

Konstruktion einer windkraftbetriebenen Wasserpumpe

Green Desert e.V.

Inhaltsverzeichnis

I.	Einleitung.....	2
II.	Technische Einleitung.....	5
0	Vorbereitung.....	7
0.1	Nummerierungssystem	7
0.2	Technische Zeichnungen	7
0.3	Symbole und Bemaßung der Bauanleitung.....	12
0.4	Fertigungsverfahren	14
1	Mast.....	16
1.1	Maststruktur.....	16
1.2	Gondelverbindung.....	23
1.3	Mastfüße	29
1.4	Pumpgestängelagerung.....	33
1.5	Stellschere	36
2	Gondel	38
2.1	Rotor	39
2.2	Gondelgestell.....	46
2.2.1	Gestell.....	47
2.2.2	Holzlagerdeckel	50
2.3	Kurbeltrieb.....	52
2.3.1	Exzenter	53
2.3.2	Pleuel	55
2.3.3	Zapfenverbindung	57
2.4	Zusammenbau	59
3	Steuereinheit.....	61
3.1	Steuerfahne	62
3.2	Seitenfahne.....	67
4	Pumpe.....	71
4.1	Rohrsystem.....	72
4.1.1	Saugkorb	72
4.1.2	Fußventil	74
4.1.3	Auslauf	76
4.1.4	Deckel	78
4.1.5	Rohrverbindung.....	79
4.2	Scheibenkolben	81
4.3	Gestänge.....	84
5	Fundament	87
5.1	Fundamentkorb	88
5.2	Schwellenfundament.....	91
6	Endmontage	93
III.	Abbildungsverzeichnis.....	101
IV.	Tabellenverzeichnis	102

I. Einleitung

Medizinische Versorgung, schulische Ausbildung und permanenter Zugang zu Energie ist in den westlichen Staaten mittlerweile zu einer Selbstverständlichkeit geworden. Dabei werden von den Industrienationen häufig Armut und schlechte Lebensbedingungen großer Teile der Erdbevölkerung vergessen. Über zwei Milliarden Menschen leben in Staaten mit zunehmend hoher Wasserknappheit. Infolge dieser wird vor allem die Wasserversorgung von Agrarprodukten und Nutztieren erschwert.

Mit geringem Einsatz von Mitteln lässt sich die Wasserversorgung und damit die Lebensqualität der betroffenen Einwohner signifikant verbessern!

Für die Wassergewinnung eignen sich besonders kostengünstige **Kleinwindkraftanlagen (Windpumpen)**, die in einer Schlosserwerkstatt selbst gebaut werden können. Mit Hilfe von solchen Windpumpen ist es möglich, sauberes Grundwasser an die Erdoberfläche zu fördern. Dieses kann als Trinkwasser oder zur Bewässerung der Landwirtschaft verwendet werden.

Nutzung der Windenergie ist keine neue Entdeckung. Durch Verbrennung von Kohle oder Öl rückte sie jedoch eher in den Hintergrund. Diese Sackgassentechnologien sind nicht zukunftsfähig und stoßen zunehmend auf Widerstand. Aus diesem Grund werden Windkraftanlagen immer wichtiger. Infolge des Klimawandels wird die Wasserversorgung zunehmend erschwert, wovon vor allem weniger entwickelte Länder betroffen sind. Aus dieser Erkenntnis gründete der Verein Green Desert e.V eine Arbeitsgemeinschaft für das gemeinnützige Projekt „Open Wind Pump“, mit dem eine Förderungsmöglichkeit des Grundwassers für die Wasserversorgung durch Windpumpen angeboten wird. Green Desert e.V ist eine Gruppe von Wissenschaftlern, die sich mit weltweit vorliegenden Problemen der Energieversorgung, Landwirtschaft und den Folgen des Klimawandels beschäftigt.

Ziel von „Open Wind Pump“ ist die Entwicklung von leicht verständlichen Bauanleitungen und technischen Dokumentationen von Windpumpen, die weltweit als *Open-Source* (von Dritten nutzbar, bearbeitbar und frei zugänglich) veröffentlicht werden sollen. Die Pumpen sollen mit weltweit verfügbarem Werkzeug, leicht zu beschaffenden Materialien und nicht speziell geschulten Personen hergestellt werden können.

Es werden Handwerker, Landwirte und Menschen mit technischem Grundwissen angesprochen und motiviert, mit Hilfe der angebotenen Instruktionen die Windpumpen nachzubauen und erfolgreich zu betreiben.

Ziele der Bauanleitungen

Die Umsetzung der Ziele erfolgt über einfache verständliche Bauanleitungen von direkt angetriebenen Windpumpen und Windgeneratoren. Mit dem vom Wind erzeugten Strom können elektrische Pumpen dann mittelbar angetriebenen werden und Wasser auch aus großen Tiefen fördern.

Ingenieurwissenschaftliche Dokumentationen und Hintergrundinformationen ergänzen die Fertigungsanleitungen und liefern Grundlagen für situationsabhängige Modifikationen.

Im folgenden Dokument ist der Bau einer windkraftbetriebenen Wasserpumpe Schritt für Schritt erklärt. Dabei steht die Erstellung einer leicht verständlichen Bauanleitung mit einfach zu beschaffenden Materialien und einer technischen Dokumentation der Windkraftanlage im Vordergrund. Diese Unterlagen werden weltweit als *Open-Source* freizugänglich veröffentlicht und sind nicht nur für Fachleute, sondern auch für begabte lernwillige Laien geeignet. Bei einigen Konstruktionsschritten sind spezielle Fachkenntnisse nötig. So müssen vor allem die Schweißarbeiten von Fachleuten durchgeführt werden. Da diese Anlage in der Regel in Arbeitsgruppen gefertigt wird, können durch Anleitung von Fachkundigen alle Gruppenmitglieder selbstständig arbeiten. Green Desert e.V. hat zum Ziel, nachhaltige Konzepte der Energie- und Nahrungsversorgung für die jeweiligen Regionen zusammen mit der lokalen Bevölkerung zu entwickeln. Seit 2008 ist die Organisation tätig und entwickelt möglichst einfache technische Lösungen im Bereich der Wasser-, Agrar- und Energieinfrastruktur. Der Fokus liegt auf dem Transfer und Austausch von Wissen.

Die besondere Herausforderung bei diesem Projekt ist es, die Fertigung der Bauteile möglichst einfach zu halten. Die Anlage soll in normal ausgestatteten Werkstätten mit einfach zu beschaffenen Materialien gefertigt werden. Das bedeutet, dass zwar Schweißgeräte und Bohrmaschinen vorausgesetzt werden, jedoch keine speziellen Werkzeuge oder Maschinen erforderlich sind, deswegen wurde bei der Konstruktion auf einfache Fertigungsschritte geachtet.

Die Anlage wird unter dem Namen KUKATE34 geführt. Die KUKATE Anlagen sind Kleinwindanlagen, die seit 1985 von Prof. Dr. phil. Horst Crome mit konzipiert und mit verschiedenen Rotordurchmessern konstruiert wurden. Ihr Einsatz erfolgt hauptsächlich zur Stromerzeugung in Entwicklungs- oder Schwellenländern. Die einfache und robuste Bauweise dieser Anlagen wird auch in dem vorliegenden Projekt KUKATE34 aufgegriffen.

Geschichte

Mehr als 30 Jahre Entwicklung und Erfahrung beim Selbstbau

Unsere über dreißigjährige Vorerfahrung in der Entwicklung, dem Selbstbau und dem Betrieb von Windenergieanlagen auf einem eigenen Testfeld ist weltweit einmalig. Über 40 Diplomarbeiten, Bachelor- und Masterthesen hatten Konstruktion, Erprobung und Optimierung der KUKATE-Windenergiekonverter zum Ziel. Dabei berücksichtigten wir nicht zuletzt auch die Erfahrung aus dem Betrieb von über eine Million Windpumpen, die zurzeit weltweit eingesetzt sind.

KUKATE Anlagen sind Kleinwindanlagen, die von Professor Dr. Horst Crome konzipiert und mit verschiedenen Rotordurchmessern und Rotorblattzahlen von zwei bis zwölf konstruiert wurden. Ihr Einsatz erfolgte bisher hauptsächlich zur Stromerzeugung in Entwicklungs- oder Schwellenländern.

In seinem in einige Sprachen übersetzten „Handbuch Windenergie Technik“ hat er seine Konzeption ausführlich beschrieben. Es ist das meistverkaufte Buch dieser Art.

Entwicklungsweg der Windwasserpumpe KUKATE34

Die einfache und robuste Bauweise dieser Anlagentypen haben wir bei OPEN WINDMILL auch für die KUKATE34 aufgegriffen.

Wegen des Rotordurchmessers von 3,4m führen wir die Anlage unter dem Namen KUKATE34.

Werdegang der KUKATE34:

1. Theoretische Konzeption 2014 - 2016
2. Bau des Prototyps 2016 und 2017
3. Montage und Aufbau mit Hilfe von BeLu 2017
4. Langjähriger Testbetrieb und Optimierungen
5. Zusammenstellung der Bauanleitungen, technischen Zeichnungen, Material- und Werkzeugstücklisten ab 2017

Ziel und Methode

Selbstversorgung mit sauberem Wasser

Insgesamt gesehen ist das Projekt KUKATE34 weltweit auf diesem Niveau und in dieser Komplexität einmalig und wird dazu dienen, mit Hilfe der regenerativen Windenergie vieltausendfach Probleme bei der autonomen Wasserversorgung zu bewältigen. Die Hilfe zur Selbsthilfe und zur Autonomie steht für uns dabei im Vordergrund.

Es war also eine besondere Herausforderung bei diesem Projekt, die Fertigung aller Bauteile möglichst einfach zu gestalten. Die Anlagen können aus einfach zu beschaffendem Material gebaut werden.

Konkret ausgeführt, lässt sich die OPEN-WINDMILL KUKATE34 mit Winkeleisen, Flachprofilen, Rohren, Blechen aus Stahl und Aluminium, Rundmaterial aus Eisen und Messing/Rotguss/Bronze (für Lager), Schweißmaterialien, Schrauben, sechs Stehlagern, Holz und Leder (für Kolbendichtungen) sowie einigen Federn/Gummistropfs und langen Seilen fertigen und aufbauen.

Erforderliches Knowhow weltweit verfügbar

Erfahrungsgemäß verfügen unzählige Metallwerkstätten überall auf der Welt über folgende Werkzeuge und Geräte:

Schweißgeräte, Metallsägen, eine Ständer- und einige Handbohrmaschinen, meistens eine Drehmaschine, Schraubzwingen, Mess- sowie typische Metall-Handbearbeitungswerkzeuge.

Es können Bauschlossereien, kleine Werft- oder Landwirtschaftsmaschinenreparaturwerkstätten sein, in denen die KUKATEs gefertigt werden.

Eigene Ideen problemlos realisierbar

Die Anwender der OPEN-WINDMILL Technologie können die Fertigung und die Windpumpe nach Bedarf und Möglichkeit selbst ändern.

- Zur Fertigung reichen einfache Fachkenntnisse im Bereich des Metallbaus.
- Alle Teile sind von Menschen transportierbar.
- Die Anlage kann liegend montiert und dann von Menschen aufgerichtet werden.
- Alle Komponenten sind 100% recycelbar und belasten die Umwelt nicht.
- Die Masthöhe und die Pumpe ist an örtliche Gegebenheiten anpassbar.
- Das Fundament kann ortsabhängig gebaut werden. Für das Schwellenfundament ist kein Beton erforderlich.
- In Schwachwindgebieten kann der Rotordurchmesser problemlos vergrößert werden.
- Für die OPEN-WINDMILL Wasserpumpen sind keine Zahnräder, Riemen- oder Kettengeräte erforderlich. Nur bei der elektrischen Version der KUKATE34E sind sie für die Generatoranpassung meistens sinnvoll.
- Das Windrad hat keine elektronischen, elektrischen, pneumatischen oder hydraulischen Bauteile
- Der Kolbendurchmesser jederzeit anpassbar an Brunnenrohre vor Ort.
- Die Kolben- und Ventildichtungen sind leicht selbst herstell- und austauschbar.
- Die Membranpumpe KUKATE34M benötigt keine Kolbendichtungen.
- Je nach Fördertiefe und Förderbedarf des Wassers ist über den verstellbaren Kurbelschwingenhub und eine angepasste Wahl des Kolbendurchmessers eine maximal an die Gegebenheiten angepasste Wasserförderung installierbar.
- Die Führungslager für die Kolbenstange aus Hartholz sind jederzeit leicht auswechselbar.
- Die Pleuellager sind weltweit auf dem Markt erhältliche einfache Stehlager.
- Die Gondellager werden selbst hergestellt und können ausgewechselt werden.
- Über das variable Regelgewicht sind Leistung und Drehzahl regelbar.

WICHTIGE HINWEISE ZUM BAU DER KUKATE WINDENERGIEANLAGEN!

Wir haben an einigen Stellen den Text in der Bauanleitung kursiv gedruckt. An diesen Stellen in der Bauanleitung machen wir auf Alternativen zu unserer Konstruktion aufmerksam. Entweder wir beschreiben diese Alternativen Änderungsmöglichkeiten oder wir weisen nur auf Änderungsmöglichkeiten hin.

Das können Abweichungen von der KUKATE-OPEN-WINDMILL Konstruktion direkt sein.

Das können aber auch nur alternative Fertigungsmethoden sein – das Produkt bleibt dasselbe.

Wir weisen hier noch einmal ausdrücklich auf unseren Haftungsausschluss hin (1.6 Copyright Haftungsausschluss)

II. Technische Einleitung

Funktion der Windkraftanlage

Wie bei allen Flügeln, die nach dem Auftriebsprinzip funktionieren gibt es einen messbaren Druckunterschied zwischen der Luvseite (Überdruck) und der Leeseite (Unterdruck). Die Druckdifferenz multipliziert mit der wirksamen Flügelfläche ergibt die Auftriebskraft. Die Auftriebskraft wirkt – weil sie schräg nach hinten zeigt – mit einer Komponente radial an den Flügelholmen und erzeugt so das Drehmoment. Je mehr Flügel, desto größer das Drehmoment – und je kleiner die Drehzahl.

Den Rotordurchmesser von 3,4m haben wir vom Ziel der gewünschten Pumpleistung aus festgelegt. In diesem Fall wollen wir einen Liter Wasser pro Sekunde aus einer Tiefe von 10 m fördern. Somit ergibt sich, eine Pumpenleistung von 100 W. Das sind über 86.000 Liter pro Tag. Um genug Pumpenleistung zu garantieren, wird der Pumpenwirkungsgrad nur mit 20% gerechnet. Dann ergibt sich eine notwendige Rotorfläche von 6,6m², um die dann erforderlichen 500 W Rotorwellenleistung zu erzeugen.

Strömungsphysik und Leistung

Wind enthält kinetische Energie in Form von Strömungsenergie. Diese wandeln die KUKATE-Rotoren strömungsmechanisch in andere Energieformen um. Das kann die Hubarbeit beim Wasserpumpen oder die Umwandlung in elektrischen Strom sein. Wir geben eine kurze Darstellung der Grundfunktion der Anlage. Anschließend erläutern wir die einzelnen Baugruppen ausführlich.

Die Abbildung 1 zeigt die Anströmung der Anlage durch den Wind. Die freie Energie des Windes strömt den Rotor an. Sobald der Rotor sich dreht, findet die Energieumwandlung statt. An jedem Flügel entsteht dabei ein Drehmoment (Nm) und multipliziert mit der Drehzahl der Rotorwelle (pro Sekunde) eine mechanische Leistung. Dabei wird die Strömungsenergie des Windes in eine Bewegungsenergie des Rotors umgewandelt. Durch einen Kurbeltrieb hinten an der Rotorwelle erfolgt eine Auf-und-Ab-Bewegung des Pumpengestänges. Dieses ist unten mit dem Kolben der Pumpe verbunden. Die Pumpe pumpt das Grundwasser für die Wasserversorgung nach oben.

Baugruppen und ihre Funktion bei der KUKATE34

In der Abbildung 2 ist die Anlage KUKATE 34 dargestellt. Für einen Überblick sind alle einzelnen Baugruppen beschriftet. Sobald sich der Rotor dreht, wird die Rotation der Welle mit dem Kurbeltrieb in eine translatorische Auf-und-Ab-Bewegung des Gestänges umgewandelt. Das Gestänge verläuft mitten durch den Mast nach unten zur Pumpe. Sie pumpt das Grundwasser an die Oberfläche. Aufgestellt wird der Mast auf seine Mastfüße. Die Scharniere der Füße bilden die Verbindung zwischen den Maststreben und dem Fundament. Das Fundament wird über einen Meter tief in der Erde vergraben oder aus Beton gegossen. Das Fundament sorgt für die Standsicherheit der KUKATE34. Zusätzlich zum Rotor und Kurbeltrieb sind an der Gondel eine Steuerfahne und eine Querfahne befestigt. Die Fahnen dienen zur Ausrichtung des Rotors in die Windrichtung. Die Fahnen zusammen mit dem Regelgewicht sind als eine mechanische Sicherung im Sturm notwendig. Im Sturm drückt der Wind die Fahnen zusammen. Dabei wird der Rotor aus der Windrichtung gedreht. Auf diese Weise wird die Windpumpe vor Sturmschäden geschützt. (Die Funktion der Steuerung ist unter Punkt „2. Technologie, die wir nutzen“ unter „2.4.3 Geniale Regelung“ genau beschrieben.).

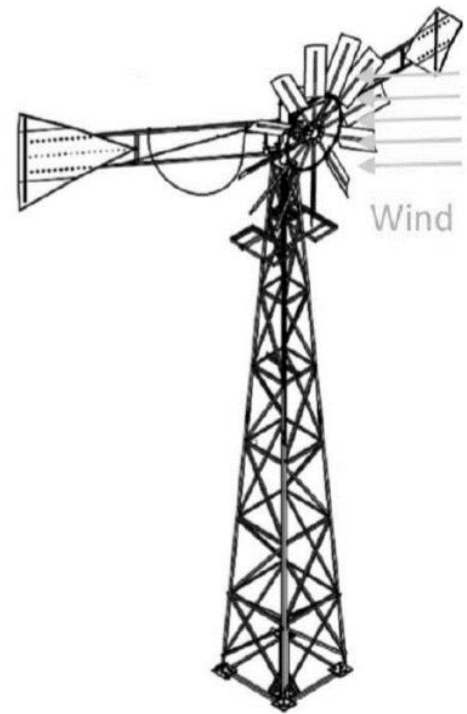


Abbildung 1 - KUKATE34 unter Einfluss des Windes

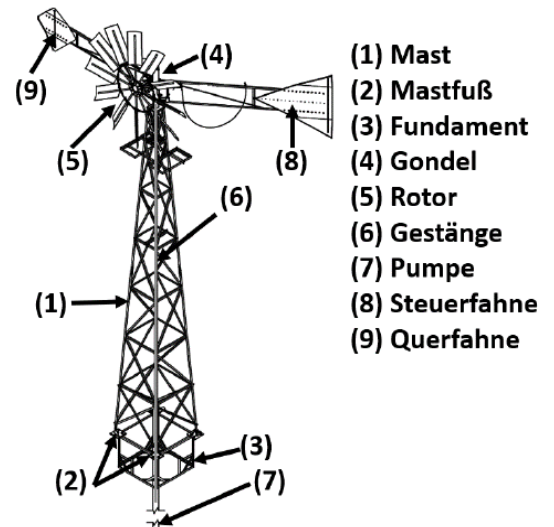


Abbildung 2 - Baugruppen der Anlage

Technische Daten

Allgemeine technische Daten der KUKATE34K OPEN-WINDMILL Windenergieanlage (ohne Gewähr)	
Funktion	Umsetzung
Aufbau	modular
Lebensdauer	> 30 Jahre
Regelung	Steuer- und Seitenfahne mit Regelgewicht (optional Feder)
Anlaufwindgeschwindigkeit	schwacher Wind (ca. 3-4m/s)
Leistung abregeln ab	7-8 m/s
Transportfähigkeit	max. 5 m lange Bauteile
Transportgewicht (von Menschen zu transportieren)	Außer den Mastsegmenten wiegt keine Baugruppe mehr als 50kg
Oberflächenbehandlung	Rostschutzanstrich / Lack / oder (teil-) verzinkt
Mast	
Masthöhe über Grund bis zum Azimutlager	(6-) 10 m variabel anpassbar
Mastkonstruktion	vier Stiele, Fachwerk, L-Profil
Stielabstand	oben 0,3 m ; unten 1,5m
Gondel	
Gondelgewicht	max. 200 kg
Wellendurchmesser	40 mm
Wellenlagerung	Stehlager mit Rillenkugellagern
Lagerung der Gondel	Gleitlager
Lagerung der Steuerfahne	Gleitlager
Rotor	
Anströmung	Luv
Flügelanzahl	12
max. Rotordurchmesser außen Rotorblattprofillänge Profilbreite	3,4 m 1000mm x 370mm
Flügelmaterial	Stahlblech oder Aluminium 2mm
Profilform	gewölbte Platte 1: 10 bis 1 : 8
Schnelllaufzahl	1,1
Nennwindgeschwindigkeit	6 m/s
Pumpe	
Pumphöhe (= Installationstiefe der Pumpe)	10 m; variabel
Pumpleistung bei 10m Förderhöhe	1 l/Sekunde = 3600l/Stunde = 84.000 Liter/Tag
Wellenleistung	200W bei 5m/s 700W bei 7m/s 1000W bei 8m/s
Lagerung der Kolbenstange	Gleitlager aus Hartholz oder Kunststoff

Tabelle 1 - technische Daten