

Harald Sterzenbach

Das Windrad der Landesstelle Berlin auf dem Gelände der Peter-Lenné- Schule Berlin

Die Landesstelle Berlin für gewerbliche Berufsförderung in Entwicklungsländern führt seit Jahrzehnten Kurse zur Aus- und Weiterbildung für Fach- und Führungskräfte aus Entwicklungsländern durch.

Neuerdings wird verstärkt im Bereich des Wassermanagements und der regenerativen Energieformen aus- und weitergebildet.

Im Kurs 2007/08 mit dem Schwerpunkt der Nutzung der regenerativen Energieformen wie Solarthermie, Photovoltaik, Windenergie und Biogas wurde auf dem Gelände der Peter-Lenné- Schule, wo der Sitz der Landesstelle ist, im Sommer ein Windrad mit den Teilnehmern (Counterparts) des Kurses errichtet. Die Kurse über die Nutzung regenerativer Energieformen finden an der Knobelsdorff- Schule Berlin statt. Die Auszubildenden dieser Schule haben bei dem Bau des Windrades maßgeblich mitgewirkt.

Neben den theoretischen Grundlagen der Windenergie ist für die Kursteilnehmer die praktische Umsetzung des Gelernten wichtig. Dieses Beispiel zeigt, wie Theorie und Praxis verzahnt werden kann.



Besonders im Herbst, Winter und im Frühjahr, wenn die solare Einstrahlung gering ist, stellen Kleinwindräder eine ideale energetische Ergänzung von photovoltaischen Inselanlagen dar. Die Kombination von Photovoltaik und Windenergie eignet sich ausgezeichnet für dezentrale Energiesysteme der 3. Welt.

Im Wind steckt viel Energie.

Bei einer Verdopplung der Windgeschwindigkeit verachtfacht sich die Leistung des strömenden Windes. Dies ist der Grund, warum heute in vielen Ländern verstärkt die regenerative Energie von Windrädern genutzt wird.

Entscheidend für die Flügelwahl ist, dass sie bereits bei geringen bis mittleren Windgeschwindigkeiten Energie liefern und ein gutes Anlaufverhalten haben. Dafür eignet sich ein dreiflügliger Schlitzrepeller in hervorragendem Maße.



Nach den Untersuchungen an der Knobelsdorff- Schule liegt bei einem dreiflügligen Schlitzrepeller die Maximalleistung bei einer Schnelllaufzahl* von $\lambda = 4,5^*$ bei einem c_p - Wert** $c_p = 0,45$. Das bescheinigt diesem einfachen Flügeltyp hervorragende strömungstechnische Eigenschaften mit sehr guten Anlaufeigenschaften.

Ansicht des Generators ($P = 60W$), gelagert auf Silentblöcken (Gummidämpfer), um die Übertragung der unvermeidlichen Schwingungen vom Flügel auf den Rahmen und Mast zu verhindern.



Das Windrad der Landesstelle wird durch einen neuartigen Schlitzflügel angetrieben, der in den Jahren 1995/96 von Schülern der Physik- AG der Fachoberschule an der Knobelsdorff- Schule unter der Leitung von Siegmund Ewert in unzähligen Versuchen im Windkanal optimiert wurde.

Der Schlitzflügel eignet sich sehr gut für kleine und mittlere Windgeschwindigkeiten, er ist leicht herzustellen und verfügt über eine um 25% höhere Leistung als ein ungeschlitzter Flügel.



Details der automatischen Sturmsicherung, bei der die Flügel bei zu großen Windgeschwindigkeiten aus dem Wind gedreht werden.

Gut erkennbar ist das Prinzip der manuellen Sturmsicherung, bei der am Mastfuß mittels eines Seilzuges bei Sturm das Windrad aus dem Wind gedreht werden kann, um Schäden am Windrad zu vermeiden. Die Rollen sind in genügend großer Auswahl und Qualität beim Jachtbedarf erhältlich.



Detail Generator mit Anschlussdose für die elektrische Verschaltung des Generators und der Lampen.

Die Energie des Windgenerators wird in einem Bleiakкумуляtor gespeichert. Bei Windstille unterstützt ein kleines Photovoltaikmodul (12W) die Batterie. In der Nacht strahlen 4 Hochleistungs-LED-Lampen das Leitblech des Windrades mit der Schulwerbung an. Falls die Batterie ihren Endladezustand erreicht hat, wird im Windladeregler die Generatorenenergie in Wärme umgesetzt. Damit wird ein schädlicher Leerlauf des Windrades verhindert.



Die metallenen Windradteile wurden von Schülern in der Berufsfachschule für Bauhandwerker der Knobelsdorff-Schule Berlin in der Schlosserei gebaut und anschließend verzinkt.

Zunächst werden die Fundamente für den Mastfuß und für die Seilverspannung vermessen. Danach graben die Counterparts die Löcher für die Fundamente in den Boden

Ausgraben der Löcher für die Fundamente



Gut zu erkennen sind die Fundamentfüße mit ihren Grundplatten, die in die Erde eingegraben werden.



Um eine spätere Umsetzung des Windrades zu erleichtern, wurde auf den Einsatz von Beton beim Fundament verzichtet. Der verzinkte Mastfuß ist ca. 1,5m in den Boden eingegraben. Anschließend wurde der Sandboden oberhalb der Grundplatte gut verdichtet. Zu achten ist darauf, dass der Mastfuß beim Zuschütten und Verdichten der Erde absolut senkrecht fixiert bleibt. Bei den Halterungen für die Abspannseile wurde nach der gleichen Weise verfahren.

Mastfuß des Windrades mit Grundplatte.



Der Mastfuß ist in den Sand eingegraben und steht nun vollkommen fest.



Windmasten von Kleinwindrädern sollten stets kippbar konstruiert werden. Das erleichtert die spätere Wartung des Windrades erheblich.

Befestigung des Mastrohres (Länge 6m, Durchmesser 100mm, verzinkt) an den Mastfuß mit einem Bolzen.



Der schwere Eisenmast mit dem Windrad kann nicht ohne Hilfsmittel errichtet werden.

Wir verwenden dazu einen Hilfshebel, wie man ihn bei Mastlegevorrichtungen von Segelschiffen her kennt (Toter Mann). So können 4 Personen den schweren Mast mühelos aufrichten und wieder absenken.

Der Hebelstange wird bei aufgerichtetem Mast am Mastrohr arretiert.

Beim Aufrichten des Windmastes.



Zur elektrischen Übertragung der Energie vom Generator zum Schaltkasten sind keine Schleifringe am Windradkopf erforderlich, wenn das Windrad nach allen Richtungen frei schwenken kann. Erfahrungen zeigen, dass es auch nach längerer Zeit zu keinen starken Verdrillungen der Zuleitungen im Mastinneren kommt. Die Zuführungsdrähte liegen frei beweglich im Mastrohr.

Montage der LED- Lampen und das Verbinden der elektrischen Kabel. Deutlich zu erkennen ist das kleine Solarmodul unterhalb des Windrades.



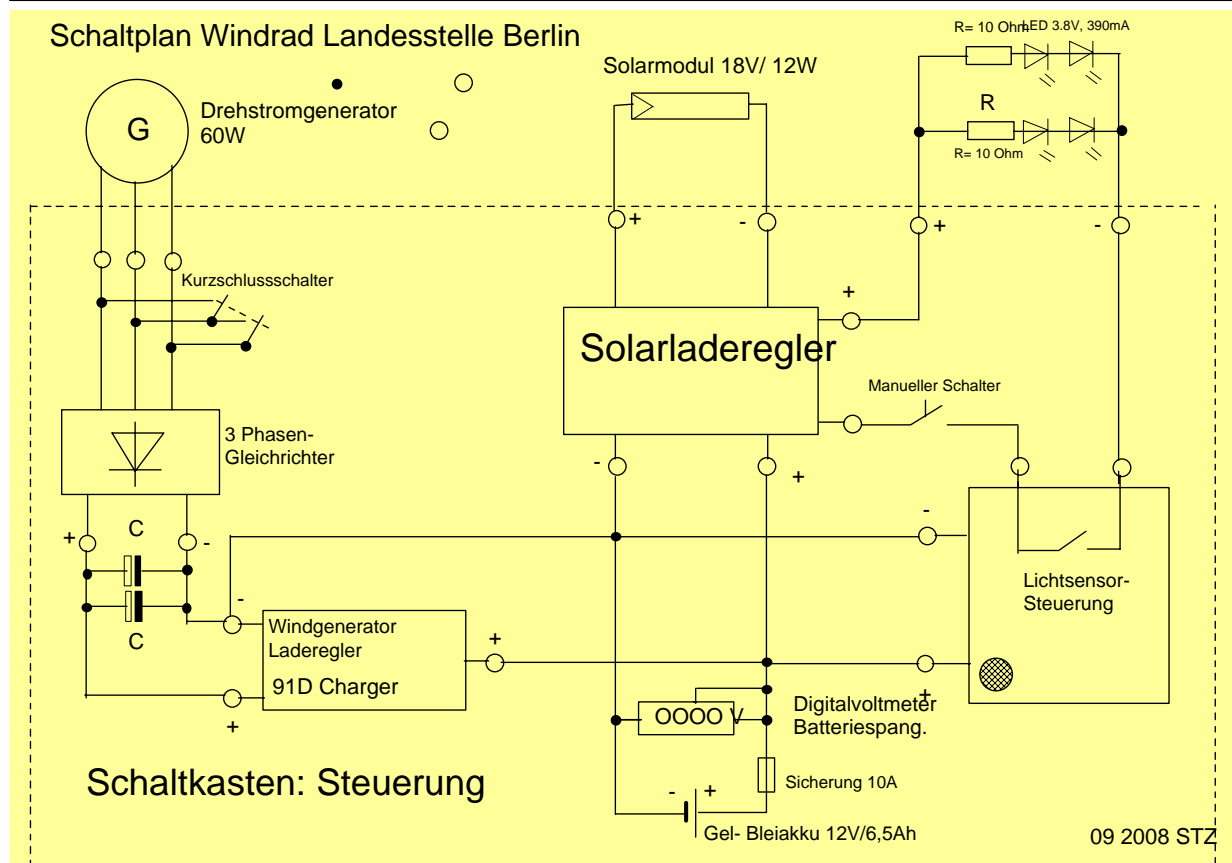
Das fertige Windrad wartet auf den Wind. Deutlich ist der Schalt- und Akkukasten zu erkennen. Er ist in einer Höhe von ca. 2,5m am Mast befestigt, um ihn vor Unbefugten auf dem Schulgelände zu sichern.

Auf dem Gelände der Peter- Lennè- Schule Berlin war es nicht möglich, einen vom Wind unbeschatteten Standort für das Windrad zu finden, was in unserem Falle auch nicht so wichtig ist.

An unserem Beispiel ging es in der Hauptsache darum, den Kursteilnehmern der Landesstelle Berlin exemplarisch zu zeigen, wie man praktisch ein Windrad zur Energieerzeugung entwirft, baut und errichtet.

In der Praxis sind Bäume und Häuser in der Nähe eines Windrades im Umkreis von 200m zu vermeiden und das Windrad sollte möglichst hoch aufgestellt sein.

Elektrische Verschaltung: Stromlaufplan



Beschreibung: Der vom Generator abgegebene Drehstrom wird durch den 3-Phasen-Gleichrichter in pulsierenden Gleichstrom umgewandelt und anschließend durch die Kondensatoren C geglättet. Über den Windgenerator- Laderegler wird die Batterie geladen. Falls die Batterie ihren Endladezustand ($U_{Batt.} > 14V$) erreicht hat, wird die Generatorenergie über Transistoren am Kühlkörper des Ladereglers in Wärme überführt. Somit wird ein zerstörerischer Leerlauf des Windrades verhindert. Batterien dürfen niemals überladen werden, das verhindert der Laderegler des Windgenerators. (Ein Windrad übersteht ohne Last keine stärkeren Böen, es überdreht sich, bis durch die Fliehkräfte die Flügel zerstört werden) Der Kurzschlusschalter dient zum vorübergehenden Kurzschließen des Generators bei hohen Windgeschwindigkeiten. Das Windrad muss dabei gleichzeitig manuell mit dem Seilzug am Mastfuß aus dem Wind gedreht werden.

In windschwachen Zeiten wird die Batterie vom Solarmodul über den Solarladeregler geladen. Der Solarladeregler verhindert eine schädliche Über- und Unterladung der Batterie. Im vollen Ladezustand der Batterie wird das Modul von der Batterie getrennt. Eine Unterladung wird verhindert, indem der Laderegler die Verbraucher, hier sind es die LED-Lampen, von der Batterie trennt. Die LED- Lampen werden über einen Lichtsensor gesteuert, so dass nur in der Nacht die Lampen leuchten.

Wichtig bei Inselanlagen ist eine genaue Kontrolle der Batteriespannung. Sehr gut geeignet sind dazu Digitalvoltmeter, weil sie auf ein zehntel Volt die Batteriespannung anzeigen.

In unserem Beispiel ist die Kapazität der Batterie mit 7,2 Ah für den Windgenerator (60W) viel zu klein dimensioniert. Wir haben uns dafür entschieden, weil an einem windschattigen Standort wenig Energie vom Windrad zu erwarten ist. Das kleine Solarmodul mit 12W ist in der Sommerzeit in der Lage, die Batterieladung zu erhalten.

Wichtig ist die Sicherung in der Nähe der Polklemmen der Batterie, sie verhindert bei Montagearbeiten einen fatalen Kurzschluss der Batterie.

* c_p – Wert:

Unter dem c_p – Wert versteht man das Verhältnis zwischen der weit vor dem Windrad anströmenden Windleistung P_o und der vom Windrad genutzten Windleistung P_{WR} . Theoretisch könnte ein ideales Windrad 59% der im Wind steckenden kinetischen Leistung nutzen, was einem maximalen c_{pmax} – Wert von 0,59 entspricht. Der Grund ist, dass der vom Windrad abströmende Wind noch genügend Energie besitzen muss, um hinter dem Windrad abströmen zu können. Untersuchungen von Betz (1923) ergaben, dass dann die Windgeschwindigkeit hinter dem Windrad 1/3 der Windgeschwindigkeit vor dem Windrad ist. Reale Windräder mit einem aerodynamischen Profil haben c_p – Werte zwischen 0,4 – 0,5. Bei unserem einfachen Schlitzrepeller, beträgt der c_p – Wert ca. 0,45. Das heißt, er nutzt 45% der anströmenden Windleistung und ist damit um 14% schlechter, als ein praktisch nicht realisierbarer idealer Windflügel ohne Reibungs- und Strömungsverluste.

**

Die Schnelllaufzahl λ

ist das Verhältnis zwischen der Kreisgeschwindigkeit an der Flügelspitze und der herrschenden Windgeschwindigkeit eines Windrades. Langsamlaufende Windräder wie klassische Windmühlen haben eine Schnelllaufzahl zwischen 1,5 und 3,5. Bei modernen Dreiblattrotoren liegt die Schnelllaufzahl zwischen 6 und 10. In der Praxis ist die Kenntnis der Schnelllaufzahl wichtig, weil daraus zu erkennen ist, mit welcher Drehzahl des Windrades bei Maximalleistung man rechnen kann. Dies ist beim Antrieb von elektrischen Generatoren bedeutend.

Im Idealfall sollte bei einem elektrischen Windgenerator die Drehzahl der Flügel bei der vorherrschenden nutzbaren Windgeschwindigkeit der optimalen Drehzahl des Generators beim Leistungsmaximum entsprechen. In der Praxis müssen dafür Getriebe dazwischen geschaltet werden.