	17,2 - 20,7	Stürmischer Wind
9	20,8 - 24,4	Sturm
10	24,5 - 28,4	Schwerer Sturm
11	28,5 - 32,6	Orkanartiger Sturm
12	ab 32,7	Orkan

momenter mit Wind versorgen. Der Vorteil ist, dass man dank des GPS-Empfängers die Geschwindigkeit der Bewegung ermitteln und damit die Rotation ins Verhältnis zur (Wind-) Geschwindigkeit bringen kann.

Der 3D-Druck

Für den Windmesser werden die Flügel, die Achse und der Rahmen im 3D-Drucker gedruckt. Die STL-Dateien können unter dem Link in der Kurzinfo heruntergeladen werden. Alle Teile zusammen benötigen weniger als 10g Filament.

Bis auf die Achse können alle Teile ohne Support oder besondere Einstellungen gedruckt werden. Einzige Ausnahme ist die Achse. Da sie am besten aufrecht gedruckt wird, habe ich im Slicer den Druck mit einem Rand versehen, um die Haftung der Achse auf dem Druckbett zu verbessern. In Cura kann

man hier einfach unter *Build Plate Adhesion* den Typ *Brim* wählen. Dadurch wird sichergestellt, dass die Achse auf dem Druckbett stehen bleibt und nicht irgendwann kippt. Nach dem Druck wird der Brim (Rand) einfach mit einem Cutter entfernt.

Der Druck aller Teile dauert weniger als eine Stunde. Am besten fängt man mit der Achse an, dann können hier schon die Magnete und die Pogo-Pins eingeklebt werden, während der Rest noch gedruckt wird.

Zusammenbau

Die beiden Pogo-Pins werden einfach von oben und unten in die Öffnungen der Achse geklebt. Sollte der Pogo-Pin auf der Unterseite der Achse nicht richtig passen, liegt das eventuell daran, dass der 3D-Drucker nicht korrekt gelevelt ist oder dass der 3D-Drucker mehr Filament liefert, als notwendig ist (Over-

Extrusion). Passen beide Pogo-Pins nicht richtig in die dafür vorgesehenen Löcher, hat dein 3D-Drucker vermutlich ein etwas anderes Druckbild als meiner. In dem Fall können Sie einfach die OpenSCAD Datei (Link unter der Short-URL) etwas anpassen und die Achse mit leicht verändertem Radius für die Pogo-Pins noch einmal drucken.

Vor dem Einkleben der Magnete müssen diese noch entmagnetisiert werden. Das funktioniert am einfachsten mit einem kleinen Gasbrenner, wie man ihn etwa zum Flammbieren verwendet. Es geht aber auch im Ofen oder im Kochtopf.

Zum Entmagnetisieren muss man den Magnet über seine maximale Einsatztemperatur hinweg erhitzen. Dadurch verliert er einen großen Teil seiner Magnetisierung; wie viel, hängt von der Höhe der Temperatur ab. Bei vielen Neodym-Magneten beginnt der Verlust der Magnetisierung schon bei 80 °C. Es gibt aber auch Neodym-Magneten, die erst bei über 200 °C ihre Magnetisierung verlieren. Deshalb entmagnetisieren Sie die Magnete bitte nicht zu lange.

Ein kleiner Gasbrenner kann problemlos Temperaturen von mehr als 1000 °C erreichen, was bei allen Neodym-Magneten dazu führt, dass sie nahezu vollständig entmagnetisiert werden. Es reicht also, die beiden Magnete für wenige Sekunden mit dem Gasbrenner zu erhitzen, um sie für das Anemometer vorzubereiten.

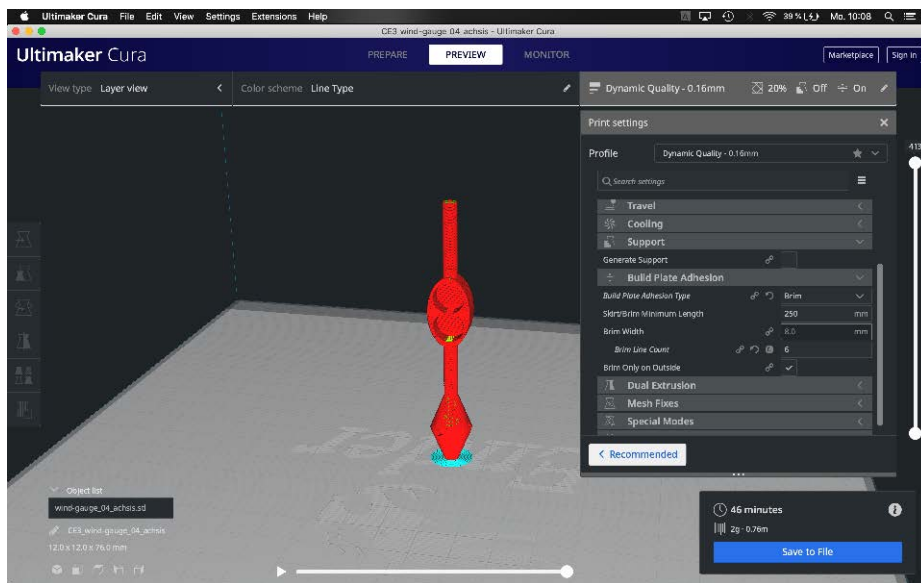
Nach dem Entmagnetisieren haben meine Magnete so gerade eben noch die Kraft, sich gegenseitig anzuheben. Das ist vollkommen ausreichend für den sehr empfindlichen Magnetfeldsensor im Handy.

Nach dem Abkühlen werden die beiden Magnete in die vorgesehenen Vertiefungen eingeklebt. Dabei müssen Sie darauf achten, dass sich die Ausrichtung der Pole beider Magneten unterscheidet, um eine Störung der Rotation durch das Erdmagnetfeld zu verhindern.

Als Nächstes werden die Flügel in die Achse eingesetzt. Die Arme an den Kugelschalen verjüngen sich zu den Spitzen hin, sodass sie auch ohne Kleber sehr gut in der Achse halten. Es reicht also, die Flügel mit sanfter Gewalt in die Öffnungen zu drücken. Auf diese Weise kann das Anemometer auch leicht wieder demontiert und für den Transport verpackt werden.

Die Köpfe der Kreuzschrauben dienen als Lager für die Achse des Windmessers. Bevor Sie die Köpfe der Kreuzschrauben oben und unten in den Rahmen einkleben kannst, müssen sie noch vom unteren Teil der Schraube getrennt werden.

Am einfachsten kann man Schrauben mit einem Akkuschauber und eine Eisensäge durchsägen. Als erstes spannen Sie die Schraube in das Bohrfutter des Akkuschaubers und sägen dann langsam und gleich-



In Cura unter *Build Plate Adhesion* den Typ *Brim* wählen. Dann bleibt die Achse stehen.



Die Neodyme durch kurzes Erhitzen etwas entmagnetisieren.



Das Flügelschalenanemometer fertig montiert.



Notwendig sind nur die Schraubenköpfe als Lager.



Die Schraube im Akkuschauber festklemmen und den Schraubenkopf abtrennen.



Die Pogo-Pins für die Achse



Das fertig zusammengebaute Anemometer

mäßig, während sich die Schraube im Akkuschauber dreht. Auf diese Weise bekommen Sie einen schönen, sauberen und gleichmäßigen Schnitt.

Die beiden Schraubenköpfe werden dann oben und unten in die Vertiefungen des Rahmens eingeklebt.

Ist der Kleber trocken, kann die Achse eingesetzt werden und der untere Teil des Rahmens mit dem Gummiband verbunden werden. Hier eignet sich besonders gut der „Ankerstich“ (siehe Bild des fertig zusammengebauten Anemometers). Der Knoten ist sehr einfach und lässt

sich sehr leicht wieder lösen. Ich habe hier das Gummiband aufgrund der Länge sogar doppelt gelegt. So hält es noch besser.

Die Android-App

Damit die Rotation des Magnetfelds im Handy gemessen werden kann, muss der Windmesser nach Möglichkeit so befestigt werden, dass sich der Magnetfeldsensor in der Nähe des Magneten befindet. Bei allen von mir getesteten Handys von Samsung und OnePlus war das oben links der Fall. Allerdings kann ich das nicht für alle Geräte garantieren. Am besten finden Sie die richtige Position mit der *phyphox*-App vom RWTH Aachen (Link unter der Short-URL). Mit der App lassen sich die Messwerte aller möglichen Sensoren im Handy auslesen und auf dem Display darstellen. Sie können also einfach die Daten des Magnetfeldsensors anzeigen lassen und dabei einen Magneten über das Handy bewegen. An der Stelle, an der die Kurve am stärksten ausschlägt, befindet sich der Sensor.

Hat man das Anemometer am Handy befestigt, fehlt nur noch die App, um die Windgeschwindigkeit messen zu können. Die Android-App kann man sich entweder aus dem Google Play Store herunterladen oder selber kompilieren. Das Android Studio Projekt hierfür finden Sie unter der Short-URL zum Artikel.

Die App kalibrieren

Die App ist schon vorkonfiguriert und sollte direkt nach der Installation funktionieren. Es ist aber möglich, dass sich die Eigenschaften durch die verwendeten Schrauben, Pogo-Pins oder das Druckbild unterscheiden. Für den Fall habe ich auch eine Möglichkeit vorgesehen, die App selber zu kalibrieren.

Das Kalibrieren funktioniert, indem man das Handy mit dem Anemometer etwa auf

einem Fahrradlenker montiert und an einem windstillen Tag mehrmals in unterschiedlichen Geschwindigkeiten eine lange gerade Straße entlang fährt. Nach etwa 15 Minuten hat man ausreichend Messwerte, um daraus einen validen Umrechnungsfaktor von Rotation zu Windgeschwindigkeit zu erhalten.

Nach dem Kalibrieren wird der neue Umrechnungsfaktor gespeichert.

Weitere Einstellungen

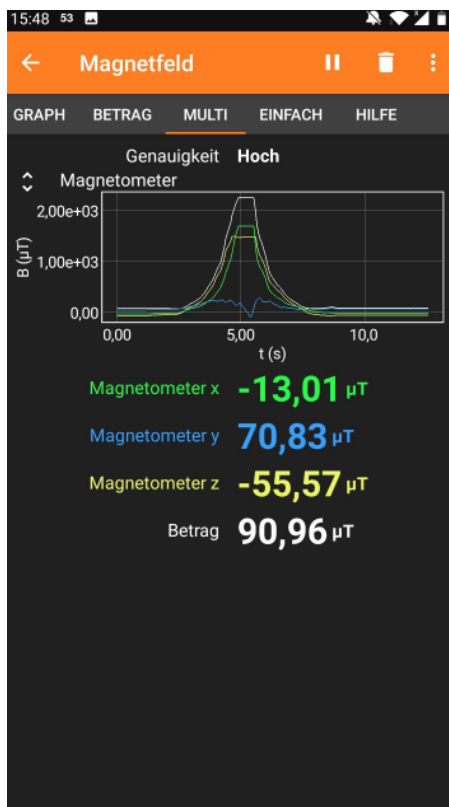
In der App kann man folgende Einstellungen vornehmen:

1. Tiefpass-Filter: Für eine stabilere Anzeige bei stark böigem Wind kann die Anzeige mit einem Tiefpass gefiltert werden, sodass die Anzeige bei Windböen nicht so stark schwankt.
2. Kalibrierungsgeschwindigkeit: Mit der Mindestgeschwindigkeit für die Kalibrierung wird angegeben, ab welcher Geschwindigkeit Messungen für die Kalibrierung vorgenommen werden sollen.
3. GPS-Genauigkeit: Mit der GPS-Genauigkeit wird angegeben, ab welcher GPS-Genauigkeit die Kalibrierung beginnen soll.
4. Drehfrequenz (Kalibrierung): Mit der Min. Drehfrequenz wird angegeben, ab welcher Drehfrequenz des Sensors gemessen werden soll.

Fazit

Das Android-Anemometer eignet sich gut zur Messung der Windgeschwindigkeit unabhängig von der Windrichtung, ist modular aufgebaut und einfach nachzubauen. Die kostenlose Open-Source Android-App kann schnell und einfach an die persönlichen Bedürfnisse angepasst und beliebig erweitert werden.

Leider ist der Windmesser nicht ganz so präzise wie professionelle Produkte, aber dafür sehr flexibel und extrem preiswert. —*anp*



An der Stelle, an der die Meßwerte ansteigen, liegt der Magnetfeldsensor des Smartphones.