

Kleinwindreport Österreich 2022

Dezentrale Windenergie in Österreich

Autor*innen:

Alexander Hirschl, MSc.
FH Technikum Wien, F&E Schwerpunkt Renewable Technologies
Mail: hirschl@technikum-wien.at
Telefon: +43 664 88 96 3084

Daniel Österreicher, MSc.
FH Technikum Wien, F&E Schwerpunkt Renewable Technologies
Mail: daniel.oesterreicher@technikum-wien.at

Dr. Elke Aeikens
FH Technikum Wien, F&E Schwerpunkt Renewable Technologies
Mail: elke.aeikens@technikum-wien.at

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung	3
2	Definition Kleinwindkraft	3
3	Marktentwicklung Kleinwindkraft	4
3.1	Österreich	4
3.2	International	6
4	Der Weg zu einer KWEA	7
4.1	Standortbewertung	7
4.2	Windmessung	9
4.3	Genehmigung	9
5	Erfahrungen aus der Praxis	12
5.1	Befragung von Betreiber*innen	12
5.2	Befragung der Hersteller*innen	13
6	Energieforschungspark Lichtenegg	14
6.1	Infrastruktur und Dienstleistungen	14
6.2	Aktuell getestete Kleinwindkraftanlagen	15
7	Highlights und Forschung	16
7.1	Forschungsprojekte	16
7.2	Tagungen	19
8	Empfehlungen aus nationalen Forschungsaktivitäten	20
8.1	Auswirkungen von Gebäuden auf die Strömung	20
8.2	Auswirkungen von Dachformen auf die Performance von KWEA	20
8.3	Auswirkungen unterschiedlicher, dachmontierter KWEA auf das Gebäude, dessen Bewohner und die unmittelbare Umgebung	21
8.4	Umweltwirkungen gebäudemontierter KWEA	22
9	Ausblick und Herausforderungen	22
10	Literaturverzeichnis	24

1 Zusammenfassung

Für Gewerbebetriebe und private Haushalte stellt die Kleinwindkraft speziell in Kombination mit Photovoltaikanlagen aufgrund saisonaler Effekte (Winter/Sommer) eine interessante Möglichkeit zu Erhöhung der Energieautonomie dar. Aufgrund der höheren Komplexität und starken Unterschieden beim Windpotential, ist die Kleinwindkraft jedoch noch wenig verbreitet. Dieser Umstand erschwert auch das Aufbauen eines Markts und einer einheitlichen Genehmigungsstruktur. Dennoch gibt es Hersteller*innen, welche den Markt in Österreich bedienen und es stehen mittlerweile 429 Anlagen in Österreich. Um zukünftig einen Markt für die Kleinwindkraft etablieren zu können, bedarf es einer einheitlichen Genehmigungsstruktur und seriösen Angeboten für Standortbewertungen (Windmessung). Im Energieforschungspark Lichtenegg werden zusätzlich Anlagen auf deren Qualität für den österreichischen Markt getestet.

2 Definition Kleinwindkraft

Laut IEC 61400-12-1 Anhang H werden Windkraftanlagen als Kleinwindenergieanlagen (KWEA) bezeichnet, wenn die vom Rotor überstrichene Fläche kleiner als 200 m² (ca. 16 m Rotordurchmesser) ist und die Spannung unter 1.000 V (bei Wechselspannung) bzw. 1.500 V (bei Gleichspannung) liegt. Dazu zählen in der Regel alle Windkraftanlagen mit einer Generatorleistung kleiner 50 kW. Des Weiteren kann in folgende Unterkategorien unterschieden werden:

- Kategorie 1: Mikrowindkraft bis 2 m² (< 0,5 kW) - Rotordurchmesser ca. 1,5 m
- Kategorie 2: Kleinwindkraft bis 60 m² (< 15 kW) - Rotordurchmesser ca. 8 m
- Kategorie 3: Kleinwindkraft bis 200 m² (< 50 kW) - Rotordurchmesser ca. 16 m

Grundsätzlich unterscheidet man bei KWEA zwischen Anlagen mit vertikaler Drehachse (Vertikalläufer, kurz VAWT) und Anlagen mit horizontaler Drehachse (Horizontalläufer, kurz HAWT). Nicht nur im Bereich der Großwindkraft, sondern auch im Bereich der Kleinwindkraft sind Anlagen mit horizontaler Drehachse die dominierende Bauform.

Bei Horizontalläufern handelt es sich in der Regel immer um Auftriebsläufer, bei Vertikalläufern unterscheidet man zwischen Auftriebsläufer und Widerstandsläufer. Auftriebsläufer nutzen dabei den aerodynamischen Auftrieb, Widerstandsläufer arbeiten hingegen nach dem Widerstandprinzip (Hau, 2014).

Vertikalläufer haben den Vorteil, dass sie windrichtungsunabhängig funktionieren, sprich den Wind unabhängig von seiner Richtung direkt nutzen können. Horizontalläufer müssen dagegen entweder mittels einer Nachführautomatik oder einer Windfahne gezielt nachgeführt werden.



Abbildung 1: Ausgewählte in Österreich erhältliche Kleinwindkraftanlagen: Schachner SW5 (HAWT), Venturicon (HAWT), VertikonM (VAWT), Helix3 Luvside (VAWT Widerstandsläufer)

3 Marktentwicklung Kleinwindkraft

Der Markt der Kleinwindkraft kann in Österreich und weltweit als Nischenmarkt bezeichnet werden, der jedoch in bestimmten Lagen durchaus Potential zum Wachstum hat. Ein Paradebeispiel ist Dänemark, wo in den 1980-iger Jahren durch Investitionsförderungen einige Anlagen im Privatbetrieb gebracht wurden.

3.1 Österreich

In Österreich ist die Kleinwindkraft mit derzeit 429 Anlagen verhältnismäßig gering vertreten. Ein Grund dafür sind die noch hohen Kosten, die komplexe Genehmigung und vor allem das ungleich verteilte Windpotential. Nach einem leichten Aufschwung ab dem Jahr 2010 bis 2015 konnten erste Standorte erschlossen werden, jedoch hat die fehlende Wirtschaftlichkeit zu einer Dämpfung des Markts geführt. Seit der Energiekrise im Jahr 2022 ist die Nachfrage nach Energieautonomie zum Teil größer als der Wunsch nach einem wirtschaftlichen Betrieb geworden. Dieser Umstand zeigt, dass ein Markt möglich ist, jedoch fehlt eine Investitionsförderung im Leistungsbereich unter 20 kW und eine vereinfachte einheitliche Genehmigung, sowie unabhängige Beratungsstellen.

In den Leistungsklassen unter 1 kW sind 188 Anlagen und zwischen 1 kW und 10 kW 223 Anlagen installiert. Über 10 kW sind mit 18 Anlagen die wenigsten Kleinwindkraftanlagen installiert. Bezogen auf die installierte Leistung sind 290 kW in Österreich installiert, davon fällt der Großteil wieder auf die Leistungsklasse zwischen 1 kW und 10 kW.

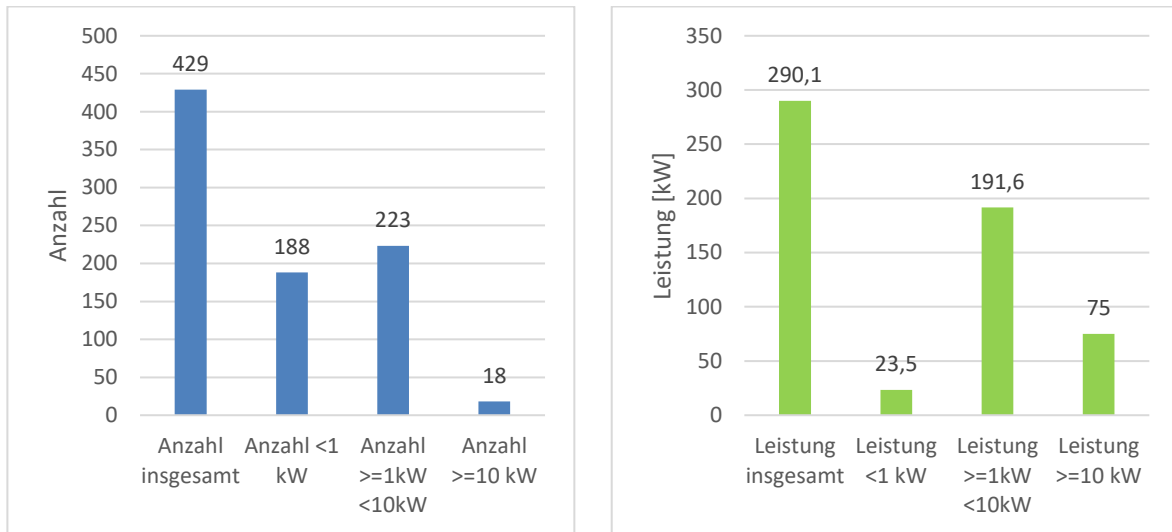


Abbildung 2: Anzahl installierter Kleinwindkraftanlagen in Österreich (Leistungsklasse <50 kW)

Derzeit sind 3 Hersteller*innen mit Sitz in Österreich aktiv bzw. mehrere Vermittlungs- bzw. Vertriebsfirmen. Ein Teil des Marktes wird auch über Online-Händler abgedeckt, jedoch oft ohne Qualitätssicherung und meistens handelt es sich um Mikrowindkraftanlagen. Des Weiteren ist Deutschland eine große Bezugsquelle von Kleinwindkraftanlagen für den österreichischen Markt. Folgende Grafik zeigt Vertriebe und Hersteller*innen von Kleinwindkraftanlagen in und um Österreich.

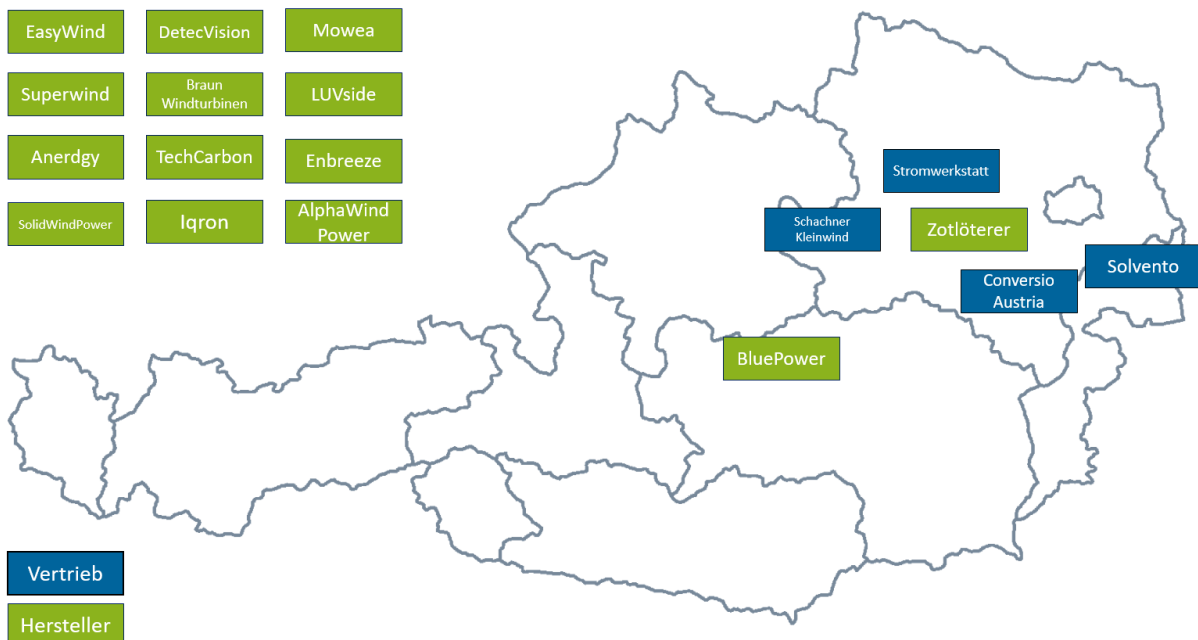


Abbildung 3: Auswahl inländischer und ausländischer Lieferanten und Hersteller*innen

Anhand von Bewertungen verschiedener Hersteller*innen (10 Befragte) die den österreichischen Markt bedienen konnte ein mittlerer Preis von 5023 €/kW installierter Leistung ermittelt werden, was in etwa das 3-fache einer PV-Anlage entspricht. Die Streubreite liegt dabei, bei ± 2375 €/kW.

3.2 International

Global gesehen sind die Länder mit der höchsten installierten Leistung China und Dänemark mit über 600 MW installierter Leistung. Speziell in Dänemark haben Fördermodelle und vor allem das gute Windpotential dazu geführt, dass viele Anlagen in ländlichen Gebieten installiert wurden. Darauf folgen die Länder USA und Großbritannien mit jeweils rund 150 MW installierter Leistung. Insgesamt sind bei den betrachteten Ländern weltweit 1,8 GW Leistung in Form von Kleinwindkraftanlagen installiert.

Tabelle 1 Kleinwindkraft Global (Orrel, et al., 2022)

Land	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Gesamt	Jahre
	MW								
Australien	0,03	-	0,02	-	0,01	0,00	0,00	1,47	2001-2021
Barzilien	0,11	0,04	0,11	0,29	0,44	0,07	0,11	1,11	2013-2021
Kanada	-	-	-	-	-	-	-	13,47	Bis 2018
China	48,60	45,00	27,70	30,76	21,40	26,65	33,38	610,61	2007-2021
Dänemark	24,75	14,61	2,58	0,40	0,18	0,05	0,01	610,88	1977-2021
Deutschland	0,44	2,25	2,25	1,00	2,50	2,50	2,50	35,75	Bis 2021
Italien	9,81	57,90	77,46	0,47	0,12	1,10	2,39	192,92	Bis 2021
Japan	-	-	-	-	-	-	-	12,88	Bis 2019
Neu Seeland	-	-	-	-	-	-	-	0,19	Bis 2015
Süd Korea	0,09	0,79	0,08	0,06	0,00	-	-	4,08	Bis 2019
UK	11,72	7,73	0,39	0,42	0,43	-	-	141,51	Bis 2019
USA	4,32	2,43	1,74	1,51	1,30	1,55	1,82	154,47	2013-2021
Global	99,90	130,75	112,75	34,90	26,37	30,91	40,22	1.815,34	

4 Der Weg zu einer KWEA

4.1 Standortbewertung

Ein guter Windstandort zeichnet sich durch eine hohe mittlere Windgeschwindigkeit aus. Die Jahresmittelwindgeschwindigkeit, definiert als arithmetischer Mittelwert der Windmesswerte eines Jahres ist der ausschlaggebende Faktor für die Standortwahl. Anhand von Erfahrungswerten an urbanen und ländlichen Standorten ist aus energetischer Sicht (Ertrag übersteigt für Herstellung eingesetzte Energie) eine Installation von einer KWEA erst ab mindestens 3,5 m/s Jahresmittelwindgeschwindigkeit sinnvoll.

Tabelle 2: Faktoren zur Standortbewertung (Reiterer, 2014)

	Volllaststunden pro Jahr	Mittlere Windgeschwindigkeit	Energie im Wind pro Jahr
Ausgezeichneter Standort	>1200	>5 m/s	>1280 kWh/m ² a
Guter Standort	800 - 1200	4 - 5 m/s	≤1280 kWh/m ² a
Mittelmäßiger Standort	500 - 800	2,5 - 4 m/s	≤655 kWh/m ² a
Schlechter Standort	<500	<2,5 m/s	<160 kWh/m ² a

Mittels online-Kartenmaterial ist eine erste Einschätzung der Jahresmittelwindgeschwindigkeit in m/s möglich. Hierfür kann die Windgeschwindigkeit in verschiedenen Höhen ermittelt werden. Verschiedene Karten sind dabei verfügbar:

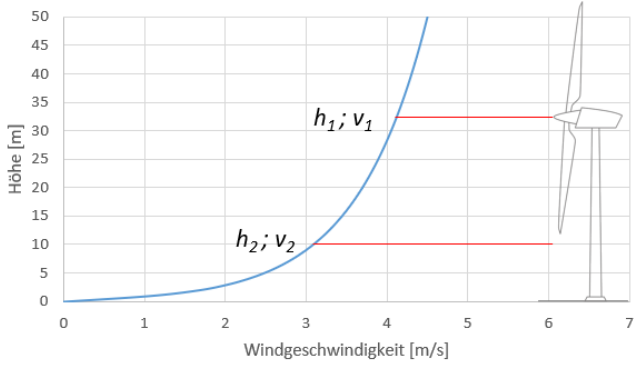
- <https://globalwindatlas.info/en/>
- <https://www.windatlas.at/>
- <https://map.neweuropeanwindatlas.eu/>

Die Genauigkeit ist jedoch stark vom Kartenmaterial und dem Terrain abhängig. Speziell im komplexen Gelände (Gebirge) sind Angaben zur Jahresmittelwindgeschwindigkeit in niedrigen Höhen unter 50 m mit kritisch zu hinterfragen.

Ist die Jahresmittelwindgeschwindigkeit in der gewünschten Höhe nicht verfügbar, kann mittels des logarithmischen Windprofils in die gewünschte Höhe umgerechnet werden. Die Bodenrauigkeit wird durch die Rauigkeitslänge z_0 beschrieben, welche abhängig von der Orographie definiert wird (Hau, 2014). In Tabelle 3 sind Rauigkeitslängen und die dazu gehörigen Geländeoberflächen dargestellt.

Tabelle 3: Orographieabhängige Rauigkeitslänge und Zusammenhang mit der Höhe (Hau, 2014)

z ₀ [m]	Orographie
1,00	Städte
0,50	Vorstädte, Siedlungen
0,30	Bebautes Gelände
0,20	Viele Bäume und/oder Büsche
0,10	Landwirtschaftliches Gelände (geschlossen)
0,05	Landwirtschaftliches Gelände (offenen)



Der Zusammenhang zwischen zwei Windgeschwindigkeiten in unterschiedlichen Höhen und der Rauigkeitslänge ist in der folgenden Gleichung dargestellt:

$$v_2 = v_1 \frac{\ln\left(\frac{h_2}{z_0}\right)}{\ln\left(\frac{h_1}{z_0}\right)} \quad 4-1$$

- v₁ Windgeschwindigkeit [m/s] (z.B. zu berechnender Wert)
- v₂ Windgeschwindigkeit [m/s] (z.B. Wert aus Kartenmaterial)
- h₁ Höhe [m] (z.B. Höhe für zu berechnenden Wert)
- h₂ Höhe [m] (z.B. Wert in Messhöhe)
- z₀ Rauigkeitslänge [m]

Die Windverhältnisse eines Standorts sind großteils von der Orografie (Oberfläche) bestimmt. Einzelne Hindernisse verursachen starke Turbulenzen. Die Installation einer KWEA muss außerhalb turbulenter Bereiche erfolgen. Weiters, sollte eine KWEA am höchsten Punkt von sanften Hügeln oder Gebäuden platziert werden, um Strömungsabrisse und Verwirbelungen zu vermeiden. Ist es nicht möglich, dass die KWEA frei von Hindernissen steht, so sollte zumindest ein freies Anströmungsfeld in Hauptwindrichtung gewährleistet sein. Hindernisse verursachen Turbulenzen in einer Höhe, welche das Doppelte des Hindernisses betragen können. Des Weiteren können Turbulenzen noch weit hinter dem Hindernis auftreten. Diese können in einer Distanz hinter dem Hindernis auftreten, welche das 20-fache der Hindernishöhe betragen kann (Reiterer, 2014).

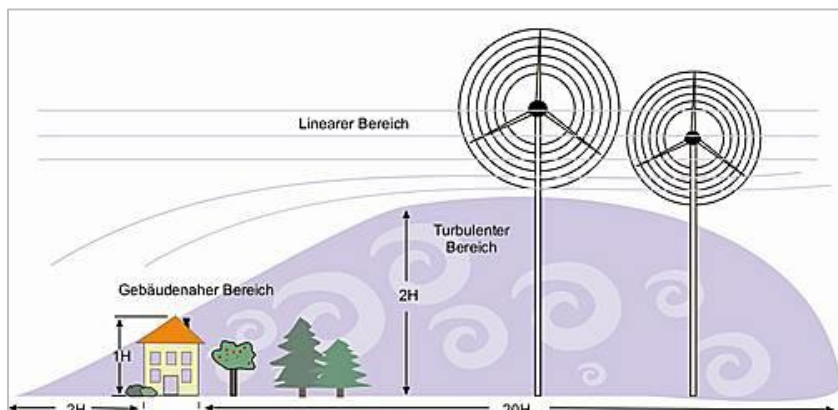


Abbildung 4: Turbulenter Bereich hinter Hindernissen (Reiterer, 2014)

4.2 Windmessung

Aufbauend auf die Standortbewertung mittels Kartenmaterial sollte auch eine Windmessung durchgeführt werden. Die Messung sollte dabei über einen Zeitraum von mindestens einem Jahr stattfinden, da sich die Windverhältnisse über das Jahr deutlich verändern. Die wichtigsten Messwerte sind die Windgeschwindigkeit in m/s und die Windrichtung, welche in der Höhe des Rotormittelpunkts (Nabenhöhe) ermittelt werden sollen.



Abbildung 5: Windgeber mit Schalenkreuzanemometer und Windfahne (Kroneis GmbH, 2018)



Abbildung 6: Windmessmast (Kroneis GmbH, 2018)

4.3 Genehmigung

Ist der Standort in punkto mittlerer Windgeschwindigkeit ($>3,5$ m/s) passend und sind keine wesentlichen Hindernisse in Hauptwindrichtung vorhanden, kann aufbauend auf dem jährlichen Stromverbrauch eine Kleinwindkraftanlage ausgewählt werden. Steht die Wahl fest,

sollte vor dem Kauf die Genehmigung gestartet werden, die im Idealfall von Hersteller*innen unterstützt wird.

Das Genehmigungsverfahren von einer Kleinwindkraftanlage ist jedoch von Bundesland zu Bundesland unterschiedlich geregelt. Die IG Windkraft bietet dabei mit ihrer Website www.klenewindkraft.at eine Übersicht der Genehmigungsprozesse der einzelnen Bundesländer (IG Windkraft, 2022). Der erste Schritt ist jedoch in allen Bundesländern der Weg zur Bürgermeister*in bzw. in Wien zur MA64.

Aus bereits durchgeführten Genehmigungsverfahren für Kleinwindkraftanlagen hat sich ergeben, dass folgende Unterlagen von den Behörden gefordert werden:

- Bauansuchen
- Baubeschreibung
- Einreichplan
- Anlagenunterlagen:
 - o Schallgutachten (Von Ziviltechniker unterschrieben)
 - o Statikgutachten
 - o Schattenwurfanalyse
 - o WR-Konformitätserklärung
 - o Elektrischer Schaltplan
 - Vereisung (bei Bedarf)
 - Blitzschutz (bei Bedarf)

Mittlerweile ist neben der Einspeisevergütung der OeMAG über knapp 9 €Cent/kWh auch eine Investitionsförderung für Kleinwindkraftanlagen beantragbar. Diese startet jedoch erst ab einer installierten Leistung von 20 kW, was lediglich einen Bruchteil der am Markt verfügbaren Anlagen betrifft.

Zusätzlich zu diesen Unterlagen sind die in Tabelle 4 angeführten Gesetze des zuständigen Bundeslandes zu berücksichtigen.

Tabelle 4: Für die Genehmigung einer Kleinwindkraftanlage relevante Gesetze (IG Windkraft, 2022)

Bundesland	Gesetze
Burgenland	Baurecht: § 17 oder § 18 Bgld. Baut Baupolizei: Flächenwindmung, Festigkeit, ... Raumplanung Natur- und Landschaftsschutz Elektrizitätswesengesetz
Kärnten	Kärntner Bauordnung 1996 idgF. Kärntner Elektrizitätswirtschafts- und organisationsgesetz 2011 idgF. Kärntner Gemeindeplanungsgesetz 1995 idgF.
Niederösterreich	NÖ Elektrizitätswesengesetz 2005 idgF. NÖ Bauordnung 2014 idgF. NÖ Raumordnungsgesetz 2014 idgF. NÖ Naturschutzgesetz 2000 idgF.

Oberösterreich	Oberösterreichisches Elektrizitätsrecht 2006idgF. Oberösterreichisches Baurecht 1994 idgF. Oberösterreichisches Raumordnungsrecht 1994idgF. Oberösterreichisches Naturschutzrecht 2011idgF.
Salzburg	Salzburger Landeselektrizitätsgesetz 1999 Baupolizeigesetz 1997 idgF. Salzburger Raumordnungsgesetz 2009 idgF.
Steiermark	Steiermärkisches Elektrizitätswirtschafts-und Organisationsgesetz 2005 idgF. Steiermärkisches Raumordnungsgesetz 2010 idgF. Steiermärkisches Baugesetz idgF.
Tirol	Tiroler Elektrizitätsgesetz 2012 idgF. Tiroler Stadt- und Ortsbildschutzgesetz 2003idgF. Tiroler Raumordnungsgesetz 2011 idgF.
Vorarlberg	Elektrizitätswirtschaftsgesetz idgF. Baugesetz idgF. Raumplanung idgF.
Wien	Wiener Elektrizitätswirtschaftsgesetz 2005 idgF. Bauordnung für Wien idgF.

5 Erfahrungen aus der Praxis

5.1 Befragung von Betreiber*innen

Im Zuge des Kleinwindkraftreports 2022 wurden fünf ausgewählte Betreiber*innen zu den Punkten Genehmigung, Betrieb, Ertrag und Konfliktpotential in der näheren Umgebung befragt. Bei den Anlagen der befragten Personen handelte es sich ausschließlich um horizontalachsige Kleinwindkraftanlagen im Leistungsbereich zwischen 300 W und 10 kW. Der Aufstellungsort ist in den meisten Fällen besiedeltes Gebiet im ländlichen Raum.

Bei allen befragten Personen waren der Wunsch nach Energieautonomie, Interesse an der Technologie und die Ergänzung zu einer Photovoltaikanlage Kaufgründe. Das Windpotential wurde in allen fünf Fällen nicht durch eine Windmessung bestimmt, sondern wenn nur über Kartenmaterial abgeschätzt. Das Windpotential reicht daher an den Standorten von schlecht (ca. 2,5 m/s) bis gut mit bis zu 4 m/s im Jahresmittel. Durchgehend wurde ein Komplettsystem der Hersteller*innen verwendet, wobei die Genehmigung in den befragten Bundesländern Wien und Niederösterreich sehr unterschiedlich abgelaufen sind. Waren in Niederösterreich teilweise lediglich Bauanzeigen nötig, mussten in Wien umfangreichere Auflagen erfüllt werden. Darunter fällt eine Baubeschreibung, ein Einreichplan und Gutachten zu Schallemissionen, Schattenwurf, Vereisung, Blitzschutz und die elektrische Konformität des Wechselrichters. Die Dauer der Genehmigung hat sich dabei zwischen wenigen Wochen bis zu einem Jahr erstreckt.

Aufgrund der Entfernung zu Anrainer*Innen, kam es bei den Befragten zu keinen Konflikten. Trotzdem gab es bei einem Nachbarn skeptische Fragen und die Befürchtung der Störung des Landschaftsbildes sowie der Belästigung durch Schall. Diese Befürchtungen haben sich in diesen Fällen nicht bewahrheitet. Die mittleren Kosten der angeschafften Anlagen bewegen sich zwischen 4.000 bis 6.000 €/kW installierter Leistung, was dem Durchschnitt der in Österreich erhältlichen Anlagen entspricht.

Im Betrieb lieferten laut Angaben der Betreiber*Innen die Anlagen zwischen ca. 120 und 7000 kWh. Die große Diskrepanz liegt an dem Leistungsbereich von 300 W bis 10 kW, weshalb die Volllaststunden eine größere Aussagekraft haben. Die Anlagen weisen alle zwischen 700 und 800 Volllaststunden auf, was für mittelmäßige Standorte spricht. Lediglich an einem Standort wurden weniger als 100 h ermittelt, was einem schlechten Standort entspricht.

Es kam bei keinen der untersuchten Standorte, in einem Zeitraum ab 2010 bis 2022, zum Bruch der Anlagen. Kleinere Wartungen, wie der Wechsel eines Lagers wurden durchgeführt. In Bezug zu Lärm wurde keine Beeinträchtigung erwähnt, lediglich bei starkem Wind sind leichte Hubschraubergeräusche zu merken, die vom Wind meist übertönt werden. Diese wurden jedoch aufgrund des seltenen Vorkommens als nicht störend bewertet. In einem Fall wird die Anlage aufgrund des schlechten Windpotentials und der Insolvenz der Betreiberfirma wieder rückgebaut. Schlussfolgernd lässt sich zusammenfassen, dass ein Großteil der Betreiber*innen mit der Kleinwindkraftanlage zufrieden ist und sie würden zumindest wieder in den gleichen Typ von Kleinwindkraftanlage investieren.

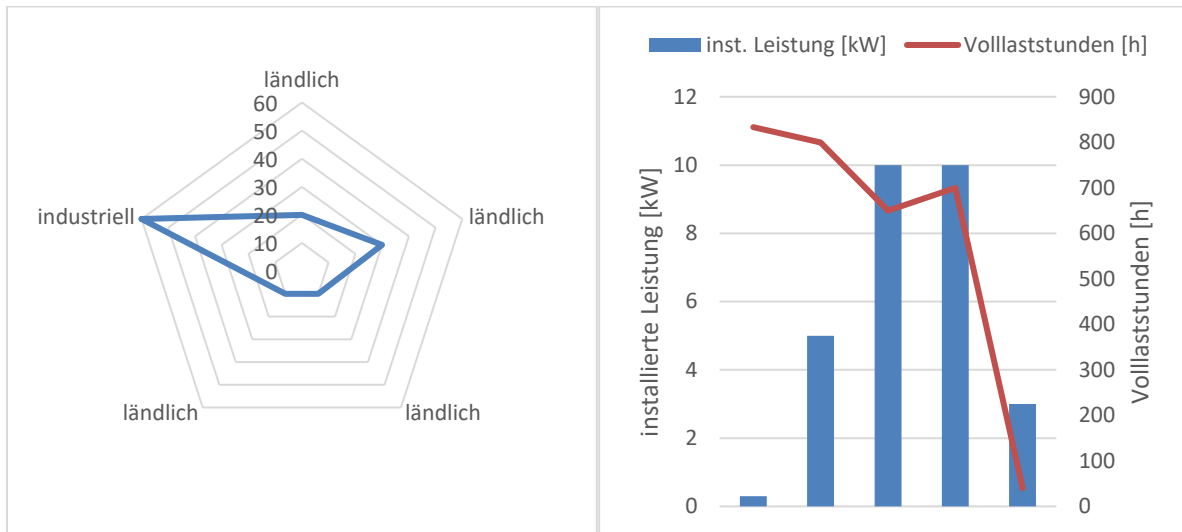


Abbildung 7: Abstand KWEA zu Gebäude und installierte Leistung sowie Volllaststunden der fünf Befragten



Abbildung 8: Standorte befragter Betreiber*innen

5.2 Befragung der Hersteller*innen

Befragungen von Hersteller*innen zu den aktuellen Herausforderungen haben ergeben, dass es an einer Standardisierung der rechtlichen sowie technischen Regulierungen fehlt. Wie in Kapitel 4.3 in Tabelle 4 ersichtlich, hat jedes Bundesland in Österreich eigene Gesetze und Richtlinien, welche bei der Errichtung einer Kleinwindkraftanlage zu beachten sind. Dies erschwert den Genehmigungs- und Errichtungsprozess der Kleinwindkraftanlagen. Teilweise wird auch Entscheidungswillkür bei Entscheidungsträger*innen beklagt, was eine Planung von Projekten erschwert.

Ein weiterer Hemmnisfaktor der Kleinwindkraft ist die fehlende Förderung für Anlagen mit einer Leistung unter 20 kW. Wie in Abbildung 2 ersichtlich befinden sich die meisten Kleinwindkraftanlagen in Österreich in einem Leistungsbereich zwischen 1 und 10 kW und waren somit nicht förderbar.

Aufgrund von schwer erhältlichen Elektronikbauteilen müssen die Hersteller*innen viele Elektroteile wie Generator, Wechselrichter oder Steuereinheit selbst entwickeln und zur Marktreife bringen. Des Weiteren gibt es derzeit keinen ausgereiften Kleinwindkraftwechselrichter, welcher im Vergleich zu PV-Wechselrichtern wesentlich schneller auf Lastwechsel reagieren muss. Derzeit ist die Lösung PV-Wechselrichter zu verwenden und Spitzenströme, welche durch Böen hervorgerufen werden, thermisch in Lastwiderstände abzuleiten.

Trotzdem verzeichnen viele Hersteller*innen ein steigendes Interesse sowie vermehrt Anfragen von Privatpersonen was zeigt, dass für die Etablierung des Marktes Potential vorhanden wäre.

6 Energieforschungspark Lichtenegg

6.1 Infrastruktur und Dienstleistungen

Im Energieforschungspark wurde in den letzten Jahren eine Mess- und Prüfinfrastruktur zur Prüfung und Vermessung von Kleinwindkraftanlagen geschaffen. An diesem Standort herrschen über das Jahr konstante Windverhältnisse mit einer für Österreich überdurchschnittlich hohen jährlichen Windgeschwindigkeit von über 5 m/s (in 19 m Höhe). 10 Prüfstände, teilweise mit Mastsystemen stehen für diverse Messungen und Prüfungen zur Verfügung

Neben den angebotenen Mess- und Prüfdienstleistungen werden im Energieforschungspark Lichtenegg regelmäßig kostenlose öffentliche Führungen veranstaltet, um der interessierten Öffentlichkeit einen Einblick in das Thema Kleinwindkraft zu ermöglichen.



Abbildung 9: Impressionen Energieforschungspark Lichtenegg

Kontakt: <http://www.energieforschungspark.at/>

Führungen Anmeldung: fuehrungen@energieforschungspark.at

Im Energieforschungspark Lichtenegg werden aktuell folgende Mess- und Prüfdienstleistungen angeboten:

- Langzeitevaluierung: Um Qualität, Betriebssicherheit und Funktionsbereitschaft einer Anlage zu überprüfen, werden Anlagen über mehrere Monate betrieben und auf Ertrag und Schäden untersucht.
- Leistungskennlinienvermessung: Die aus dem Wind umgewandelte elektrische Leistung wird in Abhängigkeit der gemessenen Windwerte gemessen und in Form einer Leistungskurve tabellarisch bzw. grafisch dargestellt.
- Schallemission: Durch die Nähe zu besiedelten Gebieten, ist die Bewertung der Schallemissionen einer Anlage ausschlaggebend. Die Schallemissionen werden in Abhängigkeit der gemessenen Windwerte gemessen und als A-bewerteter Schalldruckpegel (dBA) angegeben.
- Vibrationsmessung: Im Betrieb von KWEA können resonante Vibrationen auftreten, welche speziell bei gebäudemontierten KWEA kritisch zu betrachten sind. Die Messung gibt Aufschluss über Resonanzen und die Möglichkeit zur Vibrationsreduktion.

6.2 Aktuell getestete Kleinwindkraftanlagen

Seit 2018 haben 8 Hersteller*innen ihre KWEA im Energieforschungspark Lichtenegg vermessen lassen. Die Anlagen BlueOne, 3.Zero Windturbine, Vertikon M/Basis und Superwind 1250 wurden im Laufe des Forschungsprojektes SmallWindPower@Home untersucht. Dabei wurden bei diesen Anlagen die Leistungskennlinie, die Schallemissionen, die Schwingungen und Vibrationen sowie die Netzverträglichkeit vermessen.

Seit 2018 wurden auch zwei deutsche Kleinwindkraftanlagen im Energieforschungspark errichtet. Die Firma LuvSide mit ihrem Savonius Rotor LS Helix 3 und die Firma Mowea mit ihrem MOWEA String. Die KWEA LS Helix 3 wurde bereits auf ihre Schallemissionen und Vibrationen untersucht, die Leistungskennlinie wird im Laufe des nächsten Jahres vermessen. Für den MOWEA String wurden die Leistungskennlinie, die Schallemissionen und die Schwingungen und Vibrationen vermessen.



Abbildung 10: Auswahl untersuchter Anlagen (LS Helix 3, MOWEA String, 3. Zero Venturicon, Superwind 1250)

7 Highlights und Forschung

7.1 Forschungsprojekte

SmallWindPower@Home - Evaluierung der Auswirkungen von gebäudemontierten KWEA auf Performance, Personen, Gebäude und Umgebung

FFG-Nummer: 854638, Laufzeit 01.01.2017 bis 31.06.2019, Fördergeber: BMVIT, Programm: Technologien und Geschäftsprozesse für urbane Energiesysteme

Neben der Photovoltaik stellt die Kleinwindkraft eine der wenigen Möglichkeiten dar, auch in dicht bebauten Gebieten sowie im städtischen Umfeld umweltfreundlich elektrische Energie zu erzeugen. Mangels Erfahrungswerte wird jedoch dabei oftmals der Einfluss der Umgebung (Hindernisse) auf die Performance der Anlage vernachlässigt. Darüber hinaus müssen auch sicherheitstechnische Aspekte sowie die unmittelbaren Auswirkungen der KWEA (z. B. Schall, Infra- und Körperschall, Vibrationen, Schwingungen) auf das Gebäude, dessen Bewohner*innen sowie die bewohnte Umgebung berücksichtigt werden. Im Zuge des Projekts wurden daher mehrere am Markt verfügbare KWEA unterschiedlicher Technologien auf einem Gebäude montiert und unter Berücksichtigung verschiedener Dachaufbauten im Praxisbetrieb messtechnisch untersucht. Die Ziele des Projekts waren:

- Evaluierung der Auswirkungen von komplexen Hindernissen (Wohngebäude mit unterschiedlichen Dachaufbauten) auf die Strömung sowie auf die Anströmung von gebäudemontierten KWEA unter realen Betriebs- und Umgebungsbedingungen.
- Messtechnische Evaluierung der Auswirkungen unterschiedlicher, dachmontierter KWEA auf deren Performance (Ertrag, Lebensdauer, ...) sowie auf das Gebäude, dessen Bewohner*innen und die unmittelbare Umgebung hinsichtlich Schall, Infraschall und Körperschall, Vibrationen und Schwingungen sowie sicherheitstechnischer Aspekte.



Abbildung 11: Messaufbau Projekt SmallWindPower@Home

SmallWind4Cities - Enabling Small Wind Power Systems to contribute to a resilient and sustainable future Energy System of Smart Cities

FFG Nummer 889587, Laufzeit 01.09.2021 bis 31.08.2024, Fördergeber: Klima und Energiefond, Programm: Smart Cities

Während die Kleinwindkraft in den letzten Jahren technisch deutliche Fortschritte machen konnte und sich zu einer sicheren und ernstzunehmenden Erzeugungstechnologie entwickelt hat, ist das Bewusstsein für die Technologie und deren Vorteile in Österreich nach wie vor sehr gering. Gemeinsam mit der nach wie vor komplexen Standortauswahl bzw. -bewertung sowie der administrativen Aspekte (länderspezifische Genehmigungsverfahren) führt dies dazu, dass sich die Kleinwindkraft bisher nicht am Markt etablieren konnte. Um das zu ändern, werden im geplanten Projekt folgende Ziele verfolgt:

- Bewusstsein für die Technologie sowie deren Akzeptanz erhöhen und Vorbehalte ausräumen mittels folgender Maßnahme:
 - o Errichtung von Kleinwindkraftanlagen in Gemeinden und Befragung der betroffenen Bevölkerung.
- Vereinfachung planerischer, organisatorischer und administrativer Aspekte bei der Planung und Umsetzung von KWEA in besiedelten Gebieten, unter anderem durch folgende Maßnahmen:
 - o Entwicklung einer einfachen Methode zur Standortauswahl bzw. -bewertung in besiedelten Gebieten.
 - o Ausarbeitung von Best Practice Beispielen für die Genehmigung von KWEA.



Abbildung 12: Im Projekt ausgewählte Standorte (Großschönau, Tulln, Wien ENERGYbase)

ampStay - Entwicklung und Praxiserprobung eines Windgenerators mit diagonaler Rotationsachse

FFG Nummer 889071, Laufzeit 01.01.2022 bis 31.12.2022, Fördergeber: FFG, Programm: Basis

ampStay ist ein Windgenerator für Segelyachten (und eventuell andere Einsatzbereiche), welcher den Strombedarf für Segelyachten nachhaltig und geräuscharm decken soll. Ziel des Projektes ist, die Strömungsmechanik einer Windturbine mit diagonaler Rotorachse zu erforschen, einen Prototyp zu entwickeln und zu bauen, sein Verhalten und die Effizienz im praktischen Betrieb zu erproben und so die wesentlichsten Grundlagen für eine nachfolgende Produktentwicklung zu schaffen. ampStay ist ein Windgenerator in Form eines schmalen, zylindrischen Rotors, der am Achterstag, der diagonalen Abspannung des Mastes zum Heck, angebracht wird. Neben dem Nachweis einer grundsätzlichen Praktikabilität sind das Schwingungs- und Vibrationsverhalten, Starkwindeignung und Geräuschentwicklung im praktischen Betrieb die kritischen Aspekte der Entwicklung.

Anticogging B30

FFG Nummer: 885253, Laufzeit: 01.01.2021 bis 31.05.2022, Fördergeber: FFG, Programm: Basis Programm

BLUE POWER GmbH entwickelt in Zusammenarbeit mit seinem wissenschaftlichen Partner, der FH Technikum Wien, ein völlig neuartiges Interface für Kleinwindkraftanlagen, das die Effizienz derartiger Anlagen (auch bestehender) durch gezielte elektronische/elektrische Eingriffe der Steuerung in die Windturbine (genauer: Generator) erhöhen wird. Das Windinterface B30 (Windstromgleichrichter) wird Kleinwindkraftanlagen wesentlich effizienter machen, indem es auch die niedrigen, energiearmen und böigen Windgeschwindigkeiten (Situationen) nutzbar macht. Die Basis ist dabei ein technisches Problem: Das sogenannte „Cogging“ oder Einrastmoment, bei welchem der Rotor in die Magnetpole des Generators einrastet, wenn der Wind nicht mehr genug Kraft hat, um den Rotor in Bewegung zu versetzen. Wenn der Rotor eingerastet ist, können geringe Windgeschwindigkeiten nicht genutzt werden. Durch das Windinterface kann dieses Moment ausgeglichen und mehr Ertrag bei niedrigen Windgeschwindigkeiten erzielt werden.

Task41

FFG Nummer: 876726, Laufzeit: 01.11.2019 bis 28.02.2023, Fördergeber: FFG, Programm: IEA

Der IEA Task 41 beschäftigt sich mit dezentralen Windkraftanlagen (Distributed Wind), deren technologischer Weiterentwicklung und Bewertung, der Erschließung von Kosteneinsparungspotenzialen sowie deren Integration in zukünftige Energiesysteme und -märkte. Ziel von Task 41 ist es die internationale Forschung in diesem Themenfeld zu koordinieren und einen Austausch für Forschende auf dem Gebiet zu ermöglichen. Die FH-Technikum Wien trägt mit Forschungsergebnissen und dem Austausch dieser Ergebnisse seit einigen Jahren aktiv zur Gestaltung der Forschung in diesem Themenfeld bei.

7.2 Tagungen

IEA - Task Conference 2022

Vom 19. Oktober 2022 bis zum 20. Oktober 2022 fand in Wien die IEA - Task 41 Distributed Wind Conference statt. In individuellen Arbeitsgruppen wurden Forschungsergebnisse zu den Themen Vereisung, Windmessung (LIDAR), Herausforderungen der Kleinwindkraft sowie mögliche Planung von zukünftigen Forschungsprojekten bearbeitet. Zum Abschluss von der IEA - Task Conference wurden vier Masterarbeiten zu den Themen Turbulenzbewertung, wirtschaftliche Bewertung von KWEA, Fehler bei der Windausrichtung, Windkraftrotoren als Kurzzeitspeicher präsentiert und mit internationalen Expert*innen diskutiert.



Abbildung 13: IEA Task 41 Arbeitsgruppe 20.10.2022

Tag der offenen Tür im Energieforschungspark Lichtenegg

Am 14. und 28. Oktober 2022 wurde Interessierten in Verbindung mit der Firma Bluepower ein Einblick in das Thema Kleinwindkraft im Energieforschungspark Lichtenegg geboten. Dabei konnten an beiden Tagen mehreren Teilnehmenden technische, organisatorische und bürokratische Fragestellungen beantwortet werden und die Technologie demonstriert werden.



Abbildung 14: Tag der offenen Tür im Energieforschungspark Lichtenegg

8 Empfehlungen aus nationalen Forschungsaktivitäten

Im Projekt SmallWindPower@Home wurde Strömungseigenschaften über Gebäuden untersucht und den Einfluss auf die Leistung von darauf montierten Kleinwindkraftanlagen messtechnisch erfasst. Im Austausch mit einem internationalen Gremium des „IEA Task 41 distributed Wind“, konnten die Ergebnisse analysiert werden und Empfehlungen für die Gebäudeinstallation von Kleinwindkraftanlagen gegeben werden.

8.1 Auswirkungen von Gebäuden auf die Strömung

Kleinwindkraftanlagen bieten sich in bestimmten Fällen auch für die Installationen auf Gebäuden an. Deren Einfluss auf die Strömung muss jedoch beachtet werden. Die Messungen während des Forschungsprojektes haben gezeigt, hinter Gebäuden lange und teils große turbulente Zonen entstehen (siehe Abbildung 15 blaue Wirbel). Speziell bei Giebeldächern ist die vertikale Ausdehnung der turbulenten Blase teils doppelt so hoch wie das Gebäude. Bei Flachdächern beträgt sie das 1,5-Fache. Über Flachdächern kommt es zu einer Erhöhung der Windgeschwindigkeit, auf Nabenhöhe (7 m - 1,5-fache Gebäudehöhe) betrug die Erhöhung 7 %. Über Giebeldächern war die Erhöhung der Windgeschwindigkeit gegen den Erwartungen mit 2% wesentlich geringer (siehe Abbildung 15).

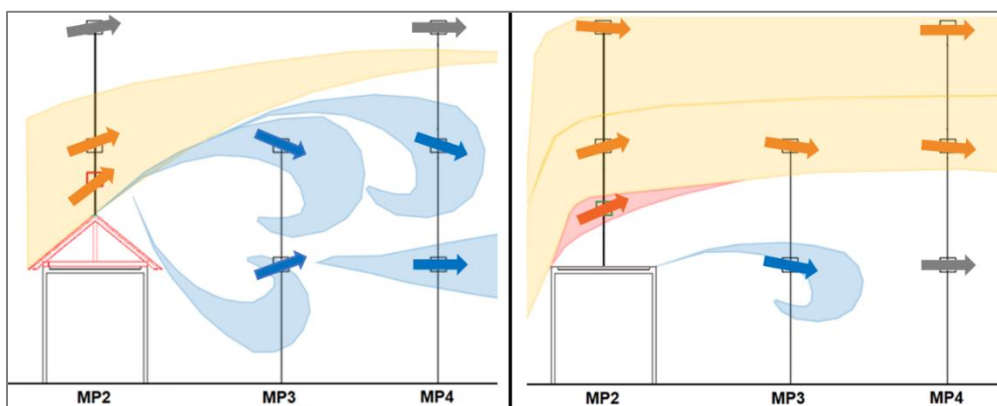


Abbildung 15: Messergebnisse und Visualisierung der Strömung (Leonhartsberger, et al., 2022)

Für die Installation von KWEA bedeutet dies, dass sich eine Aufdachmontage vorteilhaft auf den Ertrag auswirkt, jedoch ist die turbulente Zone im Nachlauf als problematisch zu betrachten (Leonhartsberger, et al., 2022), hier sollten keine Kleinwindkraftanlagen platziert werden. Flachdächer weisen in der beschleunigten Zone (7 m Höhe) ein besseres Windpotential als Giebeldächer auf und bieten sich daher für die Aufdachmontage an.

8.2 Auswirkungen von Dachformen auf die Performance von KWEA

Da es zu einer Beschleunigung der Strömungsgeschwindigkeit über Gebäuden kommt, ergibt sich auch ein Einfluss auf die Leistung. Es wurde zwischen Giebeldachmontage, Flachdachmontage und freistehende Montage auf Masten in 7,5 m Höhe über Grund verglichen. In Tabelle 5 sind die berechneten Jahresenergieerträge einer horizontalachsigen Kleinwindkraftanlage auf verschiedenen Masten verglichen worden. Dabei konnten die

Vorteile der Windgeschwindigkeit über den Gebäude nicht nachgewiesen werden. Es ergibt sich ein widersprüchliches Bild, weshalb turbulente Strömungen über dem Gebäude als Grund für die nicht mit den erhöhten Windgeschwindigkeiten übereinstimmenden Ertragswerten angenommen werden.

Tabelle 5: Überblick der berechneten Jahresenergieerträge für eine im Projekt untersuchte KWEA und Montagearten (Leonhartsberger, et al., 2022)

KWEA	Montageart	Berechneter Jahresenergieertrag	Abweichung zu freiem Mast
		kWh	in %
Horizontalachsige KWEA	Flachdach	1385,9	94%
	Giebeldach	1551,3	105%
	Freistehender Mast	1472,1	100%

8.3 Auswirkungen unterschiedlicher, dachmontierter KWEA auf das Gebäude, dessen Bewohner und die unmittelbare Umgebung

KWEA verursachen im Betrieb Vibrationen und Schwingungen welche dynamische Lasten in die Komponenten als auch das Tragwerk induzieren. Diese dynamischen Lasten werden oft bei der Entwicklung und Dimensionierung von KWEA und dem Tragwerk vernachlässigt. In der Vergangenheit führte dies vermehrt zur Entwicklung von Körperschall und Beschädigung der Anlage bzw. des Tragwerks.

Bei der Evaluierung der Körperschallemissionen im Gebäude wurden Werte um 60 dBA aufgenommen, welche bei dauerhafter Belastung als gesundheitsschädlich eingestuft werden (Leonhartsberger, et al., 2022). Eine effektive Dämpfung bzw. Schwingungsentkopplung ist bei Gebäudemontage somit ein wichtiger Bestandteil. Schäden am Gebäude konnten während des Betriebszeitraums nicht festgestellt werden (Leonhartsberger, et al., 2022). Es hat sich bei Untersuchungen herausgestellt, dass die Entkopplung der Anlage mit dämpfenden Elementen eine effektive Methode darstellt, um Körperschall fast gänzlich zu vermindern. Folgende Grafik zeigt ein Beispiel einer Entkopplungskonstruktion unter dem Generator der Anlage, welche Resonanzen verhindert. Des Weiteren sind am Anbindungselement an das Dach (sofern eine Dachmontage durchgeführt wird) Dämpfungselemente (meist Polyurethanschaum) bezüglich Schallemissionen und Schäden am Gebäude vorteilhaft.



Abbildung 16: Vibrationsentkopplungseinheit

8.4 Umweltwirkungen gebäudemontierter KWEA

Im Projekt SmallWindPower@Home wurden Anlagen auf deren Umweltwirkung untersucht. Dabei wurde speziell auf das Thema Schall und den ökologischen Fußabdruck geachtet.

Bei der Lärmentwicklung blieben alle untersuchten Anlagen im Allgemeinen unter den festgelegten Grenzwerten für Siedlungsgebiete, die sich im Bereich 40 bis 50 dBA (je Widmungskategorie) bewegen. Bei Windgeschwindigkeiten über 6 m/s kommt es zu Überschreitungen. Um die Akzeptanz für die Technologie im urbanen Gebiet zu erhöhen könnten Abschaltungen bei hohen Windgeschwindigkeiten in Betracht gezogen werden.

Außerdem wurde festgestellt, dass das Empfinden der Lärmbelastung weniger von der Entfernung oder Sichtbarkeit der Anlage abhängt, sondern mehr von der persönlichen Einstellung zur Windkraftanlagen. Es zeigt sich somit, dass Information und Partizipation der Anwohner*innen ein wichtiger Teil der Planung sein sollte.

Es hat sich gezeigt, dass nicht bei allen Anlagen und Montagearten die energetische Amortisation erreicht wurde (Leonhartsberger, et al., 2022). Um einen Betrag zur Energiewende und Klimaschutz sicherzustellen, ist es notwendig die Amortisationszeit in Bezug auf CO₂-äqu. und Energie im Rahmen der Planung zu beachten.

9 Ausblick und Herausforderungen

Eine der großen Herausforderungen für die Kleinwindkraft sind der wirtschaftliche Betrieb und eine einheitliche Genehmigungsstruktur. Des Weiteren stellt die seriöse Beratung in Bezug auf möglichen erzielbaren Ertrag und Windpotential sowie eine Investitionsförderung, die bei geringer installierter Leistung (≥ 1 kW) einsetzt, ein wichtiges auszubauendes Kriterium dar.

Sofern die Investitionsförderung auch auf Anlagen mit einer Leistung von weniger als 20 kW ausgeweitet wird und die Genehmigung vereinfacht/vereinheitlicht wird, kann mit einem

Aufschwung des Kleinwindmarktes gerechnet werden. Zahlreiche Anfragen von Unternehmen und Privatpersonen, deren Ziel es ist die Energieautonomie zu steigern bestätigen diesen Trend. Dennoch wird die Kleinwindkraft nicht so breitflächig wie die PV einsetzbar sein. Bedingt durch ein sehr ungleich verteiltes Windpotential und starke Schwankungen je Standort ist die Anzahl an Anlagen limitiert.

10 Literaturverzeichnis

Abohela, I., Hamza, N. & Dudek, S., 2012. *Effect of roof shape, wind direction, building height and urban configuration on the energy yield and positioning of roof mounted wind turbines*, Newcastle: s.n.

Hau, E., 2014. *Windkraftanlagen - Grundlagen Technik Einsatz Wirtschaftlichkeit*. Krailling: Springer Vieweg.

IG Windkraft, 2022. *Kleine Windkraft*. [Online]
Available at: <https://www.kleinwindkraft.at/>

Kroneis GmbH, 2018. *Windmessung*, Wien: s.n.

Leonhartsberger, K. et al., 2022. *SmallWindPower@Home - Evaluierung der Auswirkungen von gebäudemontierten Kleinwindenergieanlagen auf Performance, Personen, Gebäude und Umgebung*, Wien: BMK.

Orrel, A., Kazimiereczuk, K. & Sheridan, L., 2022. *Distributed Wind Market Report: 2022 Edition*, USA: Office of Energy Efficiency & Renewable Energies.

Park, K., Turner, A. & Minderman, J., 2013. Integrating applied ecology and planning policy: the case of micro-turbines and wildlife conservation. *Journal of applied ecology*, pp. 199-204.

Reiterer, D., 2014. *Kleinwindkraft - Ein Leitfaden zur Planung und Umsetzung*, Wien: Arbeitsgemeinschaft Erneuerbare Energie NÖ-Wien.

Tatchley, C. et al., 2016. *Drivers of public attitudes towards small wind turbines in the UK*, UK: PloS one.

Taylor, J., Eastwick, C., Lawrence, C. & Wilson, R., 2013. Noise levels and noise perception from small and micro wind turbines. *Renewable Energy*, pp. 120-127.