

Windpotenzialanalyse 08-2008

Abschätzung des Energieertrages für eine Kleinwindenergieanlage am Binnenstandort: Dollbergen (Niedersachsen)

Diese Arbeit wurde bereits 2010 erstellt. Das Original ging verloren. Auf Basis noch erhaltener (teils lückenhafter) Unterlagen und Dateifragmenten wurde die Arbeit in 2020 rekonstruiert.

Siegfried Köpke, Osterrönfeld, 24.08.2020

Inhaltsverzeichnis

1 Aufgabenstellung.....	2
2 Standort und Umgebung.....	2
3 Station und Messtechnik.....	2
4 Messdaten.....	5
5 Auswertung.....	6
5.1 Winddaten am Standort.....	6
5.2 Leistungsdaten von Kleinwindenergieanlagen.....	10
5.3 Energieerträge ausgewählter Anlagen am Standort.....	11
6 Bewertung der Ergebnisse.....	12
7 Anhang.....	13

1 Aufgabenstellung

Für den geplanten Standort einer Kleinwindkraftanlage in Dollbergen, Hermann-Löns-Straße 11, sind mit einer Messkampagne die Windverhältnisse zu bestimmen. Eine zu den lokalen Verhältnissen passende Kleinwindenergieanlage (KWEA) ist im Anschluss auszuwählen.

Dazu soll am Ort der Errichtung der KWEA in der geplanten Nabenhöhe ($h = 7 \text{ m}$) gemessen werden um das langjährige Mittel, die Verteilung der Windgeschwindigkeit, ihre jahreszeitlichen Schwankungen und die vorherrschenden Windrichtungen zu bestimmen.

Aus den Winddaten und den Leistungsdaten verschiedener KWEA berechnen sich im nachfolgenden Schritt die zu erwartenden Energieerträge und ermöglichen die Auswahl einer geeigneten Anlage.

2 Standort und Umgebung

Die Ortschaft Dollbergen liegt in Niedersachsen nördlich zwischen der Bundesautobahn BAB 2 zwischen den Großstädten Hannover im Westen und Wolfsburg im Osten. Auf einem Radius von ca. 5 km finden sich im Norden der größere Ort Uetze, im Südosten die Gemeinde Edemissen und im Südwesten die Gemeinden Arpke und Sievershausen mit Anschluss an die BAB 2. Im Nordwesten schließt der Schwüblingser Wald als einzige größere Waldfläche den Kreis um Dollbergen. Die gesamte Landschaft bildet eine überwiegend flache und nur gering wellige Topografie. Größere Erhebungen oder Geländeeinschnitte existieren nicht, allerdings fließt im Südosten der Ortschaft der kleine Fluss Fuhse durch sein tiefer gelegenes Flussbett in den Römerwiesen.

Die Bebauung im Ort besteht zum größten Teil aus einer Mischung von altem Fachwerkhäusern und frei stehenden ein- bis zweigeschossigen Einzelgebäuden. Am Standort der Messstation mit den Koordinaten $52^{\circ}24'24,4''$ Nord und $10^{\circ}10'45,3''$ Ost besteht die Bebauung ausschließlich aus freistehenden Einfamilienhäusern und wenigen teils einzeln stehenden älteren Bäumen mit einer lichten Höhe bis zu 15 m.

3 Station und Messtechnik

Im Mai 2005 wurden zur Vorbereitung der Messkampagne erste Versuche mit einer Eigenentwicklung einer Messdatenerfassung durchgeführt, nachdem sich gezeigt hatte, dass die Kombination einer vorhergehenden Eigenentwicklung eines Windklassierers mit einer separaten Anzeige für Windgeschwindigkeit und -richtung nicht umsetzbar ist (Abb. 1 + 2).

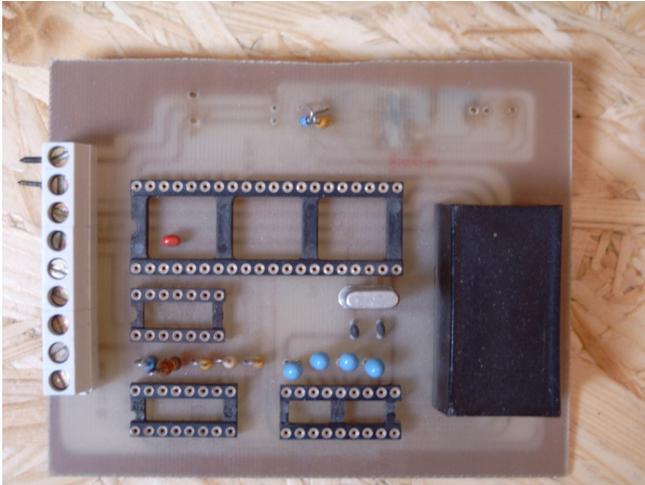


Abbildung 1: Früher Prototyp eines Windklassierers mit selbst entwickelter Zentraleinheit aus 1993 (rechts auf Platine)

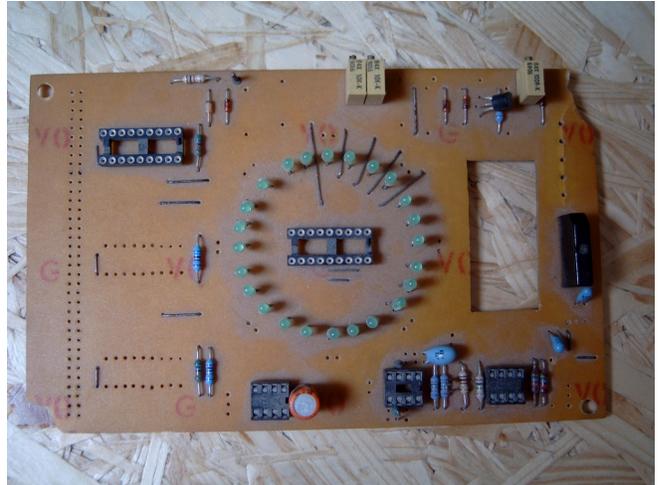


Abbildung 2: Prototyp einer Anzeige für Winddaten, basierend auf einer Schaltung aus dem Magazin ct 12/1994

Zum Einsatz kam stattdessen ein Ein-Platinen-System auf Basis des Mikrocontroller 80c537. Die Abbildung 3 zeigt einen Testaufbau zur Messung einer physikalischen Größe und der Übertragung der Messdaten über eine serielle Datenleitung an einen Hostrechner. Auch die Entwicklung eigener Sensorik wurde zunächst in Angriff genommen (Abb. 4), jedoch aufgrund des Aufwandes verworfen. Letztlich fiel im Juni 2005 die Entscheidung eine vollwertige Wetterstation vom Typ WS2500 der Firma ELV AG zu einem Preis von EUR 403,34 einzusetzen.

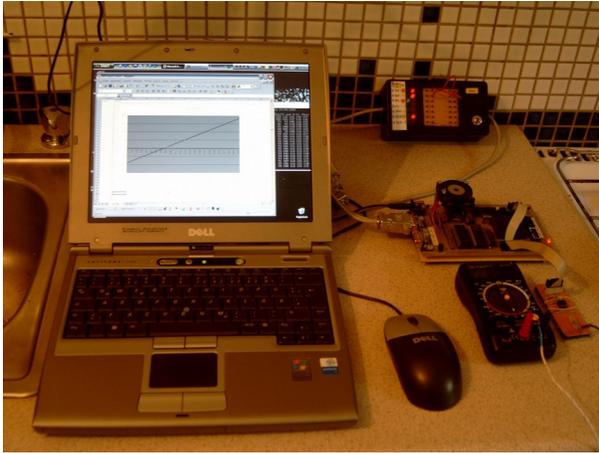


Abbildung 3: Test eines Mikrocontrollersystems zur Messung und Datenübertragung meteorologischer Größen.



Abbildung 4: Eigenentwicklung eines prototypischen Sensors zur Messung von Lufttemperatur, -feuchte und -druck

Im Anschluss an die Festlegung auf eine Wetterstation wurde der Wettermast und sein Fundament im Juli 2005 geplant. Der Mast sollte umlegbar sein, ohne Abspannung auskommen und das Fundament als Gitterwerk demontierbar sein. Die Herstellung des Gitterwerks für das Fundament und der Mastfuß wurden als Auftragsarbeit von der Firma „Michael Wolf & Lothar Brauer Metallbau GBR“ in Uetze nach eigener Spezifikation (Abb. 11 und 12 im Anhang) für EUR 444,28 hergestellt. Die Errichtung erfolgte in Eigenleistung am geplanten Standort Kleinwindenergieanlage.

Der Messmast steht direkt am Standort der später zu errichtenden KWEA. Ein Schalenstern-Anemometer und eine Windfahne dienen als Messwertaufnehmer für Windgeschwindigkeit und -richtung und sind in 7 m auf der geplanten Nabenhöhe montiert. Ein Kombinationssensor für Lufttemperatur, rel. Feuchte und Luftdruck misst die klimatischen Bedingungen während der Messkampagne. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Spezifikation der Messwertaufnehmer. Die Sensoren übertragen drahtlos alle drei Minuten einen Momentanwert an die Funk-Wetterstation. Für einen Zeitraum von 15 Minuten ergibt sich der Mittelwert aus diesen fünf Einzelwerten und wird dann von der Station über die serielle Schnittstelle RS232 an den Linux-Host übertragen, der die Speicherung und Visualisierung der Messdaten übernimmt. Dazu wurde unter Linux die freie Software ws2500-0.8 von Krienke¹ eingesetzt.

¹ <https://krienke.org/de/techblog/26-wview2wettercgi> (Stand: 20.08.2020)

Ein Zugriff auf die Momentanwerte ist bei dieser Wetterstation ebenso nicht möglich wie die Veränderung des Messintervalls.

Tabelle 1: Technische Daten der Funk-Wetterstation WS2500

Messgröße	Messbereich	Auflösung	Genauigkeit
Temperatur (Außen)	-30,0° C bis +70° C	0,1° C	± 1° C
Rel. Feuchte	20 % bis 95 %	1 %	8 %
Luftdruck	800 hPa bis 1100 hPa	1 hPa	±1 hPa
Windgeschwindigkeit	0 km/h bis 200 km/h	0,1 km/h	3 % ± 1 km/h
Windrichtung	0 Grad bis 355 Grad	5 Grad (numerische Auflösung)	

Quelle: ELV AG. Bedienungsanleitung Touch-Screen-Funk-Wetterstation WS2500. 3. Ausgabe 20/2003

4 Messdaten

Die Messkampagne erstreckt sich vom 13.09.2005 bis zum 09.08.2008 und gliedert sich in vier Zeiträume, die in Tabelle 2 näher beschrieben sind. Die Lücken innerhalb der vier Abschnitte sind auf Wartungszeiträume, technische Ausfälle des Linux-Hosts und Unterbrechungen in der Funkverbindung zwischen Sensoren und Wetterstation zurück zu führen. Im Anschluss an die Messkampagne wurde die Messstation demontiert.

Tabelle 2: Messkampagne am Standort Dollbergen 2005 - 2008

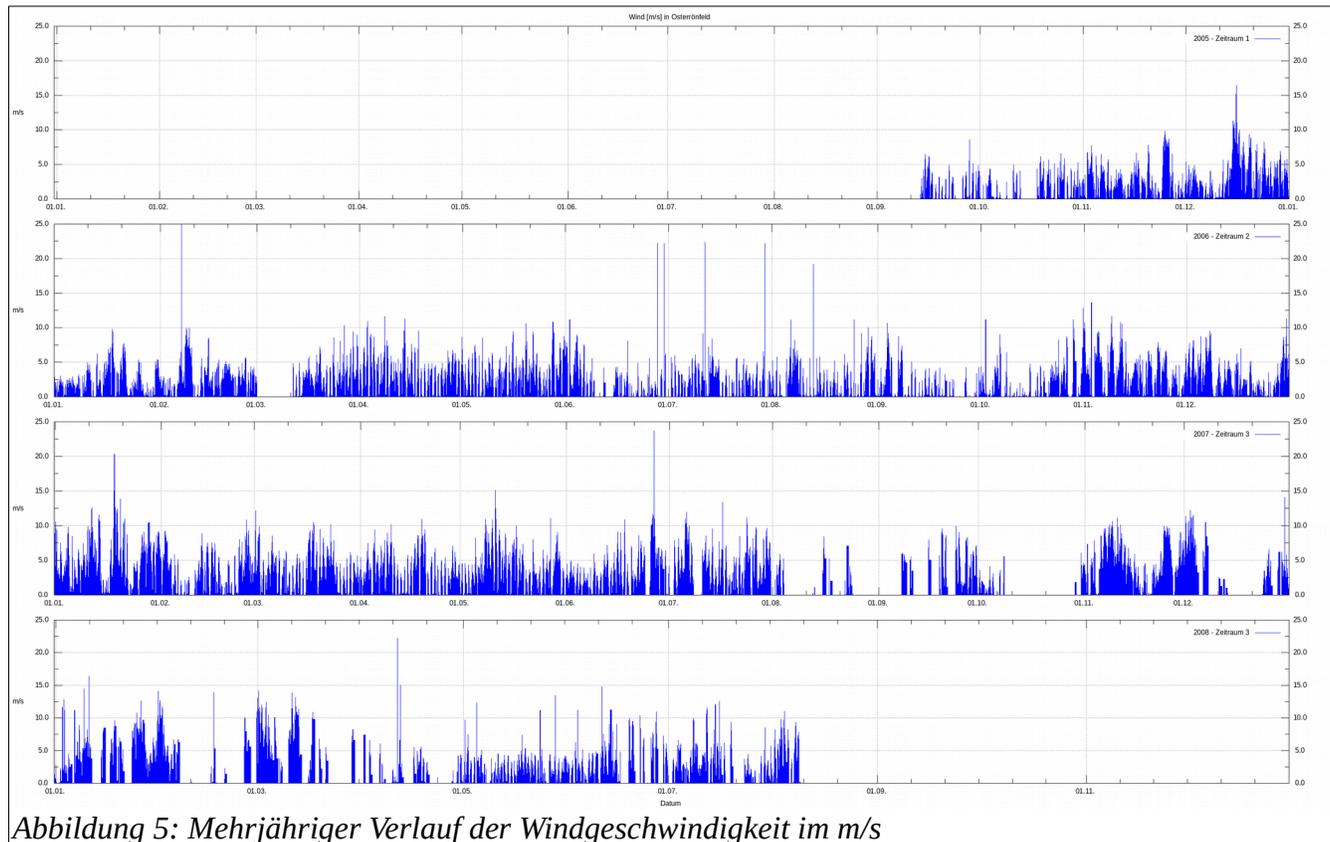
Zeitraum	Beginn	Ende	Anzahl Messwerte
1	13.09.2005 21:54:56	31.12.2005 23:45:11	10317
2	01.01.2006 00:00:11	31.12.2006 23:45:19	33289
3	01.01.2007 00:00:19	31.12.2007 23:45:14	27621
4	01.01.2008 00:00:13	09.08.2008 05:00:12	14734

Quelle: Eigene Erhebung

Die Inbetriebnahme erstreckt sich vom 13.09.2005 bis 01.11.2005. In dieser Zeit lief die Messdatenerfassung noch nicht vollständig durch. Eine größere Unterbrechung erfolgte im Oktober

2005 für abschließende Installationsarbeiten. Von Nov. 2005 bis März 2006 zur ersten größeren Wartungsmaßnahme lief der Messbetrieb durchgängig. In 2007 sorgten von August bis November mehre technische Probleme für länger dauernde Ausfälle, die nicht sofort behoben werden konnten. Ein weiterer größerer Ausfall im Dezember 2007 war witterungsbedingt nicht kurzfristig lösbar.

Weitere Ausfälle der Funkverbindung zwischen Sensoren und Station, sowie andere technische Probleme sorgten in 2008 von Februar bis Mai für eine Reihe von Unterbrechungen der Messaktivität (Abb. 5). Im August 2008 wurde die Messkampagne endgültig beendet und die Station demontiert.



5 Auswertung

5.1 Winddaten am Standort

Die Messwerte der Windgeschwindigkeit in m/s auf jeweils einen Monat gemittelt aus den Einzelwerten eines Monats sind in der folgenden Tabelle 3 zusammen gefasst. Aufgrund der in Kapitel 4 genannten Unterbrechungen der Messkampagne variiert die Anzahl der Einzelmessungen pro Monat. Die Messunsicherheit beträgt dabei sowohl für einen beliebigen Einzelwert, wie auch für den arithmetischen Mittelwert des Monats nach Herstellerangaben $\pm 3\%$.

Tabelle 3: Monatsmittelwerte der Windgeschwindigkeit in m/s

	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
2005									0,67	0,54	1,4	1,97
2006	1,18	1,53	1,46	1,7	1,71	1,02	1,07	0,98	0,68	0,86	2,71	1,49
2007	2,93	1,66	1,86	1,83	2,11	1,8	2,11	1,2	3,46	0,63	3,06	3,38
2008	3,5	3,43	4,98	1,21	1	1,99	1,61	2,51				

Im chronologischen Verlauf nach Abbildung 6 lässt sich zunächst erkennen, dass die Monatsmittelwerte im Lauf der Messung von 2006 bis 2007 einen zunehmend größer werdenden Trend zu größeren Werten zeigen. Über 2005 und 2008 lässt sich das aufgrund der fehlenden Monate nicht mit Sicherheit erkennen.

Eine jahreszeitliche Ähnlichkeit des Windangebotes pro Monat ist aus Abbildung 7 nicht mit Sicherheit ablesbar. Die Jahre 2006 – 2008 starten recht unterschiedlich stark. Von April bis August liegt die Windgeschwindigkeit dann in den Jahren 2006 – 2008 zwischen 1 m/s und 2,5 m/s. Die Herbstmonate variieren stark in der Windgeschwindigkeit, der Oktober zeigt für die Jahre 2005 – 2007 ein ausgeprägtes Tief mit einer anschließenden deutlichen Erhöhung der Windgeschwindigkeit im November.

Bis auf die konstant schwachen Monate April bis August bewegt sich die mittlere jährliche Windgeschwindigkeit während des Zeitraums der Kampagne bei einem minimalen Wert von 1,1 m/s in 2005 (Sept. bis Dez.) bis zum windstärksten Jahr 2008 (Januar bis August) von 2,5 m/s.

Über die gesamte Messkampagne lässt sich als langjähriges Mittel ein Wert von 1,87 m/s angeben.

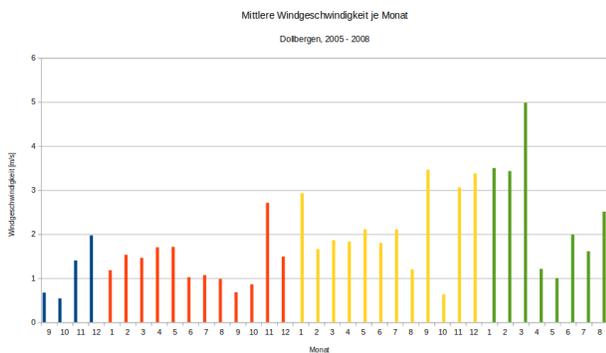


Abbildung 6: Monatsmittelwerte im Verlauf der Messung

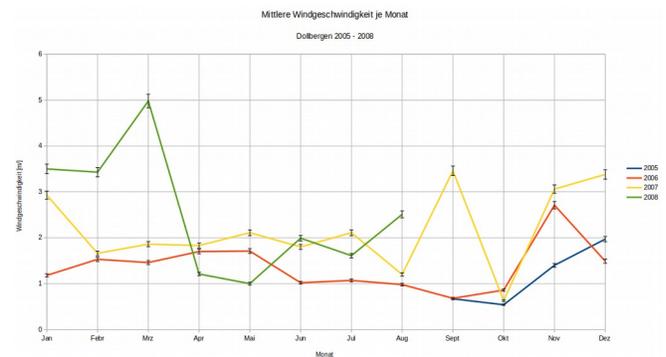


Abbildung 7: Jahreszeitliche Schwankungen der Monatswerte

Auch während eines Tages schwankt die Windgeschwindigkeit in Abhängigkeit sowohl von der Jahreszeit wie auch aufgrund charakteristischer, meist thermisch verursachter Vorgänge in der Atmosphäre am Standort (Abb. 8).²

Stunde	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sept	Okt	Nov	Dez
0	0,9	1,4	0,8	0,7	0,2	0,5	0,7	0,5	0,2	0,5	1,5	1,2
1	1,1	1,5	0,5	0,6	0,3	0,3	0,5	0,5	0,2	0,4	1,5	1,2
2	1,1	1,3	0,9	0,3	0,4	0,3	0,5	0,5	0,2	0,3	1,6	1,1
3	1,3	1,4	1,1	0,4	0,6	0,5	0,4	0,6	0,5	0,5	1,4	1,2
4	1	1,4	1,1	0,5	0,7	0,4	0,4	0,6	0,4	0,5	1,7	1,4
5	1	1,2	1	0,8	0,7	0,6	0,3	0,6	0,43	0,7	1,6	1,3
6	0,9	1,2	1,1	1,1	1,2	1,4	0,4	0,9	0,4	0,8	1,6	1,4
7	1,1	1,1	1,4	1,6	1,9	1,1	0,8	1,2	0,6	1,4	1,8	1,5
8	1,1	1,5	1,8	2,2	2,4	1,7	1,1	1,4	0,9	1	1,9	1,5
9	1,3	1,9	2,1	2,7	2,6	1,7	1,4	2	1,1	1,4	2,5	1,4
10	1,6	2	2,1	2,7	2,9	1,5	1,7	2,1	1,2	1,7	2,7	2
11	1,5	2,1	2,4	3	3,5	1,6	1,8	1,8	1,4	1,6	3,1	2
12	1,3	2	2,6	3,5	3,8	1,7	1,8	1,8	1,6	1,4	3,1	2,1
13	1,3	2,1	2,9	3,2	3,4	1,9	1,6	1,5	1,4	1,3	3,2	1,8
14	1,3	2,6	2,6	3,3	3,1	1,7	2	1,2	1,3	1	2,8	1,7
15	1,1	2,1	2,4	3,1	2,6	1,6	2	1,2	1,1	1	2,1	1,6
16	1,1	1,7	2,1	3,2	2,6	1,5	2	1,1	0,7	0,9	2,1	1,7
17	1,1	1,4	1,4	2,4	2	1,1	1,6	0,6	0,7	0,8	2,1	1,2
18	1,1	1,2	1,3	2	1,3	0,8	1,5	0,8	0,4	0,6	2,3	1,2
19	1,2	1,1	0,8	0,9	1,1	0,5	1,1	0,7	0,3	0,6	2,2	1,4
20	1,4	1	0,8	0,7	0,9	0,3	0,5	0,5	0,4	0,6	1,8	1,2
21	1,5	1,2	0,6	0,7	0,6	0,6	0,6	0,5	0,3	0,6	1,8	1,2
22	1,1	1,2	0,5	0,5	0,6	0,4	0,6	0,4	0,3	0,6	1,8	1,6
23	0,9	1,2	0,5	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,3	0,9	1,5	1,1

Abbildung 8: Charakteristischer Tagesgang der mittleren Windgeschwindigkeit am Standort je Monat in m/s

In den winterlichen Monaten Januar, Februar, November und Dezember bleibt die Windgeschwindigkeit über den gesamten Tag relativ niedrig und ohne ausgeprägtes Maximum. Im Frühjahr entwickelt sich ein zunehmend stärkeres Maximum zur Tagesmitte das sich ab Juni über die Sommermonate schnell wieder abflacht. Gleichzeitig sinkt die Windgeschwindigkeit in den frühen Morgenstunden und den späten Abendstunden zunehmend mehr über die Sommermonate ab. Insgesamt bildet sich so in den warmen Monaten ein deutlich ausgeprägtes Maximum der Geschwindigkeit.

Die Klassifizierung der Einzelwerte des gesamten Messzeitraumes in 15 Windgeschwindigkeitsklassen von 0 m/s bis 15 m/s ergibt das folgende Histogramm (Abb. 9). Nach rechts aufgetragen sind die Windgeschwindigkeitsklassen von 0 – 15. Nach oben lässt sich die Anzahl der Stunden pro Jahr in der entsprechenden Klasse ablesen. In jeder Klasse sind drei Säulen dargestellt. Die dunkelblaue, mittlere Säule gibt den ermittelten Klassenwert an. Die weiße, linke Säule berücksichtigt die untere Fehlergrenze der Messung und die hellblaue, rechte Säule berücksichtigt die obere Fehlergrenze der Messung.

² Molly, Jens-Peter: Windenergie: Theorie – Anwendung – Messung, 2., völlig überarb., u. Erw. Aufl., C. F. Müller GmbH, Karlsruhe, 1990, S. 41

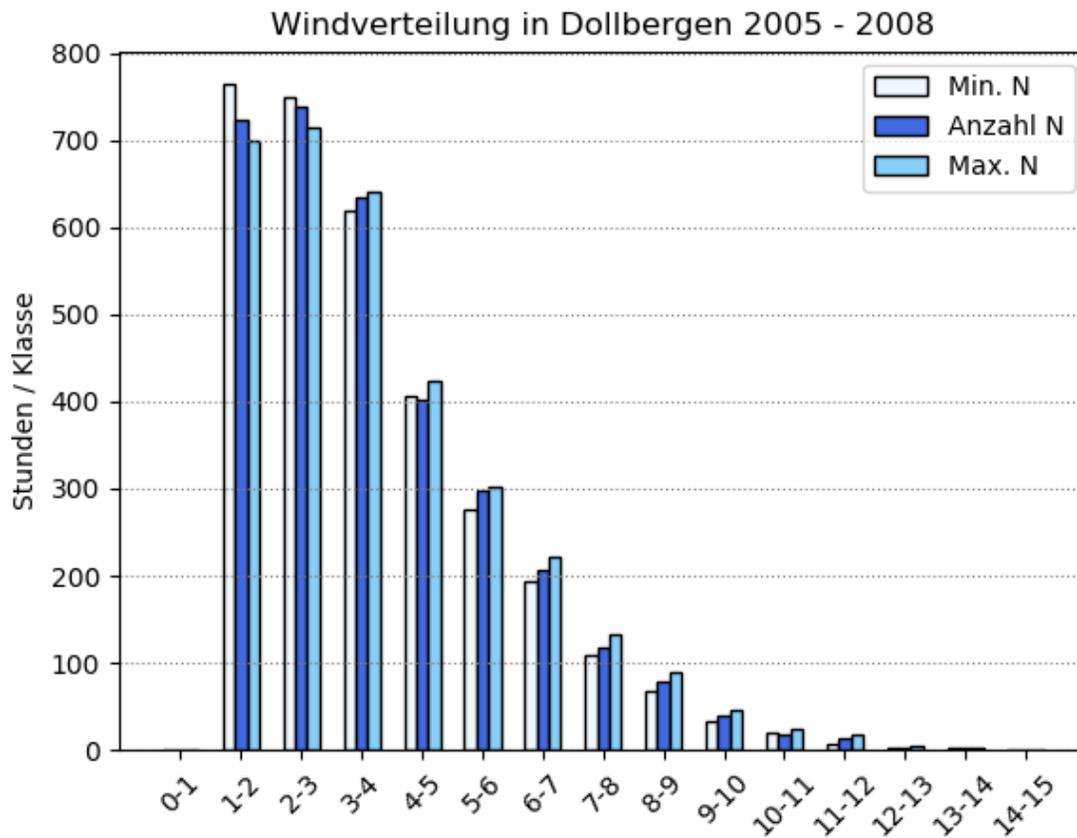


Abbildung 9: Langjährige gemittelte Windverteilung am Standort Dollbergen von 2005 - 2008

Auch bei einer optimistischen Auslegung der Messwerte (hellblaue Säulen), bleibt festzustellen, das lediglich mit einer langjährigen mittleren Windgeschwindigkeit von maximal 3 m/s gerechnet werden kann.

In der Windklasse 0...1 m/s ergeben sich 1965 h. Eine Windgeschwindigkeit in diesem Bereich liegt unterhalb der Anlaufgeschwindigkeit aller untersuchten Kleinwindenergieanlagen. Eine konservative und dadurch realistischere Berechnung ergibt sich, indem die erste Klasse im folgenden keine Berücksichtigung findet. Für alle weiteren Klassen wird eine Windgeschwindigkeit in der Mitte der jeweiligen Klasse angenommen. Daraus ergibt sich dann folgende Tabelle 4:

Tabelle 4: Windgeschwindigkeitsverteilung

	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15
	0,5	1,5	2,5	3,5	4,5	5,5	6,5	7,5	8,5	9,5	10,5	11,5	12,5	13,5	14,5
Min N	0	764	749	618	406	277	194	108	68	34	20	6	3	2	1
Anzahl N	0	724	739	635	403	298	207	117	79	40	18	14	3	2	1
Max N	0	699	715	640	423	303	221	133	90	45	25	17	4	2	1

5.2 Leistungsdaten von Kleinwindenergieanlagen

Zur Berechnung der jährlich zu erwartenden Energieproduktion (PEP) in kWh wird die Leistungskurve der Windenergieanlage benötigt. Sie stellt die abgegebene Leistung P in kW in Abhängigkeit von der momentanen Windgeschwindigkeit dar. Viele technische Beschreibungen von Kleinwindenergieanlagen enthalten die Leistungskurve nur als gerechnete oder gemessene Darstellung mit wenigen angezeigten Messpunkten. Für die folgende Untersuchung wurden die Werte aus den jeweiligen Diagrammen grafisch für die Windgeschwindigkeiten zwischen 0,5 m/s und 14,5 m/s abgenommen. Anhand der angegebenen Rotorfläche und des Betz'schen Wirkungsgrad von max. 59% wurde die technisch maximal mögliche Leistung errechnet und die Leistungskurve ggf. an den entsprechenden Punkten reduziert.

Daraus folgt für die folgende Betrachtung, dass die errechneten jährlichen Energieerträge Maximalwerte sind, und anzunehmen ist, dass die tatsächlichen Erträge geringer ausfallen werden.

Elf unterschiedliche Anlagen, aufgeführt in Tabelle 5, wurde, auf Ihre Eignung für den Standort Dollbergen untersucht. Neun Anlagen besitzen eine horizontale Achse, eine Anlage ist ein Vertikalachs-Typ und eine weitere Anlage ein Eigenbau nach Kutzt.³

Die Daten der Anlagen waren zum Zeitpunkt der Erstellung der Analyse in 2010 aktuell. Inzwischen sind einige Anlagen (u.a. Anlage Nr. 9: Umbrella 5000) aus dem Markt verschwunden, bei anderen hat eine Weiterentwicklung der Produkte stattgefunden und zu neuen Varianten geführt (u.a. Braun Windturbinen, Nr. 3 und Nr. 12).

Die Ergebnisse lassen sich im ersten Ansatz auf Anlagen mit ähnlichen Kennwerten (Nennleistung und Nennwindgeschwindigkeit übertragen, da die physikalischen Grundlagen weiterhin gelten.

³ Kutzt, Christian: Heft 3: Einfälle statt Abfälle – Windkraft? Echt Stark!, Kiel, 2001

Tabelle 5: Untersuchte Kleinwindenergieanlagen und ihre technischen Parameter

KWEA-Nr.	Hersteller	Variante	Typ	Nennleistung [kW]	Nenn-Windgeschwindigkeit [m/s]	Rotordurchmesser [m]	AEP [kWh/a]
1	Heyde Windtechnik	HeyWind 5.0		5	11	4,4	1,378
2	Southwest Windpower, Inc.	Skystream 3.7		2,4	13	3,7	708
3	Braun Windturbinen	Antaris 4500		4,5	11	4,0	1553
5	Sonkyo Energy / Spain	Windspot 3500		3,5	12	4,1	1128
8	Vertikon	M / BL	Vertikal	1,2	7	-	200
9	?	Umbrella 5000		5	12	4,2	1814
11	Kuhtz	Heft 3 500 Watt	Eigenbau	0,5	16	2,5	107
12	Braun Windturbinen	Antaris 4500		6	12	5,0	1160
14	Schachner	800 W		0,8	13	1,8	236
15	Schachner	1500 W		1,5	13	1,9	344
16	Black	600		0,6	11	1,8	282

5.3 Energieerträge ausgewählter Anlagen am Standort

Zunächst wurden die Energieerträge in Wh pro Windklasse aus Tabelle 4 für jede Anlage aus Tabelle 5 ermittelt. Die Aufsummierung der Einzelbeträge ergibt dann den möglichen jährlichen Energieertrag AEP, umgerechnet in kWh/a.

In Abhängigkeit von der Nennleistung und der Nennwindgeschwindigkeit stellt Abbildung 10 die Energieerträge als Blasendiagramm dar. Im Bereich einer Nennwindgeschwindigkeit zwischen 10 m/s und 12 m/s und einer installierten Nennleistung zwischen 4 kW und 6 kW ergeben sich für den Standort Dollbergen die besten Ergebnisse. Anlage 9 (in der Abbildung in orange ausgezeichnet) mit einem jährlichen Ertrag von ~1800 kWh besitzt gleichzeitig eine physikalisch nicht nachvollziehbare Leistungskennlinie und fällt damit aus der weiteren Betrachtung heraus. Es verbleiben die Anlagen mit den Nr. 1, 3 und 12 (grün ausgezeichnet) mit plausiblen Kennlinien und einer zu erwartenden Energieernte zwischen ~1100 kWh/a und ~1500 kWh/a. Das entspricht ca. 30% bis 50% des Energieverbrauch eines 2-Personen-Haushaltes bei angenommenen 2500 - 3500 kWh/a.

Bei einem Kilowattstundenpreis von rund 0,3 € und einer angenommenen Betriebsdauer von 10 Jahren darf eine derartige Anlage nicht mehr als 10.000 € Kosten, wenn ökonomische Aspekte im Vordergrund stehen.

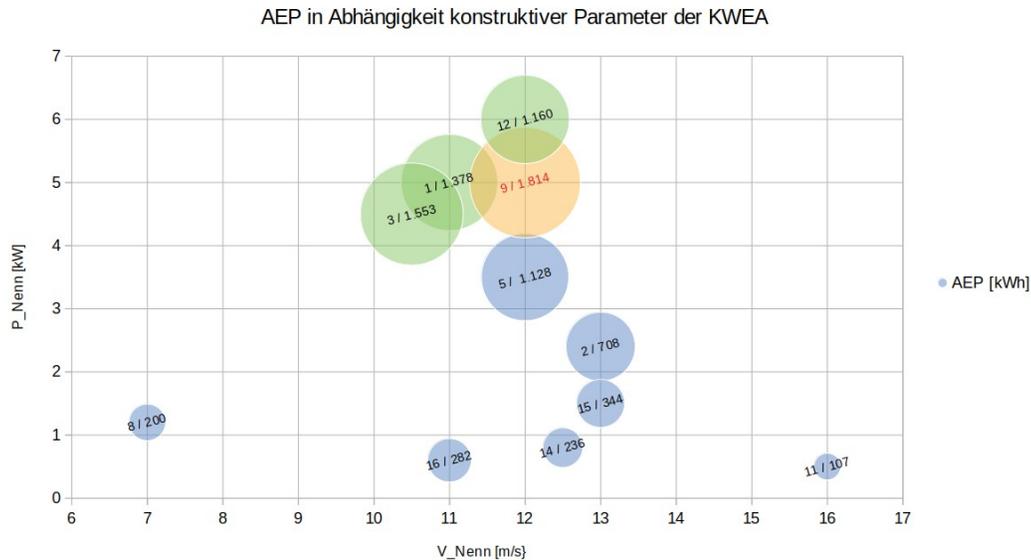


Abbildung 10: Jährliche Energiegewinnung unterschiedlicher Anlagen

6 Bewertung der Ergebnisse

Die Durchführung einer Messkampagne, mittels handelsüblicher Wetterstationen für meteorologische Zwecke, ist grundsätzlich sinnvoll, auch wenn deren Fehlertoleranzen im Bereich von ca. 3% zu erheblichen Unsicherheiten in der Berechnung der jährlichen Energieerträge führen können. In der Literatur wird auch eine gegenteilige Meinung zur Messung mit einfachen Stationen vertreten.⁴ Die Messergebnisse beschreiben den Standort und seine Besonderheiten. Darüber hinaus ermöglichen sie eine Kalkulation der jährlichen Energieernte unter der Berücksichtigung der standortspezifischen Besonderheiten.

Großer Wert sollte auf eine genaue Überprüfung der Plausibilität der Leistungskennlinien der untersuchten Kleinwindenergieanlagen gelegt werden. Ggf. ist die Kennlinie den physikalischen Grenzen anzupassen.

Die ermittelten jährlichen Energieernten sind als Maximalwerte zu betrachten. Je nach eigenem jährlichen Energiebedarf kann mit einer Quote von bis zu 30% Eigenerzeugung gerechnet werden.

⁴ Kirchweger, Christian: Masterarbeit: Kleinwindkraft in der Praxis – Grundlagen, Markt, Potenziale, Probleme, Grin Verlag, Wien 2009 S.86

7 Anhang

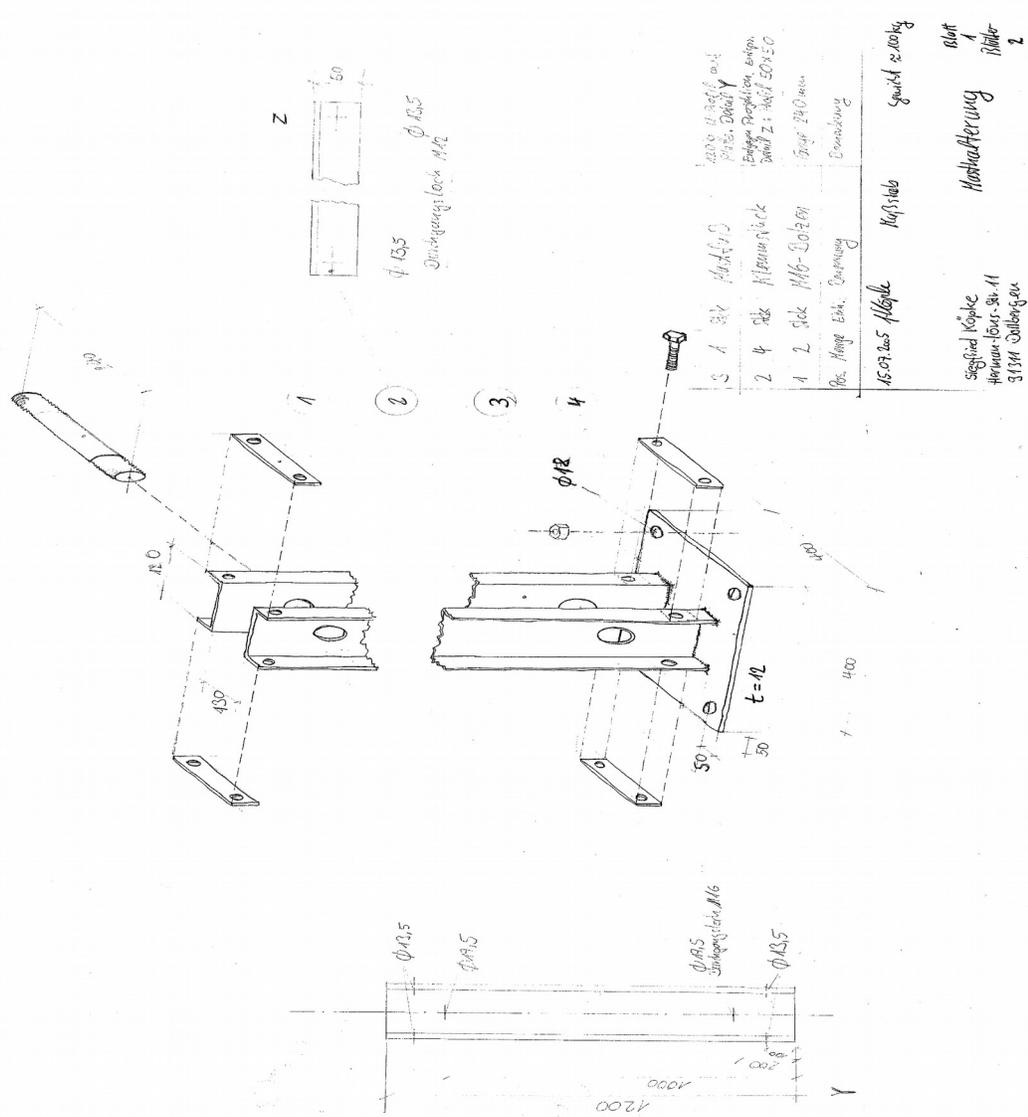


Abbildung 11: Mastfuß für kippbaren Holzmast

