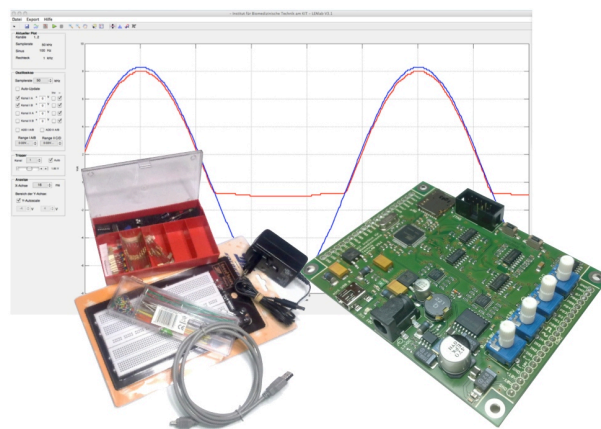


Kurs 1

Messwerterfassung und regenerative Energieerzeugung



Gruppe 116

Vorname	Nachname	Matrikel-Nr.	u-Account	E-Mail
Jailan	Oweda	2257347	ujzpo	ujzpo@student.kit.edu
MainAnh	Vu	2217409	uxgce	uxgce@student.kit.edu
Andreas	Tsouchlos	2238886	uhhxt	uhhxt@student.kit.edu

13. Dezember 2018

Abstract

Dieser Leitfaden dient als Orientierung bei der Bearbeitung des Workshops Elektrotechnik und Informationstechnik. Er gibt Ihnen wichtige Hinweise, die Sie sowohl bei der Planung und Durchführung des Projekts als auch bei der Erstellung der abschließenden Projektdokumentation beachten sollten. Gleichzeitig dient dieses Dokument als Vorlage zur Erstellung der Ausarbeitung und enthält Beispiele die Ihnen den Umgang mit \LaTeX erleichtern sollen.

Grundsätzlich sollen Sie sich bei der Durchführung und Ausarbeitung an die Anforderungen der Aufgabenstellung der jeweiligen Kurse halten.

Sie können die Quelldateien dieses Dokuments unmittelbar als Vorlage benutzen, um Protokolle zu den verschiedenen Kursen anzufertigen. Tauschen Sie dazu die einzelnen Quelldateien aus oder passen Sie den Text in den verschiedenen Dateien nach Ihren Bedürfnissen an.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	4
2. Aufgaben	5
2.1. Literaturrecherche	5
2.2. Vermessung der Solarzelle POW112D2P	5
a. Aufnehmen der I-U Kennlinie	5
b. Bestimmung des Maximum-Power-Points (MPP)	6
c. MPP-Anpassung	7
2.3. Langzeitmessung	7
a. Spannungsverlauf und Leistung	7
b. Energiegewinnung	9
2.4. Energiespeicherung und Verhalten von Solarzellen	10
a. Theoretische Betrachtung	10
b. Messung	10
c. Modellbildung	11
d. Gesamtenergie und Wirkungsgrad	12
2.5. Verhalten Photovoltaik mit und ohne Energiespeicher	13
a. Messung	13
b. Auswirkung des Speicherkondensators	13

Abbildungsverzeichnis

1. Benutzter Schaltkreis	5
2. Spannungsverlauf der Halogenlampe	6
3. Spannungsverlauf der Leuchtstoffröhre	6
4. Spannungsverlauf der LED	6
5. Spannungsverlauf über 2 Stunden	8
6. Leistungsverlauf über 2 Stunden	9
7. Spannungsverlauf bei Aufladen des Kondensators	11
8. Spannungsverlauf bei Entladen des Kondensators	11
9. Spannungsverlauf mit und ohne Kondensator	13

Tabellenverzeichnis

1. Einleitung

Nachhaltigkeit und Zukunftsfähigkeit bei der Energiegewinnung nehmen heutzutage an Bedeutung zu. Hierbei spielen besonders regenerative Energieerzeugung eine immer größer werdende Rolle hinsichtlich des Umweltspekts. Unter regenerativer Energieerzeugung fallen unter anderem Windenergie, Wasserkraft, Geothermie und Photovoltaik, welche alle auf die Solarstrahlung basieren. (vgl. S.31 Photovoltaik). Dabei hat in den letzten zehn Jahren die Bedeutung der Photovoltaik, welche die Solarstrahlung direkt in elektrische Energie umwandelt, immer stärker zugenommen (vgl. S. 7, Erneuerbare Energien in Deutschland https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/180315_uhba_hg_einzahlen

Erneuerbare Energien wirken aufgrund vieler Aspekte attraktiv. So impliziert bereits der Name, dass die Energiequellen nahezu unbegrenzt zu Verfügung stehen. Für eine nachhaltige Zukunft ist es ebenso vorteilhaft, dass dessen Energieerzeugung ohne Emissionen erfolgt. Infolgedessen tauchen keine schwerwiegenden Konsequenzen und Bedrohungen für die Umwelt auf. Im Gegensatz zu Kohleenergie entstehen keine Kosten für jegliche Brennstoffe. Dazu kommt, dass die Energiequelle nicht komplett abhängig vom Standort ist und somit überall nutzbar ist, weshalb auch Entwicklungsländer in der Lage sind, selber Energie zu produzieren.

Allerdings handelt es sich bei regenerativer Energie noch um eine neue Art der Energieerzeugung, sodass sie wirtschaftlich in vielerlei Dingen nicht effektiv ist im Vergleich zu der bisherigen herkömmlichen Energieerzeugung. So ist die Energiedichte im Gegensatz zu der von beispielsweise Kohle sehr gering, weshalb mit Quantität entgegengewirkt werden muss. Dieser hohe Materialverbrauch ist ein weiterer negativer Aspekt. Zudem entstehen somit hohe Kosten, wenn man in erneuerbare Energien investieren will, was diese wirtschaftlich unattraktiv macht. So muss man auch das Argument der Unerschöpflichkeit relativieren, da das Energieangebot stark variiert. So ist der Energieertrag insbesondere bei Photovoltaik und Windkraft von Umweltfaktoren abhängig. Aufgrund dessen kann der Energiebedarf der Bevölkerung nur zuverlässig abgedeckt werden, indem die Anzahl der Kraftwerke erhöht wird, was wiederum mit hohen Kosten verbunden ist. Photovoltaik wandelt elektrische Energie direkt um, indem die den photovoltaischen Effekt nutzt. Diese lässt sich an einem Halbleiter erläutern. Lichtwellen treffen auf die eine Oberfläche und geben ihre Energie an Elektronen ab, welche aus ihrer Verbindung sich lösen und aufgrund der Dotierung in Richtung des Pluspols wandern. Auf der anderen Seite des Kabels kommen Elektronen nach, welche die Löcher füllen. Die ladungsfreie Zone wird überbrückt.

Die I-U-Kennlinie beschreibt grafisch die Stromstärke in Abhängigkeit der Spannung. So ergibt der Flächeninhalt dieser die Leistung wieder. Ist diese Fläche unter dem Graphen maximal, handelt es sich um den Maximum Power Point, welche den Punkt markiert, an der die Solarzelle mit maximaler Leistung arbeitet.

Eine Möglichkeit zu Speicherungen ist es, diese Energien in andere Energiearten umzuwandeln. Diese mehrmaligen Umwandlungen sind zwar mit Energieverlust verbunden, jedoch sind sie immer noch effizienter als die direkte Energiespeicherung mit Speicherkondensatoren. Allgemein lässt sich sagen, dass die Speichermöglichkeiten alle ihre Schwächen haben und an ihnen noch weitergeforscht werden muss, damit die Effizienz gesteigert wird.

2. Aufgaben

2.1. Literaturrecherche

2.2. Vermessung der Solarzelle POW112D2P

a. Aufnehmen der I-U Kennlinie

Methode

Zunächst soll die Solarzelle mit drei unterschiedlichen Lichtquellen bestrahlt werden. Hierbei wird eine Schaltung aufgestellt, bestehend aus einer Diode, welche eine umgekehrte Stromrichtung verhindert, einer Zener-Diode, die die maximale Spannung eingrenzt, und einem Spannungsteiler. Angeschlossen werden die Solarzelle sowie das TI-Board.

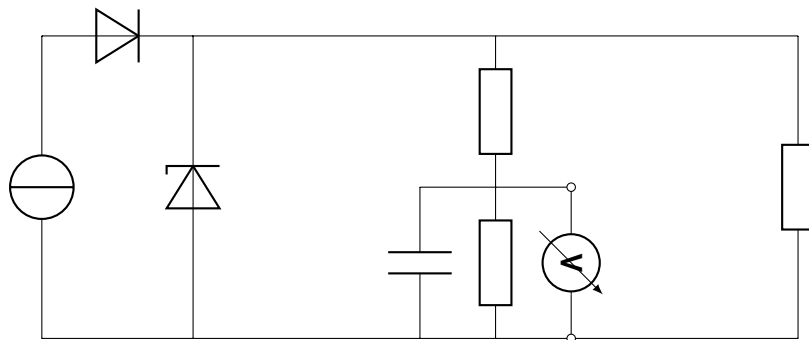


Abbildung 1: Benutzter Schaltkreis

Unter gleichbleibenden Bedingungen wurde die Spannung in Abhängigkeit des Widerstandes gemessen, indem Widerstände in Reihe geschaltet wurden. Es wurden in diesem Fall zwölf Widerstände in einem Intervall zwischen 10 Ohm bis 5200 Ohm verwendet. Mit MatLab lässt sich die Stromstärke aufgrund von $I = U/R$ ermitteln, sodass man sich den Graphen der Stromstärke in Abhängigkeit der Spannung zeichnen lassen kann.

Die erste Lichtquelle ist eine 500W Halogenlampe, gemessen in einem Abstand von 70cm.

Als nächstes wurde eine 24W Leuchtstoffröhre aus 13cm Entfernung verwendet.

Des Weiteren wurde eine 40W LED aus 2.5cm getestet.

Ergebnis

2. Aufgaben

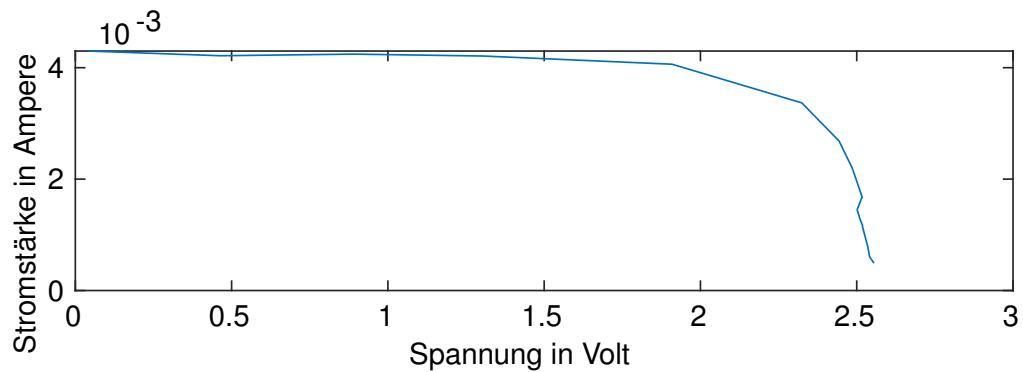


Abbildung 2: Spannungsverlauf der Halogenlampe

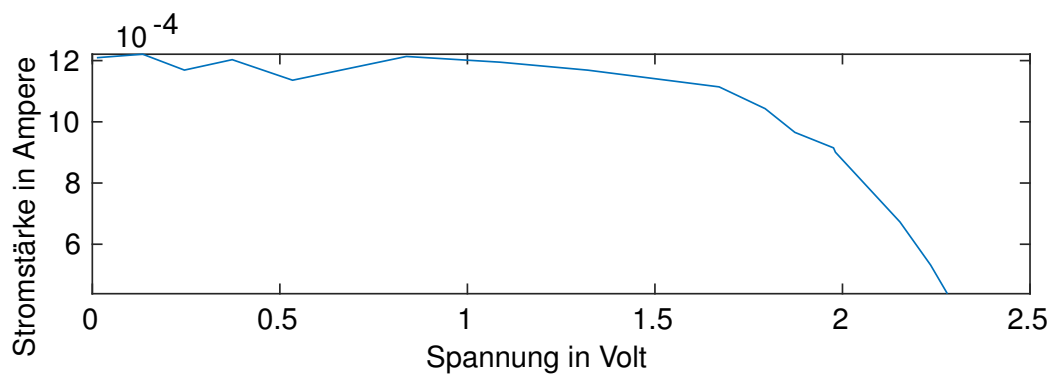


Abbildung 3: Spannungsverlauf der Leuchtstoffröhre

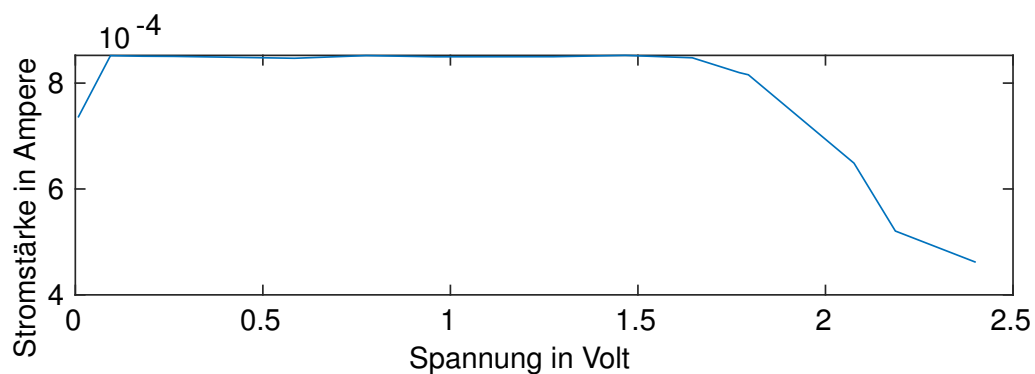


Abbildung 4: Spannungsverlauf der LED

b. Bestimmung des Maximum-Power-Points (MPP)

Methode

Die Leistung hängt von der Spannung sowie der Stromstärke ab aufgrund des Zusammenhanges $P = U \cdot I$. Alternativ gilt wegen $I = U/R$ ebenfalls $P = U^2/R$, welche hier bevorzugt

wird, da die Spannung sowie der Widerstand direkte Messwerte sind. Das vorhandene Skript für die Ermittlung der Stromstärke wird um einen Vektor für die Leistung erweitert. Der Maximum Power Point (wird nun MPP abgekürzt) bezeichnet nun den Punkt, an dem die Leistung am größten ist. Dieser maximale Wert für die Leistung sowie der dementsprechende Widerstand lassen sich ablesen/ von MatLab ausgehen.

Ergebnis

Der MPP der Solarzelle unter der Verwendung einer Halogenlampe beträgt ca. 0,0313W und tritt bei 690 Ohm auf. Mit einer Leuchtstoffröhre liegt die maximale Leistung bei ungefähr 0,0075W, welche bei einem Widerstand von 1720 Ohm erreicht wird. Wird hingegen eine LED als Lichtquelle eingesetzt, befindet sich der MPP bei ca. 0,0059W bei einem Widerstand von 2200 Ohm.

Anzumerken ist, dass es sich hierbei nur um einen groben Näherungswert handelt, da lediglich zwölf Messwerte für die Leistung vorliegen. Für eine genauere Bestimmung des MPPs kann mithilfe dieser Werte eine Näherungsfunktion aufgestellt werden, mit dessen Ableitung das Maximum ermittelt werden kann. Diskussion:

Eine weitere Methode zur Bestimmung des MPPs ist über die Spannung und die Stromstärke möglich. So ist die Leistung das Produkt dieser, was auf die I-U-Kennlinie bezogen bedeutet, dass die Leistung den Flächeninhalt unter einem Punkt des Graphen widerspiegelt. So bezeichnet man den Punkt der Kennlinie als MPP, unter dem die Fläche $U \cdot I$ am größten ist.

(vgl. S.99, Photovoltaik)

Dieser Zusammenhang wird in dem folgenden Diagramm veranschaulicht.

(Diagramm mit MPP fehlt)

c. MPP-Anpassung

Diskussion

Solarwechselrichter sind dafür zuständig, die von der Solarzelle produzierte Gleichspannung in Wechselspannung umzuwandeln. Für die maximale Leistungsausbeute wird der MPP benötigt (bildet der im Solarwechselrichter enthaltene MPP-Tracker den optimalen Widerstand für den MPP), welcher jedoch unter natürlichen Bedingungen von verschiedenen äußeren Faktoren wie Verschattung, Temperatur oder Lichteinfall abhängt, sodass der MPP stets neu ermittelt werden muss (vgl. S.8f, Diplomarbeit).

Vernachlässigt wurden Diode/Zehnerdiode, da dort auch Spannung noch abfallen, kleiner Messfehler.

2.3. Langzeitmessung

a. Spannungsverlauf und Leistung

Folgende Graphen zeigen den Verlauf der Spannung und der Leistung in Abhängigkeit der Zeit. Gemessen wurde am 5.10.2018 im Forum des KIT - Campus zwischen 11:30 Uhr und 13:30

2. Aufgaben

Uhr, mit leichter bewölkung und einer Temperatur zwischen 10°C und 15°C

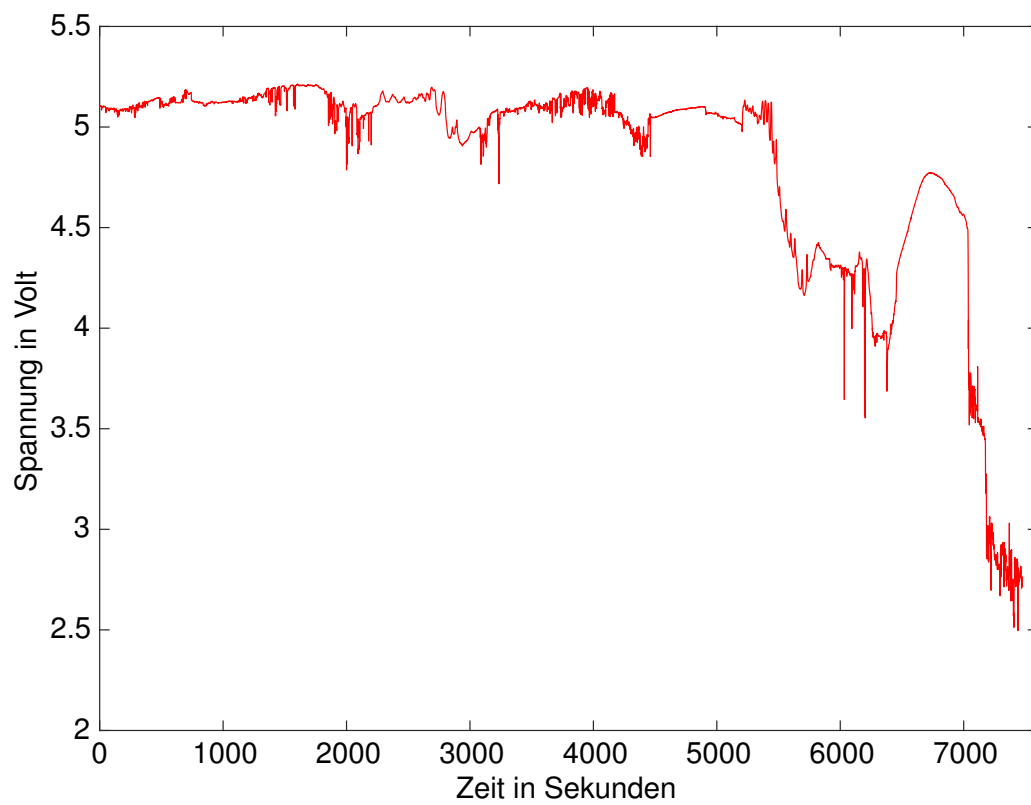


Abbildung 5: Spannungsverlauf über 2 Stunden

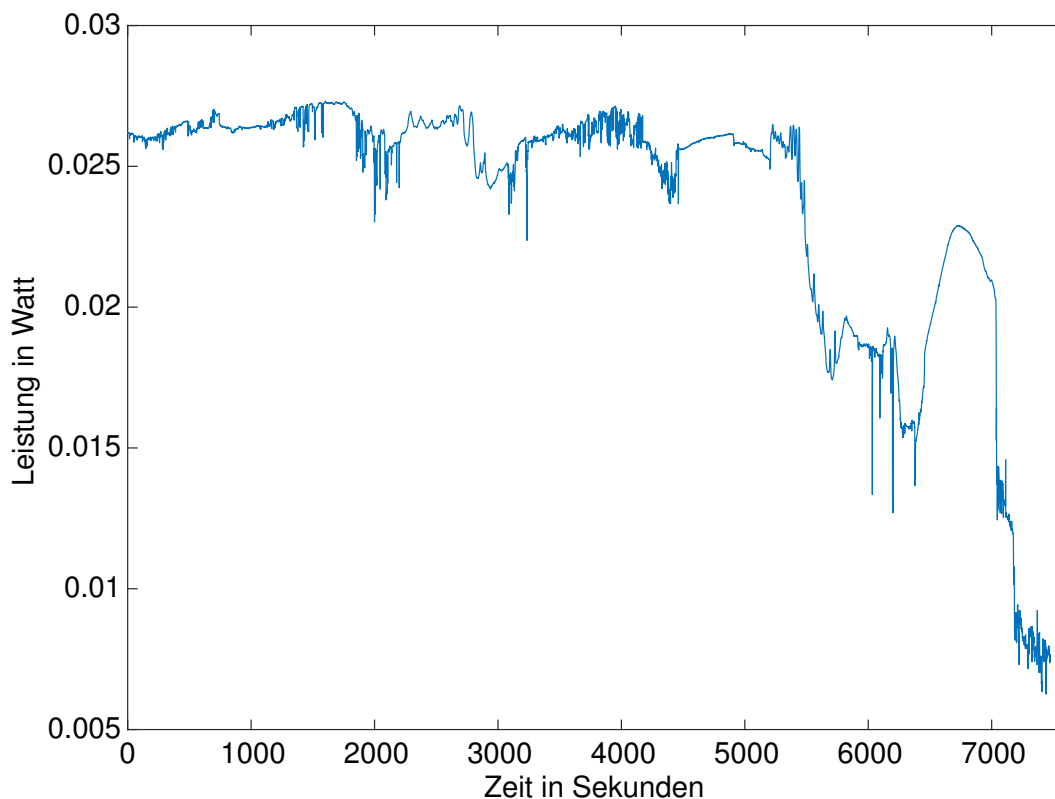


Abbildung 6: Leistungsverlauf über 2 Stunden

Die erzeugte Energie beträgt ungefähr 177.34 Ws bzw. 0.0237 Wh.

b. Energiegewinnung

Die Energiegewinnung mit Solarzellen wird von vielen Faktoren beeinflusst, die von der Umwelt der Solarzelle, aber auch von der Zelle selbst abhängen.

- Der Winkel in dem die Strahlung auf die Solarzelle eintrifft: Beträgt dieser genau 90° , so ist die Energiegewinnung maximal. Umso größer der Winkel ist, desto kleiner ist die Menge an Strahlung, die von der Solarzelle abgefangen wird.
- Die Temperatur: Bei wechselnder Temperatur bleibt die Spannung größtenteils unverändert. Doch je größer die Temperatur ist, desto kleiner wird die Stromstärke die von der Solarzelle ausgeht, und damit auch die Leistung und die Energie.
- Das Wetter bzw. Klima: Zum einen beeinflusst es den Einfallswinkel des Lichtes, zum Anderen die Intensität der Strahlung selbst, indem z.B Wolken die direkte Bestrahlung der Zelle verhindern. Die Energiegewinnung mit einer Solarzelle ist also auch Orts- bzw. Zeit-abhängig.

- Das Material aus dem die Solarzelle angefertigt wurde: Wird beispielsweise sogenanntes monokristallines Silicium verwendet, ist der Wirkungsgrad besonders hoch, ungefähr 25%. Wird polykristallines Silicium benutzt, fällt der Wirkungsgrad auf 18 - 20 % und bei amorphem Silicium sind es 5 - 7 %.

2.4. Energiespeicherung und Verhalten von Solarzellen

a. Theoretische Betrachtung

Diskussion

Ein Kondensator besteht aus zwei Metallflächen, die durch einen Isolator getrennt sind. Er dient zur Ladungsspeicherung, indem man ihn an eine Spannungsquelle schaltet. Die davor gleichmäßig verteilten Elektronen werden vom Minus-Pol gezogen, welches mit dem Plus-Pol der Quelle verbunden ist. Somit wird der Kondensator elektrisch geladen. Würde man jetzt die Spannungsquelle mit einem Widerstand wechseln, dann würde der Kondensator als Spannungsquelle fungieren und sich entladen. Der Minus-Pol des Kondensators, wo sich früher die Elektronen gelagert haben wird neutral, indem die Elektronen über dem Widerstand vom Plus-Pol weggezogen werden. Der Isolator sorgt dafür, dass der Minus- und Plus-Pol nie direkt in Verbindung kommen, so dass die Elektronen immer über einen Leiter wandern müssen.

$$\tau = R * C = 500\Omega * 220mF = 110s$$

b. Messung

Methode/Materialien

Hier soll an der bisherigen Schaltung ein Speicherkondensator ($V = 5,5 \text{ V}$; $C = 220,0 \text{ mF}$) angeschlossen werden. Unter konstanter Bestrahlung der Solarzelle wird die Spannung beim Aufladen des Kondensators gemessen. Als nächstes soll das Licht ausgeschaltet werden und der Kondensator soll mit einem 500 Ohm Widerstand angeschlossen werden, damit er sich entlädt.

Ergebnis

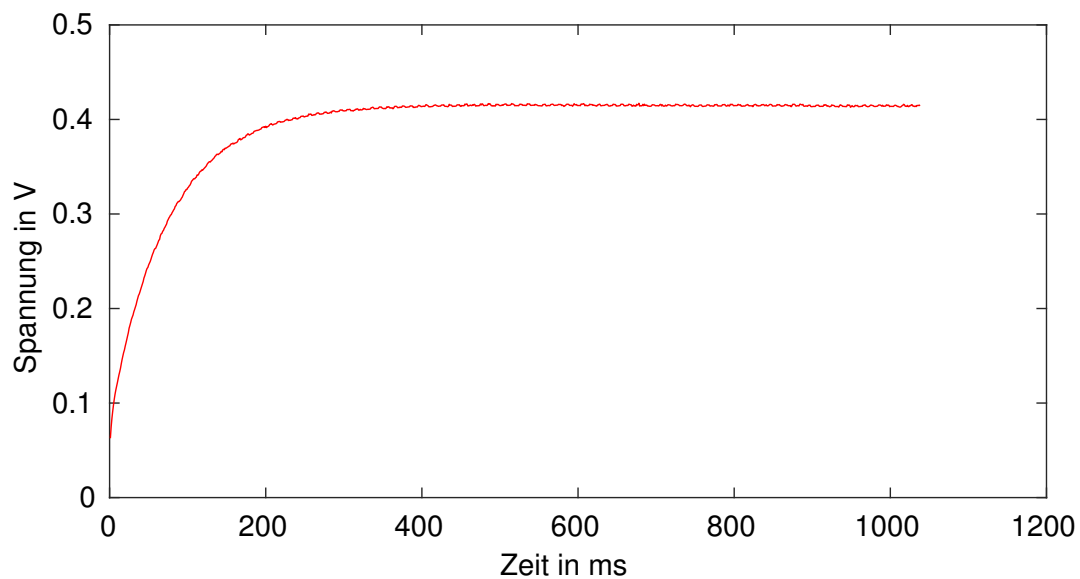


Abbildung 7: Spannungsverlauf bei Aufladen des Kondensators

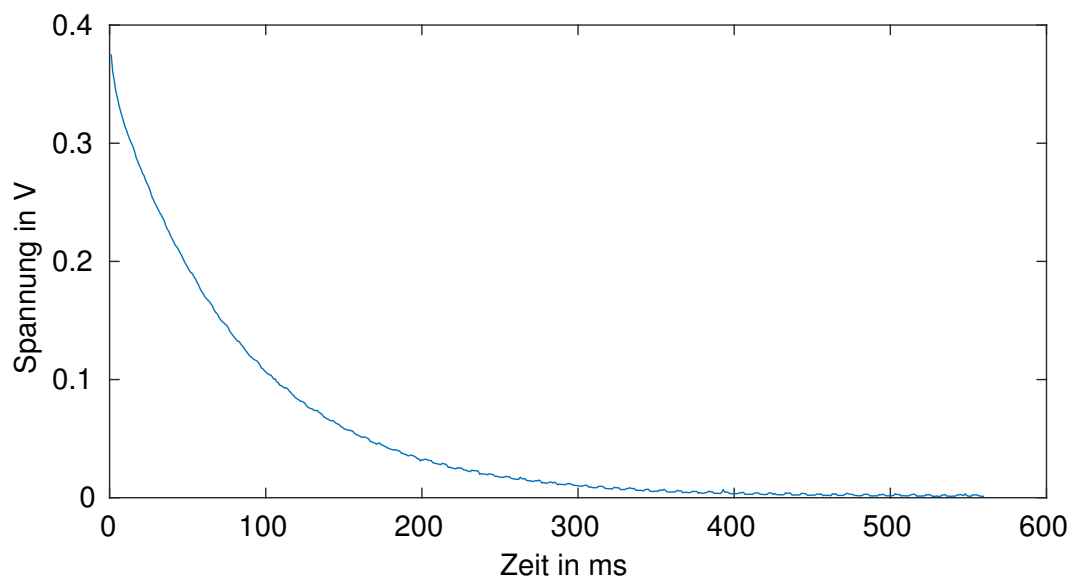


Abbildung 8: Spannungsverlauf bei Entladen des Kondensators

c. Modellbildung

Diskussion

Die in der letzten Teilaufgabe gezeigten U-I-Diagramme sind hier zu vergleichen. Beim Aufladen sieht man, dass je größer die Spannung wird, umso mehr sich die Stromstärke dem Wert Null annähert. Die Kurve fängt bei einem Wert von ungefähr 2.7mA an, wo noch fast

keine Spannung fließt. Die Stromstärke sinkt rapide. Je näher sie sich der Null nähert, umso langsamer sinkt sie. Die Spannung dagegen steigt kontinuierlich, bis sie ihren Grenzwert bei ungefähr 0.42V erreicht. Beim Entladen sollte man den Graphen von rechts nach links lesen, weil die Spannung sinkt. Die Kurve fängt bei ca. -3.5mA und 0.36V an. Hier sind die Werte von der Stromstärke im negativen Bereich zu sehen. Wieder nähert sich die Stromstärke der Null an, aber diesmal indem sie steigt. Je kleiner die Spannung ist, umso größer wird die Stromstärke.

Beim Aufladen eines Kondensators, steigt die Spannung bis zum Maximalwert. Dabei steigt auch der Widerstand des Kondensators, denn er kann ab einer bestimmten Spannung zerstört werden. Weil es weniger Elektronen gibt, die auf dem Pluspol des Kondensators sind, fließt weniger Strom durch. Wird der Maximalwert der Spannung erreicht, dann fließt kein Strom mehr. Der Widerstand des Kondensators wird dabei unendlich groß.

Beim Entladevorgang wirkt der Kondensator wie eine Spannungsquelle mit einem sehr kleinen Innenwiderstand. Es fließt ein Strom in der entgegengesetzten Richtung, was erklärt, warum die Stromstärke im negativen Bereich liegt. Die Spannung sinkt vom Maximalwert auf Null und genauso sinkt die Stromstärke. Wenn der Kondensator entladen ist, dann fließt kein Strom mehr. Um die Solarzelle besser zu beschreiben, soll eine Stromquelle als Modell benutzt werden, denn die Stromstärke verändert sich im Verhältnis zur Spannung kaum.

d. Gesamtenergie und Wirkungsgrad

Methode/Materialien

(Matlab Skript „Energie.m“)

Ergebnis

Wirkungsgrad: 79.42

Diskussion

Recherchen zeigen (Quelle aus Internet), dass der Wirkungsgrad unserer Messung um 10 sie bei 90In der letzten Teilaufgabe ist zu sehen, dass das Aufladen des Kondensators bei ca. 0.42V aufhört und das Entladen bei ca. 0.36V anfängt. Dies bedeutet, dass zwischen den beiden Vorgängen Spannung verloren gegangen ist. (Speicherdauer)

Außerdem könnten es Messfehler geben. Z.B. könnte der Raum beim Entladevorgang nicht dunkel genug gewesen sein, sodass die falschen Spannungen gemessen wurden. Darüberhinaus ist zu beachten, dass die Wärmeverluste immer mitgemessen wurden.

2.5. Verhalten Photovoltaik mit und ohne Energiespeicher

a. Messung

Methode

Die Messungen werden wie in der Schaltskizze ausgeführt. Beim zweiten Durchlauf wird ein Kondensator parallelgeschaltet. Der Verlauf der Messkurven wird in der folgenden Abbildung abgebildet:

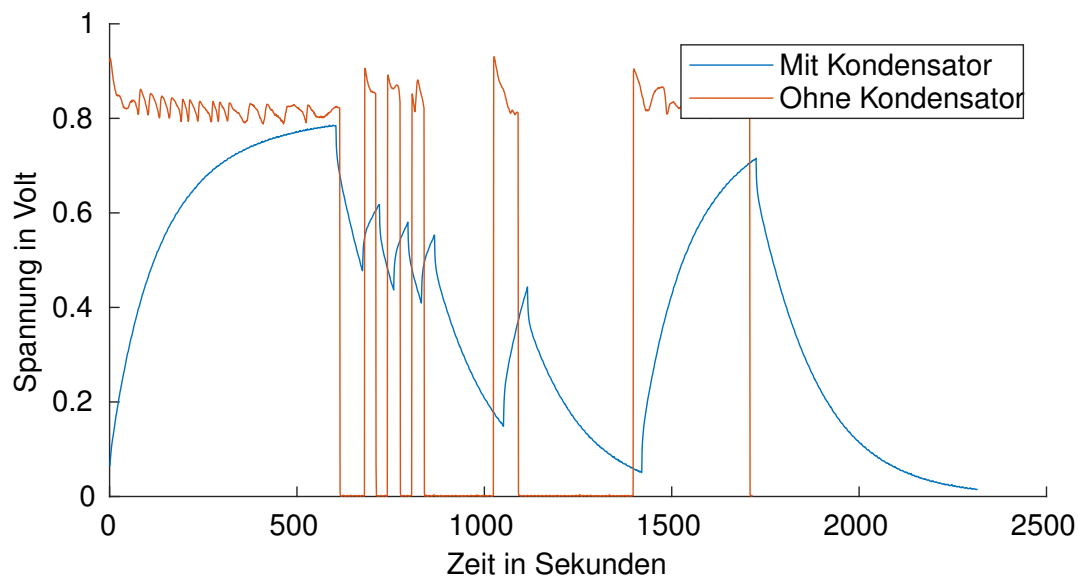


Abbildung 9: Spannungsverlauf mit und ohne Kondensator

b. Auswirkung des Speicherkondensators

Diskussion

Auf dem ersten Blick fallen die Werte der Messung ohne dem Kondensator auf, welche trotz gleichmäßiger Beleuchtung um einen Mittelwert, einer Spannungskonstante, schwanken. Solche oszillierende(?) Werte treten mit einem Kondensator nicht auf. Schaltet man einen Kondensator dazu, so erreicht dieser erst nach ca. 10 Minuten Beleuchtung die Spannungskonstante der Schaltung ohne Kondensator. Der Graph steigt exponentiell an, sodass mit der Zeit die Spannungsänderung kleiner wird. Wird die Solarzelle im Anschluss beschattet, so fällt der Graph im Gegensatz zu der ohne dem Kondensator exponentiell, weshalb die Spannung in der kurzen Beschattungszeit auf ungefähr 0,5V statt auf 0V sinkt. Der Übergang zwischen den beiden Phasen bei dem Graphen ohne dem Kondensator hingegen ist abrupt.

Betrachtet man die Werte im Intervall, in der alle 30 Sekunden die Phase wechselt, so lässt sich feststellen, dass bei der ersten Messung die Spannung bei jeder Bestrahlung näherungsweise gleich hoch ist. Bei der zweiten jedoch nimmt die maximale Spannung mit jedem

Durchlauf ab.

Allgemein lässt sich sagen, dass ohne einem Kondensator bei konstantem Lichteinfall die Spannung gleichbleibt und bei der Verschattungszeit diese auf null fällt. Der Wechsel zwischen den beiden Phasen verläuft annähernd sprunghaft. Mit einem Kondensator steigt die Spannung exponentiell an unter Lichteinfluss. Bei Abwesenheit dieser nimmt die Spannung dementsprechend exponentiell ab.

(zu überarbeiten: Speicherkondensatoren können daher als Energiespeicher fungieren, jedoch sind diese nur teils dafür geeignet. Während der Entladung nimmt die Spannung mit der Zeit ab, sodass sie sich nicht als konstante Spannungsquelle infrage kommt. Nichtsdestotrotz ist von Vorteil, dass der Kondensator die elektrische Energie direkt speichert, ohne diese in eine andere Energie umzuwandeln.)

Bei erneuerbarer Energie sind die schwankenden Umweltfaktoren entscheidend. So wurde zuvor (vgl. 2.3) abgeschätzt, wie stark sich die Messung in der Sommerzeit verändert hätte. Bei einer Solarzelle kommen noch weitere Einflüsse wie Verschattung und Einfallswinkel des Lichts hinzu. In diesen Momenten wirkt der Speicherkondensator einem direkten Abbruch der Spannung entgegen. Daher spielt bei den erneuerbaren Energien die Energiespeicherung eine besonders große Rolle. Zwar helfen Speicherkondensatoren bei kürzeren Spannungseinbrüchen, jedoch stellt sich eine langanhaltende Speicherung als schwierig heraus, da der Speicher selber in Laufe der Zeit Energie verliert (Quelle), sodass es wirtschaftlich effizienter ist, die Energie in einer anderen Energieart zwischen zu speichern trotz Energieverlust bei den Umwandlungen. (Quelle)

Literaturverzeichnis

- [1] <http://www.starkerstart.uni-frankfurt.de/43759138/FB09-Musikwissenschaften-Richtiges-Zitieren.pdf>, Abrufdatum: 30. November 2016.
- [2] Atmel Corporation. 32-bit ATMEL AVR Microcontroller AT32UC3B0256. <http://www.atmel.com/devices/at32uc3b0256.aspx>, Abrufdatum: 15. Oktober 2013.
- [3] I. N. Bronštejn, K. A. Semendjajew, G. Musiol und H. Mühlig (Hrsg.). *Taschenbuch der Mathematik*. Verlag Harri Deutsch, Frankfurt am Main, 8. Auflage, 2012.
- [4] R. E. Kalman. A New Approach to Linear Filtering and Prediction Problems. In: *Transactions of the ASME—Journal of Basic Engineering*, Bd. 82 (D), S. 35–45, 1960.