

Regenerative Energieversorgung der Insel Oie

Abschätzung der Machbarkeit

IEE Ingenieurbüro Energieeinsparung, Berlin
IFEU e.V., Stralsund

22.05.2006

Inhalt

| | |
|---|----|
| Inhalt..... | 1 |
| Abbildungsverzeichnis | 2 |
| Tabellenverzeichnis..... | 2 |
| 1 Zielstellung..... | 3 |
| 2 Natürliche Energievorkommen | 4 |
| 2.1 Winddargebot | 4 |
| 2.2 Sonneneinstrahlung | 4 |
| 3 Elektrischer und thermischer Energieverbrauch | 5 |
| 3.1 Elektrischer Verbrauch..... | 5 |
| 3.1.1 Variante Jordsand | 5 |
| 3.1.2 Variante Gesamte Insel | 7 |
| 3.2 Wärmebedarf..... | 7 |
| 3.2.1 Heizung | 7 |
| 3.2.2 Warmwasser | 8 |
| 4 Energieversorgung – Systemdimensionierung..... | 9 |
| 4.1 Gesamtanlage | 9 |
| 4.2 Elektrische Anlage | 10 |
| 4.3 Thermische Anlage | 11 |
| 5 Energieerträge | 12 |
| 5.1 Elektrischer Energieertrag..... | 12 |
| 5.2 Thermischer Ertrag..... | 14 |
| 6 Zusammenfassung..... | 15 |
| Quellenangaben..... | 16 |

Abbildungsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Abbildung 1: Winddargebot..... | 4 |
| Abbildung 2: Einstrahlungswerte..... | 4 |
| Abbildung 3: Übersicht Systemaufbau | 9 |
| Abbildung 4: Monatliche durchschnittliche Energieerzeugung..... | 12 |
| Abbildung 5: Energieverteilung an einem Beispieltag..... | 13 |

Tabellenverzeichnis

| | |
|---|----|
| Tabelle 1: Elektrischer Verbrauch im Winterhalbjahr | 5 |
| Tabelle 2: Elektrischer Verbrauch im Sommerhalbjahr..... | 6 |
| Tabelle 3: Monatlicher Heizbedarf | 8 |
| Tabelle 4: Monatlicher Warmwasserbedarf | 8 |
| Tabelle 5: Elektrische Systemkomponenten | 10 |
| Tabelle 6: Thermische Systemkomponenten | 11 |

1 Zielstellung

Am 5. November 1990 wurde durch Beschluss des Regierungsbevollmächtigten der Bezirksverwaltungsbehörde Rostock das Naturschutzgebiet „Greifswalder Oie“ festgesetzt. [1] Als die östlichste deutsche Insel in der freien Ostsee und im gesamten südlichen Ostseeraum hat die Insel Greifswalder Oie eine besondere ornithologische Bedeutung als wichtige Station für den Vogelzug. Eine autarke, regenerative Energieversorgung stellt sich gerade für die Insel „Greifswalder Oie“ als eine Möglichkeit dar, dem Klimawandel insbesondere aufgrund der besonderen Bedeutung für den Naturschutz und der reizvollen Insellage innovativ zu begegnen.

Geplant war zunächst eine ausschließlich elektrische Energielösung für das Hauptgebäude des Vereins Jordsand zu erstellen, doch im Laufe der Besichtigung der Greifswalder Oie am 08.05.2006 mit Teilnehmern des Vereins Jordsand, der STAUN Ueckermünde, der Inventinvest GmbH, des Ingenieurbüros Energieeinsparung und der Fachhochschule Stralsund stellte sich heraus, dass nur ein Gesamtkonzept zur Elektro- und Wärmeversorgung den Ansprüchen der Planungsbeteiligten und dem Verein Jordsand gerecht werden kann. Dies schließt zunächst einmal ein die Wärmeversorgung des Hauptgebäudes des Vereins Jordsand mit ein, denn bei einem Konzept einer autarken, regenerativen Versorgung einer Insel sollte der Wärmebedarf dieser Insel nicht vernachlässigt werden.

Zusätzlich ist geplant die anderen Parteien auf der Insel, namentlich das Wasser- und Schifffahrtsamt, zuständig für den Leuchtturm und die Befeuerung, die DGzRS (Deutsche Gesellschaft zur Rettung Schiffbrüchiger) und die Wetterdienste an dem Konzept für eine autarke Energieversorgung zu beteiligen. Denn ein ganzheitliches Konzept für die Insel „Greifswalder Oie“ kann die Einzigartigkeit und Glaubwürdigkeit dieses Projektes einer autarken regenerativen Inselversorgung noch mehr hervorheben. Dazu ist es noch erforderlich sich mit den zuständigen Behörden und Entscheidungsträgern in Verbindung zu setzen um eine eventuelle Mitbeteiligung dieser Parteien zu besprechen. Da dies noch aussteht wird im folgenden zunächst von der ausschließlichen Energieversorgung des Hauptgebäudes des Vereins Jordsand ausgegangen und im weiteren Verlauf ein Gesamtkonzept mit der Beteiligung des Wasser- und Schifffahrtsamts, der DGzRS und der Wetterdienste herausgearbeitet.

2 Natürliche Energievorkommen

Als natürlich Energieressourcen stehen auf der Insel sowohl die Windenergie als auch die Solarenergie zur Verfügung. Aufgrund der Inselgröße ist das Aufkommen jeder der beiden Energien überdurchschnittlich hoch und empfiehlt sich damit für eine energetische Nutzung. Um die zu erwartenden Erträge aus beiden Energien abschätzen zu können, müssen jährlicher Verlauf und Höhe von Wind- Solarenergieaufkommen bestimmt werden.

2.1 Winddargebot

Das Winddargebot wurde mit WindPro bestimmt. Als Ausgangswerte wurden die durchschnittlichen Windgeschwindigkeiten von drei nah gelegenen Referenzstationen (Arkona, Putbus, Ückermünde) gewählt. Diese Werte wurden gewichtet und erlauben eine Abschätzung des zu erwartenden Winddargebots. Der Jahresdurchschnitt beträgt danach ca. 5,3 m/s.

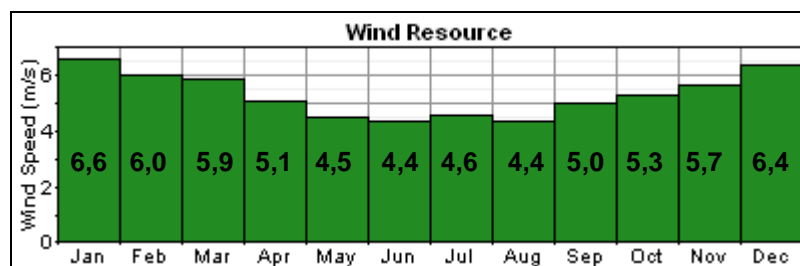


Abbildung 1: Winddargebot

2.2 Sonneneinstrahlung

Die Bestimmung der Einstrahlungsdaten basiert auf Daten des DWD für die Insel Ruden, die aufgrund der räumlichen Nähe und ähnlichen Bedingungen genutzt werden.

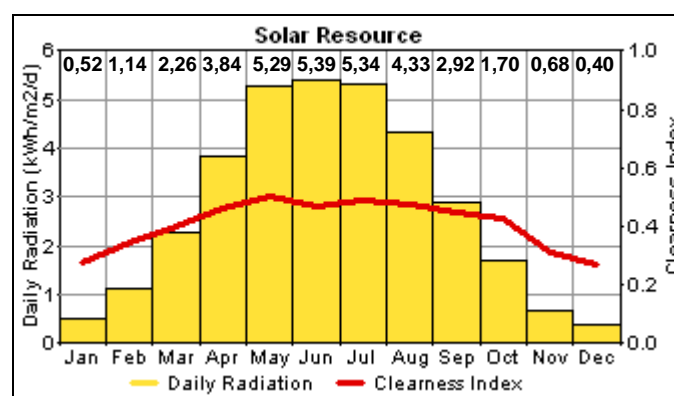


Abbildung 2: Einstrahlungswerte

3 Elektrischer und thermischer Energieverbrauch

Dieser Abschnitt umfasst die Bestimmung des zu erwartenden elektrischen und thermischen Verbrauchs zum einen für das Gebäude des Vereins Jordsand und zum anderen für die gesamte Insel.

3.1 Elektrischer Verbrauch

3.1.1 Variante Jordsand

Die Bestimmung der elektrische Verbraucher basiert zum einen auf die Gespräche und die Ergebnisse der Vorortbesichtigung am 08.05.2006 sowie auf die Daten aus dem Sanierungskonzept von Herrn Nickol aus dem Jahr 2000 [2].

Das Verbrauchsprofil ist stundengenau dargestellt, wobei das Jahr in ein Winter- und ein Sommerhalbjahr geteilt wurde. Auf diese Weise können die unterschiedlichen saisonalen Verbrauchscharakteristika berücksichtigt werden (Tabelle 1 & Tabelle 2).

Tabelle 1: Elektrischer Verbrauch im Winterhalbjahr

| Winter (Okt-März) | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | Energie |
|-------------------|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------|
| Stunde am Tag | Einheit | kW | kW | kW | kW | kW | kW | kW | kW | kW | kW | kW | kW | kW | kW | kW | kW | kW | kW | kW | kW | kW | kW | kW | kW | kWh |
| | Kühlschrank | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,96 |
| | Tiefkühler | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 2,40 |
| | Beleuchtung | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,4 | 0,4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0 | 3,20 |
| | Ü-PC | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,96 |
| | Büro-PC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,20 |
| | Fernseher | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0 | 0 | 0,44 |
| | Radio | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0 | 0 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0 | 0 | 0 | 0,05 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,05 | 0 | 0,35 |
| | Pumpen | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,4 | 0 | 0 | 0 | 1,60 |
| | Waschmaschine | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,00 |
| | Sonstige | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,1 | 0,1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,1 | 0,1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,40 |
| | Stundensumme | 0,18 | 0,18 | 0,18 | 0,18 | 0,58 | 0,18 | 0,73 | 0,73 | 0,23 | 0,58 | 0,18 | 0,18 | 0,23 | 0,23 | 1,23 | 0,63 | 0,23 | 0,78 | 0,79 | 0,69 | 1,09 | 0,69 | 0,63 | 0,18 | 11,51 |
| | Monatssumme | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 345 |
| | Halbjahressumme | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2072 |

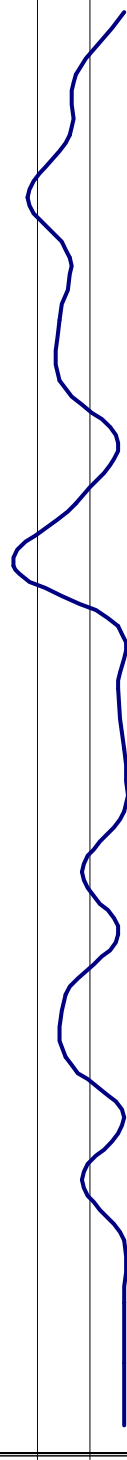
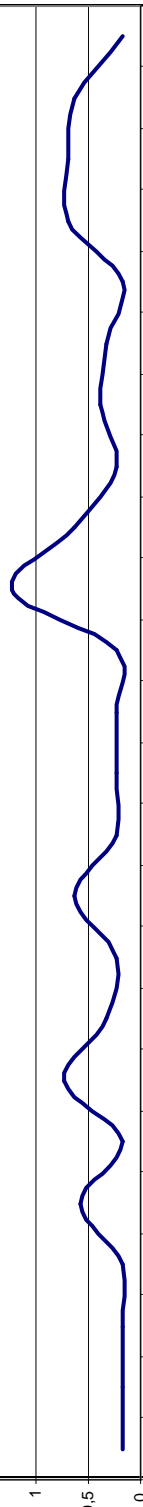


Tabelle 2: Elektrischer Verbrauch im Sommerhalbjahr

| Sommer(Apr-Sept) | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | Energie | |
|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------|------|
| Stunde am Tag | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Einheit | kW | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Kühlschrank | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,96 |
| Tiefkühler | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 2,40 |
| Beleuchtung | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,4 | 0,4 | 0 | 1,20 |
| Ü-PC | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,96 |
| Büro-PC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,50 |
| Fernseher | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,11 | 0,11 | 0 | 0 | 0 | 0,22 |
| Radio | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,05 | 0,05 | | | | | 0,05 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,05 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,05 | 0 | 0,25 | |
| Pumpen | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,4 | 0 | 0 | 0 | 1,60 | |
| Waschmaschine | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,00 | |
| Sonstige | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,1 | 0,1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,1 | 0,1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,40 | |
| Stundensumme | 0,18 | 0,18 | 0,18 | 0,18 | 0,18 | 0,58 | 0,18 | 0,73 | 0,33 | 0,23 | 0,23 | 0,63 | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 1,23 | 0,63 | 0,23 | 0,38 | 0,33 | 0,18 | 0,69 | 0,69 | 0,63 | 0,18 | 9,49 | |
| Monatssumme | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 285 | | |
| Halbjahressumme | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1708 | | |
| Jahressumme | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3780 | | |



Im Ergebnis der Verbrauchsbestimmung steht ein täglicher elektrischer Energiebedarf von ca. 10 kWh, der jahreszeitlichen und täglichen Schwankungen unterliegt. Für den Jahresverbrauch ergibt sich damit ein Wert von 3780 kWh.

Dieser Wert dient als Grundlage für die Auslegung der Energieversorgungsanlage und stellt lediglich eine Abschätzung dar. Entscheidenden Einfluss auf den elektrischen Verbrauch hat neben der Besetzung des Hauses auch das Verhalten der Bewohner.

3.1.2 Variante Gesamte Insel

Bei der Betrachtung des Verbrauchs für die gesamte Insel müssen neben dem Vereinshaus des Jordsand e.V. auch die Verbräuche der Liegenschaften des Wasser- und Schifffahrtsamtes und der DGzRS (Deutsche Gesellschaft zur Rettung Schiffbrüchiger) berücksichtigt werden. Seitens des Wasser- und Schifffahrtsamtes betrifft das insbesondere den Inselleuchtturm und die weiteren Befeuerungsanlagen.

Eine Abschätzung dieser Verbräuche bedarf einer genaueren Absprache mit den genannten Institutionen. Danach kann entschieden werden, inwieweit deren Energiebedarf komplett, anteilig oder in einer Notstromlösung mit sichergestellt werden kann.

3.2 Wärmebedarf

Bei dem thermischen Verbrauch ist es zunächst erforderlich den Wärmebedarf des Objektes zu bestimmen. Der Wärmebedarf eines Hauses setzt sich immer aus dem Heizungs- und dem Warmwasserbedarf zusammen. Zur Bestimmung des Wärmebedarfes beziehen wir uns auf das Gutachten im Rahmen des Sanierungskonzeptes aus dem Jahr 2000. Hier wurde festgestellt, dass es aufgrund der geringen Belegungszahlen im Winter zweckmäßig ist den Heizwärmebedarf in zwei „Heizungszonen“ aufzuteilen. Hierzu wird eine kleinere Kernzone eingerichtet. Dieser Kernzone sollen die zwei Bäder, das Arbeitszimmer und der Aufenthaltsraum im Erdgeschoss angehören, sowie ein bis zwei Schlafzimmer im 1. Obergeschoss. Diese Räumlichkeiten sollte man mit einer verbesserten Wärmedämmung ausstatten um die Transmissionsverluste zu verringern. Diese Kernzone soll gut beheizt und das ganze Jahr über bewohnbar sein.

Die restlichen Räumlichkeiten werden zu einer zweiten Zone zusammengefasst, welche niedrig beheizt werden soll um eine gewisse Grundwärme von ca. 12°C im Gebäude zu erhalten.

Weiterhin soll die Möglichkeit bestehen bleiben, den schon vorhandenen Ofen weiter zu betreiben um bei Bedarf zusätzliche Heizleistung zur Verfügung stellen zu können.

Die Bestimmung des Warmwasserbedarfes erfolgt unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Belegungszahlen der einzelnen Monate.

3.2.1 Heizung

Der Heizwärmebedarf wird mit den Werten aus dem Sanierungskonzept aus dem Jahr 2000 angesetzt. Der max. Heizwärmebedarf beträgt 5.705 kWh für den Monat Januar.

Dabei haben die unbedingt zu heizenden Räumlichkeiten (Zone 1) einen maximalen Wärmebedarf von 1600 kWh/Monat und die Räumlichkeiten in denen lediglich ein Grundwärmebedarf (Zone 2, Temperatur etwa 12 °C) bereitgestellt werden soll einen maximalen Wärmebedarf von 4.105 kWh/Monat.

Der Gesamtheizbedarf für ein ganzes Jahr beträgt 24.465 kWh

Im Einzelnen ergeben sich folgende Werte für den Heizwärmebedarf.

Tabelle 3: Monatlicher Heizbedarf

| Monate | monatlicher Heizwärmebedarf in kWh | | |
|-----------|------------------------------------|--------|--------|
| | Zone 1 | Zone 2 | Gesamt |
| Januar | 1.600 | 4.105 | 5.705 |
| Februar | 1.370 | 3.330 | 4.700 |
| März | 1.225 | 2.450 | 3.675 |
| April | 805 | 960 | 1.765 |
| Mai | 365 | 30 | 395 |
| Juni | 95 | 0 | 95 |
| Juli | 30 | 0 | 30 |
| August | 30 | 0 | 30 |
| September | 180 | 0 | 180 |
| Oktober | 560 | 60 | 620 |
| November | 1.040 | 1.510 | 2.550 |
| Dezember | 1.440 | 3.280 | 4.720 |

3.2.2 Warmwasser

Bei der Warmwasserversorgung kann sich ebenfalls auf das Sanierungskonzept aus dem Jahr 2000 bezogen werden:

Tabelle 4: Monatlicher Warmwasserbedarf

| Monat | Jan. | Feb. | März | April | Mai | Juni | Juli | Aug. | Sept. | Okt. | Nov. | Dez. |
|--|------|------|------|-------|-----|------|------|------|-------|------|------|------|
| [Energiebedarf f. Brauchwassererwärmung] kWh | 160 | 195 | 270 | 420 | 430 | 310 | 540 | 755 | 835 | 700 | 315 | 215 |

Diese Daten spiegeln den Warmwasserbedarf für die einzelnen Monate wieder unter Berücksichtigung von verschiedenen Belegungszahlen ermittelt.

4 Energieversorgung – Systemdimensionierung

Kapitel 4 stellt die elektrische Anlage und die Wärmanlage vor. Hier werden die Systemkomponenten kurz benannt und in ihrem Zusammenwirken dargestellt.

4.1 Gesamtanlage

Die Gesamtanlage setzt sich aus den elektrischen Komponenten und den Anlagenteilen für die thermische Versorgung zusammen. Abbildung 3 zeigt schematisch die Zusammenschaltung aller Systemkomponenten. Detaillierter wird in den folgenden beiden Punkten auf den Systemaufbau eingegangen.

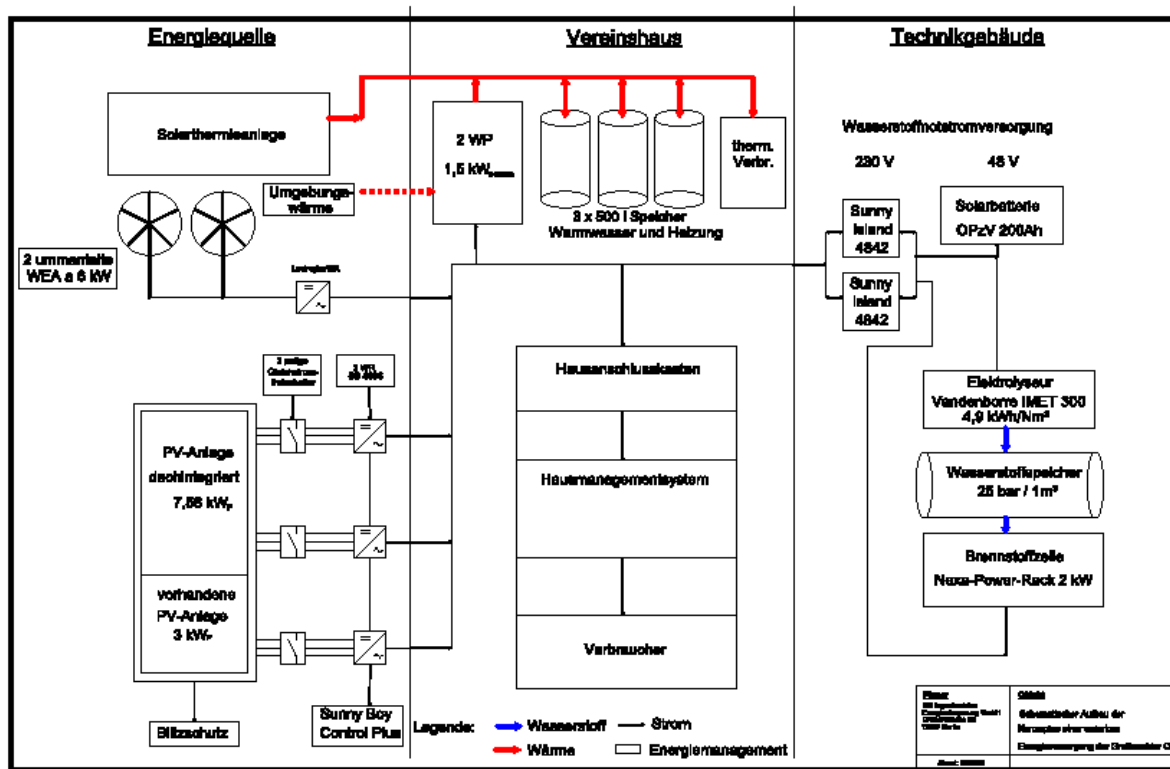


Abbildung 3: Übersicht Systemaufbau

4.2 Elektrische Anlage

Das elektrische Konzept umfasst ein System aus Primärenergieerzeugung durch Sonnen- und Windenergie, einer Umwandlung überschüssiger Energie in Wasserstoff mit Zwischenspeicherung in einem Tank und einer Rückverstromung des Wasserstoffes mittels einer Brennstoffzelle.

Dazu sollen zwei ummantelte Kleinwindenergieanlagen mit jeweils 6 kW Nennleistung aufgestellt werden. Aufgrund der Ummantelung und der geräuscharmen Betriebsweise sind diese Windenergieanlagen für Vögel völlig ungefährlich und deshalb ohne Bedenken auf dieser Insel mit der speziellen Bedeutung für den Vogelschutz aufzustellen. Das relativ konstante Windangebot ermöglicht es, dass die Windkraft einen guten Beitrag zur elektrischen Versorgung leisten kann.

Des Weiteren soll eine 7,56 kW_p –PV-Anlage auf dem Dach installiert werden. Mit der schon vorhandenen aufgeständerten 3 kW_p –PV-Anlage ergibt das eine maximal mögliche Leistung von 10,56 kW_p an solarer elektrischer Energie. Die positiven Ausgleichseffekte von Sonnen- und Windenergie sowohl im jahreszeitlichen als auch im tageszeitlichen Verlauf werden sich dabei sehr vorteilhaft auf die elektrische Versorgungssicherheit für die Nutzer auswirken.

Sollte jedoch trotzdem die durch Wind- und Sonnenenergie bereitgestellte Energie für die Versorgung nicht mehr ausreichen, so wird ein Speichersystem bestehend aus einem alkalischen Elektrolyseur (4,9 kW; 1 Nm³/h), einem Wasserstoffspeicher (25 bar; 10 Nm³ speicherbar) und einer Brennstoffzelle (2 kW), den Bedarf an elektrischer Energie bereitstellen. Dabei wird, wenn die Wind- und Sonnenenergieerzeugung größer als der elektrische Bedarf ist, die überschüssige Energie dazu verwendet den Elektrolyseur zu betreiben, um aus Wasser Wasserstoff zu gewinnen. Der gewonnene Wasserstoff wird dann in einem Wasserstofftank mit einem Druck von 25 bar eingespeichert. Während wind- und sonnenarmen Zeiten, wenn die Versorgung mit elektrischer Energie nicht mehr über die direkte Energieerzeugung mit Sonnen- und Windenergie erfolgen kann, wird dann die Brennstoffzelle den eingespeicherten Wasserstoff zur Rückverstromung verwenden um so die Stromversorgung zu jeder Zeit gewährleisten zu können.

Dieses Konzept gewährleistet die Möglichkeit den Bedarf an elektrischer Energie stetig zur Verfügung stellen zu können.

Tabelle 5: Elektrische Systemkomponenten

| Komponente | Parameter |
|---------------------|---|
| Windenergieanlage | Ummantelte Kleinwindenergieanlage Leistung 2 x 6 kW |
| PV-Anlage | Aufdachmontage (Neigung 38°, Azimut 35°) Leistung 7,56 kW + 3 kW (vorhanden) |
| Elektrolyseur | Alkalisch Leistung 4,9 kW; 1 Nm ³ pro Stunde |
| Wasserstoffspeicher | Drucktank (25 bar) geometrisches Volumen 1 m ³ |
| Brennstoffzelle | PEM-System (50°C) Leistung 2 kW (elektrisch) |

4.3 Thermische Anlage

Angestrebt wird eine Lösung bestehend aus zwei elektrisch betriebenen Luft-/Wasserwärmepumpen unterstützt durch eine Solarthermieanlage mit drei Solarkollektoren. Dabei wird die für die Wärmepumpen benötigte elektrische Energie über die Windenergieanlagen, sowie der PV-Module zur Verfügung gestellt. Diese Tatsache stellt die Besonderheit dieser Wärmepumpen dar, da es wohl die ersten Wärmepumpen sein werden, die komplett von regenerativ erzeugter Energie versorgt werden. Um die bedarfsgerechte Versorgung gewährleisten zu können werden drei 500 Liter-Speicher installiert, die den Wärmebedarf bei nicht ausreichender Sonnen- und Windenergie für die Versorgung der Wärmepumpen, über mehrere Tage sicherstellen zu können. Die Beheizung des Vereinsgebäudes soll ausschließlich über die Wärmepumpen erfolgen.

Die Installation von zwei Wärmepumpen macht es möglich, bei einer geringeren Überschussenergie nur eine Wärmepumpe zu betreiben. So kann bei einer angenommenen Überschussenergie von 1,5 kW zumindest eine Heizleistung von ca. 6 kW zur Verfügung gestellt werden. Eine einzelne 3 kW-Wärmepumpe hätte in diesem Fall gar keine thermische Ausgangsleistung, da sie stets 3 kW an elektrischer Energie für den Betrieb braucht.

Typischerweise werden Wärmepumpen in Kombination mit Fußbodenheizung verwendet, da Fußbodenheizungen mit niedrigen Vorlauftemperaturen gefahren werden können. Da die Installation einer Fußbodenheizung sehr aufwändig und kostenintensiv wäre, sollen speziell für Wärmepumpen ausgelegte Niedertemperaturkonvektoren eingebaut werden.

Diese Niedertemperaturkonvektoren ermöglichen trotz einer niedrigen Vorlauftemperatur eine gute Wärmeausbeute zu erzielen.

Eine zusätzliche Wärmequelle stellt der schon bestehende Ofen dar. Dieser kann jederzeit unabhängig von dem Versorgungssystem befeuert werden um die Temperatur im Aufenthaltsraum bei Bedarf noch zu erhöhen.

Wichtig um die Effizienz dieses Systems zu erhöhen ist, dass die zu der Kernzone gehörigen Räumlichkeiten einer besonderen Wärmedämmung bedürfen.

Die Installation einer Solarthermieanlage soll die Wärmepumpen unterstützen den Bedarf an Warmwasser bereitzustellen. Insbesondere über die Sommermonate wird es möglich sein, die Wärmepumpen abzuschalten und somit die Lebensdauer dieser Anlagen erheblich zu verlängern, da der Bedarf an Warmwasser ausschließlich über die Solarthermieanlage geleistet werden kann.

Tabelle 6: Thermische Systemkomponenten

| Komponente | Parameter |
|-------------------|---|
| Wärmepumpen | Luftwärmepumpe 2 x 1,5 kW elektrisch / 12 kW thermisch |
| Wärmespeicher | 3 x 500 Liter Wasser |
| Solarthermie | 3 Kollektoren |

5 Energieerträge

Die hier angegebenen Energieerträge beziehen sich auf die oben vorgestellte Anlagenauslegung mit zwei 6 kW – Windenergieanlagen, einer 7,56 kW Fotovoltaikanlage und der 3 kW –Fotovoltaikaltanlage.

5.1 Elektrischer Energieertrag

Der jährliche Ertrag an elektrischer Energie setzt sich zum einen aus dem Anteil der Fotovoltaikanlage (Neuanlage auf Dach + Altanlage) und den beiden Windgeneratoren zusammen.

In den Wintermonaten dominieren die Erträge der Windenergie. Diese sinken in den Sommermonaten stark ab und werden durch die höhere Leistung der Fotovoltaikanlage ausgeglichen. Abbildung 4 zeigt sehr deutlich die Sinnfälligkeit dieser Kombination von Windenergie- und Fotovoltaikanlage, da sich das Aufkommen von Solarstrahlung und Windaufkommen saisonal ergänzt.

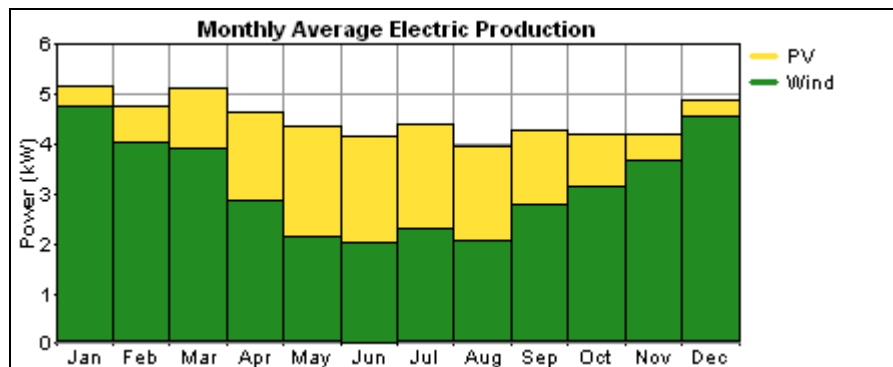


Abbildung 4: Monatliche durchschnittliche Energieerzeugung

In Zahlen stellen sich die Erträge, wie folgt dar:

Erzeugt Energie mit PV-Anlage (incl. Altanlage): 11600 kWh/a

Erzeugte Energie mit Windgen. (2 x 6 kW-Anlagen): 27500 kWh/a

Gesamtertrag: 39100 kWh/a

Mit den erzeugten 39100 kWh/a wird sowohl die elektrische als auch die thermische Versorgung des betrachteten Objektes sichergestellt.

Um die Energiemenge, die zur thermischen Versorgung zur Verfügung steht, zu ermitteln, wird das Ertragsprofil mit dem unter 3.1 bestimmten Verbrauchsprofil verglichen.

Zur Veranschaulichung dieser Vorgehensweise wird das Energiemanagement beispielhaft an einem Januartag in Abbildung 5 erklärt.

Der Ertrag aus den Windgeneratoren (orange) dominiert an diesem Tag und wird in der Tagesmitte durch das Solaraufkommen (rot) ergänzt. Als schwarze Linie ist der Verlauf des Verbrauchs des Vereinshauses eingezeichnet. An diesem Beispieltag wird deutlich, dass der Verbrauch nahezu die kompletten 24 Stunden direkt durch die Wind-PV-Kombination gedeckt werden kann, da die Ertragsfläche stets größer ist als Verbrauchskurve (schwarz).

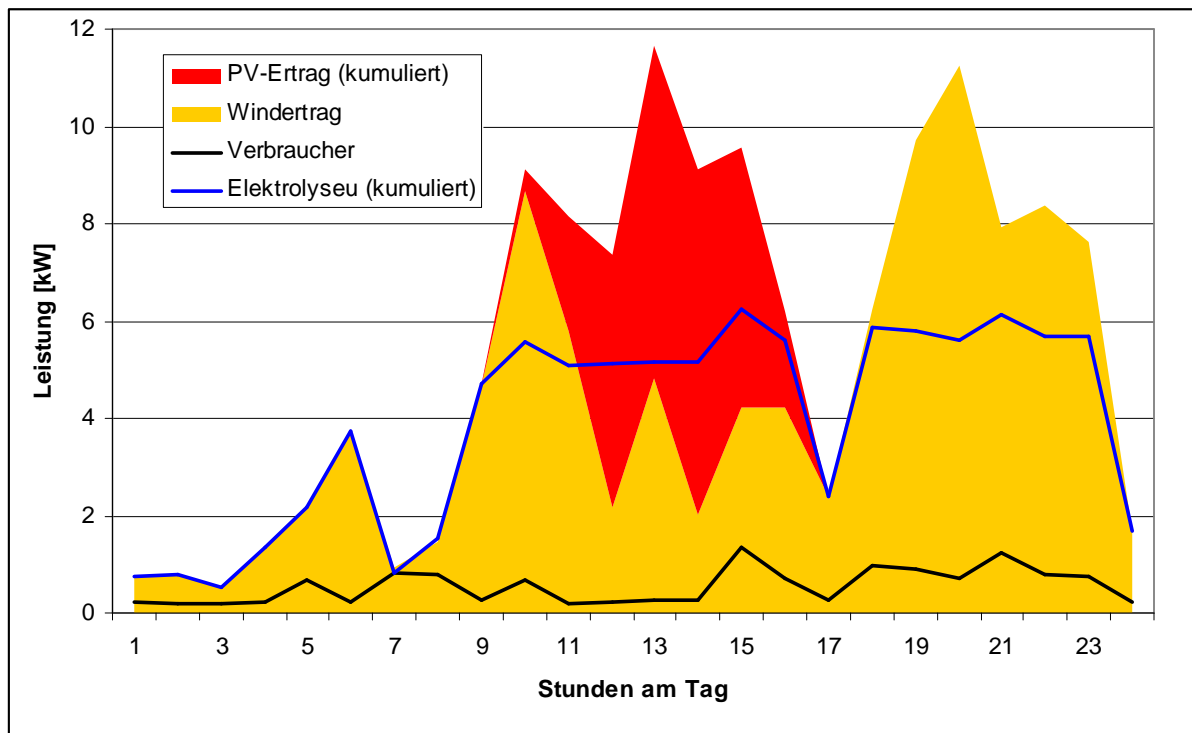


Abbildung 5: Energieverteilung an einem Beispieltag

Die Mehrenergie wird primär im Elektrolyseur in Wasserstoff umgesetzt. In dieser Grafik ist die vom Elektrolyseur genutzte Energie plus den normalen Verbrauch blau eingezeichnet. Es wird für dieses Beispiel davon ausgegangen, dass der Wasserstofftank stets Wasserstoff aufnehmen kann, wodurch der Elektrolyseur, wenn möglich, stets mit Nennleistung betrieben wird. In der Praxis wird die Nutzungsdauer des Elektrolyseurs geringer ausfallen, da dieser sich bei vollem Wasserstoffspeicher abschaltet. Entsprechend wird die dann noch anfallende Überschussenergie, die für die thermische Hausversorgung zur Verfügung steht, größer ausfallen. Die Überschussenergie in der Grafik ist der Bereich der Ertragsfläche, der oberhalb der blau gezeichneten Linie liegt.

5.2 Thermischer Ertrag

Mit Hilfe des Simulationsprogramms HOMER konnte ermittelt werden, wie viel elektrische Energie für die einzelnen Stundenwerte des Jahres für die Wärmepumpen zur Verfügung steht. Daraus ergeben sich folgende Werte der thermischen Produktion für die jeweiligen Monate:

Tabelle 6: thermischer Ertrag der Wärmepumpe

| | | | |
|---------|-----------|-----------|-----------|
| Januar | 5.300 kWh | Juli | 5.100 kWh |
| Februar | 4.500 kWh | August | 4.220 kWh |
| März | 5.170 kWh | September | 4.490 kWh |
| April | 4.830 kWh | Oktober | 4.240 kWh |
| Mai | 5.025 kWh | November | 4.330 kWh |
| Juni | 4.860 kWh | Dezember | 5.170 kWh |

Diese Heizleistung der Wärmepumpen deckt sich nicht hundertprozentig mit dem Wärmebedarf für die jeden einzelnen Monat. Speziell in den Wintermonaten Januar und Februar entspricht die mögliche Heizleistung der Wärmepumpen nicht dem Wärmebedarf des Hauptgebäudes. Dies kann durch die Einspeicherung der Wärme in drei 500 Liter-Speichern überbrückt werden um den Wärmebedarf auch über die Wintermonate gewährleisten zu können. Zusätzlich kann auch die Brennstoffzelle elektrische Energie für die Versorgung der Wärmepumpe zur Verfügung stellen, so dass der Wärmeenergiebedarf für die Heizung jederzeit gedeckt werden kann.

Die Installation von drei Solarthermiekollektoren kann die Wärmepumpe bei der Brauchwassererwärmung unterstützen. Im Sommer wird es durch die Solarthermieanlage möglich sein, die Wärmepumpen abzuschalten und zu entlasten, da der Warmwasserbedarf nur über die Solarthermie gedeckt werden kann.

6 Zusammenfassung

Die technische Lösung der netzunabhängigen Energieversorgung unter Nutzung regenerativer Energiequellen und Wasserstoff als zukunftssträchtigen Energiespeicher stellt ein innovatives und richtungweisendes Konzept dar. Die Installation einer solchen regenerativen und autarken Energieversorgung wäre beispielhaft und gerade aufgrund der Bedeutung der Greifswalder Oie für den Naturschutz sehr prestigeträchtig.

Die Umsetzung des Konzepts ist in der Systemübersicht in Anordnung und Funktion der Hauptkomponenten Windenergieanlagen, PV-Anlage, Energiemanagementsystem und Wasserstofftechnik sowie der Wärmeversorgung dargestellt. Die Hauptkomponenten der Wasserstofftechnik sind der Elektrolyseur, der Wasserstoffspeicher und das Brennstoffzellenaggregat. Insbesondere bei der Umsetzung dieser Wasserstofftechnologie kann auf das Know-how und die Erfahrungen der Fachhochschule Stralsund zurückgegriffen werden.

Die Umsetzung der Windenergieanlagen muss unter Berücksichtigung des Vogelschutzes erfolgen. Somit können Windenergieanlagen in ihrer konventionellen Ausführung nicht installiert werden. Dennoch kann und sollte die Installation der Windenergieanlagen erfolgen, da alternative Konzepte, wie z.B. eine ummantelte Windenergieanlage, ermöglichen, das konstante Windangebot für die Stromerzeugung ohne Beeinträchtigung für die Vogelwelt zu nutzen.

Die Wärmeenergieversorgung wird durch zwei Wärmepumpen mit Unterstützung einer Solarthermieanlage gewährleistet. Einzigartig dabei ist vor allem, dass die elektrische Versorgung der Wärmepumpen komplett über regenerative Energien erfolgt. Im Sommer soll die Solarthermie die benötigte Wärme für die Warmwasserversorgung erzeugen. Somit können die Wärmepumpen entlastet und die Lebenserwartung der Anlagen wesentlich verlängert werden.

Die Simulationsergebnisse zeigen, dass es möglich ist dieses Konzept umzusetzen und eine stetige Energieversorgung durch ausschließlich regenerativ erzeugter Energie sicherzustellen.

Für das konzipierte System ist eine Kostenabschätzung gemacht worden. Im Ergebnis beträgt die Gesamtinvestitionssumme 509.600 €. Dabei würden 26.600 € für die Heizungsanlage anfallen. Damit sind die Investitionen für die Wärmeversorgung deutlich geringer als die Installation einer Schwerkraftheizung.

Ziel ist es, mit der Realisierung des Projektes im zweiten Halbjahr 2006 zu beginnen. Die Fertigstellung der Anlage wird zum zweiten Quartal 2007 angestrebt.

Von der Realisierung eines solch einzigartigen Projektes könnten sowohl die beteiligten Projektpartner als auch alle auf der Insel ansässigen Parteien, insbesondere der Verein Jordsand profitieren. Denn diese Lösung für eine schadstofffreie Energieversorgung bietet dem Verein Jordsand eine kostengünstige und prestigeträchtige Energieversorgung.

Quellenangaben

[1] Seevögel Band 22 Sonderheft 1 2001

[2] Marcell Nickol, Versorgungstechnisches Konzept und Sanierungskonzept für den Inselhof der „Greifswalder Oie“, Erfurt, Sept. 2000