

*Greselius-Gymnasium Bramsche*

## **Seminarfacharbeit**

# **Energie aus dem Weltraum**

**Möglichkeiten, diese nutzbar zu machen**

Jakob Mielke

08. März 2023

Astronomie 12

Herr Riemer

Abgabetermin: 08.03.2023, Bramsche



# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Die Anfänge</b>	<b>2</b>
2.1	Der Solarkollektor – Horace Bénédict de Saussure . . . . .	2
2.2	Der photovoltaische Effekt – Edmond Becquerel . . . . .	3
2.3	Eine „sonnige“ Industrialisierung – Augustin Mouchot . . . . .	4
2.4	Die ersten Solarzellen . . . . .	5
<b>3</b>	<b>Moderne Solarzellen</b>	<b>7</b>
3.1	Anwendung in der Raumfahrt . . . . .	8
3.2	Anwendungen auf der Erde . . . . .	9
<b>4</b>	<b>Fazit</b>	<b>11</b>
<b>5</b>	<b>Anhang</b>	<b>12</b>
	Literaturverzeichnis . . . . .	12
	Abbildungsverzeichnis . . . . .	14
5.1	Erklärungen . . . . .	15
5.1.1	Selbstständigkeit . . . . .	15
5.1.2	Veröffentlichung . . . . .	15

# 1 Einführung

Die Kraft der Sonne hat schon seit Jahrtausenden die Menschen fasziniert: So nutzten die Griechen und Römer schon 300 v. Chr. die Sonne, um Fackeln für religiöse Zwecke zu entzünden, und Archimedes plante 200 v. Chr. die feindlichen Schiffe vor Syrakus in Brand zu setzen<sup>1</sup> [6].

Besonders im 19. und 20. Jahrhundert wurden viele grundlegende Entdeckungen und Erfindungen zur Nutzung der Sonne für die Erzeugung von Strom gemacht, darunter die Entdeckung des photoelektrischen Effekts und des Wachsens von monokristallinem Silizium<sup>2</sup> [6].

Ich werde in dieser Facharbeit mit dem Überthema „Möglichkeiten, Energie aus dem Weltraum nutzbar zu machen“ einen kurzen Abriss der Entwicklung der Photovoltaik geben.

## 2 Die Anfänge

### 2.1 Der Solarkollektor – Horace Bénédict de Saussure

Der schweizerische Naturforscher Horace Bénédict de Saussure<sup>3</sup> wird gemeinhin als der Erschaffer des ersten Sonnenkollektors angesehen [6, S. 2],

---

<sup>1</sup>Die Machbarkeit dieser Idee wurde erfolgreich durch Studenten des Massachusetts Institute of Technology erprobt, sowohl an einem Modell einer Trireme als auch einem moderneren Boot [1]

<sup>2</sup>Dieses wird in quasi allen modernen Computerkomponenten benötigt, und wird auch für Solarzellen bevorzugt. [5]

<sup>3</sup>Er war unter anderem auch für die Bereiche der Geologie, Glaziologie und der Alpenforschung wegweisend.

da er 1767 wohl als Erster empirisch zu untersuchen begann, wie sich die Temperatur in einer dunklen Box mit einem Glasdeckel (einem Sonnenkollektor) unter der Sonne verhält.

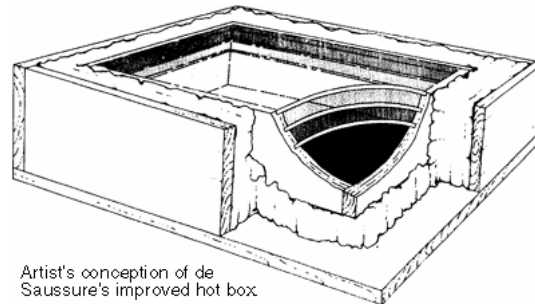


Abbildung 1: Grafik aus [4, S. 56]

In seinen Experimenten mit diesen ersten Sonnenkollektoren stellte er fest, dass die Außentemperatur keinen signifikanten Einfluss auf die Innentemperatur des Kollektors hatte und dass er, wenn er mehrere solcher Boxen ineinander stapelte, leicht Temperaturen nahe 100°C erreichte [4, S. 55].

Seine Entdeckungen stellen die wissenschaftlichen Grundlagen dar, die zur Entwicklung der Solarzelle, wie wir sie heute kennen, notwendig sind, und ohne die Arbeit von Edmond Becquerel wären wir nicht bei der direkten Konversion von Licht zu Strom gelangt.

## 2.2 Der photovoltaische Effekt – Edmond Becquerel

Der französische Physiker Edmond Becquerel<sup>4</sup> gilt allgemein als der Entdecker des photovoltaischen Effekts<sup>5</sup>.

---

<sup>4</sup>24.03.1820-11.05.1891

<sup>5</sup>Die Bewegung von Elektronen in einem Material durch Lichteinstrahlung

Diese Entdeckung machte er, während er 1839 an der Elektrolyse<sup>6</sup> einer sauren Lösung mit Platinelektroden experimentierte (siehe: Abb. 2) [3] [6]. Damit legt er die Grundsteine für alle weiteren Entwicklungen im Bereich der Photovoltaik und somit insbesondere auch von Solarpaneelen.

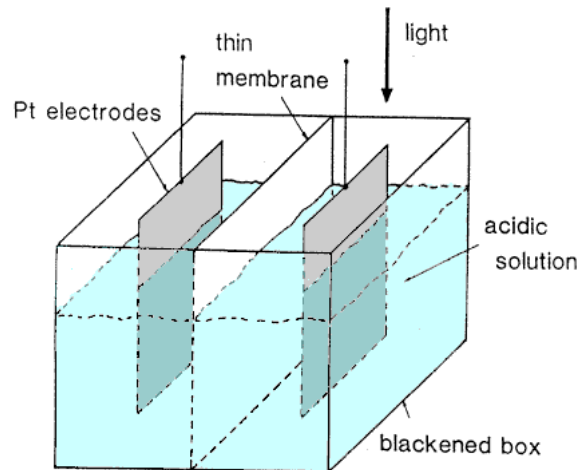


Abbildung 2: Skizze von Becquerels Versuchsaufbau, © Michael Powell [8]

## 2.3 Eine „sonnige“ Industrialisierung – Augustin Mouchot

Der französische Gymnasiallehrer Augustin Mouchot hatte sich angesichts der geringen Kohlereserven Frankreichs schon ab 1860 Gedanken zu einer nachhaltigeren Energiequelle für die wachsende Industrie des Landes gemacht und verfiel auf die Idee, die Sonne als quasi unendlichen Energieversorger zu verwenden.

Seine Erfindungen basierten auf der Konzentrierung von Sonnenstrahlung

---

<sup>6</sup>Die Elektrolyse ist die Zersetzung von Flüssigkeiten in ihre Gasbestandteile durch die Ansetzung von Strom an zwei Elektroden

auf einen Punkt um dadurch Hitze und Dampf zu gewinnen. Diese alternative Energiequelle für den Antrieb von Dampfmaschinen ist solide, jedoch war er etwas vor seiner Zeit, da Spiegel wie er sie verwendete exorbitant teuer waren.

Mit diesem Vorhaben ließ er sich auf eine lange Suche ein, an deren Ende funktionierende sonnenbetriebene Dampfkeseln standen, die aber wegen ihrer im Verhältnis zur Größe sehr niedrigen Kraft, d. h. ihrer niedrigen Effizienz, nicht mit der allmählich besser werdenden Kohleversorgung mithalten konnten [4, S. 70].

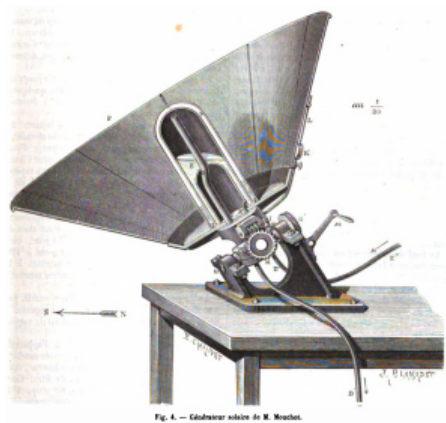


Abbildung 3: Grafik aus [4, S. 69]

## 2.4 Die ersten Solarzellen

Willoughby Smith<sup>7</sup> war ein englischer Elektroingenieur, der in Verbindung mit seinem Beruf ca. 1873 die Leitfähigkeit mehrerer Selenstäbe messen konnte und feststellte, dass diese mit steigender Lichtstärke stark anstieg [12] [6].

---

<sup>7</sup>6.04.1828–17.07.1891

In der Folge von Smiths Experimenten führten Professor William Grylls Adams und sein Assistent Richard Evans Day im Jahre 1876 weitere Experimente an genau denselben Selenstäben aus, die Smith benutzt hatte. Sie fanden, dass der Widerstand bei geringen Mengen Licht stark abfällt und dass ein Strom unter Einwirkung von Licht entsteht [2] [6].

Der amerikanische Erfinder Charles Fritts ist die Person, die die erste moderne Solarzelle schuf: auf eine Selenplatte trug er eine sehr dünne Blattgoldschicht auf, wodurch eine Lichtumwandlung mit einer Effizienz von etwa ein bis zwei Prozent stattfinden konnte [4, S. 227] [7].

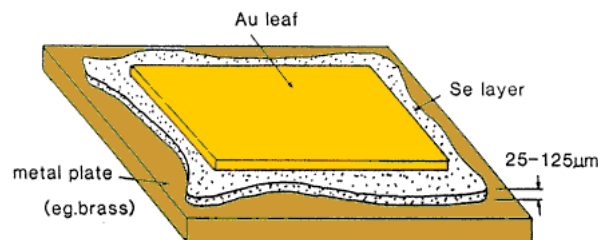


Abbildung 4: Skizze von Fritts Selenzelle, © Michael Powell [9]

Dies stellte jedoch keine ausreichende Menge Strom zur Verfügung, um irgendeine Art von aktiver Elektronik zu betreiben, weshalb diese Entdeckung ihre Anwendung eher in passiven Rollen fand (z.B. in Belichtungsmessern)

An diesem Zustand bewegte sich für die nächsten 60 Jahre quasi nichts.

### 3 Moderne Solarzellen

Nachdem Jan Czochralski<sup>8</sup> 1916 eher zufällig die Methode zum Züchten von Monokristallen erschaffen hatte, setzte ein weiterer Zufallsfund in den AT&T Bell Laboren ein enormer Fortschritt in der Photovoltaik ein.

Dort arbeitete 1954 Darryl Chapin daran, ländlich gelegene Telefonsysteme verlässlich mit Strom zu versorgen und war der Meinung, dass verbesserte Selenzellen die Lösung seines Problems seien. Leider schlugen Versuche die Selenzellen zu verbessern fehl.

In einer anderen Abteilung der Bell Laboratorien hingegen waren Calvin Souther Fuller und Gerald Pearson damit beschäftigt, die Nützlichkeit von dotiertem Silizium<sup>9</sup> als Gleichrichter<sup>10</sup> zu untersuchen.

Pearson stellte dabei fest, dass ein signifikanter Strom entstand, wenn das Silizium dem Licht ausgesetzt wurde. Er setzte sich mit Chapin in Kontakt, da er um dessen Probleme mit der unzureichenden Energiegewinnung durch Selenzellen wusste [4, S. 227–229].

Innerhalb kurzer Zeit erreichten Chapin und Fuller Effizienzen von bis zu 6% Energiekonversion in ihren Siliziumzellen [4, S. 230–231]. Trotz des hohen Preises von beiden Zelltypen, stand die Siliziumzelle als klarer Favorit in der Energiegewinnung da.

Obwohl die Entwicklungen an den neuen Solarzellen enorm schnell voran-

---

<sup>8</sup>23.10.1885-22.04.1953

<sup>9</sup>Hier meint dotiert, dass dem sonst reinem Silizium kleinste Mengen von anderen Stoffen beigemischt wurden, um z. B. die elektrische Leitfähigkeit zu verbessern.

<sup>10</sup>Eine elektronische Komponente, die aus einem Wechselstrom einen Gleichstrom macht.



gingen, waren diese immer noch sehr teuer und konnten deshalb nicht in den etablierten Energiesektor eindringen. In der Folge blieb die praktische Anwendung von Solarzellen eher auf Nischenprodukte wie z. B. Spielzeug begrenzt. [11].

Aber dann begann der Wettlauf ins All.

### **3.1 Anwendung in der Raumfahrt**

Mit dem Gedanken, dass ein Satellit möglichst lange funktional im Orbit verbringen sollte und dass diese Aufgabe nicht mit simplen Batterien erfüllt werden konnte, trat in den 1950er-Jahren die US-amerikanische Navy für den Satelliten „Vanguard 1“ an Solarzellenhersteller heran, um Anwendungen für diese Technologie im Weltall zur Stromversorgung zu entwickeln. Für Solarzellen sprach und spricht, dass im Weltall die Sonne immer scheint und deshalb keine Energiereserven notwendig sind.

Durch den großen Erfolg dieses Projekts starteten nun auch andere Satelliten, die ebenfalls mit Solarzellen ausgestattet waren. Unter diesen befand sich der erste Telekommunikationssatellit, Telstar, sowie das erste außeratmosphärische Observatorium<sup>11</sup> (gestartet 1961 und 1964, respektive) [6, S. 5]. Dieses war mit einer 1kW Solaranlage ausgestattet.

---

<sup>11</sup>Es wurde genutzt, um in den Lichtspektren von ultravioletterem Licht und der Röntgenstrahlung nach astronomischen Daten zu suchen.

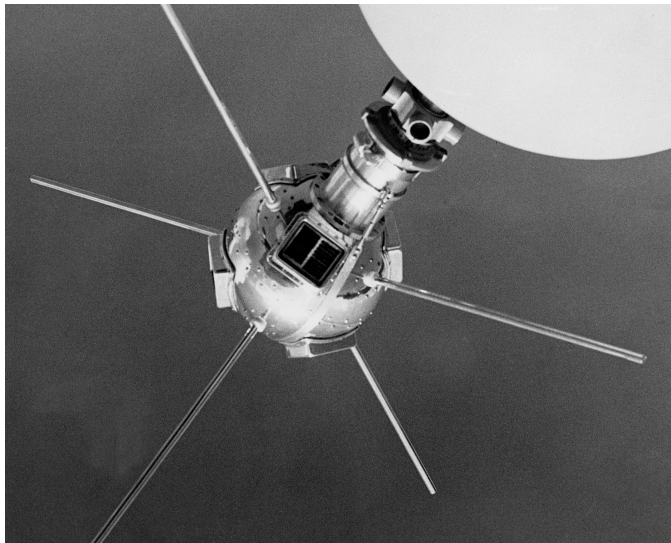


Abbildung 5: Nachbildung des „Vanguard 1“ Satelliten

### **3.2 Anwendungen auf der Erde**

In den 1970er Jahren gelang es Dr. Elliot Berman, unter der Schirmherrschaft des Mineralölkonzerns Exxon, den Preis von Solarmodulen auf etwa ein Fünftel des damaligen Preises zu bringen (von ca. 100US\$ auf rund 20US\$), indem er ein alternatives Produktionsschema erschuf, welches die Nutzung von weniger reinem, und somit preiswerterem, Silizium als Grundlage hatte.

Weiterhin verzichtete er auf mehrere Schritte in der Produktion, die für eine irdische Solaranlage nicht notwendig waren, vergrößerte die Fläche der einzelnen Solarzellen und nutzte gedruckte Schaltkreise, anstelle von handgelöteten Schaltkreisen, um die einzelnen Zellen zu verbinden. [10, 54f]

Diese Entwicklungen ebneten der Solartechnik nun endlich den Weg zurück zur Erde und brachten der Technik viele neue Anwendungsbereiche. Von diesen war wohl die Versorgung von Schifffahrtsbojen und abgelegenen Orten wie Ölbohrplattformen mit Strom eine der größten, da die Ver-

sorgung dieser mit externen Energiequellen sehr teuer und aufwendig ist  
[\[11\]](#).

## 4 Fazit

Trotz ihrer scheinbar simplen Geschichte lässt sich die Photovoltaik nicht als eine einfache Thematik abarbeiten, da allein in den letzten 20 Jahren enorm viele Entwicklungen stattfanden, die ich hier nicht erwähnt habe. Auch können allein über die einzelnen Personen und ihre Erfindungen, deren Signifikanz ich nur in größten Zügen aufgegriffen habe, ganze Bücher geschrieben werden. Somit musste eine starke Begrenzung der Bearbeitungsweite dieser Arbeit getroffen werden, da ansonsten auch nach Jahren des Schreibens noch viel Information zu entdecken wäre.

Allerdings lässt sich aus der mit Pausen und Problemen durchsetzten Geschichte der Photovoltaik auch Hoffnung für, und Freude auf, die Zukunft schöpfen, da sicherlich allerlei interessante Entwicklungen noch daraus entstehen werden.

## 5 Anhang

### Literatur

- [1] MIT 2.009. *Archimedes Death Ray: Idea Feasibility Testing*. 2006.  
URL: [https://web.mit.edu/2.009\\_gallery/www/2005\\_other/archimedes/10\\_ArchimedesResult.html](https://web.mit.edu/2.009_gallery/www/2005_other/archimedes/10_ArchimedesResult.html) (besucht am 05.03.2023).
- [2] W. G. Adams und R. E. Day. „IX. The action of light on selenium“. In: *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* 167 (1877), S. 313–349. DOI: [10.1098/rstl.1877.0009](https://doi.org/10.1098/rstl.1877.0009). eprint: <https://royalsocietypublishing.org/doi/pdf/10.1098/rstl.1877.0009>. URL: <https://royalsocietypublishing.org/doi/abs/10.1098/rstl.1877.0009>.
- [3] E. Becquerel. „Mémoire sur les effets électriques produits sous l’influence des rayons solaires“. In: Bd. 9. *Comptes Rendus*, 1839, S. 561–567.  
URL: <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k2968p/f561.item>.
- [4] K. Butti und J. Perlin. *A Golden Thread. 2500 years of solar architecture and technology*. with a foreword by Amory Lovins. Cheshire Books, 1980. ISBN: 9780917352072. URL: [https://ia800207.us.archive.org/26/items/AGoldenThread-2500YearsOfSolarArchitectureAndTechnology/golden-thread\\_text.pdf](https://ia800207.us.archive.org/26/items/AGoldenThread-2500YearsOfSolarArchitectureAndTechnology/golden-thread_text.pdf).
- [5] Wikipedia EN. *Monocrystalline silicon*. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Monocrystalline\\_silicon](https://en.wikipedia.org/wiki/Monocrystalline_silicon) (besucht am 05.03.2023).

- [6] U.S. Department of Energy. *The History of Solar*. "Brochure". URL: [https://www1.eere.energy.gov/solar/pdfs/solar\\_timeline.pdf](https://www1.eere.energy.gov/solar/pdfs/solar_timeline.pdf) (besucht am 05. 03. 2023).
- [7] C. E. Fritts. „On a new form of selenium cell, and some electrical discoveries made by its use“. In: *American Journal of Science* 26.156 (Dez. 1883), S. 465–472. DOI: [10.2475/ajs.s3-26.156.465](https://doi.org/10.2475/ajs.s3-26.156.465).
- [8] Michael Howell. URL: <https://www.pveducation.org/sites/default/files/PVCDROM/Manufacturing/Images/BECQ.GIF> (besucht am 07. 03. 2023).
- [9] Michael Howell. URL: <https://www.pveducation.org/sites/default/files/PVCDROM/Manufacturing/Images/THINSEL.GIF> (besucht am 07. 03. 2023).
- [10] J. Perlin. *From Space to Earth: The Story of Solar Electricity*. From Space to Earth: The Story of Solar Electricity. Aatec Publications, 1999. ISBN: 9780937948149. URL: <https://ia600401.us.archive.org/30/items/FromSpaceToEarth-TheStoryOfSolarElectricity/story-solar-electricity.pdf>.
- [11] John Perlin. *Passive Solar History*. URL: <https://californiasolarcenter.org/old-pages-with-inbound-links/history-pv/> (besucht am 07. 03. 2023).
- [12] W. Smith. *Journal of the Society of Telegraph Engineers: Including Original Communications on Telegraphy and Electrical Science*. 6. Published under the supervision of the Editing Committee, 1877, S. 461–448. URL: <https://books.google.de/books?id=5CpDAQAAMAAJ>.

## Abbildungsverzeichnis

1	Grafik aus [4, S. 56] . . . . .	3
2	Skizze von Becquerels Versuchsaufbau, © Michael Powell [8] . . . . .	4
3	Grafik aus [4, S. 69] . . . . .	5
4	Skizze von Fritts Selenzelle, © Michael Powell [9] . . . . .	6
5	Nachbildung des „Vanguard 1“ Satelliten . . . . .	9

## **5.1 Erklärungen**

### **5.1.1 Selbstständigkeit**

Hiermit versichere ich, dass ich die Arbeit selbständig angefertigt, keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt und die Stellen der Facharbeit, die im Wortlaut oder im wesentlichen Inhalt aus anderen Werken (auch aus dem Internet) entnommen wurden, mit genauer Quellenangabe kenntlich gemacht habe. Verwendete Informationen aus dem Internet sind nach Absprache mit der Fachlehrerin bzw. dem Fachlehrer vollständig im Ausdruck zur Verfügung zu stellen.

Bramsche, den 14. April 2023

Unterschrift des Schülers

### **5.1.2 Veröffentlichung**

Hiermit erkläre ich, dass ich damit einverstanden bin, wenn die von mir verfasste Facharbeit der schulinternen Öffentlichkeit zugänglich gemacht wird.

Bramsche, den 14. April 2023

Unterschrift des Schülers