



Hochschule für Technik
und Wirtschaft Berlin

University of Applied Sciences

Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin

Wilhelminenhofstraße 75A, 12459 Berlin

Fachbereich 1

Ingenieurwissenschaften - Energie und Information

Regenerative Energien (B)

Photovoltaik-Inselbetrieb vom 28.04.2023

Betreuer: M.Sc. Sabine Kupzok

Gruppe: 5

Name	Matrikelnummer
Johannes Tadeus Ranisch	578182
Markus Jablonka	580234
Niels Feuerherdt	577669
Vorname, Name 4. Student:in	Matrikelnummer
Vorname, Name 5. Student:in	Matrikelnummer

Inhaltsverzeichnis

1	Versuchsziele	1
2	Versuchsbeschreibung	1
3	Vorbereitungsfragen	2
3.1	Photovoltaik-Insulanlage	2
3.2	Laderregler	3
3.3	Batteriesysteme	5
3.4	Wechselrichter in PV-Insulanlagen	6
3.5	Einstrahlung und Umgebungsbedingungen	8
4	Versuchsdurchführung	9
5	Auswertung	10
6	Quellen	11
7	Anhang	12

Abbildungsverzeichnis

1	Foto oder Skizze des Versuchsaufbaus	2
---	--	---

Tabellenverzeichnis

1	Speicherkapazitäten für H ₂ und Methan in Deutschland (Daten: [UBA10; LBG13], Stand 2013)	10
---	---	----

Abkürzungsverzeichnis

PV	Photovoltaik
WR	Wechselrichter
LR	Laderegler
MPP	Maximum Power Point

1 Versuchsziele

Der Versuch 'Photovoltaik-Inselbetrieb' wurde durchgeführt und soll im Folgenden ausgewertet werden. Die Durchführung und Auswertung des Versuches verfolgt das Ziel die Komplexität eines solchen Photovoltaik-Inselsystems zu verstehen. Dabei wird das System sowohl als System für DC-Verbraucher als auch für AC-Verbraucher betrachtet. Des Weiteren ist das Verstehen und aufstellen von Energiebilanzen ein entscheidender Teil der Betrachtung.

Die Relevanz von Photovoltaik-Inselanlagen und damit der Grund für die Durchführung dieses Versuches liegt in der vollständigen Unabhängigkeit der Systeme. Die damit verbundenen Möglichkeiten reichen von der Versorgung kleinerer elektrischer Geräte wie Taschenrechnern, Uhren oder GPS-Trackern bis hin zur Möglichkeit eine Stromversorgung inklusive Netz für größere Geräte herzustellen. Mögliche Anwendungsbereiche sind hier die Versorgung von Geräten an Standorten an denen ein Netzausbau nicht möglich ist, z.B. auf einer Bohr- oder Forschungsinsel oder dort wo noch kein Netz vorhanden ist und eine Inselanlage den ersten sicheren Stromversorger darstellt, wie in einigen Entwicklungsländern bereits der Fall.

2 Versuchsbeschreibung

Beschreiben Sie kurz in zusammenhängenden Sätzen den Versuchsaufbau. Notwendig ist auch eine Skizze mit allen genutzten Messpunkten. Genutzte Abbildungen bekommen grundsätzlich eine Bildunterschrift und werden ebenfalls fortlaufend nummeriert (siehe Abb. 1).

Werden Textpassagen (wie z.B. Definitionen) wörtlich übernommen, dann müssen diese auch durch eine Quellenangabe kenntlich gemacht werden. Die dazugehörigen Quellen werden im Literaturverzeichnis aufgeführt.

Die verwendeten Messgeräte und deren Genauigkeit sind als Auflistung oder tabellarisch darzustellen.

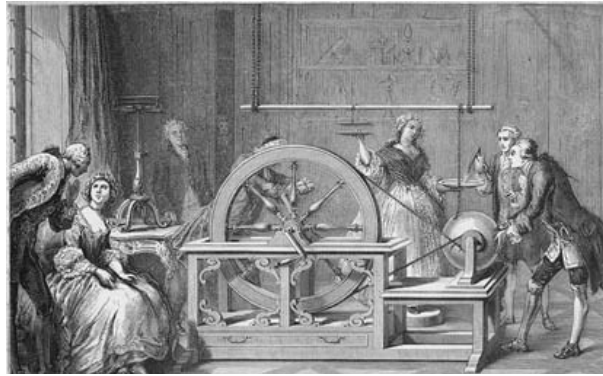


Abbildung 1: Foto oder Skizze des Versuchsaufbaus

Beispiel:

- Laser-Umdrehungsmesser Conrad DT2234C, Auflösung $1 \frac{1}{\text{min}} \pm 1$ Digit

3 Vorbereitungsfragen

3.1 Photovoltaik-Inselanlage

3.1.1 Geben Sie vier Konzepte von PV-Inselanlagen mit je einem Einsatzbeispiel an

Die möglichen Konzepte für eine PV-Inselanlage unterscheiden sich innerhalb der verwendeten Komponenten und entsprechend auch durch die möglichen Verbraucher und die Verschaltung.

Das einfachste der vier Konzepte ist das direkte Verschalten der PV-Anlage mit DC-Verbrauchern, hierbei kann es sich z.B. um ein Heizungssystem für ein Schwimmbecken handeln.

Das zweite System wird durch eine Batterie ergänzt welche zwischen die PV-Anlage und die Verbraucher geschaltet ist. Mögliche Anwendungen sind einfache DC-Systeme, welche allerdings auch außerhalb der Sonnenstunden funktionieren müssen und dementsprechend einen Puffer benötigen. Ein Beispiel wäre hier ein solarversorgter Snackautomat.

Das komplexeste System welches weiterhin für DC-Verbraucher gedacht ist, wird neben den Komponenten des zweiten Systems um einen Laderegler ergänzt welcher vor die Batterie geschaltet wird. Solche Systeme werden häufig in Wohnmobilen oder Wohnwägen verwendet, welche mit DC-Verbrauchern ausgestattet sind.

Um AC-Verbraucher nutzen zu können muss zusätzlich zu System 3 ein Umrichter vor die Verbraucher geschaltet werden, um diese korrekt versorgen zu können. Diese Systeme können dann Einfamilienhäuser, Forschungsstationen oder abgelegene Dörfer versorgen und ein Netz etablieren.

3.1.2 Die Anlagenkomponenten sollen im Inselsystem auf ihre Funktionsfähigkeit hin geprüft werden. Was messen Sie in welcher Reihenfolge?

Gemessen werden an allen Eingängen und Ausgängen der Geräte sowohl der Strom als auch die Spannung. Beginnend mit dem Ausgang der PV-Anlage, wird dann entlang der Erzeugungslinie geprüft. So folgt die Prüfung des Ladereglers. Anschließend wird das Batteriesystem geprüft und abschließend der Umrichter.

3.2 Laderregler

3.2.1 Welche Voraussetzungen müssen Anlagen mit Akku ohne Laderegler haben? Wann wird ein Laderegler notwendig?

Dies hier ist ein Blindtext zum Testen von Textausgaben. Wer diesen Text liest, ist selbst schuld. Der Text gibt lediglich den Grauwert der Schrift an. Ist das wirklich so? Ist es gleichgültig, ob ich schreibe: „Dies ist ein Blindtext“ oder „Huardest gefburn“? Kjift – mitnichten! Ein Blindtext bietet mir wichtige Informationen. An ihm messe ich die Lesbarkeit einer Schrift, ihre Anmutung, wie harmonisch die Figuren zueinander stehen und prüfe, wie breit oder schmal sie läuft. Ein Blindtext sollte möglichst viele verschiedene Buchstaben enthalten und in der Originalsprache gesetzt sein. Er muss keinen Sinn ergeben, sollte aber lesbar sein. Fremdsprachige Texte wie „Lorem ipsum“ dienen nicht dem eigentlichen Zweck, da sie eine falsche Anmutung vermitteln.

3.2.2 Geben Sie Verfahren zur Laderegulung in PV-Insulanlagen an und erläutern Sie deren Funktionsprinzip! Unter welchen Bedingungen ist welches Verfahren von Vorteil? (Beachten Sie auch den Kostenaspekt!)

Dies hier ist ein Blindtext zum Testen von Textausgaben. Wer diesen Text liest, ist selbst schuld. Der Text gibt lediglich den Grauwert der Schrift an. Ist das wirklich so? Ist es gleichgültig, ob ich schreibe: „Dies ist ein Blindtext“ oder „Huardest gefburn“? Kjift – mitnichten! Ein Blindtext bietet mir wichtige Informationen. An ihm messe ich die Lesbarkeit einer Schrift, ihre Anmutung, wie harmonisch die Figuren zueinander stehen und prüfe, wie breit oder schmal sie läuft. Ein Blindtext sollte möglichst viele verschiedene Buchstaben enthalten und in der Originalsprache gesetzt sein. Er muss keinen Sinn ergeben, sollte aber lesbar sein. Fremdsprachige Texte wie „Lorem ipsum“ dienen nicht dem eigentlichen Zweck, da sie eine falsche Anmutung vermitteln.

3.2.3 Es soll eine defekte Batterie des Batteriesystems aus der Anlage gewechselt werden. Geben Sie die Reihenfolge Ihres Vorgehens schrittweise an.

Dies hier ist ein Blindtext zum Testen von Textausgaben. Wer diesen Text liest, ist selbst schuld. Der Text gibt lediglich den Grauwert der Schrift an. Ist das wirklich so? Ist es gleichgültig, ob ich schreibe: „Dies ist ein Blindtext“ oder „Huardest gefburn“? Kjift – mitnichten! Ein Blindtext bietet mir wichtige Informationen. An ihm messe ich die Lesbarkeit einer Schrift, ihre Anmutung, wie harmonisch die Figuren zueinander stehen und prüfe, wie breit oder schmal sie läuft. Ein Blindtext sollte möglichst viele verschiedene Buchstaben enthalten und in der Originalsprache gesetzt sein. Er muss keinen Sinn ergeben, sollte aber lesbar sein. Fremdsprachige Texte wie „Lorem ipsum“ dienen nicht dem eigentlichen Zweck, da sie eine falsche Anmutung vermitteln.

3.3 Batteriesysteme

3.3.1 Welche Batterie-Typen werden in PV-Anlagen häufig eingesetzt? Nennen Sie Vor-und Nachteile! Was ist bei deren Laderegelung zu beachten?

Dies hier ist ein Blindtext zum Testen von Textausgaben. Wer diesen Text liest, ist selbst schuld. Der Text gibt lediglich den Grauwert der Schrift an. Ist das wirklich so? Ist es gleichgültig, ob ich schreibe: „Dies ist ein Blindtext“ oder „Huardest gefburn“? Kjift – mitnichten! Ein Blindtext bietet mir wichtige Informationen. An ihm messe ich die Lesbarkeit einer Schrift, ihre Anmutung, wie harmonisch die Figuren zueinander stehen und prüfe, wie breit oder schmal sie läuft. Ein Blindtext sollte möglichst viele verschiedene Buchstaben enthalten und in der Originalsprache gesetzt sein. Er muss keinen Sinn ergeben, sollte aber lesbar sein. Fremdsprachige Texte wie „Lorem ipsum“ dienen nicht dem eigentlichen Zweck, da sie eine falsche Anmutung vermitteln.

3.3.2 Welche Anforderungen werden an einen Batterieraum gestellt?

Dies hier ist ein Blindtext zum Testen von Textausgaben. Wer diesen Text liest, ist selbst schuld. Der Text gibt lediglich den Grauwert der Schrift an. Ist das wirklich so? Ist es gleichgültig, ob ich schreibe: „Dies ist ein Blindtext“ oder „Huardest gefburn“? Kjift – mitnichten! Ein Blindtext bietet mir wichtige Informationen. An ihm messe ich die Lesbarkeit einer Schrift, ihre Anmutung, wie harmonisch die Figuren zueinander stehen und prüfe, wie breit oder schmal sie läuft. Ein Blindtext sollte möglichst viele verschiedene Buchstaben enthalten und in der Originalsprache gesetzt sein. Er muss keinen Sinn ergeben, sollte aber lesbar sein. Fremdsprachige Texte wie „Lorem ipsum“ dienen nicht dem eigentlichen Zweck, da sie eine falsche Anmutung vermitteln.

3.3.3 Geben Sie die häufig eingesetzten Systemspannungen an! Was ist bei Gleichspannungsverbrauchern (insbesondere bei niedriger Spannung) im Vergleich zu Wechselstromverbrauchern zu beachten?

Dies hier ist ein Blindtext zum Testen von Textausgaben. Wer diesen Text liest, ist selbst schuld. Der Text gibt lediglich den Grauwert der Schrift

an. Ist das wirklich so? Ist es gleichgültig, ob ich schreibe: „Dies ist ein Blindtext“ oder „Huardest gefburn“? Kjift – mitnichten! Ein Blindtext bietet mir wichtige Informationen. An ihm messe ich die Lesbarkeit einer Schrift, ihre Anmutung, wie harmonisch die Figuren zueinander stehen und prüfe, wie breit oder schmal sie läuft. Ein Blindtext sollte möglichst viele verschiedene Buchstaben enthalten und in der Originalsprache gesetzt sein. Er muss keinen Sinn ergeben, sollte aber lesbar sein. Fremdsprachige Texte wie „Lorem ipsum“ dienen nicht dem eigentlichen Zweck, da sie eine falsche Anmutung vermitteln.

3.4 Wechselrichter in PV-Insulanlagen

3.4.1 Nach welchen Kriterien erfolgt die Auswahl eines Insel-Wechselrichters?

- Die Leistung des Umrichters muss an die Leistungsanforderungen des Insel-Netzes angepasst werden.
- Die Signalqualität der Spannung muss auch unter Last in den erforderlichen Grenzen der Verbraucher bleiben.
- Der Wirkungsbereich muss nach dem Lastverhalten des Inselnetzes ausgelegt werden.
- Der Umrichter muss die gleiche Phasen-Anzahl besitzen, wie das System benötigt.

3.4.2 Welche Insel-Wechselrichter-Typen können zum Einsatz kommen (Kosten beachten)?

Mögliche Umrichter Typen:

- mit/ ohne inneren Trafo
- 3 Level/ Multi Level
- 1/ 3 Phasig

nicht Final

3.4.3 Woran erkennen Sie während des Betriebes einen 'schlechten' Wechselrichter? (niedriger Wirkungsgrad)?

- Die Qualität der Spannung ist durch Oberschwingungen und Verzerrungen unzureichend.
- Der Umrichter produziert zu große mengen an Wärme im Nennlast betrieb.
- Der momentan Wirkungsgrad des Wechselrichters kann mit hilfe von Gleichung 1 bestimmt werden.
- Wenn der Wirkungsgrad bei Nennleistung deutlich unter einem wert von 90% liegt, kann der Umrichter als 'schlecht' bezeichnet werden.

$$\eta_{WR} = \frac{P_{WR,Ein}}{P_{WR,Aus}} \quad (1)$$

3.4.4 Welche Anforderungen an den Einbauort des Wechselrichters müssen gewährleistet sein?

- Der Einbauort muss vor Witterung schützen.
- Der Umrichter muss gut belüftet sein.
- Die Umgebungstemperatur des Umrichters, darf zu keiner zeit außerhalb seines angegebenen Temperaturbereichs liegen.
- Die Umrichter sollten für Wartungszwecke leicht zugänglich sein.
- Ein brand sollte möglichst schnell erkannt werden, durch z.B. Brandmelder und sollte keine anderen komponenten beeinflussen durch genügend Abstand oder abschirmung.

3.4.5 Unter welchen Umständen muss am WR einer PV-Inselanlage sofortige Lastabschaltung erfolgen?

Bei jedweder gefahr entdeckung für die verbraucher:

- überspannungen durch z.B. Blitzeinschlag
- Kurzschlüsse durch z.B. Hochwasser

- Bei Feuer am Umrichter.

3.4.6 Wie wirkt sich die benötigte Blindleistung auf die Dimensionierung des Wechselrichters aus?

Durch zusätzlich benötigte Blindleistung muss der Umrichter nicht auf die Leistung des PV-Generators ausgelegt werden, sondern auf die scheinleistung, welches er ins netz geben muss. Diese wird also zusätzlich innerhalb des Umrichters generiert, führt aber zu größeren Leistungsflüssen.[1]

3.4.7 Ein PC (einschließlich Peripherie) benötigt 120 W. Der Inselwechselrichter der unter 3. beschriebenen Anlage schaltet wegen Batterieerschöpfung nach 2 Tagen Betriebsdauer ab. Welche Möglichkeit des Dauerbetriebs der Anlage schlagen Sie vor. Begründen Sie die Realisierbarkeit.

Es wird ein Umrichter benötigt, welcher sowohl Spannungsgeregelt als auch Stromgeregelt betrieben werden kann, um zwischen Inselbetrieb und Netzbetrieb wechseln zu können.

3.5 Einstrahlung und Umgebungsbedingungen

3.5.1 Welche aus verschiedenen physikalischen Prinzipien resultierenden Messverfahren zur Erfassung der Globalstrahlung kennen Sie?

Es gibt 2 Physikalische Effekte, welche konventionell zu messung der Globalstrahlung verwendet werden. Der Photo-Effekt, welcher in Pyranometern mit Halbleitersensoren verwendet wird. Dieser Basiert auf dem selben Prinzip wie eine Photovoltaikzelle und setzt die Einstrahlung in Proportion mit dem Strom. Außerdem kann der Seebeck-Effekt verwendet werden, welcher in thermischen Pyranometern verwendet wird. Hierbei wird eine von zwei miteinander verbundenen metallplatten durch die Bestrahlung aufgeheizt. Der Seebeck-Effekt besagt, dass durch eine Temperaturdifferenz zwischen 2 Leitermaterialien eine elektrische Spannung entsteht.[2] Dies hat den Vorteil, dass ein viel größerer Teil des Spektrums gemessen wird.

3.5.2 Welchen Einfluss haben diffuse und direkte Sonnenstrahlung auf die Leistung des PV-Generators?

Der PV-Generator kann problemlos sowohl direkter als auch diffuser Bestrahlung Leistung entnehmen. Jedoch hat die diffuse Einstrahlung eine geringere spezifische Leistung, da sie mehrweg durch die Atmosphäre zurückgeleitet hat und somit einige Wellenlängen durch Absorptionsbänder herausgefiltert wurden.

3.5.3 Wovon hängt die Modultemperatur ab und welchen Einfluss hat sie?

Die Modultemperatur wird durch mehrere Faktoren beeinflusst.

- Die Umgebungstemperatur
- Die Bestrahlungsstärke
- Die Einbauart (Hinterlüftet, aktive Kühlung etc.)

Hierbei ist zu beachten, dass nicht alle Wellenlängen des Sonnenlichts in einem Modul in Wärme umgewandelt werden, nur welche mehr Energie als die Bandlücke besitzen. Diese erzeugen zwar auch ein Elektron-Loch-Paar, generieren aber durch die Übererregung Wärme innerhalb des Halbleiters. Die Modultemperatur hat direkten Einfluss auf die Leistung des PV-Moduls. Bei steigender Temperatur sinkt die Modulspannung deutlich und der Modulstrom steigt minimal.

4 Versuchsdurchführung

Beschreiben Sie kurz die entscheidenden Arbeitsschritte und die gewählten Einstellwerte und jeweils genutzten Messgeräte. Werden hier Bilder verwendet, dann werden sie fortlaufend (inklusive der Bilder aus Abschnitt 2!) nummeriert. Sind sie aus einer anderen Quelle (z.B. Praktikumsanleitung) übernommen, dann sind sie, wie unter Gliederungspunkt 3 beschrieben, kenntlich zu machen.

Beispiel: „Der Versuch wurde gemäß Versuchsanleitung [xxx] durchgeführt. Die Anfangswerte der Ausgangsspannung U_0 des Funktionsgenerators wur-

Tabelle 1: Speicherkapazitäten für H₂ und Methan in Deutschland (Daten: [UBA10; LBG13], Stand 2013)

	Arbeitsgasvolumen in Mio. m ³	Speicherkapazität in TWh für	
		H ₂ -Gas	Methan
Porenspeicher in Betrieb	10,6	—	106
Kavernenspeicher in Betrieb	12,1	36	121
Kavernenspeicher in Betrieb, Bau oder Planung	10,9	33	109
Kavernenspeicher Langfrist-Gesamtpotenzial	36,8	110	368

de für den vorgegebenen Bereich durchgesteuert. Strom und Spannung wurde in Tabelle 1 (siehe Anhang) aufgenommen...”

5 Auswertung

In diesem Abschnitt erfolgt die Auswertung der aufgenommenen Messwerte des Versuchs, die genaue Aufgabenstellung hängt vom Versuchsthema ab. Ergebnisse sind graphisch, ggf. zusätzlich auch tabellarisch darzustellen.

Diagramme der Auswertung erhalten ebenfalls eine Bildunterschrift mit fortlaufender Nummerierung, Tabellen eine Bildüberschrift (siehe z.B. Tabelle 1). Jedes Ergebnis ist im Anschluss mit ein bis zwei Sätzen zu kommentieren damit auch Leser, die nicht mit dem Stoff vertraut sind, die Auswertung nachvollziehen können.

Für die **Fehlerbetrachtung** ist zu prüfen, welche Toleranzen sich aufgrund der begrenzten Genauigkeit der verwendeten Messgeräte ergeben.

Eine vollständige, tabellarische Auflistung der Messwerte einschließlich möglicher Anmerkungen („Noch zu wenig Wind, WEA dreht nicht“) muss im **Anhang** erfolgen. Ggf. erfordert die Aufgabenstellung auch die tabellarische Darstellung einzelner Werte im Rahmen der Auswertung.

6 Quellen

Literatur

- [1] Warum blindleistung wichtig und richtig ist. <https://www.sma.de/partner/expertenwissen/sma-verschiebt-die-phase>. Accessed 02.05.2023-11:29.
- [2] Thermoelektrizität. <https://de.wikipedia.org/wiki/Thermoelektrizit%C3%A4t#Seebeck-Effekt>. Accessed 30.04.2023-14:01.

7 Anhang

In den Anhang gehört eine Kopie aller aufgenommenen Messdaten (vor der Weiterverarbeitung), ggf. mit Anmerkungen, sowie Datenblätter von Messgeräten und Maschinen soweit verfügbar.