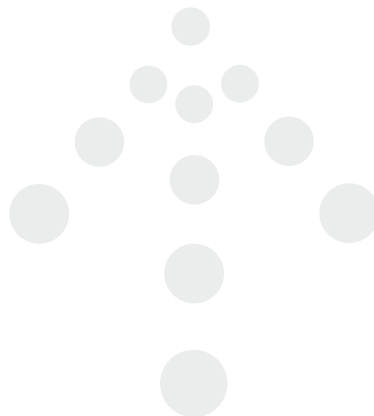


Leitfaden Kleinwindkraftanlagen an Schulen



Technische, organisatorische und rechtliche Voraussetzungen am Beispiel Leverkusen



Energielux ist ein Projekt der Stadt Leverkusen, durchgeführt vom Förderverein NaturGut Ophoven und gefördert durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, im Rahmen der BMU Klimaschutzinitiative.

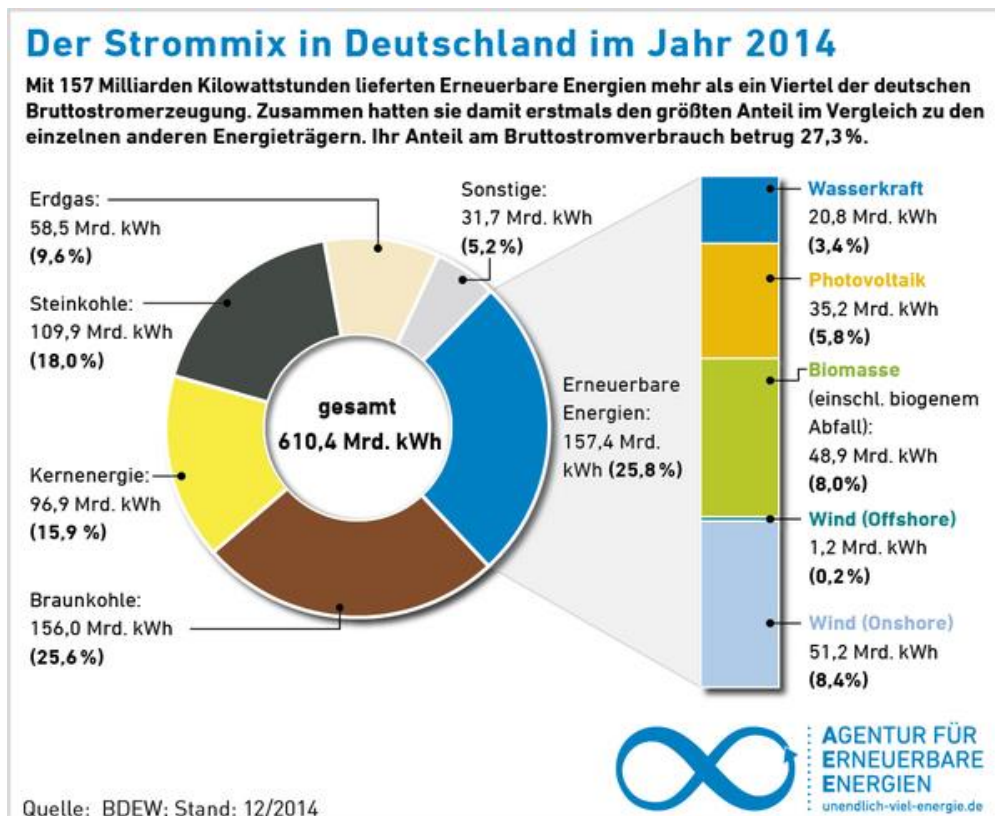
Einleitung

1. Standortwahl
 - 1.1. Windhöffigkeit
 - 1.1.1. Allgemeine Wetterdaten
 - 1.1.2. Messungen am Standort
 - 1.1.3. Beurteilung des Standortes nach Winddaten
 - 1.2. Einfluss des Geländes und der Nabenhöhe
 - 1.3. Installationsort
 - 1.3.1. Freifläche
 - 1.3.2. Fassade
 - 1.3.3. Dach
2. Auswahl der KWA
 - 2.1. Nennleistung
 - 2.1.1. Mikrowindanlagen bis 1,5 kW Nennleistung
 - 2.1.2. Mini- bzw. Hauswindanlagen bis 5 kW Nennleistung
 - 2.2. Bauart
 - 2.3. Auswahl nach Energienutzungskonzept
 - 2.4. Referenzanlagen
3. Wirtschaftlichkeit
 - 3.1. Leistung und Stromertrag
 - 3.2. Investitionskosten
 - 3.3. Betriebskosten (Wartung, Reparatur und Versicherung)
 - 3.4. Energienutzungskonzept
 - 3.4.1. Netzeinspeisung
 - 3.4.2. Eigenverbrauch
4. Installation, Anschluss und Betrieb
 - 4.1. Dachanbindung und Standfestigkeit
 - 4.2. Wechselrichter und Verkabelung
5. Rechtliches
 - 5.1. Welche Genehmigungen und Anforderungen sind nötig?
 - 5.2. Vorgehen in Leverkusen
 - 5.3. Anmeldepflicht bei der Netzentur und Abgaben nach EEG 2014
6. Finanzierung und Trägerschaft
 - 6.1. Förderverein
 - 6.2. Gründung eines eigenen Vereins für Finanzierung und Betrieb
 - 6.3. Gründung einer Schülerfirma für den Betrieb
 - 6.4. Finanzierungsmöglichkeiten
 - 6.5. Rückstellungen

Einleitung

Nicht erst seit der Energiewende sind die erneuerbaren Energien im Fokus, durch die politischen Änderungen besonders unter dem Eindruck der Katastrophe in Fukushima hat sich nochmals eine besondere Dynamik entwickelt.

Die erneuerbaren Energien sind mittlerweile die bedeutendsten Energieträger bei der Stromerzeugung; 2014 stammten bereits über 25% der Bruttostromerzeugung aus erneuerbarer Energien.



Neben ihrer mittlerweile großen Bedeutung für den Strom Mix in Deutschland sind Solar- und Windenergie in Deutschland auch zu einem bedeutenden Wirtschaftszweig und Beschäftigungsmotor geworden. So verfügt laut Agentur für Erneuerbare Energien (AEE) alleine die Windbranche über knapp 140.000 Beschäftigte, dazu kommen viele Zulieferbetriebe der klassischen Industrie. Erneuerbare Energien sind besonders als lokale Wirtschaftsfaktoren von Bedeutung, sei es im Bereich Industrie und Handwerk oder auch im Rahmen von kommunalen Solaranlagen.

Um dieser Bedeutung Rechnung zu tragen, ist es wichtig, Schülern eine intensive Auseinandersetzung mit diesen Energieträgern zu ermöglichen, dabei stehen besonders Solaranlagen und Windkraft im Vordergrund.

Photovoltaikanlagen (PVA) lassen sich auch in Leverkusen im Schulbetrieb wirtschaftlich betreiben, so dass sich zumindest die Investitionen über die Laufzeit amortisieren. Der Betrieb einer Kleinwindenergieanlage hingegen ist in Leverkusen aus rein wirtschaftlicher Sicht eher ungünstig, denn in Innenstadtlagen ist die Windkraft durch Bebauung oder Vegetation nur selten optimal zu nutzen.

Aus pädagogischen Gründen kann es trotzdem sehr sinnvoll sein, eine Kleinwindenergieanlage in einem Schulprojekt zu betreiben. Zudem hat eine KWEA im Gegensatz zu einer PVA, die meist nicht sichtbar auf einem Flachdach angebracht ist, eine Leuchtturmwirkung.

Wir möchten interessierten Lehrern mit diesem Leitfaden einen ersten Überblick zum Thema KWEA geben und ermutigen, ein solches Projekt zu realisieren.

1. Standortwahl

Um eine KWA möglichst wirtschaftlich betreiben zu können, bedarf es der ungehinderten Anströmung von Wind auf die Rotoren der Anlage. Dabei hat neben der allgemeinen Windsituation (Windgeschwindigkeit, Auftrittshäufigkeit und Hauptwindrichtung) auch das Umgebungsprofil einen direkten Einfluss auf die Ertragssituation. In städtischer Lage ist beispielsweise durch die Bebauung häufig mit Windbarrieren zu rechnen, deshalb ist dort oft erforderlich, die Anlagen höher aufzustellen, als in ländlicher Lage.

1.1. Windhöufigkeit

Um festzustellen, welcher der möglichen Standorte die besten Windbedingungen für den Betrieb der KWEA aufweist, müssen die lokalen Windverhältnisse bekannt sein, dabei empfiehlt z.B. die EnergieAgentur.NRW eine mittlere Windgeschwindigkeit von min. 4m/s in Rotorhöhe.

Wenn man sich aber die Kennlinien der meisten KWEA ansieht, stellt man schnell fest, dass die Effizienz bei 4m/s doch eher gering ist.

Bei realistischer Betrachtung der in Leverkusen wahrscheinlichen Windgeschwindigkeiten, wird man sich die meiste Zeit im weniger effizienten Bereich der Nennleistungskurve befinden.

Aus diesem Grund raten wir dann von einer KWEA ab, wenn sich die Anlage finanziell amortisieren muss.

1.1.1. Allgemeine Wetterdaten

Allgemeine Wetterdaten und Angaben zu den Windverhältnissen finden sich z.B. unter www.windfinder.com oder auf der Webseite des Deutschen Wetterdienstes www.dwd.de.

Die Hauptwindrichtung lässt sich anhand allgemeiner Wetterdaten in der Regel gut vorhersagen, die tatsächliche Windgeschwindigkeit kann jedoch auf Basis solcher Daten nur grob geschätzt werden, zu viele Faktoren beeinflussen diese für die Wirtschaftlichkeit relevante Größe. Zu nennen sind dabei z.B. die Bodenrauigkeit, Turbulenzen durch Bebauung oder Vegetation, aber auch die Installationshöhe der Anlage.

1.1.2. Messungen am Standort

Lassen die allgemeinen Daten den vorgesehenen Standort grundsätzlich geeignet erscheinen, sind Messungen notwendig, um sicheren Aufschluss über die tatsächliche Windenergie in Höhe der Rotorblätter zu erhalten.

Neben professionellen Angeboten zur Windmessung gibt es die Möglichkeit, eigene Messungen durchzuführen. Dabei sollte man berücksichtigen, dass eine KWA eine große Investition darstellen kann und deshalb nicht am falschen Ende gespart werden sollte.

Im Internet gibt es Vergleiche zu Windmessgeräten mit gutem Preis-/Leistungsverhältnis. Eine Geräteübersicht findet man z.B. unter: <http://www.klein-windkraftanlagen.com>
Für ca. 250,-€ (Stand: Feb.2015) erhält man z.B. bei <http://shop.vwah.de> ein Paket bestehend aus Windrichtungsgeber, Windgeschwindigkeitsmesser und einem passenden Datenlogger.

Aussagefähige Resultate erhält man durch Messungen über mehrere Monate, idealerweise wird die Messung über ein ganzes Jahr durchgeführt.

1.1.3. Beurteilung des Standortes nach Winddaten

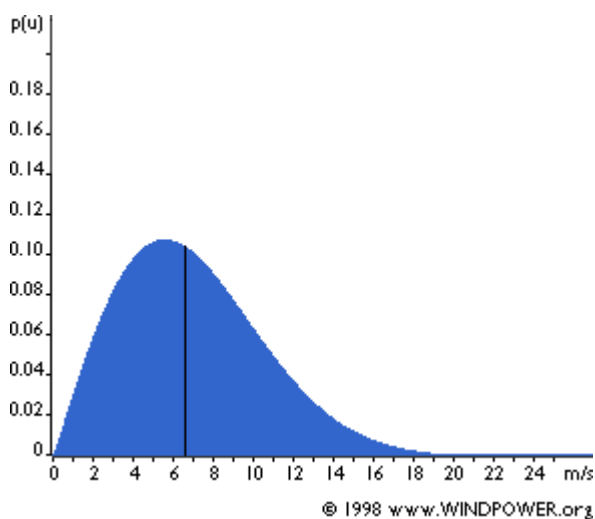
Zur Beurteilung der Standortqualität werden verschiedene Faktoren berücksichtigt:

- Mittlere Windgeschwindigkeit
- Hauptwindrichtung
- Energieverteilung des Windes

Wenn man die Windgeschwindigkeit über ein Jahr misst, wird man sehen, dass in den meisten Gegenden starke Stürme selten sind, während mäßiger bis frischer Wind relativ häufig auftritt.

Die Verteilung der Windgeschwindigkeit wird normalerweise mit der sog. Weibull-Verteilung beschrieben. Die Abbildung zeigt einen Standort mit einer mittleren Windgeschwindigkeit von 7 m/s.

Weibull-Verteilung



Gute Infos zum Thema:

<http://drømstørre.dk/wp-content/wind/miller/windpower%20web/de/tour/wres/index.htm>

Dort findet man auch Infos zur sog. Weibullverteilung (Wahrscheinlichkeitsverteilungsdichte):

Die Fläche unter der Kurve beträgt immer genau 1, da die Wahrscheinlichkeit dafür, dass der Wind mit einer beliebigen Geschwindigkeit einschließlich 0 weht, gleich 100 Prozent sein muss.

Die schwarze, senkrechte Linie bei 6.6 m/s teilt die Gesamtfläche in zwei gleichgroße Hälften. Sie wird als Median der Verteilung bezeichnet. Das bedeutet, dass der Wind die Hälfte der Zeit mit weniger als 6.6 m/s und die andere Hälfte der Zeit mit mehr als 6.6 m/s weht.

Die mittlere Windgeschwindigkeit ist die durchschnittliche Windgeschwindigkeit an diesem Standort und liegt in diesem Fall bei 7 m/s.

Die Verteilung der Windgeschwindigkeiten ist schief, d.h. asymmetrisch, d.h. manchmal gibt es sehr hohe Windgeschwindigkeiten, es wird aber nicht sehr oft passieren.

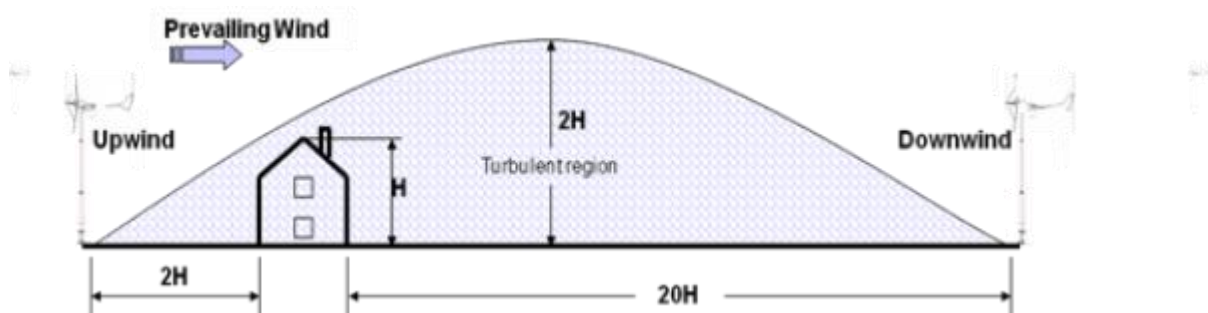
Andererseits treten Geschwindigkeiten von 5.5 m/s sehr häufig auf. Diese 5.5 m/s werden als der modale Wert der Verteilung bezeichnet.

Wird jedes Windgeschwindigkeits-Intervall mit der Wahrscheinlichkeit multipliziert, dass genau diese Geschwindigkeit vorliegt, anschließend aufsummieren, dann erhält man die mittlere Windgeschwindigkeit.

1.2. Einfluss des Geländes und der Nabenhöhe

Der ankommende Wind wird durch Gebäude und Vegetation stark beeinflusst, es entstehen Turbulenzen, die sich leider negativ auf die Leistung der Windenergieanlage auswirken.

Bei der Auswahl des Standortes sind daher folgende Abstandsempfehlungen zu berücksichtigen.



www.nova-wind.de

In höheren Lagen sind grundsätzlich höhere Windgeschwindigkeiten mit mehr Leistung zu erwarten, also ist es sinnvoll, die Nabenhöhe der Turbine möglichst hoch zu wählen.

In höheren Lagen verlässt man den Bereich der Turbulenzen, die durch Hecken, Anbauflächen und Bäume entstehen, man spricht von der „sauberen“ Luft. Der Vorteil gilt aber nur bis zu einer gewissen Höhe, denn der Ertragszuwachs ist auch mit exponentiell höheren Kosten verbunden. Daher gilt es, die Vor- und Nachteile abzuwägen, zudem sind der Höhe der KWEA auch durch örtliche Gegebenheiten Grenzen gesetzt oder auch die Genehmigung deutlich schwieriger.

Bei der Montage auf einem Dach lassen sich diese Turbulenzen leider nicht vermeiden, es sei denn, man würde die Anlage extrem hoch positionieren, was aber nicht nur aus Kostengründen und Problemen hinsichtlich der Genehmigungsfähigkeit unrealistisch ist.

1.3. Installationsort

1.3.1. Freifläche

Die Aufstellung auf einer Freifläche hat grundsätzlich den Vorteil, dass Abstände zu störenden Einflüssen auf die Anströmung vermieden oder zumindest reduziert werden können. Zudem vermeidet man die auf Dächern oder Gebäudekanten häufigen Turbulenzen.

Mit Blick auf Schulprojekte gibt es aber auch Nachteile:

- Fläche muss vorhanden sein, evtl. Sportanlage
- höhere Kosten durch notwendiges Betonfundament und Verkabelung
- durch die exponierte Lage ist eher mit Einsprüchen durch die Nachbarschaft zu rechnen

1.3.2. Fassade

1.3.2. Montage am Gebäude

KWEA können an der Fassade bzw. auf dem Dach montiert werden, dabei hat jede Variante Vor- und Nachteile. Nachteil gegenüber der Freiflächenmontage ist bei beiden Varianten die nicht störungsfreie Anströmung, was aber bei pädagogisch motivierten Anlagen eher unbedeutend ist.

Vorteil ist die Nähe zum Gebäude und zum Stromnetz, dadurch entstehen geringere Kosten für die Elektroinstallation und es wird kein Fundament benötigt.

Fassade: Der Anlagenmast wird mit speziellen Bauelementen an der Fassade fixiert, auch durch Wärmedämmverbundsysteme.

Sattel- oder Steildach: Der Anlagenmast wird mit Rohrschellen am Dachbalken befestigt.

Flachdach: Der Anlagenmast wird mittels eines Stahlrahmenstandfuß mit dem Gebäude verbunden oder durch Betonfertigteile fixiert.

Bei allen Varianten sind Schwingungen, Resonanzübertragungen od. Störgeräusche im Gebäude möglich, daher sind Schwingungsdämpfer erforderlich, z.B. Gummi-Metall-Lagerungselemente.

1.3.3. Dach

Für die meisten Schulprojekte wird die Dachmontage die einfachste Lösung sein. Sie kann sowohl auf einem Sattel- oder Steildach, als auch auf einem Flachdach erfolgen.

Sattel- oder Steildach: Der Anlagenmast wird mit Rohrschellen am Dachbalken befestigt.

Flachdach: Der Anlagenmast wird mittels eines Stahlrahmenstandfußes mit dem Gebäude verbunden oder durch Betonfertigteile fixiert.

Bei beiden Varianten sind Schwingungen, Resonanzübertragungen oder Störgeräusche im Gebäude möglich, daher sind Schwingungsdämpfer erforderlich, z.B. Gummi-Metall-Lagerungselemente.

2. Auswahl der KWA

2.1. Nennleistung

Auf dem Markt befinden sich verschiedenste Anlagentypen, die sich in ihrer Art der Anwendung, der Spannungsebene und der Nennleistung unterscheiden. Der Bundesverband Windenergie teilt die Kleinwindanlagen in folgende Kategorien ein:

	Einsatzgebiet der Kleinwindanlage	Spannung	Nennleistung	Vereinfachung für Gesamtbetrachtung
A	Batteriegestütztes Inselsystem	12/24/48 V DC	0 – 1,5 kW	Leistungsklasse 1 Mikrowindenergie-Anlage
B	Anlage auch netzgekoppelt	230 V AC		
C	Gebäudeintegrierte Installation	230 V AC	1,5 – 5 kW	
	Freie Aufstellung			
D	Gewerbegebiete, Landwirtschaft	400 V AC	5 – 30 kW	Leistungsklasse 2 Miniwindenergie-Anlagen
E	Gewerbegebiete, Landwirtschaft	400 V / 20 kV AC	30 – 100 kW	Leistungsklasse 3 Mittelwindenergie-Anlagen

(Leistungskategorien der Bundesverbandes Windenergie)

2.1.1. Mikrowindanlagen bis 1,5 kW Nennleistung

Mikrowindanlagen bis 1,5 kW Nennleistung sind für Schulprojekte empfehlenswert, wenn nicht primär Strom für Eigenverbrauch oder Einspeisung produziert werden soll, sondern die praktische und experimentelle Auseinandersetzung mit dem Thema Windenergie im Fokus steht.

Bei diesen kleinen Anlagen handelt es sich oft um Gleichstromsysteme mit Batteriespeicher. Als Eigenverbrauchsanlagen und Bestandteil einer autarken Insellösung (off-grid), sind solche Systeme prädestiniert für die netzferne Nutzung z.B. Ferienhaus / Camping / Caravan / Segelschiff.

Alternativ kann die gewonnene elektrische Energie über Wechselrichter auch für 230V/AC Anwendungen genutzt werden.

Meist handelt es sich dabei um sehr kleine Anlagen und die Statik muss nicht gesondert geprüft werden.

Der Jahresenergieertrag liegt im Mittel für einen windhöffigen Standort bei 300 – 500 kW/a; maximal erreichbar sind 1.000 kW/a. Eine empfehlenswerte Anlage wäre „Superwind 350“. Diese Anlage war auch der Hauptpreis des Wettbewerbs „Schulen machen Wind“ der Energieagentur NRW.

Kosten: ab 2.000,- €.

2.1.2. Mini- bzw. Hauswindanlagen bis 5 kW Nennleistung

Bei Mini- bzw. Hauswindanlagen bis 5 kW Nennleistung ist der Einsatz in Wohngebieten möglich. Die Anlage wird frei aufgestellt oder auf dem Dach installiert. Die maximale Höhe der Kleinwindanlage beträgt 10 m, inklusive Mast und Rotor.

Diese Anlagen sind häufig Eigenverbrauchsanlagen mit Überschusseinspeisung in das öffentliche Stromnetz (On-Grid), d.h. netzgekoppelte Anlagen mit Inverter/Wechselrichter, extra Stromzähler und Schaltung für Eigenverbrauchsoptimierung.

Ein Nachteil dieser Anlagengröße ist, dass es strenge Vorgaben an Schallemission und Bauhöhe gibt und die Kosten an einem Standort in Leverkusen mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit nicht amortisiert werden.

Für einen windhöffigen Standort sind 1.000 bis 2.500 kWh/a realistisch; maximal möglich sind 5.000 kWh/a.

Kosten: Eine Schule in Gladbeck nennt eine Investition von 20.000 € für eine 2,5 kW Anlage bei Freifeldmontage.

2.2. Bauart

In den Medien werden immer wieder neuartige Entwicklungen mit besonderen Designs gezeigt, die angeblich schon bei Schwachwind effizient sein sollen. Doch: Wo keine Energie im Wind ist, kann auch keine Energie in Form von Strom erzeugt werden. Diese Windräder laufen zwar evtl. schon bei niedriger Geschwindigkeit an, aber das bedeutet nicht, dass auch schon nennenswerte Mengen Strom produziert werden.

Bei KWA, die nach dem Widerstandsprinzip arbeiten, wird die Schubkraft eines im Windfeld befindlichen Widerstandskörpers in mechanische Energie wandelt. Diese Anlagen sind in ihrer Effizienz allerdings sehr begrenzt. Ein klassisches Anlagenbeispiel für das Widerstandsprinzip ist der geschlossene Savonius-Rotor.

Das sogenannte Auftriebsprinzip ist die effizienteste Form der Energiewandlung. Bei der Umströmung eines schräg angestellten Rotorblattes entsteht ein Druckunterschied durch die ungleichen Windlaufängen an Ober- und Unterseite. Hieraus resultiert eine Kraft senkrecht zur Anströmung – die Auftriebskraft. Theoretisch können so bis ca. 60% der Windenergie in mechanische Energie umgewandelt werden, in der Praxis sind allerdings nur 30-40% realisierbar.

Aufgrund ihres Vorteils im Wirkungsgrad haben sich die Auftriebsläufer durchgesetzt.

Die Schnelllaufzahl

Eines der wichtigsten Merkmale um eine Windkraftanlage zu charakterisieren ist die Schnelllaufzahl. Die Schnelllaufzahl ist gleich die Blattspitzengeschwindigkeit (Umfangsgeschwindigkeit) geteilt durch die Windgeschwindigkeit (weit vor dem Rotor). Je länger die Blätter und je schneller die Rotordrehzahl, desto größer die Schnelllaufzahl bei gleicher Windgeschwindigkeit.

Dies unterteilt die Windkraftanlagen in zwei Gruppen: Langsamläufer und Schnellläufer:

Langsamläufer

Alle Widerstandsläufer haben eine Schnelllaufzahl niedriger als 1 und sind daher automatisch Langsamläufer. Langsamläufer haben eine Auslegungsschnelllaufzahl von maximal 2,5. Es gibt jedoch auch Ausnahmen von Auftriebsläufer mit einer Schnelllaufzahl von 1 bis 2,5, die auch Langsamläufer sind. In dieser Kategorie finden wir die Westernmills und Windpumpen mit einer Schnelllaufzahl von ca. 1; Bockwindmühle und Holländerwindmühle mit einer Schnelllaufzahl von 2.

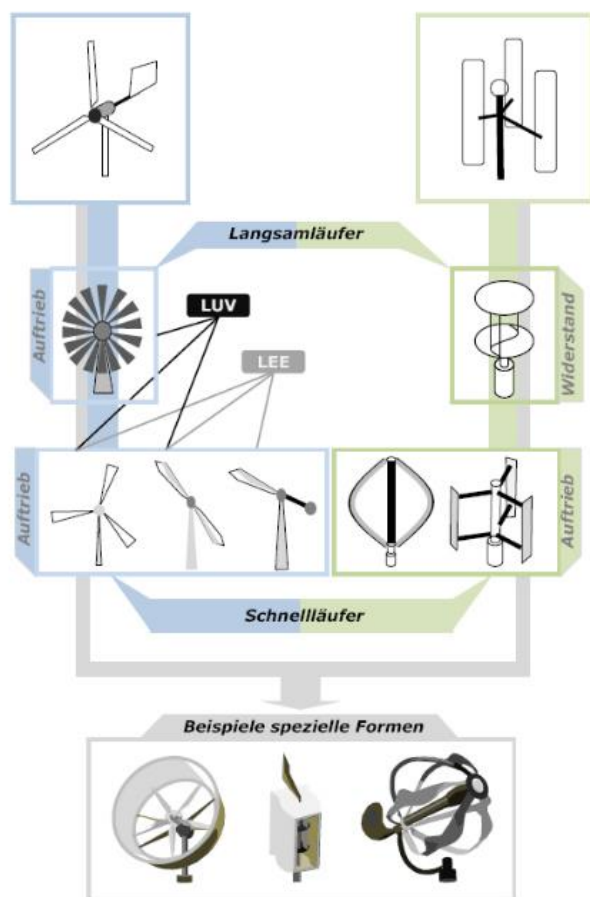
Schnellläufer

Auftriebsläufer mit einer Schnelllaufzahl von 2,5 bis 15 werden Schnellläufer genannt. In dieser Kategorie finden wir alle Strom erzeugende Windkraftanlagen mit einem bis drei Rotorblättern.

Die Schnelllaufzahl beeinflusst stark die Bauart und Bauform einer Windkraftanlage. Für eine bestimmte Blattlänge gilt z.B., je größer die Schnelllaufzahl, desto schneller die Rotordrehzahl. Am schnellsten laufen die Einblatt-Anlagen, jedoch ist anzumerken, dass Windpumpen meistens Langsamläufer sind, sich allerdings ziemlich schnell drehen. Da der Rotordurchmesser relativ klein und die Umlaufgeschwindigkeit relativ niedrig ist, sind auch sie Langsamläufer. Im Prinzip gilt, je größer die Anzahl der Rotorblätter desto niedriger die Schnelllaufzeit. Die Schnellläufer haben durch die niedrigeren Drallverluste deutlich bessere Wirkungsgrade als ein Langsamläufer. Der maximale Leistungsbeiwert $c_P \max$ beträgt für einen Langsamläufer ca. 0,3 bis 0,35 und für einen Schnellläufer ca. 0,45 bis 0,55. Die Drallverluste nehmen mit dem erzeugten Drehmoment zu. Langsamläufer die viele Blätter und eine große Umfangskraft erzeugen, haben deutlich größere Drallverluste als Schnellläufer. Der Dralleffekt stellt einen Verlust dar, reduziert den Wirkungsgrad und erzeugt Turbulenzen in der Strömung hinter der Anlage.

Weitere Infos: <http://windenergie-rgd.jimdo.com/>

Übersicht zu Bauformen von kleinen Windenergieanlagen (Bundesverband WindEnergie)



Vorteile horizontaler Windenergieanlagen:

- Höhere Wirkungsgrade und höhere Energieerträge.
- Aufstellungshöhe wird durch Schwingungsresonanzen nicht limitiert.

Vorteile vertikaler Windenergieanlagen:

- Schallemissionen und Schattenwurf sind gegenüber Horizontalachsenanlagen geringer.
- Einfache Wartung, da Maschinenteile in Bodennähe.
- Niedrige Anlaufgeschwindigkeit (Windgeschwindigkeit 2 bis 2,5 m/s).
- Geeignet für turbulente Windverhältnisse.
- Ansprechendes Design und Laufruhe.

2.3. Auswahl nach Energienutzungskonzept

Für den Einsatz an Schulen empfiehlt sich ein Inselbetrieb oder eine Mischung aus einem Inselbetrieb und einem abgewandelten Netzparallelbetrieb. Merkmale der unterschiedlichen Nutzungsmodelle

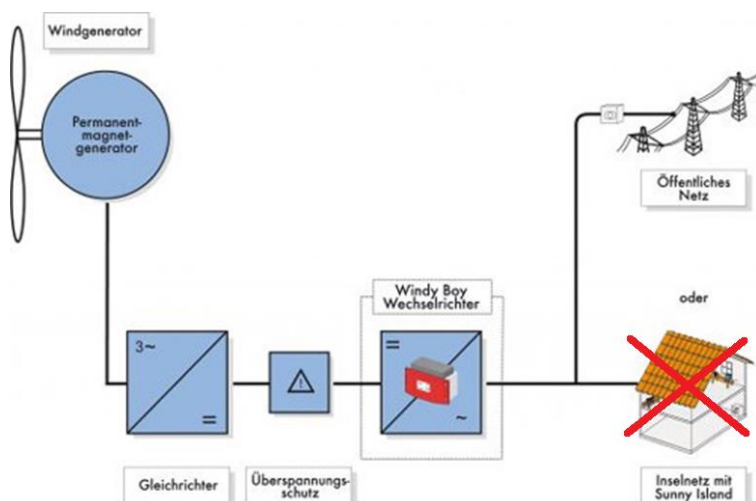
Inselbetrieb

- Autarkes Energieversorgungssystem
- Kein Anschluss ans öffentliche Stromnetz
- Strom wird direkt genutzt, Überschuss wird in Akkumulatoren gespeichert
- Zusätzliche Investition in ein Speichersystem (z.B. Akkumulator)
- Stromverbraucher mit geringen Stromverbräuchen, z.B.: Parkuhren, Verkehrsleitsysteme, Beleuchtung
- Im privaten Bereich, z.B.: Wohnmobil, Ferienhaus, Hausboot
- Gebiete ohne öffentliches Stromnetz
- In Schulprojekten z.B. für Niederspannung LED-Beleuchtung des Schulhofes (Teilbereiche) eingesetzt.

Alternative: Ladestation für Mobiltelefone

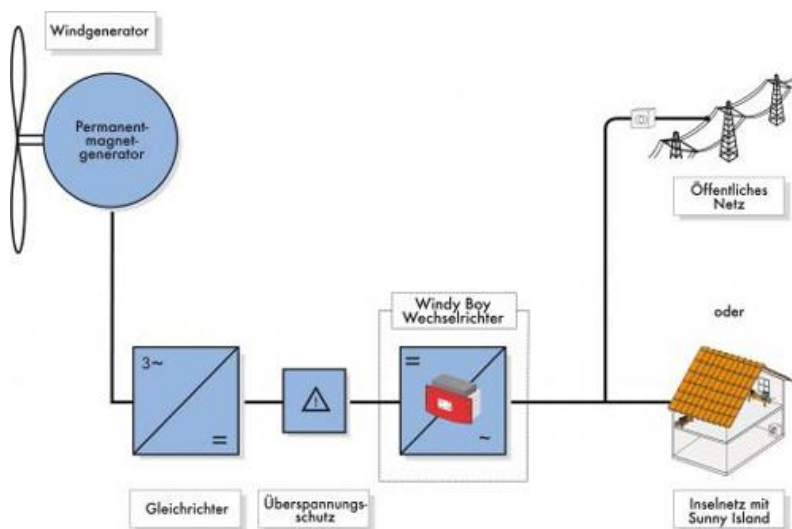
Netzgekoppeltes System

- Einspeisung ausschließlich ins öffentliche Stromnetz
- Einspeisevergütung von derzeit 8,66 ct/kWh
- Wechselrichter erforderlich
- Keine Speicherung nötig
- Kein Eigenverbrauch
- Beispiel Schulprojekt: Ingeborg-Drewitz Gesamtschule Gladbeck, dabei allerdings nur geringer Ertrag



Netzparallelbetrieb

- Anschluss ans öffentliche Stromnetz und an den Hausanschluss
- Weiter Bezug von Strom des Energieversorgers nötig
- Durch möglichst hohen Anteil an Eigenverbrauch sinken Strombezugskosten
- Keine Speicherung nötig
- Überschüssiger Strom wird eingespeist
- Vergütung derzeit von 8,50 ct/kWh bei Kleinwindanlagen
- Beispiel Schulprojekt: Gesamtschule Am Lauerhaas Wesel, Eigenverbrauch, dabei ebenfalls nur geringer Ertrag und rein wirtschaftlich nicht sinnvoll



<http://www.braun-windturbinen.com/knowhow/netzparallelbetrieb/>

2.4. Referenzanlagen

An Nordrhein-Westfälischen Schulen sind mittlerweile einige Projekte mit Windrädern realisiert worden, wobei die Schulen jeweils sehr verschiedene Ansätze verfolgt haben.

Nachfolgend einige Projekte, zu denen wir Informationen aus erster Hand erhalten haben.

	FWS Berufskolleg, Haan-Gruiten	Gesamtschule Am Lauerhaas, Wesel	Berufskolleg Pictorius, Coesfeld	Ingeborg-Drewitz Gesamtschule, Gladbeck
Windrad	Selbstbau Vertikalrotor	Antaris 2.5	Superwind 350	MAJA 1000
Ort	Dach	Freifeld	mobil	Dach
Spannung	Niederspannung	230 V	Niederspannung	Niederspannung
Nutzung	Beleuchtung Schulhof	Eigenverbrauch, mit Gebäudeservice abgestimmt	Mobiler Einsatz für Projekte	Netzeinspeisung über Wechselrichter DMI 1000

Genehmigung	Anlage noch nicht in Betrieb	komplex wg. Naturschutz (Fledermaus – Lösung über Steuerung)	noch nicht aktuell	Probleme mit Statikgutachten (Kosten) Abstand
Status	offen - Generator noch nicht angeschlossen	im Betrieb, aber wenig Ertrag, realistische Amortisation 10-20% der Investition über Lebensdauer	Anlage mobilisiert, anhängerkfähiges Fundament, zerlegbarer Mast (7,5m Höhe)	Anlage im Betrieb
Bemerkung	wenig Wind	Probleme mit den Nachbarn wg. Masthöhe	mittelfristig feste Installation geplant	Kombination bzw. Folgeprojekt PV, Ertrag niedrig, nur pädagogisch sinnvoll
Projektkosten	k.A.	20.000,00 €	k.A.	7.400,00 €
Finanzierung	u.a. über Prämie Wettbewerb Energieagentur	Sponsoren	Windrad als Preis "Schulen machen Wind"	Preisgelder, Sponsoring lokaler Energieversorger, Erträge aus einer PV-Anlage

3. Wirtschaftlichkeit

3.1. Leistung und Stromertrag

Leistung und Stromertrag sind abhängig von:

- Nennleistung der Anlage
- Nabenhöhe
- Windgeschwindigkeit und -verteilung am konkreten Standort
- Rotorfläche
- Anlagentechnik, d.h. Wirkungsgrad der Turbine
- Lebensdauer und Störungsempfindlichkeit

3.2. Investitionskosten

Mit der Anschaffung des Windrades ist das Kapitel Investition nicht abgeschlossen, deshalb ist es notwendig, sich vorab einen Überblick über die Höhe der gesamten Investition zu verschaffen.

- Anschaffungskosten [BWE, 2011]: 750 € bis 4000 € pro installiertem kW
- Planung
- Genehmigung
- Fundament
- Mast oder sonstige Befestigung
- Installation
- Anschlusskosten Elektrik
- Netzanschluss (optional)

- Speicherkosten (optional)

3.3. Betriebskosten (Wartung, Reparatur und Versicherung)

- Wartung
- Reparatur
- Versicherung
- Mittlere jährliche Betriebskosten pro kWh Jahresarbeit [Fraunhofer IWES, 2008]:
 - Mikro-/Hauswindanlage: 16 ct./kWh
 - Anlagen zur Selbstversorgung/Hofstellenanlagen: 3,5 ct./kWh
 - Gewerbliche Kleinwindanlagen: 1,5 ct./kWh

Bei der Kalkulation eines Windprojektes ist es unabdingbar, neben den zu erwartenden Betriebskosten, auch auf einen nach Ende der Nutzung notwendigen Rückbau vorbereitet zu sein und entsprechend Rückstellungen vorzusehen.

Da die Errichtung und der Betrieb der KWEA ein schuleigenes Projekt ist, muss es über die gesamte Laufzeit für die Stadt kostenneutral sein.

3.4. Energienutzungskonzept

3.4.1. Netzeinspeisung

Kleinwindenergieanlagen werden insbesondere in Regionen wie Leverkusen Eigenverbrauchsanlagen sein, denn die Vergütung durch die Einspeisung von Energie ins öffentliche Netz ist zu gering um die Kosten der Anlage in einem überschaubaren Zeitraum zu decken..

Vergütung

– EEG-Einspeisevergütung: 8,50 Cent/kWh für 20 Jahre bei Kleinwindanlagen

– Haushaltsstrompreis: orts- und tarifabhängig ca. 25 ct/kWh

Grob gerechnet: Setzt man für eine KWEA eine Investitionssumme von 10.000 Euro ein, kann man ca. 2.000 kWh/ p.a. Strom erzeugen. Multipliziert mit der aktuellen Einspeisevergütung benötigt man über 50 Jahre zur Amortisation.

3.4.2. Eigenverbrauch

Eigenverbrauch ohne Vergütung ist bei einer KWEA die wohl sinnvollste Möglichkeit, auch wenn bei vollständigem Eigenverbrauch o.g. Rechenbeispiel immer noch über 20 Jahre nötig sind, bis Ertrag und Investition ausgeglichen sind.

Die Einspeisung in das Schulnetz ist mit der Gebäudewirtschaft / Technik abzustimmen, dabei ist besonders die technische Eignung zu prüfen.

Stadt Leverkusen:

Herr Stotzem – 0214 / 406-6554

Herr Poßberg – 0214 / 406-6553

Einfacher umzusetzen ist die direkte Nutzung einer erzeugten Niederspannung.

Das FWS Berufskolleg Haan-Gruiten wird beispielsweise Bereiche des Schulhofes mit 12V

Niederspannungsleuchtmitteln ausstatten, eine andere Möglichkeit sind Ladestationen für Mobiltelefone.

4. Installation und Anschluss

4.1. Dachanbindung und Standfestigkeit

Eine Befestigung auf dem Flachdach ist nicht unproblematisch, wegen akustischer Entkopplung, Dachisolierung, Aufrechterhaltung der Dämmung und des Feuchtigkeitsschutzes.

Prinzipiell einfacher ist die Befestigung an der Außenfassade, dafür gibt es thermisch entkoppelte Bauelemente, die auch akustisch entkoppelt sind. Die Anbringung ist auch bei Wärmedämmverbundsystemen (WDVS) unproblematisch.

Die Schallentkopplung ist nach Praxiserfahrungen häufig ein großes Problem.

4.2. Wechselrichter und Verkabelung

Es empfiehlt sich die Verwendung eines Wechselrichters, der speziell für den Einsatz mit KWEA entwickelt wurde, um optimale Wirkungsgrade zu erzielen. Wechselrichter, die für den Betrieb mit einer Photovoltaikanlage ausgelegt sind, entsprechen nicht den Betriebseigenschaften von KWEA. Üblicherweise bietet der Hersteller der Kleinwindenergieanlage ein entsprechend vorprogrammiertes Gerät an.

Bei der Verkabelung ist grundsätzlich auf kurze Wege zwischen KWEA und Wechselrichter bzw. KWEA und Akkumulator/Verbraucher zu achten, um die Verluste zu minimieren.

Ferner sind entsprechende Verlegearten, Umgebungseinflüsse (Temperatur, Feuchte etc.) und Leitungsquerschnitte zu berücksichtigen.

5. Rechtliches

5.1. Welche Genehmigungen und Anforderungen sind nötig?

Kleinwindanlagen über 10 Meter Höhe sind in allen Bundesländern genehmigungspflichtig. In einigen Bundesländern, so auch in NRW, gibt es für Anlagen unter 10 m Höhe mittlerweile Ausnahmen.

So werden durch die Novellierung der Landesbauordnung in NRW vom 21. Dezember 2011 zwar Kleinwindenergieanlagen bis 10 Meter Höhe von der Genehmigungspflicht ausgenommen, Ausnahme von der Regel bilden allerdings Anlagen in reinen, allgemeinen und besonderen Wohngebieten sowie in Mischgebieten. Fraglich ist daher, ob Schulwindprojekte von einer Genehmigungsfreistellung überhaupt profitieren können.

Schulflächen sind Gemeinbedarfsflächen, d.h. es gilt die Prüfung etwaiger Baumaßnahmen auf Verträglichkeit gegenüber den umliegenden Bereichen. Eventuell wäre aufgrund der Sondernutzung eine Genehmigungsfreistellung denkbar, allerdings ist dann zu klären, wie man diese Verträglichkeitsprüfung darstellt. Ein Genehmigungsverfahren stellt eben das sicher und gibt dem Betreiber auch Rechtssicherheit bezüglich des dauerhaften Betriebs der Anlage.

Außerdem müssen Betreiber einer Kleinwindanlage trotz der Genehmigungsfreistellung alle relevanten baurechtlichen Vorschriften beachten. Das gilt beispielsweise für die Anforderungen an Standsicherheit, Schallschutz, Abstandsflächen, Gebäudestatik oder Denkmalschutz.

Vorteil für den Betreiber:

Man spart sich das Genehmigungsverfahren, welches Zeit und Kosten beansprucht.

Nachteil für den Betreiber:

Keine Rechtssicherheit für den dauerhaften Betrieb des Windrads und im ungünstigsten Fall kann von der Baubehörde ein Rückbau des Kleinwindrads verlangt werden.

5.2. Vorgehen in Leverkusen

Die noch geringe Verbreitung von Kleinwindanlagen in Deutschland führt dazu, dass die Bauaufsichtsbehörden wenig Erfahrung mit kleinen Windkraftanlagen und deren Genehmigung haben. Wir empfehlen deshalb dringend eine frühzeitige Kontaktaufnahme mit der Stadt Leverkusen und den Genehmigungsbehörden, um die Realisierungschancen beurteilen zu können.

Ansprechpartner Windkraftanlagen allgemein: Norbert Plaga, Strategisches Energiemanagement (0214/4066504).

Ansprechpartner zur Klärung der technischen Voraussetzungen zur Baugenehmigung: Sachgebietsleiter Herr Wolf Dieter Zogbaum, Bauunterhaltung und technische Gebäudeausstattung (0214/4066550).

Modellhaft betrachtet sind Schüler/Lehrer die Nutzer der Schule. Den Schulträger könnte man als „Mieter“ bezeichnen und die Gebäudewirtschaft ist der Eigentümer der Gebäude. Deshalb muss die Gebäudewirtschaft als Eigentümer den Bauantrag stellen. Weil das Interesse zur Errichtung einer KWEA beim Nutzer, also den Schülern und Lehrern, liegt, ist von ihm die Bauantragstellung weitgehend vorzubereiten.

Vorbereitung des Bauantrags durch die Schule

Um einen möglichst reibungslosen Ablauf des Genehmigungsverfahrens zu ermöglichen, ist es sinnvoll, möglichst viele Aspekte vorab zu klären und der Gebäudewirtschaft zur Verfügung zu stellen:

- Möglichst vollständig ausgefülltes Bauantragsformular
- Flurkarte organisieren (Katasteramt, Ansprechpartner: Marion Kreuer 0214/406-6227) und Position der geplanten Anlage einzeichnen
- Schallschutz Gutachten (evtl. Gutachten vom Hersteller)
- Funktionsbeschreibung der Anlage (Hersteller)
- Installationsbeschreibung der Anlage (Anlagenerrichter)
- Absprache mit dem Umweltamt (Thema Schall und z.B. Vogel- oder Fledermausschutzmaßnahmen)
- Absprache mit der Denkmalschutzbehörde

- Absprache mit der Feuerwehr
- Absprache mit Energieversorgungsunternehmen (EVU)

Insgesamt ist es sinnvoll, im Anschreiben zum Vorentwurf des Bauantrages mitzuteilen, dass man bereits mit Feuerwehr, Umweltamt und Versorgungsunternehmen (wg. Netzanbindung) gesprochen hat und notwendige Gutachten (z.B. Schall/Brandschutz) beigefügt sind.

Im Einzelnen sind folgende Punkte abzuarbeiten:

- Bauordnungsrecht – Gehen von der Anlage Gefahren aus?
- Abstandsflächen

Für Abstandsflächen von (Klein-)Windenergieanlagen gelten in Nordrhein-Westfalen folgende spezielle Regelungen:

- § 6 Abs. 10 S. 3 BauO NRW - Maßstab (H) für die Ermittlung der Abstandsflächentiefen ist die Hälfte der Gesamthöhe der Anlage
- § 6 Abs. 5 BauO NRW - Abstandsflächentiefe = 0,8 H; in Kerngebieten 0,5 H; in Gewerbe- und Industriegebieten 0,25 H
- § 6 Abs. 10 S. 4 BauO NRW - Abstandsflächen einer Windenergieanlage bilden einen Kreis um den geometrischen Mastmittelpunkt

- Statik

Der statische Nachweis ist wie der Brandschutz vom Betreiber beizubringen, Unterstützung erfolgt durch Gebäudewirtschaft, da dort die entsprechenden Unterlagen zu den Gebäuden vorliegen.

- Brand- und Blitzschutz

Ist ein Brandschutzgutachten erforderlich, muss die Schule das Gutachten finanzieren und über das Schulamt initiieren, Unterstützung bei der Erstellung des Gutachtens erfolgt durch die Gebäudewirtschaft.

- Energieversorger

Mit der Anlagenplanung ist die Einspeisesituation und das Vorhaben mit dem örtlichen Energieversorger abzustimmen und die Grundlagen zu klären.

Hierbei gilt es die örtlichen Voraussetzungen zu ermitteln und die gewünschte Einspeisung (Netzeinspeisung oder Eigenverbrauch) abzustimmen. Der Energieversorger gibt auch Auskunft zu den technischen Anschlussbedingungen (TAB) die entsprechend umzusetzen sind.

Ansprechpartner bei der EVL ist Herr Osenau.

Tel.: 0214 8661 401

- Schattenwurf

Durch die aktuelle Diskussion bei Großwindkraftanlagen ist das Thema Schattenwurf auch bei KWEA schnell ein Diskussionspunkt, bei der geringen Größe der üblicherweise zum Einsatz kommenden Rotoren (z.B. Superwind 350) spielt das in der Praxis jedoch eher keine Rolle.

- Naturschutz

KWEA müssen im Genehmigungsverfahren auch vom Umweltamt befürwortet werden.

Allgemeiner Ansprechpartner des Umweltamtes Leverkusen ist Rudolf Lattka (0214/406-3245), der Fragen zum Thema beantwortet oder den Kontakt zu den entsprechenden Fachleuten herstellt.

Allgemein sind bei Bauvorhaben zahlreiche planungsrelevante Arten zu berücksichtigen. Bei Windkraftanlagen sind je nach örtlichen Gegebenheiten beispielsweise Vögel oder Fledermäuse ein Thema.

Es ist daher auf jeden Fall sinnvoll, sich bereits im Vorfeld mit den entsprechenden Fachleuten der Stadtverwaltung Leverkusen abzustimmen.

Ansprechpartner zu diesem Thema ist Jürgen Kossler (0214/406-3247)

Zum Fledermausschutz kann beispielsweise über eine Steuerung die Anlage zu kritischen Zeiten stillgelegt werden. Denkbar ist auch eine Einhausung eines Windrades, was allerdings gewisse Verluste im Wirkungsgrad der Anlage verursacht.

- Schallschutz

Der Schallschutz sorgt immer wieder für Diskussionen, mal wird ein spezielles Schallschutzgutachten gefordert, mal wird ein Gutachten des Herstellers akzeptiert. Zum KWEA Superwind 350 wird zum Beispiel vom Hersteller bzw. Vertreiber ein Schallgutachten beigelegt. Wir empfehlen, mit dem Umweltamt im Vorfeld Kontakt aufzunehmen.

- Denkmalschutz

Sollte Ihr Gebäude denkmalgeschützt sein, hilft Ihnen der Fachbereich 631 der Stadt Leverkusen (Bauaufsicht/Denkmalpflege):

Herr Schier / Stadtgebiet Nord (0214/406-6315)

Herr Simon / Stadtgebiet Süd (0214/406-6314)

- Luftverkehrsrecht

Die luftverkehrsrechtliche Prüfung erfolgt im Genehmigungsverfahren durch die Genehmigungsbehörden und ist in der Regel aufgrund der Bauhöhe der KWEA in Schulprojekten nicht relevant.

- Nachbarschaft

Vor der Installation und einem Genehmigungsverfahren einer KWEA sollte die Nachbarschaft über das Projekt informiert werden. Wichtig ist dabei, übertriebenen Ängsten und Befürchtungen zu Schattenwurf und Geräuschen vorzubeugen. Akzeptanz im Umfeld ist ein wichtiges Argument gegenüber den Genehmigungsbehörden, den Bauantrag positiv zu entscheiden.

5.3. Anmeldepflicht bei der Netzagentur und Abgaben nach EEG 2014

Für Kleinwindkraftanlagen, die nach dem 1. August 2014 in Betrieb gehen, gilt die Registrierungspflicht bei der Bundesnetzagentur. Auch Anlagen, die nicht durch das Erneuerbare Energien Gesetz (EEG) gefördert werden, sind in das Anlagenregister aufzunehmen. Die Meldung hat innerhalb der ersten drei Betriebswochen zu erfolgen.

Die Bundesnetzagentur hält dazu ein Formular bereit: [Anmeldeformular](#)

Vergisst der Anlagenbetreiber die Registrierung, erhält er keine Vergütung des eingespeisten Stroms nach dem EEG. Auch die Stilllegung muss gemeldet werden.

www.vz-nrw.de

Bei der Eintragung im Anlagenregister wird auch angegeben, ob eine Förderung in Anspruch genommen wird. Maßgeblich für Betreiber kleiner Windkraftanlagen ist die Vergütung von eingespeistem Strom ins öffentliche Netz auf Basis des EEG. Windkraftanlagen bis 50 kW Leistung erhalten ab dem 01.08.2014 für 20 Jahre den Anfangstarif in einer Höhe von 8,5 Cent pro kWh.

Mit dem Anmelden bei der Bundesnetzagentur ist grundsätzlich auch die Zahlung einer anteiligen EEG-Umlage für selbst erzeugten und verbrauchten Strom fällig.

Anlagen an Schulen werden aber mit hoher Sicherheit unter die Bagatellgrenze fallen und sind von der Zahlung der EEG-Umlage befreit.

„Ausgenommen von der Belastung mit der EEG-Umlage sind Kleinanlagen bis zehn Kilowatt, soweit die selbst verbrauchte Strommenge 10.000 Kilowattstunden im Jahr nicht überschreitet.

Ausgenommen sind zudem reine Inselanlagen und Letztverbraucher, die sich selbst vollständig aus Erneuerbare-Energien-Anlagen versorgen, ohne eine Förderung in Anspruch zu nehmen.“

www.energieagentur.nrw.de

6. Finanzierung und Trägerschaft

Natürlich stellt die Finanzierung einer KWEA für Schulen eine Herausforderung dar, deshalb sind die mögliche Anlagengröße und die grundsätzliche Auslegung auch von den finanziellen Möglichkeiten abhängig.

Neben der Einspeisevergütung, die bei KWEA bei weitem nicht die Kosten der Stromerzeugung abdeckt, gibt es keine spezielle Förderung aus öffentlicher Hand.

Eine Möglichkeit für Leverkusener Schulen ist allerdings die Verwendung des Geldes, das durch erfolgreiche Teilnahme am „energieLux“ erwirtschaftet wurde.

6.1. Förderverein für Finanzierung und Betrieb

Grundsätzlich können Fördervereine aus Vereinsmitteln eine KWEA finanzieren und theoretische Überschüsse aus der Einspeisevergütung wiederum für Schulzwecke einsetzen. Bei KWEA ist allerdings wirtschaftlicher Erfolg nicht wahrscheinlich und deshalb ist eine KWEA an Schulen wohl nur in pädagogischen Konzepten sinnvoll.

Wichtig: Wie bei Schulsolaranlagen ist zu klären, ob die Satzung des Fördervereins den Zweck des Betriebes einer KWEA abdeckt, nachrangig steht die Frage nach der steuerlichen Betrachtung. Generell sind KWEA in Innenstadtlagen eher nicht wirtschaftlich zu betreiben und die Finanzämter werden daher in der Regel keinen "wirtschaftlichen Geschäftsbetrieb", sondern einen „Zweckbetrieb“ sehen, der primär pädagogischen und keinesfalls wirtschaftlichen Zwecken dient. Eine Vorab-Klärung mit dem Finanzamt ist aber dennoch unerlässlich! Die Absicherung der Haftung erfolgt idealerweise über eine Versicherung.

6.2. Gründung eines eigenen Vereins für Finanzierung und Betrieb

Diese Möglichkeit bietet sich an, wenn der Schulförderverein nicht als Investor auftreten will/kann. Auch hier sind unbedingt o.g. Fragen vorab mit dem Finanzamt zu klären! Die Absicherung der Haftung erfolgt ebenfalls über eine Versicherung.

6.3. Gründung einer Schülerfirma für den Betrieb

Übertragung des fortlaufenden Betriebs der KWEA an eine Schülerfirma.

Infos zu Schülerfirmen finden Sie z.B. unter www.nasch21.de

6.4. Finanzierungsmöglichkeiten

Teilnehmer des energieLux-Projektes können im Idealfall mit ihren Erträgen eine KWEA vollständig oder teilweise finanzieren.

Bei weiterem Finanzierungsbedarf bietet sich als aktuelle und interessante Möglichkeit die Finanzierung über Crowdfunding an.

Die Deutsche Umweltstiftung hat dazu eine Crowdfunding Plattform ins Leben gerufen:

<https://www.ecocrowd.de/en>

Unterstützt wird dieses Projekt durch das BMU und das Umweltbundesamt.

Alternative: Sponsoring über regionale Energieversorgungsunternehmen, d.h. Unterstützung finanziell oder technisch.

Es kann auch sinnvoll sein, größere Unternehmen vor Ort anzusprechen, dies gilt besonders, wenn über Mitarbeiter Beziehungen zwischen Schule und Unternehmen bestehen.

6.5. Rückstellungen

Beim Betrieb einer KWEA entstehen nach der Anschaffung und Montage weitere Kosten für Wartung, Reparaturen und ggfs. Versicherungen, (Blitzschlag/Feuer/Sturm/Diebstahl/Vandalismus).

Daneben hat die Stadt Leverkusen als Eigentümer der Gebäude kein eigenes Interesse an KWE-Anlagen, es ist also sicherzustellen, dass neben den Betriebskosten auch ein etwaiger Rückbau durch Rückstellungen sichergestellt wird.

Links

Online-Rechner zur Abschätzung der Wirtschaftlichkeit einer KWEA:

www.klein-windkraftanlagen.com/kleinwindanlagen-rechner/

Windpower-Wiki der Danish Wind Industry Association (auch in deutsch):

www.windpower.org/en/knowledge/windpower_wiki.html

Literatur

Für die Zusammenstellung des Leitfadens wurden folgende Quellen genutzt. Hier eine Auswahl:

- www.wind-mobil.de/index.html
- bundesverband-kleinwindanlagen.de/
- www.braun-windturbinen.com/knowhow/
- Danish Wind Industry Association (viele Grundlagen auf deutsch)
www.motiva.fi/myllarin_tuulivoima/windpower%20web/de/tour/wres/index.htm
- www.klein-windkraftanlagen.com/
- www.kleinwindanlagen.de/Homepage/
- Energetisch Bauen und Sanieren
www.enbausea.de/solar-geothermie/kleinwindkraftanlagen.html
- Informationen der Verbraucherzentrale NRW
www.vz-nrw.de/windenergie
- Unabhängiges Institut für Umweltfragen
www.ufu.de/
- de.windkraft.wikia.com/wiki/Windkraft_Wiki
- Agentur für Erneuerbare Energien
www.unendlich-viel-energie.de/
- Energieagentur.NRW
www.schulen-machen-wind.de/default.asp
- Flyer: Windenergie in Nordrhein-Westfalen
www.energieregion-el.de/downloads/Windenergie.pdf
- Erlass für die Planung und Genehmigung von Windenergieanlagen und Hinweise für die Zielsetzung und Anwendung (www.recht.nrw.de)
[Windenergie-Erlass](http://www.recht.nrw.de/Windenergie-Erlass)
- Informationen zu Selbstbau-Anlagen
www.windenergie-technik-crome.de/index.htm

Impressum

Hrsg.: Förderverein NaturGut Ophoven e.V.

Talstr. 4

51379 Leverkusen

Tel. 02171/734990

FAX 02171/30944

www.naturgut-ophoven.de

zentrum@naturgut-ophoven.de

Recherche und Zusammenstellung:

Stefan Brandt

Redaktion:

Stefan Brandt, Britta Demmer

Fachliche Beratung: Norbert Plaga, Stadt Leverkusen

März 2015

Die Recherche wurde im Rahmen des Projektes „energieLux - Klimaschutz an Leverkusener Schulen und Kindergärten“ durchgeführt. EnergieLux ist ein Projekt der Stadt Leverkusen, durchgeführt vom Förderverein NaturGut Ophoven und gefördert durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, im Rahmen der BMU Klimaschutzinitiative.