

Projektarbeit

Betriebswirtschaft für Ingenieure



**Hochschule
Augsburg** University of
Applied Sciences



Investitionsrechnungsvergleich von Windkraftanlagen mit unterschiedlichen Kapazitäten

**Denys Bogdanov
Mykola Parashchenko**

**denys.bogdanov@hs-augsburg.de
mykola.parashchenko@hs-augsburg.de**

**927731
932640**

Inhalt

Abbildungsverzeichnis	III
Tabellenverzeichnis	IV
1 Einleitung	1
2 Aufgabenstellung	2
3 Windkraftanlage	3
3.1 Anlagebeschreibung.....	3
3.2 Anlagenauswahl.....	4
3.2.1 MJH-20KW	4
3.2.2 MJH-30KW	6
4 Eingabedatenermittlung	8
5 Statische Investitionsrechnung	10
5.1 Kostenvergleichsrechnung	10
5.2 Gewinnvergleichsrechnung.....	11
5.3 Rentabilitätsrechnung.....	13
5.4 Amortisationsrechnung.....	13
6 Fazit	14
Quellenverzeichnis	15

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 0.1.1 Schema einer Windkraftanlage (http://de.wikipedia.org).....	3
Abbildung 0.2.1.1 Windkraftanlage MJH 20KW PMG (Qingdao Minjia International Trading Co., Ltd.).....	4
Abbildung 0.2.2.1 Windkraftanlage MJH 30KW PMG (Qingdao Minjia International Trading Co., Ltd.).....	6

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3.2.1.1 Technische Daten von WKA MJH 20KW (Qingdao Minjia International Trading Co., Ltd.).....	5
Tabelle 3.2.2.1 Technische Daten von WKA MJH 30KW (Qingdao Minjia International Trading Co., Ltd.).....	7
Tabelle 4.1 Prozentualer Anteil der Investitionsnebenkosten am Kaufpreis der Windkraftanlage (www.dr-wyputta.de).....	8
Tabelle 4.2 Prozentualer Anteil der laufenden Betriebsausgaben an den gesamten Investitionskosten (www.dr-wyputta.de).....	9
Tabelle 5.1.1 Eingegebene Daten für die Investitionsberechnung.....	10
Tabelle 5.1.2 Kostenvergleichstabelle.....	11
Tabelle 5.2.1 Gewinnvergleichstabelle.....	12

1 Einleitung

Im Bereich erneuerbarer Energien stellen Windenergieanlagen die kostengünstigste Möglichkeit zur Stromerzeugung dar. Die Nutzung der Windenergie spielt daher für den Aufbau einer nachhaltigen Energieversorgung eine wichtige Rolle.

Die Hauptvorteile der Windenergie sind folgende:

- Wind ist ein Rohstoff, den es immer geben wird.

Da die ungleichmäßige Verteilung der Sonneneinstrahlung auf unsere Erde, stets eine Temperatur- und daraus resultierend Druckdifferenzen garantiert, wird es auch immer Wind geben, dessen kinetische Energie sich der Mensch zu nutzen machen kann. Es wird bei der Windenergie folglich niemals die Problematik geben, dass Ressourcen knapp werden könnten, wie dieses zum Beispiel bei Energie-trägern, wie Erdöl, Erdgas und Kohle der Fall ist.

- Windenergie zeichnet sich durch eine gute CO₂-Bilanz aus.

Da während des Betriebes einer Windkraftanlage keinerlei Emissionen an dem klimaschädlichen Gas Kohlendioxid (CO₂) anfallen, wirkt ein verstärkter Einsatz von Windkraftanlagen sich positiv auf die Gesamtemission an CO₂ aus und kann dazu beitragen, die schädlichen Auswirkungen des Klimawandels zu reduzieren.

Zur Zeit die Technologieentwicklung ermöglicht die Verwendung von Windkraftanlagen mit mannigfaltigen Leistungswerten (von hundert Watt bis zu zehn Megawatt), Bauarten (mit dem Gittermast, konischem Stahlrohrturm oder Betonturm; mit horizontaler oder vertikaler Windturbine), Verwendungsort (Onshore, Offshore). Die Windkraftanlage können nicht nur in Rahmen den Windparks eingesetzt werden, sondern auch in Privatzielen (kleine Windkraftanlage).

Die Leistung aller Windenergieanlagen in Deutschland beläuft sich auf über 27.000 Megawatt. Die weltweit installierte Windenergie-Leistung ist im Jahre 2011 ca. 240.000 Megawatt erreicht. Damit ist Windenergie die ertragsstärkste erneuerbare Energiequelle im deutschen Stromnetz. Andere Länder mit dem höchsten Anteil von Windenergie an der Stromerzeugung sind Dänemark, Portugal und Spanien.

2 Aufgabenstellung

Eine der wichtigsten Aspekte bei der Einsetzung der Anlagen bzw. der aus den erneuerbaren Energien Strom erzeugenden Anlagen sind ihre Rentabilität und Wirtschaftlichkeit. Diese Wirtschaftskennziffern sind mit Hilfe der Investitionsrechnung zu ermitteln. Dafür stehen statische und dynamische Verfahren zur Verfügung, dabei gerechnete Objekte werden als Investitionsobjekte genannt.

Statische Investitionsrechnung ist ein vereinfachende Typ der Standardverfahren der Investitionsrechnung und besteht aus vier Hauptteilen: Kostenvergleichsrechnung, Gewinnvergleichsrechnung, Rentabilitätsrechnung und Amortisationsrechnung.

Ziel des Projektes ist die Berechnung und Vergleich der Kostenvergleichsrechnung, Rentabilitätsrechnung und Amortisationsrechnung der zwei Windkraftanlage mit unterschiedlichen Kapazitäten um einen mit höherer Vorteilhaftigkeit zu ermitteln.

3 Windkraftanlage

3.1 Anlagebeschreibung

Eine Windkraftanlage (WKA) erntet mit ihrem Rotor die Energie des Windes, wandelt sie in elektrische Energie um und speist sie in das Stromnetz ein.

Eine Windkraftanlage besteht im Wesentlichen aus einem Rotor mit Nabe und Rotorblättern sowie einer Maschinengondel, die den Generator und häufig ein Getriebe beherbergt. Die Gondel ist drehbar auf einem Turm gelagert, dessen Fundament die notwendige Standsicherheit gibt. Dazu kommen die Überwachungs-, Regel- und Steuerungssysteme sowie die Netzanschlusstechnik in der Maschinengondel und im Fuß oder außerhalb des Turmes.

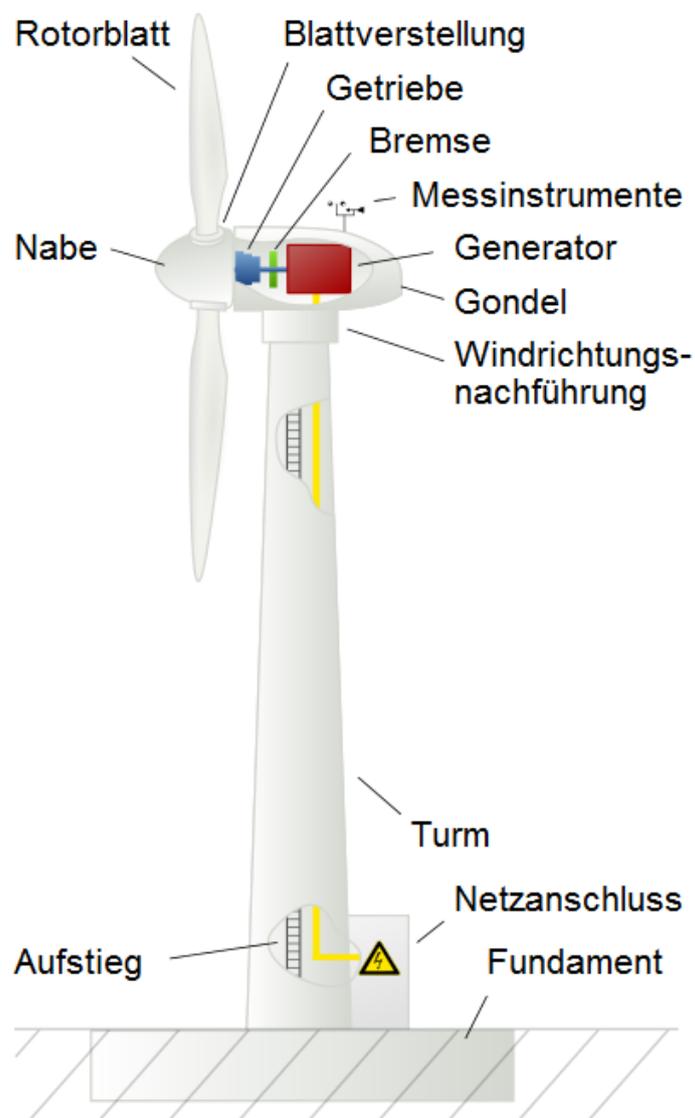


Abbildung 3.1.1 Schema einer Windkraftanlage (<http://de.wikipedia.org>)

3.2 Anlagenauswahl

Im Projekt wurden zwei Windkraftanlage MJH mit der Leistung 20 kW und 30 kW von Qingdao Minjia International Trading Co., Ltd. betrachtet, die speziell im Landwirtschaft oder Gewerbe eingesetzt werden.

3.2.1 MJH-20KW

Windkraftanlage MJH 20KW PMG hat folgende Vorteile:

- niedriger Anfangswindgeschwindigkeit;
- gute Qualität;
- lärmarm;
- hohe Leistungsfähigkeit.

Preis – 24000 Euro.



Abbildung 3.2.1.1 Windkraftanlage MJH 20KW PMG

(Qingdao Minjia International Trading Co., Ltd.)

Parameter			
Modell	MJH-20KW	Steuerpflichtiger Wind Geschwindigkeit	11m/s
Windturbineart	PMG (auf Konstante Magneten)	Arbeitswind Geschwindigkeit	4-30m/s
Rotordurchmesser	10m	Sicherheitswind Geschwindigkeit	50m/s
Blätter materiell	FRP (Zusammensetzung Material	Geschwindigkeitsregelung	PLC
Steuerpflichtige Geschwindigkeit	180r/min	Spitzengewicht	1400KG
Steuerpflichtiges Ausgangsleistungs	20KW	Gebührensteuerung	AIC (automatisch intelligente Steuerung
Maximales Ausgangsleistungs	25KW	Aufsatzart	Kegelaufsatz
Ausgangsspannung	DC360V/AC220V oder 380V	Aufsatzhöhe	12m
Beginnen Sie Windgeschwindigkeit	3m/s	Empfohlen Akkumulatoren	12V 200AH 60PCS

Tabelle 3.2.1.1 Technische Daten von WKA MJH 20KW (Qingdao Minjia International Trading Co., Ltd.)

3.2.2 MJH-30KW

Windkraftanlage MJH 30KW PMG hat folgende Vorteile:

- niedriger Anfangswindgeschwindigkeit;
- gute Qualität;
- lärmarm;
- der Stator nimmt speziellen magnetischen Stromkreis an;
- das Blatt setzt die Qualitätsintensitätsmaterialien ein;
- horizontal und vertikale Mittellinie;
- ISO9001 und CECertification.

Preis – 33000 Euro.



Abbildung 3.2.2.1 Windkraftanlage MJH 30KW PMG

(Qingdao Minjia International Trading Co., Ltd.)

Modell	MJH-30KW	Steuerpflichtiger Wind Geschwindigkeit	12m/s
Windturbineart	PMG (auf Konstante Magneten)	Arbeitswind Geschwindigkeit	4-30m/s
Rotordurchmesser	12m	Sicherheitswind Geschwindigkeit	50m/s
Blätter materiell	FRP (Zusammensetzung Material)	Geschwindigkeitsregelung	PLC
Steuerpflichtige Geschwindigkeit	120r/min	Spitzengewicht	1700KG
Steuerpflichtiges Ausgangsleistung	30KW	Gebührensteuerung	AIC (automatisch intelligente Steuerung)
Maximales Ausgangsleistung	35KW	Aufsatzart	Kegelaufsatz
Ausgangsspannung	DC360V/AC220V oder 380V	Aufsatzhöhe	18m
Beginnen Sie Windgeschwindigkeit	3m/s	Empfohlen Akkumulatoren	12V 200AH 90PCS

Tabelle 3.2.2.1 Technische Daten von WKA MJH 30KW (Qingdao Minjia International Trading Co., Ltd.)

4 Eingabedatenermittlung

- a) Die Investitionsausgaben setzen sich aus dem Anschaffungspreis der Windkraftanlage und den Anschaffungsnebenkosten zusammen. Die einzelnen Positionen der Anschaffungsnebenkosten sind in der Tabelle 4.1 angegeben. In der zweiten Spalte der Tabelle ist die Höhe der Anschaffungsnebenkosten bezogen auf den Kaufpreis der Anlage dargestellt. Die Werte aus der Tabelle werden für die Anschaffungskostenermittlung verwendet.

Art der Nebenkosten:	Mittelwert
Fundament	9,1 %
Netzanschluß EVU	8,7 %
Interne Verkabelung	5,3 %
Genehmigung, Gutachten	3,4 %
Infrastruktur	2,0 %
Planung	1,5 %
Sonstige	1,8 %
Summe:	31,8 %

Tabelle 4.1 Prozentualer Anteil der Investitionsnebenkosten am Kaufpreis der Windkraftanlage
(www.dr-wyputta.de)

- b) Für die Vereinfachung der Aufgabe ist der Restwert (RW) als „0“ zu betrachten.
- c) Nutzungsdauer der Anlage beträgt 20 Jahre.
- d) Die Höhe des Kalkulationszinsfußes gemäß den Umweltförderprogrammen und Marktzinsfüße wird als 8% eingegeben (inklusive 1,5% Risikozuschlags).
- e) Die für den Betrieb notwendigen auszahlungswirksamen Betriebsausgaben sind in der Tabelle 4.2 aufgeführt. Sie beinhaltet die laufenden Kosten und deren prozentualen Anteil an den Investitionsausgaben. Die Werte aus der Tabelle werden für die Betriebskostenermittlung verwendet.

Art der Betriebskosten:	Mittelwert
Reparatur	1,17 %
Wartungsvertrag	0,67 %
Maschinenschaden	0,53 %
Pacht	0,26 %
Wartung	0,25 %
Betreuung	0,24 %
Betriebsausfall	0,15 %
Fernüberwachung	0,09 %
Haftpflicht	0,04 %
Sonstige	0,30 %
Summe:	3,70 %

Tabelle 4.2 Prozentualer Anteil der laufenden Betriebsausgaben an den gesamten Investitionskosten
(www.dr-wyputta.de)

- f) Da bei der Stromerzeugung mittels der Windkraftanlagen keine wirklich relevante variable Betriebskosten gefunden wurde, sind im Projekt nur fixe Betriebskosten zu berücksichtigen.
- g) Jahresmittel Windgeschwindigkeit in Bayern ist etwa 3,5 m/s in 10 m Höhe über Grund. Im Projekt wird Nürnberg ausgewählt als bayrische Stadt mit höchstem Windgeschwindigkeitwert – bis zu 10 m/s in 10 m Höhe über Grund. Arbeitsgeschwindigkeit beider genommenen Anlagen beträgt 4-30 m/s. Das bedeutet, dass unsere WKA Jahresmittel nur Drittel ihrer Kapazität ausführen können.
- h) Durchschnittliche Vergütungshöhe beträgt 8 ct/kWh (mit der Berücksichtigung der Umwandlung der Anfangsvergütung in die Grundvergütung).

5 Statische Investitionsrechnung

5.1 Kostenvergleichsrechnung

$$K = KD + B$$

K = Kosten

KD = Kapitaldienst

B = Betriebskosten

$$KD = b + z$$

b = Abschreibung (linear)

z = Zinsen

$$b = \frac{A - RW}{n}$$

A = Anschaffungskosten

RW = Restwert

n = Nutzungsdauer

$$z = \frac{A + RW}{2} \cdot i$$

i = Kalkulationszinssatz

	WKA MJH-20 kW	WKA MJH-30 kW
Anschaffungskosten (A) (€)	31632	43494
Liquidationserlös am Ende (RW) (€)	0	0
Nutzungsdauer (n) (Jahre)	20	20
Kalkulationszinssatz (i) (%)	8	8
Betriebskosten (B) (€/Jahr)	1200	1610

Tabelle 5.1.1 Eingegebene Daten für die Investitionsberechnung

WKA MJH-20 kW:

$$z = \frac{31632 \text{ €} + 0}{2} \cdot 8\% = 1265,28 \text{ €}$$

$$b = \frac{31632 \text{ €} - 0}{20} = 1581,6 \text{ €}$$

$$KD = 1265,28 \text{ €} + 1581,6 \text{ €} = 2846,88 \text{ €}$$

$$K = 2846,88 \text{ €} + 1200 \text{ €} = 4046,88 \text{ €}$$

WKA MJH-30 kW:

$$z = \frac{43494 \text{ €} + 0}{2} \cdot 8\% = 1739,76 \text{ €}$$

$$b = \frac{43494 \text{ €} - 0}{20} = 2174,7 \text{ €}$$

$$KD = 1739,76 \text{ €} + 2174,7 \text{ €} = 3914,46 \text{ €}$$

$$K = 3914,46 \text{ €} + 1610 \text{ €} = 5524,46 \text{ €}$$

	WKA MJH-20 kW	WKA MJH-30 kW
Kalk. Abschreibung (€)	1581,6	2174,7
Kalk. Zinsen (€)	1265,28	1739,76
Kapitalkosten (€)	2846,88	3914,46

Tabelle 5.1.2 Kostenvergleichstabelle

Mittels der Kostenvergleichsrechnung (nach der Tabelle 5.2.1) wird die WKA MJH-20 kW mit den geringsten Kosten ausgewählt. Da im Projekt nur fixe Betriebskosten betrachtet wurden, gibt es keine Möglichkeit und Zweck die Kritische Produktionsmenge zu ermitteln.

5.2 Gewinnvergleichsrechnung

$$G = E - K$$

G = Gewinn

E = Erträge

K = Kosten

WKA MJH-20 kW:

$$\text{Erzeugte Energie pro Jahr} = \frac{20\text{kW}}{3} \times 24 \text{ Stunden} \times 365 \text{ Tage} = 58\,400 \text{ kWh/Jahr}$$

$$\text{Erlös} = 58\,400 \text{ kWh/Jahr} \times 8 \frac{\text{cnt}}{\text{kWh}} = 4672 \text{ €/Jahr}$$

$$\text{Gewinn} = 4672 \text{ €/Jahr} - 4046,88 \text{ €/Jahr} = 625,12 \text{ €/Jahr}$$

WKA MJH-30 kW:

$$\text{Erzeugte Energie pro Jahr} = \frac{30 \text{ kW}}{3} \times 24 \text{ Stunden} \times 365 \text{ Tage} = 87\,600 \text{ kWh/Jahr}$$

$$\text{Erlös} = 87\,600 \text{ kWh /Jahr} \times 8 \frac{\text{cnt}}{\text{kWh}} = 7\,008 \text{ €/Jahr}$$

$$\text{Gewinn} = 7008 \frac{\text{€}}{\text{Jahr}} - 5524,46 \frac{\text{€}}{\text{Jahr}} = 1563,54 \frac{\text{€}}{\text{Jahr}}$$

	WKA MJH-20 kW	WKA MJH-30 kW
Erlöse(€/Jahr)	4672	7008
Kalk. Abschreibung (€/Jahr)	1581,6	2174,7
Kalk. Zinsen (€/Jahr)	1265,28	1739,76
Kapitalkosten (€/Jahr)	2846,88	3914,46
Betriebskosten(Fixkosten) (€/Jahr)	1 200	1 610
Fixe Kosten gesamt (€/Jahr)	4046,88	5524,46
Gewinn(€/Jahr)	625,12	1563,54
Gewinndifferenz(€/Jahr)	938,34	

Tabelle 5.2.1 Gewinnvergleichstabelle

Mit der WKA MJH-30 kW kann ein um 938,34 € höherer Gewinn pro Jahr erwirtschaftet werden.

Gewinnschwellenanalyse.

Da im Projekt keine variablen Kosten pro Stück berechnet wurden, wurde es entschieden, Break – even - Point mittels des Vergütungssatzes pro kWh erzeugten Strom zu berechnen.

$\text{Break – even – Point} = \frac{\text{Fixkosten}}{\text{Stückdeckungsbeitrag}}$
--

WKA MJH-20 kW:

$$\text{Break – even – Point} = \frac{4046,88 \text{ €}}{8 \text{ ct/kWh}} = 50586 \text{ kWh}$$

WKA MJH-30 kW:

$$\text{Break – even – Point} = \frac{5524,46 \text{ €}}{8 \text{ ct/kWh}} = 69056 \text{ kWh}$$

Um die Gewinnzone zu erreichen, müssen bei WKA MJH-20 kW mindestens 50586 kWh und bei WKA MJH-30 kW mindestens 69056 kWh pro Jahr abgesetzt werden.

5.3 Rentabilitätsrechnung

$$\text{Rentabilität} = \frac{\text{Ø Gewinn} + \text{kalk. Zinsen}}{\text{Anschaffungskosten}/2} \times 100$$

WKA MJH-20 kW:

$$\text{Rentabilität} = \frac{625,12 + 1265,28}{31632/2} \times 100 = 11,9\%$$

WKA MJH-30 kW:

$$\text{Rentabilität} = \frac{1563,54 + 1739,76}{43494/2} \times 100 = 15,19\%$$

Die WKA MJH-30 kW ist zu bevorzugen, da sie eine um 3,29% Prozent höhere Rentabilität aufweist.

5.4 Statische Amortisationsrechnung

Amortisationsdauer in Jahren:

$$t = \frac{\text{ursprünglicher Kapitaleinsatz}}{\text{Ø jährlicher Gewinn} + \text{Abschreibungen}}$$

WKA MJH-20 kW:

$$t = \frac{31632 \text{ €}}{625,12 \text{ €/Jahr} + 1581,6 \text{ €/Jahr}} = 14,3 \text{ Jahre}$$

WKA MJH-30 kW:

$$t = \frac{43494 \text{ €}}{1563,12 \text{ €/Jahr} + 2174,7 \text{ €/Jahr}} = 11,6 \text{ Jahre}$$

Die WKA MJH-30 kW ist die vorteilhaftere, da sie eine um ca. 3 Jahre geringere Amortisationszeit aufweist.

6 Fazit

Nach der Ausführung aller Vergleichsrechnungen ist folgendes Ergebnis zu bekommen:

Windkraftanlage MJH-30 kW ist bevorzugter als Investitionsobjekt, denn damit kann höherer Gewinn pro Jahr erreicht werden (um ca. 938,34 € nach der Gewinnvergleichsrechnung), höhere Rentabilität (um ca. 3,29% nach der Rentabilitätsrechnung) und geringere Amortisationszeit (um ca. 3 Jahre nach der statischen Amortisationsrechnung) aufweist werden als bei der Windkraftanlage MJH-20 kW bei gleichen Verwendungsbedingungen.

Wurde auch die Abhängigkeit zwischen der Leistung und Rentabilität der Windkraftanlage hergestellt: je höher die installierte Leistung der Anlage, desto höher Rentabilität und niedrigere Amortisationszeit.

Soll aber der Hinweis dazu gegeben werden: bei der Berechnungen wurde maximale Windgeschwindigkeit (10 m/s), die selten erreichbar ist, im ausgewählten Standort angenommen. Deshalb sehen die erhaltenden Prognosen sehr optimistisch aus.

Quellenverzeichnis

1. Betriebswirtschaftliche Formelsammlung, Prof. Dr. Jörg Wöltje, Haufe Verlag, 2009.
2. Produktions-Organisation, Europa Lehrmittel, 6. Auflag 2009.
3. <http://german.alibaba.com>.
4. <http://www.dr-wyputta.de>.
5. <http://de.wikipedia.org>.
6. <http://www.prokon.net>.
7. <http://wka-windkraftanlagen.blogspot.com>.
8. <http://www.windwaerts.de>.
9. <http://www.windkraftanlagen-windenergie.de>.
10. <http://www.modernus.de>.
11. <http://www.bmu.de>.
12. [http:// www.erneuerbare-energien.de](http://www.erneuerbare-energien.de).
13. <http://www.stmwivt.bayern.de/> (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie).