

GYMNASIUM NEUBIBERG

Abiturjahrgang 2022/2024

SEMINARARBEIT

aus dem W-Seminar „Physik in der Küche“

Solarkocher in Mitteleuropa – zwischen Potential und Limitierungen

Verfasserin: Ella Birk

Seminarleiterin: StRin Eva Siegert

Abgabetermin: 07.11.2023

Inhaltsverzeichnis

1	Der Verein „ADES“ zur Verbreitung von Solarkochern in Madagaskar	3
2	Technische Sonnennutzungsmöglichkeiten.....	5
2.1	Photovoltaik.....	5
2.2	Solarkollektoren.....	6
2.3	Solarthermisches Kraftwerk	7
3	Grundlagen des Solarkochers.....	9
3.1	Aufbau eines Solarkochers	9
3.2	Funktionsweise unter Berücksichtigung physikalischer Eigenschaften.....	11
4	Forschungsexperiment.....	15
4.1	Auswahl der Materialien.....	15
4.2	Versuchsaufbau	16
4.3	Versuchsdurchführung – Erhebung von Daten und Messwerten	16
4.4	Vergleich von ermittelten und theoretischen Werten	16
5	Weiterführende Herausforderungen des Solarkochers.....	20
6	Diskussion der Ergebnisse.....	22
6.1	Praktikabilität.....	22
6.2	Einsparungsmöglichkeiten am Beispiel eines ausgewählten Gerichts.....	23
6.3	Finales Fazit.....	25
7	Abbildungsverzeichnis.....	26
8	Quellenverzeichnis	27
9	Anhang.....	33
9.1	Daten und Messwerte	33
9.2	Der Eigenbau eines selbstkonzipierten Solarkochers	35
9.2.1	Materialien	35
9.2.2	Aufbau.....	35
10	Erklärung der selbstständigen Verfassung der Arbeit.....	41

1 Der Verein „ADES“ zur Verbreitung von Solarkochern in Madagaskar

Im Jahr 2021 liegt der durchschnittliche Jahresstromverbrauch für das Kochen in einem deutschen Privathaushalt bei circa 237 kWh. So geht es aus den Unterlagen des „Bundesverbands der Energie- und Wasserwirtschaft“ hervor [1]. Mit den Angaben des Umwelt Bundesamts bezüglich der Anzahl deutscher Privathaushalte (40,9 Millionen) [2] lässt sich somit ein jährlicher Stromverbrauch von rund 9,7 GWh in Deutschland berechnen, welcher sich ausschließlich auf das Kochen bezieht.

Da dies bei einem jährlichen Durchschnittsstromverbrauch von momentan 2.660kWh pro Haushalt einen Anteil von 8,9% darstellt [1], könnte es sich somit als lohnenswert erweisen, eine stromsparendere Alternative für die herkömmlichen, strombetriebenen Kochmethoden zu finden. Tatsächlich hat sich seit einiger Zeit ein Verfahren insbesondere in Schwellen- und Entwicklungsländern verbreitet [3], in welchen eine lange und hohe Sonneneinstrahlung, vorliegt [4]. Dieses Konzept ermöglicht es, Speisen direkt mit Hilfe der alltäglichen Sonnenenergie zu erhitzen. Bei der hierfür verwendeten Methode handelt es sich um den sogenannten Solarkocher, welcher Sonnenstrahlen in Wärme umwandelt, ohne hierfür knappe, teure oder fossile Energieträger zu benötigen. In den vergangenen Jahren haben sich immer mehr Organisationen geformt, um die Verbreitung sowie die problemfreie Einbindung eines solchen Kochers in weiteren Entwicklungsländern zu fördern [5].

Schon seit 2001 verfolgt beispielsweise der preisgekrönte Verein „Association pour le Développement de l’Energie Solar Suisse – Madagascar“ kurz „ADES“, das Ziel, in Madagaskar unter anderem die Verbreitung von solarbetriebenen Energiesparkochern zu sichern. Hierbei werden von ADES mittlerweile verschiedene Modelle der Kocher verbreitet, welche oft Anwendung in Großküchen oder Privathaushalten finden und auf verschiedenen physikalischen Konzepten, etwa dem Prinzip eines Parabolspiegels, basieren. Diese Küchengeräte bieten auf der einen Seite die Möglichkeit, medizinische Hilfsmittel leichter desinfizieren zu können, indem kochendes Wasser durch den Sonnenkocher leichter beschafft werden kann. Auf der anderen Seite sollen sie es ermöglichen, emissionsfrei und unabhängig von knappen Ressourcen zu kochen, indem sie den Verbrauch von Brennstoffen um bis zu 80% reduzieren. So hat ADES es mit diesem Schema erreicht, im Jahr 2022 446.945 Tonnen CO₂ einzusparen [6]. Dies entspricht, bei einer Freisetzung von 434g CO₂ pro kWh [7], ungefähr der Menge CO₂, welche für die Erzeugung von 1GWh und somit circa einem Neuntel der in Deutschland jährlich benötigten Strommenge anfällt. Aus diesem Grund erweist sich das Konzept auch in Hinblick auf den Klimawandel als sehr vielversprechend [6].

Durch den bereits erwähnten enormen Stromverbrauch und der Verknappung von Ressourcen in entwickelten Ländern wie Deutschland, stellt sich die Frage, ob es sich auch in Regionen mit

anderen Sonneneinstrahlungsverhältnissen als sinnvoll und lohnend erweisen würde, das Prinzip des Solarkochers in den Alltag solcher Haushalte zu übernehmen. Eine Antwort auf diese Frage, soll im Folgenden mit Hilfe eines selbstgebaute Solarkochers und dessen Anwendung und Prüfung auf Praktikabilität ermittelt werden.

2 Technische Sonnennutzungsmöglichkeiten

Schon seit Jahren wird Sonnenenergie bewusst für die verschiedensten Zwecke, wie beispielsweise für das Trocknen von Lebensmitteln oder Gegenständen verwendet. Mit der Zeit sind diese Anwendungsmöglichkeiten immer weiter entwickelt worden und an den Stand des technischen Wissens angepasst. Da mittlerweile zahlreiche, weltweit eingesetzte Nutzungsarten der Solarenergie existieren [8] und es der Rahmen dieser Arbeit nicht zulässt, alle diese Möglichkeiten mit deren Funktionsweisen ausführlich zu beschreiben, wird im Folgenden lediglich ein kurzer Abriss der verbreitetsten Methoden geliefert. Zudem werden in dieser Aufzählung indirekte Nutzungsmöglichkeiten von Solarenergie, wie beispielsweise Windkraftwerke, vernachlässigt.

2.1 Photovoltaik

In Mitteleuropa sind besonders zwei Konzepte der Sonnennutzung weit verbreitet. Das Verfahren, welches mit am häufigsten vertreten ist, ist die Photovoltaik, bei der Solarzellen verwendet werden [9]. Diese wandeln die Energie der auf sie fallenden Sonnenstrahlen direkt in elektrische Energie um und sind mittlerweile so gängig, dass die Photovoltaik bereits im Jahr 2019 7,6% des deutschen Strombedarfes abgedeckt hat [10]. Der Strom entsteht dabei innerhalb einer Solarzelle durch mehrere Schichten eines Halbleiters, oftmals Silizium, mit unterschiedlichen elektrischen Leitfähigkeiten [9]. Diese Halbleiterschicht ermöglicht es mit Hilfe von Dotierung, ein elektrisches Feld zu erzeugen, welches bei Lichteinstrahlung dafür sorgt, dass Ladungsträger aus ihren Bindungen gelöst werden und durch das elektrische Feld zu einer Ladungstrennung führen. Infolgedessen bildet sich eine Spannung zwischen den unterschiedlich geladenen Seiten aus, welche dafür sorgt, dass Strom fließt. Da diese Spannung jedoch nur sehr klein ist, müssen viele Zellen in Reihe geschaltet werden, um eine nutzbare Menge an Strom zu erzeugen. Sobald dieses Kriterium erfüllt ist, ist es nur noch notwendig, den Gleichstrom mit Hilfe eines Wechselrichters in Wechselstrom umzuwandeln, damit der Strom in das öffentliche Stromnetz eingespeist werden kann. Dabei wird auch die Frequenz des Stroms entsprechend angepasst. (Aufbau, siehe Abbildung 1) [11] [12]

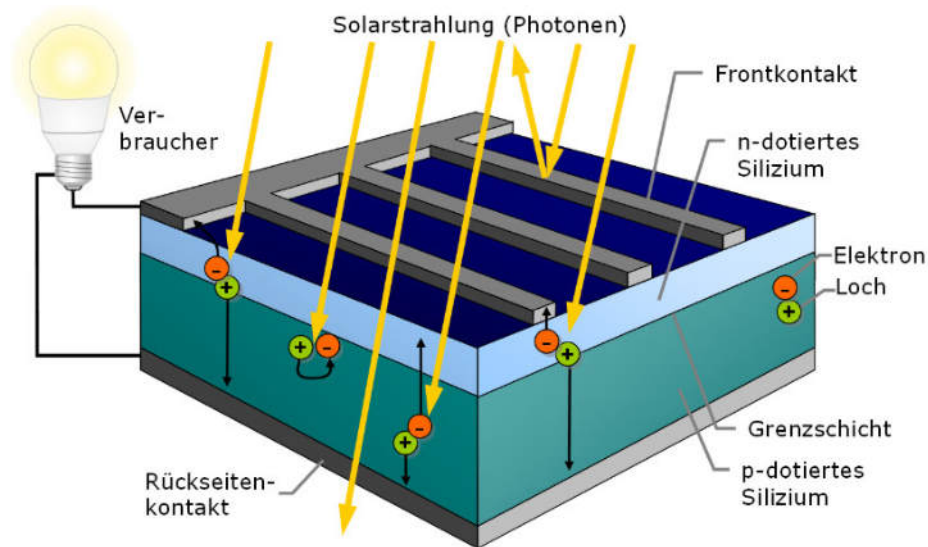


Abbildung 1: Aufbau und Vorgänge in einer Solarzelle [13]

Obwohl die Photovoltaik in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen hat und im Vergleich zu beispielsweise der Verstromung von Braunkohle erheblich emissionsärmer ist [14], weist sie auch Nachteile auf. So ist das Verfahren stark sowohl von der Tages- als auch der Jahreszeit, sowie den momentanen Witterungsbedingungen abhängig und kann somit keine konstante Stromlieferung garantieren [14] [15].

2.2 Solarkollektoren

Das zweite Konzept, die Solarthermie, nutzt beispielsweise mittels Solarkollektoren ebenfalls die direkte Verwendung der Strahlungsenergie der Sonne. Diese wandeln die auf einen Kollektor treffende Strahlung in Wärme um und sorgen dafür, dass diese unter anderem in Form von Warmwasser oder zum Heizen genutzt werden kann. Besonders verbreitete Typen der Kollektoren, sind sogenannte Flachkollektoren, bei welchen sich hinter einer durchsichtigen Abdeckung eine schwarze Platte befindet, an der mit Flüssigkeit gefüllte Rohre befestigt sind. Die Platte muss schwarz sein, damit sie ein möglichst hohes Absorptionsverhalten aufweist und die Strahlung möglichst gut umwandeln kann [16]. Bei der Flüssigkeit kann es sich unter anderem um Wasser handeln, oftmals werden jedoch besondere Flüssigkeiten verwendet, welche den Vorteil besitzen über hitze- und kälteresistente Eigenschaften zu verfügen. Hinter den Röhren befindet sich zudem ein Isoliermaterial, welches die entstandene Wärme davon abhält, in die Umgebung zu entweichen. Die durch die Absorption aufgenommene Wärme kann dann an diese Flüssigkeit abgegeben werden und in einen Speicher ablaufen, von wo aus sie nach Bedarf weiterverwendet werden kann. (Aufbau, siehe Abbildung 2) [17] [18] [19]

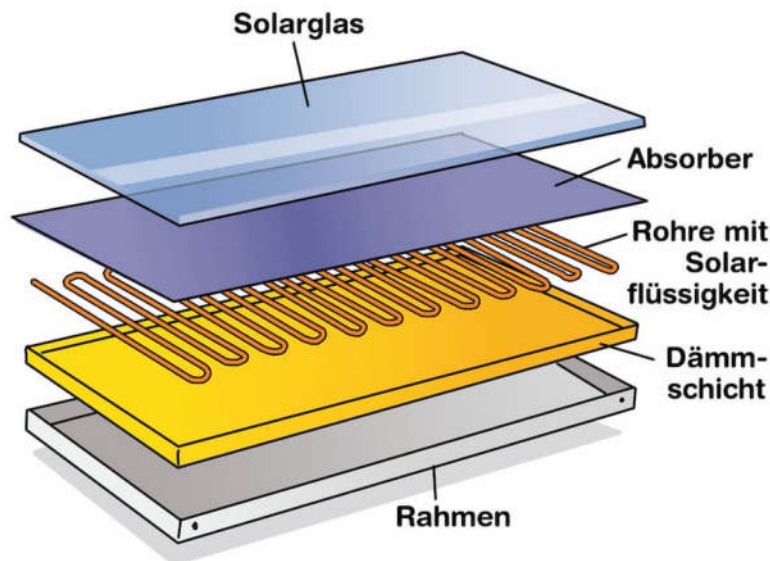


Abbildung 2: Aufbau eines Solarthermie-Flachkollektors [20]

2.3 Solarthermisches Kraftwerk

In äquatornahen Ländern ist zudem das Prinzip des solarthermischen Kraftwerks verbreitet:

„Solarthermische Kraftwerke liefern fast genauso viel Strom wie alle netzgekoppelten Photovoltaik-Anlagen der Welt. Im Prinzip funktionieren sie wie ein großes Brennglas: Sie sammeln das Sonnenlicht und konzentrieren es auf eine Wärmekraftmaschine“.

Zwar zeigt dieses Zitat aus dem Artikel „Wie die Sonne ins Kraftwerk kommt: Solarthermische Kraftwerke“ (aus der Zeitschrift „Physik in unserer Zeit“, 35.Band) [21], dass solarthermische Kraftwerke durchaus in der Lage sind, beachtliche Mengen an Strom zu erzeugen. Jedoch ist es momentan dennoch keine Lösung, diese Technologie in Regionen wie Mitteleuropa anzuwenden. Das liegt daran, dass für die Anwendung des Konzepts große Flächen an Kollektoren benötigt werden, um die einfallenden Sonnenstrahlen, beispielsweise mittels Parabolrinnen zu konzentrieren. Zudem wird auch eine große Anzahl an Sonnenstunden mit direkter Sonnenstrahlung benötigt, damit möglichst viel energiereiche Strahlung reflektiert und konzentriert werden kann und somit die für das Verfahren notwendigen hohen Temperaturen erreicht werden können. [21]

Wie auf

Abbildung 3 des „Global Solar Atlas“ erkennbar ist, limitieren sich die Gebiete, in welchen die Kraftwerke verwendet werden können, auf ausgewählte Regionen, in welchen vergleichsmäßig viele Sonnenstunden, mit intensiver Sonneneinstrahlung vorliegen.

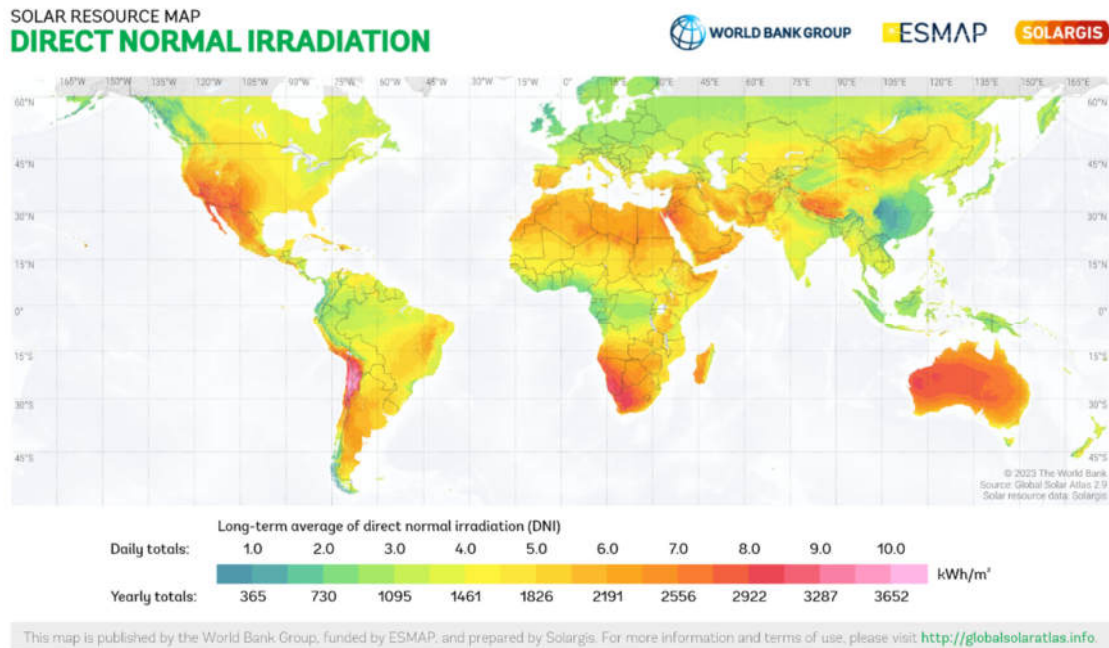


Abbildung 3: Direkte Sonneneinstrahlung [22]

Das Konzept des Solarkraftwerks zielt im Grunde darauf ab, mit Hilfe der hohen, im Brennpunkt von Kollektorspiegeln entstehenden Temperaturen, eine Flüssigkeit zum Verdampfen zu bringen, diesen Dampf in eine Dampfturbinenanlage zu leiten und somit mechanische Energie zu erzeugen [21] [23]. Im darauffolgenden Schritt kann diese Energie durch einen Generator in elektrische Energie umgewandelt werden und Strom liefern [21] [23]. Da die zuvor verdampfte Flüssigkeit erneut kondensiert, entsteht ein Dampfturbinen-Kreisprozess. Es gibt verschiedene Arten der Solarkraftwerke. Unter anderem solche mit einer großen Anzahl von Spiegeln, welche um einen Turm gruppiert sind. In diesem wird die Strahlung gebündelt [23]. Die dadurch entstehenden hohen Temperaturen werden an ein Wärmeträgermedium abgegeben, welches in die Turbine einer Wärmekraftmaschine geleitet wird und somit Strom erzeugt (siehe *Abbildung 4*) [23].

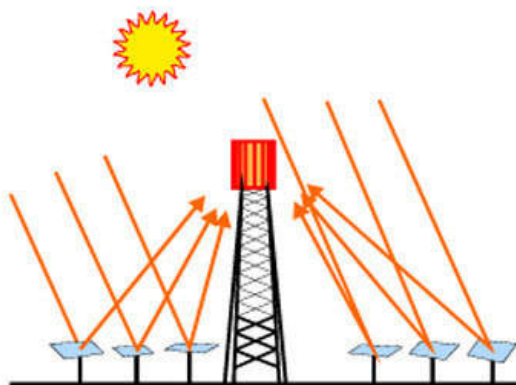


Abbildung 4: Solarturmkraftwerk [24]

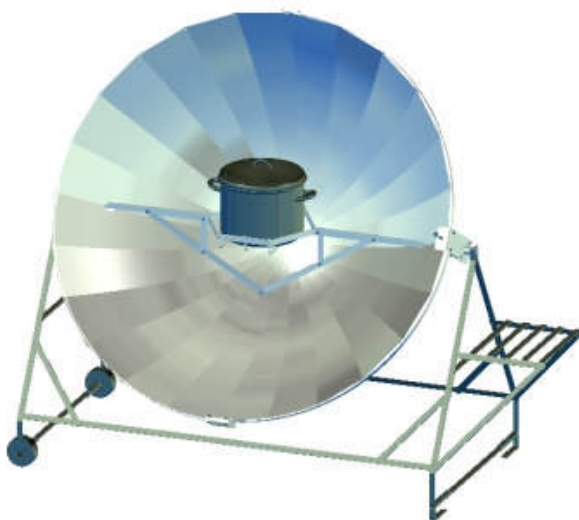
3 Grundlagen des Solarkochers

Allgemein verfolgt das Prinzip eines Solarkochers den Ansatz, natürliche Sonnenstrahlung in Wärme umzuwandeln. Dies geschieht bei einigen Modellen, indem die Strahlung senkrecht auf einer gewölbten, spiegelnden Oberfläche auftrifft, dort reflektiert und auf ein, sich in diesem Punkt befindliches Objekt, gebündelt wird. Dies soll ermöglichen, Speisen oder Ähnliches, ohne den Einsatz von Brennstoffen oder elektrischer Energie direkt zu erhitzen. Die folgenden Ausführungen beziehen sich nur auf einen solchen parabolischen Sonnenkocher, welcher Sonneneinstrahlung direkt umwandelt.

3.1 Aufbau eines Solarkochers

Die Grundlage eines Solarkochers bildet eine gewölbte Form mit spiegelnder Oberfläche, ein sphärischer Spiegel. In diesem Fall handelt es sich um einen konkaven Spiegel, dessen Oberfläche nach innen gewölbt ist [25] und dessen Querschnitt einer Parabel ähnelt. Aus diesem Grund wird diese Spiegelart auch oft Parabolspiegel genannt.

Bei dem Material der Spiegeloberfläche handelt es sich meist um Aluminium mit einer hochreflektierenden Oberfläche. Da dieses jedoch nicht verformbar oder biegsam genug ist, wird der Parabolspiegel aus vielen gleichgroßen, gleichschenkligen Dreiecke aus weichem Aluminiumblech zusammengesetzt. Um diese Teile in eine halbkugelähnliche Form zu bringen, müssen die Dreiecke an ihrer Grundseite an einem Eisenring befestigt werden. Hierbei ist es üblich, dass sich Teile der Flächen überlappen, damit keine Lücken im fertigen Spiegel entstehen. Im Anschluss werden die Spitzen aller Blechdreiecke in einem Punkt zusammengeführt und es entsteht, wie in Abbildung 5 erkennbar, eine glänzende, gewölbte Oberfläche. [26] [27] [28] (D. Seifert (persönliche Kommunikation, August 25, 2023))



Die Größe der Spiegelfläche ist vom Durchmesser des Eisenrings abhängig und kann somit durch größere oder kleinere Radien verändert werden. Umso größer der Umfang des Rings hierbei ist, desto mehr Sonnenstrahlung kann mit Hilfe des Kochers gebündelt und in Wärme umgewandelt werden, was die Leistung des Kochers entsprechend erhöht [30] (D. Seifert (persönliche Kommunikation, August 25, 2023)).

Abbildung 5: Aufbau Solarkocher [29]

Dieser Zusammenhang lässt sich auch auf der Internetseite „eg-solar“ [30] bei einem Vergleich der Leistungen von Solarkochern mit unterschiedlichen Radien erkennen.

Ein weiterer baulicher Vorteil entsteht, wenn der Abstand zwischen höchstem und tiefstem Punkt der Wölbung möglichst groß ausfällt. Dies erhöht die Sicherheit bei Verwendung des Kochers, da der Brennpunkt innerhalb des Parabolspiegels liegt. Dadurch ist das Risiko, aus Versehen in den Brennpunkt des gebündelten Lichts zu fassen oder zu schauen und sich zu verletzen, deutlich reduziert. [31] (D. Seifert (persönliche Kommunikation, August 25, 2023)).

In den meisten Fällen ist der Parabolspiegel auf einem fixierten Metallgestell befestigt, welches mit Rädern versehen ist. Der Kocher kann somit nicht nur besser transportiert und stabilisiert werden, sondern auch die Position kann leicht verändert werden [32]. Für diesen Zweck besitzen Solarkocher mittlerweile auch immer öfter ein drehbares Gestell, welches es erleichtert, den Spiegel nach links bzw. rechts zu drehen und somit dem Stand der Sonne anzupassen [28] [33]. Dadurch kann gewährleistet werden, dass die Sonnenstrahlen durchgehend senkrecht auf den Spiegel treffen und so reflektiert werden, dass sie exakt im Mittelpunkt des zu erhitzenden Gefäßes gebündelt werden (siehe auch Reflexionsgesetz Kapitel 3.2). Doch nicht nur das Ausrichten des Kochers in die verschiedenen Himmelsrichtungen ist hierfür wichtig. Zusätzlich ist es notwendig, dass der Parabolspiegel auch nach vorne bzw. hinten gekippt werden kann, da sonst gegebenenfalls aufgrund einer tief stehenden Sonne, die Bündelung der Sonnenstrahlung nicht mehr möglich ist und der Kocher seine Funktion nicht erfüllen kann (D. Seifert (persönliche Kommunikation, August 25, 2023)) [34].

Im Zentrum des Spiegels ist eine Halterung befestigt, welche meist aus einem, an gegenüberliegenden Seiten des Kochers befestigten Gitter mit erhöhten Seitenrändern besteht und dazu dient, Gefäße wie beispielsweise Töpfe oder Pfannen im Brennpunkt zu halten (siehe Abbildung 5). Mit Hilfe dieses Aufbaus ist es möglich, wie auf einem regulären Herd im Haus, Kochgut in den Gefäßen zu erhitzen. Wichtig bei der Befestigung dieses Metallgestells ist es, dass der Boden der Behälter stets parallel zum Untergrund gerichtet ist, um, wie in Abbildung 6 dargestellt, einen Verlust durch ungewolltes „Ablaufen“ zu vermeiden.

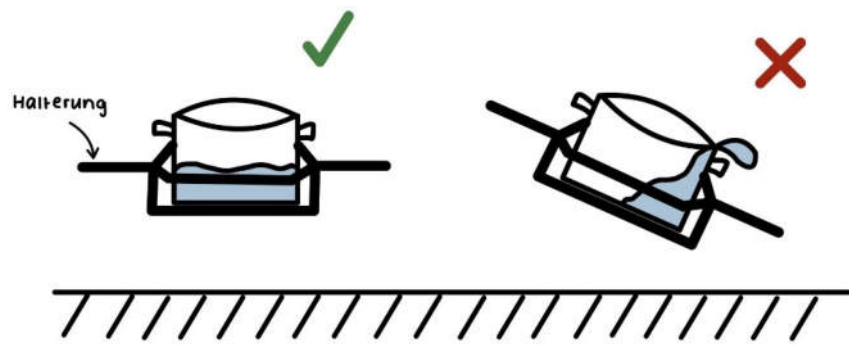


Abbildung 6: Behälter mit verschiedenen Winkeln zum Boden [35]

Idealerweise, handelt es sich zudem um ein Gefäß, welches möglichst perfekt in die erhöhten Ränder des Gitters passt und somit die Wahrscheinlichkeit verringert wird, dass das Behälter während des Kochens den Halt verliert (D. Seifert (persönliche Kommunikation, August 25, 2023)) [34].

3.2 Funktionsweise unter Berücksichtigung physikalischer Eigenschaften

Das Grundprinzip, auf welchem das Konzept des Solarkochers basiert, ist das Reflexionsgesetz (siehe auch Kapitel 3.1 zur Reflexionsfähigkeit eines Parabolspiegels) (D. Seifert (persönliche Kommunikation, August 25, 2023)) [32]. Das Reflexionsgesetz besagt hierbei, dass der Einfallswinkel θ_e dem Ausfall- bzw. Reflexionswinkel θ_a entspricht:

$$\theta_e = \theta_a.$$

[36] [37] [38]. Jedoch gibt es hierbei einige Voraussetzungen, die für eine optimale Nutzung erfüllt sein müssen. Zum einen ist es wichtig, dass eine glatte, glänzende Oberfläche vorliegt, welche die Strahlung in Form einer spiegelnden Reflexion klar zurückwirft und nicht durch diffuse

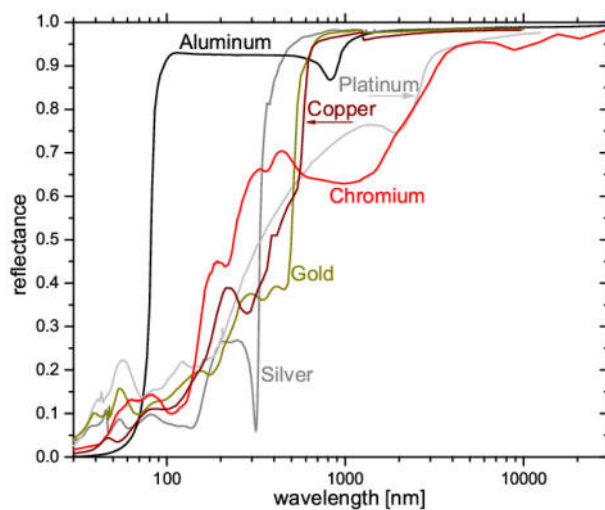


Abbildung 7: Vergleich von verschiedenen Reflexionsgraden [42]

Rückstrahlung in verschiedene Richtungen wirft [39] [40]. Wie bereits in 3.1 erwähnt, wird im Solarkocher Aluminiumblech als Oberfläche verwendet, welches sich auch aufgrund weiterer Eigenschaften sehr für die Verwendung im Kocheraufbau eignet. So besitzt es eine ebene, spiegelnde Oberfläche, sowie ein vergleichsweise hohes Reflexionsvermögen für alle Arten von Strahlung, was sich in nebenstehender Abbildung 7 gut erkennen lässt [41].

Dies ist relevant, da knapp die Hälfte der auf die Erde treffenden Sonnenstrahlung aus Infrarotstrahlung besteht [43]. Aufgrund dessen ist es nötig, dass die Spiegeloberfläche dazu in der Lage ist, auch diese Form von Strahlung zu reflektieren [41] und nicht von ihr durchdrungen wird, denn dies würde dafür sorgen, dass das Potential eines Solarkochers nicht vollständig ausgenutzt wird.

Aus dem Reflexionsgesetz lassen sich jedoch auch die Einflüsse der Reflexion auf einen Spiegel parabolischer Form ableiten und eine Erklärung dafür finden, warum sich ein solcher Spiegel ideal zur Bündelung von Licht eignet. Betrachtet man die Reflexionseigenschaften eines Parabolspiegels, lässt sich dieser, wie in Abbildung 8 erkennbar, bis zu einem gewissen Grad mit einem sogenannten Kugelspiegel vergleichen. Hierbei kommt es darauf an, dass Kugelradius und Breite der Parabolöffnung möglichst gleich groß sind, da ein zu breit gestreckter Parabolspiegel in seinem Scheitel der Kugel nicht mehr ähnelt.

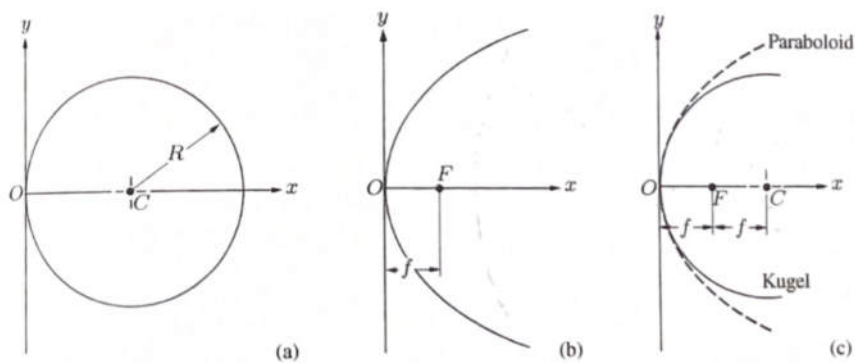


Abbildung 8: Vergleich eines Kugelspiegels mit einem Parabolspiegel [44]

Sobald diese Voraussetzung erfüllt ist, lässt sich das Reflexionsverhalten der Kugel auf den parabolischen Spiegel übertragen [45]. Das Wesen der Kugelreflexion liegt hierbei darin, dass die Strahlung gemäß dem Reflexionsgesetz im gleichen Winkel (gemessen zum Lot auf die Oberfläche) reflektiert wird. Das führt, wie in Abbildung 9 ersichtlich ist, dazu, dass sich ein Punkt bildet, in dem sich alle zurückgeworfenen Sonnenstrahlen schneiden [45].

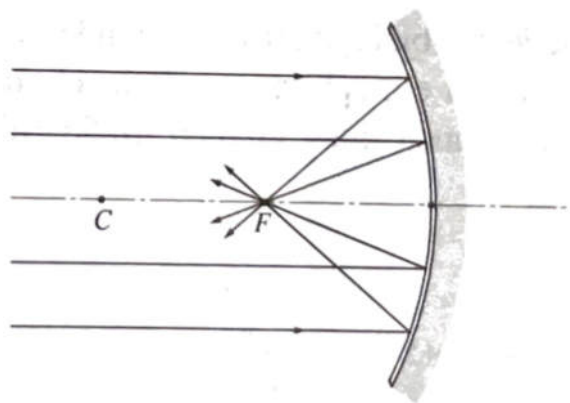


Abbildung 9: Strahlungsfokussierung [46]

In diesem Punkt entsteht somit nicht nur eine enorme Helligkeit, sondern auch eine sehr hohe Temperatur, da sich Energie und Lichtstärke in diesem Schnittpunkt aufaddieren. Die Schnittstelle, welche hier entsteht, wird „reeller Brennpunkt“ genannt, der durch die konkave Form des Spiegels erzeugt wird [47]. Wenn man nun, wie vorhin bereits geschildert, diese Eigenschaft auf den Parabolspiegel des Solarkochers überträgt, lässt sich schnell

erkennen, dass es relevant ist, den Brennpunkt stets auf das zu erhitzende Objekt zu richten, da in ihm die höchste Energiedichte vorliegt, welche an das Gefäß abgegeben werden kann. Zudem ist es vorteilhaft, wenn die Unterseite dieses Objekts schwarz und matt ist, damit es die gesamte einfallende Strahlung möglichst gut aufnehmen kann und sich schneller erhitzt. Grund hierfür ist, dass die matte Oberfläche eine Reflexion durch Spiegelung verhindert und schwarze Flächen mehr Licht bzw. Strahlung absorbieren können als helle Oberflächen [16] [48], wodurch die Wärmeübertragung auf das Gefäß und dessen Inhalt intensiviert wird.

Das Prinzip der Wärmeübertragung, bedeutet eine Temperaturveränderung eines Stoffes und sorgt im Falle des Solarkochers für das Erwärmen des Topfinhalts. Hierbei lassen sich zwei verschiedene Arten der Wärmeübertragung charakterisieren, welche insbesondere von dem zu erhitzenden Medium abhängig sind. Die erste Methode, ist die Wärmeleitung, welche es überhaupt möglich macht, dass sich der Topfboden im Sonnenkocher und somit auch der Inhalt des Gefäßes erhitzt. Die Wärmeleitung ermöglicht eine Erwärmung in festen Stoffen, wie beispielsweise der Unterseite des Topfes, indem die Moleküle des Topfbodens erhitzt werden, wodurch sich ihre Bewegungsgeschwindigkeit erhöht, und sie vermehrt gegen nahegelegene Moleküle stoßen. Durch diese Berührung, werden auch diese Teilchen in Bewegung versetzt, was es ihnen ermöglicht, die Energie bzw. Wärme an mehrere Moleküle weiterzugeben. Mit Hilfe dieses Transportes breitet sich die Wärme innerhalb des Mediums aus und erhitzt den Topfboden. [49]

Die zugehörige Formel der Wärmeleitung Q eines konkreten Stoffes, lässt sich hierbei folgendermaßen beschreiben:

$$Q = \frac{kA \times \Delta T \times t}{L}$$

[49] Wobei k der Wärmeleitfähigkeit eines Stoffes, t der Zeit, L der Länge des Gegenstands, A der Querschnittsfläche und ΔT der Temperaturdifferenz des Stoffes entspricht [49].

Diese Formel gibt an, wie viel Wärme in einer bestimmten Zeit t an einem Gegenstand der Länge L , über eine Fläche A abgegeben wird. Dabei ist k eine stoffspezifische Konstante und ΔT die Differenz von Start- und Endwert der Temperaturmessung [49].

Die zweite Form der Wärmeübertragung, bildet die „Konvektion“, welche in Flüssigkeiten und Gasen, dafür sorgt, Wärme eines Ortes auf einen anderen zu übertragen. Dies ist im Anwendungsbereich des Kochens primär für das Erhitzen der Speisen innerhalb des Topfes wichtig. Hierbei folgt die Konvektion dem Prinzip, dass die Dichte der Substanz, welche der Hitzequelle am nächsten ist, abnimmt, wodurch erhitzte Teilchen an die Oberfläche des Mediums wandern. Die restlichen, noch kühlen Teilchen strömen jedoch an den Boden des Behälters, um die aufgestiegenen Teilchen zu ersetzen. Dadurch bildet sich ein Kreislauf, welcher stets neue Teilchen des Mediums

an die Hitzequelle der Substanz befördert und die Wärme somit im gesamten Medium verteilt.
[49]

4 Forschungsexperiment

Um die Funktionsweise und Praktikabilität eines Solarkochers besser nachvollziehen und erforschen zu können, wurde ein wissenschaftliches Experiment entworfen und durchgeführt, in welchem mit Hilfe eines selbstgebauten Solarkochers dessen Wirkungsgrad ermittelt werden soll, um feststellen zu können, wie viel der potenziell nutzbaren Sonnenenergie tatsächlich verwendet werden kann. Zudem soll mit diesem Wert geprüft werden, wie oft der Solarkocher in einem beliebigen Zeitraum eingesetzt werden könnte, indem Werte einer nahegelegenen Wetterstation zur Bewertung hinzugezogen werden. Dieses Experiment soll im Folgenden beschrieben werden. Auf das Konzept des Solarherdes und dessen Aufbau wird hier nicht weiter eingegangen. Das Protokoll zu diesen Schritten lässt sich im Anhang (in Kapitel 8.2) nachlesen.

4.1 Auswahl der Materialien

Neben dem Solarkocher, dessen Eigenschaften mit Hilfe dieses Experiments untersucht werden sollen, werden zusätzlich verschiedene Utensilien benötigt, um den Wirkungsgrad des Kochers ermitteln zu können. Da sich der Wirkungsgrad eines Konstrukts aus der nutzbaren und der zugeführten Leistung eines Systems zusammensetzt [50], müssen zunächst diese Werte ermittelt werden. Um die auf den Parabolspiegel treffende Wärmeenergie der Sonne an einem konkreten Standort zu ermitteln, werden Daten aus einer Wetterstation verwendet. Die Berechnung des Wirkungsgrades bezüglich der tatsächlich nutzbaren Leistung ist komplexer. Die nutzbare Leistung wird mit der folgenden Formel berechnet und in der Einheit $\frac{J}{s}$ bzw. W angegeben:

$$P_{\text{nutzbar}} = P_{\text{nutzbar}} = \frac{\Delta E_{\text{therm}}}{t} = \frac{c \cdot m \cdot \Delta T}{t},$$

Hierbei entspricht c der spezifischen Wärmekapazität, m der Masse des Mediums, ΔT der Temperaturdifferenz des Stoffes und t der benötigten Zeit [51].

Da es sich bei der spezifischen Wärmekapazität um eine Materialkonstante handelt [52], muss der Wert für den im Topf befindlichen Stoff bestimmt werden. Aufgrund eines hohen Wasseranteils von vielen Speisen wird die spezifische Wärmekapazität von Wasser mit einem bekannten Wert von circa $4190 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C}$ verwendet [52] [53]. Um die weiteren Variablen der Gleichung zu ermitteln, muss sowohl die Menge des zu erhitzenden Wassers sowie dessen Temperaturänderung mit der Zeit bestimmt werden. Für die Ermittlung dieser Werte werden eine Waage und ein Thermometer benötigt. Das Temperaturmessgerät sollte hier idealerweise Temperaturwerte im zeitlichen Verlauf aufzeichnen und diese an ein mobiles Endgerät weitergeben können. Das sorgt bei dem Versuch für eine Arbeitsreduktion und genauere Ergebnisse, da die Alternative ein Messgerät wäre, bei dem man stets die Werte in gleichen Zeitintervallen ablesen müsste. Zuletzt ist ein Topf nötig, welcher auf der „Herdplatte“ des Kochers platziert wird, sowie ein passender Topfdeckel, welcher

eine Öffnung besitzt, durch die der Temperaturfühler geführt werden kann. Um diesen zu fixieren, wird Klebeband verwendet.

4.2 Versuchsaufbau

Der Versuch setzt sich folgendermaßen zusammen: in den Topf werden 500g Wasser gegeben und der Temperaturfühler des Thermometers wird so befestigt, dass er sich stets in der Flüssigkeit befindet. Hierfür wird das Thermometer durch ein Loch im Deckel des Topfes in das Wasser gelassen. Hierbei ist es notwendig, den Fühler mit Klebeband zu umwickeln, so dass er perfekt in die Öffnung passt und während der Versuchsdurchführung nicht verrutschen kann. Zudem wird ein elektronisches Endgerät benötigt, welches sich in der Nähe des Experiments befinden muss, um die Temperaturdaten ohne Komplikationen zu empfangen. Zuletzt wird das Konstrukt noch auf die Herdplatte des Solarkochers gestellt, was die Vorbereitungen für den Versuch abschließt und dieser durchgeführt werden kann.

4.3 Versuchsdurchführung – Erhebung von Daten und Messwerten

Die Erhebung von Daten beginnt damit, die Temperaturaufzeichnung des Messgerätes zu starten und den Solarkocher passend zur Sonne so auszurichten, dass sich der Brennpunkt exakt an der Unterseite der „Herdplatte“ befindet. Damit diese Bündelung stets genau am Topfboden liegt, muss durchgehend darauf geachtet werden, dass der Kocher senkrecht zur Sonneneinstrahlung gerichtet ist. Sollte dies nicht der Fall sein muss der Spiegel entsprechend nachjustiert werden.

Im Folgenden sendet das Temperaturmessgerät die aufgenommenen Werte über drahtlose Übertragung an ein mobiles Gerät, das mit diesen Daten eine Temperatur-Zeit-Kurve aufzeichnet. Das Experiment wird beendet, sobald sich entweder die Temperatur des Mediums nicht mehr verändert oder das Wasser zu kochen beginnt.

4.4 Vergleich von ermittelten und theoretischen Werten

Nach Fertigstellung des Versuchs geht es darum, eine möglichst lineare Passage aus dem entstandenen Graphen zu finden, mit welchem sich auf Grund der konstanten Steigung vereinfacht eine Temperaturänderung mit der Zeit und dadurch die durch das Wasser aufgenommene Energie mit der Zeit berechnen lässt. Dieser Wert kann im folgenden Schritt in die in 4.1 genannte Gleichung der Energiedifferenz eingesetzt werden. Der Grund dafür, dass hierbei auch die benötigte Zeit sowie die Fläche der Spiegeloberfläche in Betracht gezogen werden müssen ist, dass für die Ermittlung des Wirkungsgrades des selbstgebauten Solarkochers die Formel gilt:

$$\eta = \frac{P_{\text{nutzbar}}}{P_{\text{eingestrahlt}}};$$

P_{nutzbar} entspricht hierbei $\frac{\Delta E_{\text{therm}}}{\text{benötigte Zeit } \Delta t}$ und $P_{\text{eingestrahlt}}$ der Leistung der einstrahlenden Sonne (mit Hilfe auf München bezogenen Daten einer Wetterstation erhoben). [54]

Da dabei die Leistung der Sonne jedoch in $\frac{kWh}{m^2}$ angegeben wird, muss zudem die Spiegelfläche hinzugezogen werden, welche von der Sonnenstrahlung erfasst wird. Daraus ergibt sich für die finale Berechnung des Wirkungsgrades des Kochers:

$$\eta = \frac{\left[\frac{\Delta E_{\text{therm}}}{\Delta t \cdot A} \right]}{P_{\text{eingestrahlt}}}$$

Im Anschluss geht es darum, die ermittelten Werte in die vorgesehenen Formeln einzusetzen:

- Berechnung der Spiegelfläche: $A = \pi r^2$; da der Durchmesser der verwendeten Satellitenschüssel 0,8m beträgt, muss in die Formel ein Radius r von 0,4m eingesetzt werden. Daraus ergibt sich eine Fläche von $\frac{4}{25} \pi m^2 (\approx 0,5 m^2)$, auf welche Sonnenstrahlung trifft.
- Versuch mit Deckel: Bei der Versuchsdurchführung, bei welcher der Topf mit Hilfe eines Deckels abgedeckt ist, lässt sich aus dem in Abbildung 13 markierten Abschnitt (siehe 8.1), eine Änderung von $8,3^\circ C$ in 179 Sekunden ablesen. Diese, sowie die in 4.2 aufgenommenen Werte, lassen sich nun in die bereits bekannte Formel für die nutzbare Leistung einsetzen. Daraus folgt:

$$P_{\text{nutzbar}} = \frac{\left(4190 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C} \right) \cdot 0,5 kg \cdot 8,3^\circ C}{179 s} \approx 97,1 \text{ W}$$

Aus diesem Wert kann mit der oben berechneten Fläche die Leistung des Solarkochers in $\frac{W}{m^2}$ angegeben werden:

$$P_{\text{SK pro Fläche}} = \frac{97,1 W}{0,16 \pi m^2} \approx 193,2 \frac{W}{m^2}$$

Mit einem vom Deutschen Wetterdienst stammenden Wert, welcher wie in Abbildung 14 (siehe 8.1) erkennbar ist und die Leistung der Sonne in $\frac{J}{cm^2}$ in 10 Minuten angibt, kann im Folgenden der Wirkungsgrad des Kochers berechnet werden. Da das Experiment am 17. August um 12:50 Uhr durchgeführt wurde, wird hierbei der Wert von diesem Zeitpunkt verwendet, bei welchem es sich um $51,1 \frac{J}{cm^2}$ handelt. Da in den Angaben des Deutschen Wetterdienstes keine genauen Angaben zu München vermerkt sind, wird sich hierbei auf Weihenstephan-Dürnast als nahegelegensten Referenzwert bezogen. Um den Wirkungsgrad final zu ermitteln, ist es jedoch zunächst nötig, die Einheit der Sonnenleistung ebenso in $\frac{W}{m^2}$ umzuwandeln:

$$1. \quad \text{Umwandeln von } \frac{J}{cm^2} \text{ in } \frac{J}{m^2}: 51,1 \frac{J}{cm^2} \cdot 10\,000 = 511\,000 \frac{J}{m^2}$$

$$2. \text{ Umrechnen in } \frac{W}{m^2}: \frac{511000 \frac{J}{m^2}}{10 \cdot 60s} \approx 851,7 \frac{W}{m^2}$$

$$3. \text{ Berechnung des Wirkungsgrades } \frac{P_{SK}}{P_{Sonne}}: \frac{193,2 \frac{W}{m^2}}{851,7 \frac{W}{m^2}} \approx 0,2268 = 22,7\%$$

Bei dem hier ermittelten Wert für den Wirkungsgrad des Solarkochers handelt es sich um einen Messwert nahe dem erreichbaren Maximum. Dies liegt unter anderem daran, dass wie aus Abbildung 14 hervorgeht, zum Zeitpunkt der Versuchsdurchführung eine hohe Einstrahlungsleistung zu verzeichnen ist. Zusätzlich erweist es sich in Anbetracht des Wirkungsgrades des Kochers als fördernd, dass die Außentemperatur aufgrund von sommerlich hohen Lufttemperaturen für einen geringen Wärmeverlust an die Umgebung sorgt.

Mit Hilfe des berechneten Wirkungsgrades kann nun unter Verwendung von anderen Einstrahlungswerten abgeschätzt werden, wie viel Energie zum Kochen der Solarkocher bei verschiedenen Zeitpunkten liefern kann. Hierbei muss jedoch berücksichtigt werden, dass niedrigere Außentemperaturen für eine verstärkte Wärmeabfuhr an die Umgebung führen, was den Kochvorgang grundlegend erschwert. Beispielhalber lässt sich die Leistung des Kochers zu unterschiedlichen Jahreszeiten in März und Oktober berechnen. Hierbei werden Daten bezüglich der Sonneneinstrahlung des Deutschen Wetterdienstes verwendet [55]:

$$1. \text{ 17.03.2023 um 12:50 Uhr Berechnung von } P_{SK} \text{ pro Fläche: } \frac{351000 \frac{J}{m^2}}{600s} \cdot 0,227 \approx 132,8 \frac{W}{m^2}$$

$$\text{Berechnung von } P_{\text{nutzbar}}: 132,8 \frac{W}{m^2} \cdot 0,16\pi m^2 \approx 66,8W$$

$$2. \text{ 17.10.2023 um 12:50 Uhr Berechnung von } P_{SK} \text{ pro Fläche: } \frac{180000 \frac{J}{m^2}}{600s} \cdot 0,227 = 68,1 \frac{W}{m^2}$$

$$3. \text{ Berechnung von } P_{\text{nutzbar}}: 68,1 \frac{W}{m^2} \cdot 0,16\pi m^2 \approx 34,2W$$

An diesen Beispielen lässt sich erkennen, dass ein Solarkocher in Situationen, in denen keine intensive Solarstrahlung vorliegt, nur sehr geringe Leistung nutzen kann. Zudem muss bedacht werden, dass bei diesen Werten Verluste durch verringerte Außentemperaturen sogar noch nicht abgezogen sind, wodurch sich die Nutzung des Kochers über die Periode von einem gesamten Jahr stark beschränkt.

Es muss jedoch auch erwähnt werden, dass der selbstgebaute Kocher durchaus einen soliden Wirkungsgrad besitzt, wenn man ihn mit den Werten des untenstehenden Diagramms (Abbildung 10) vergleicht.

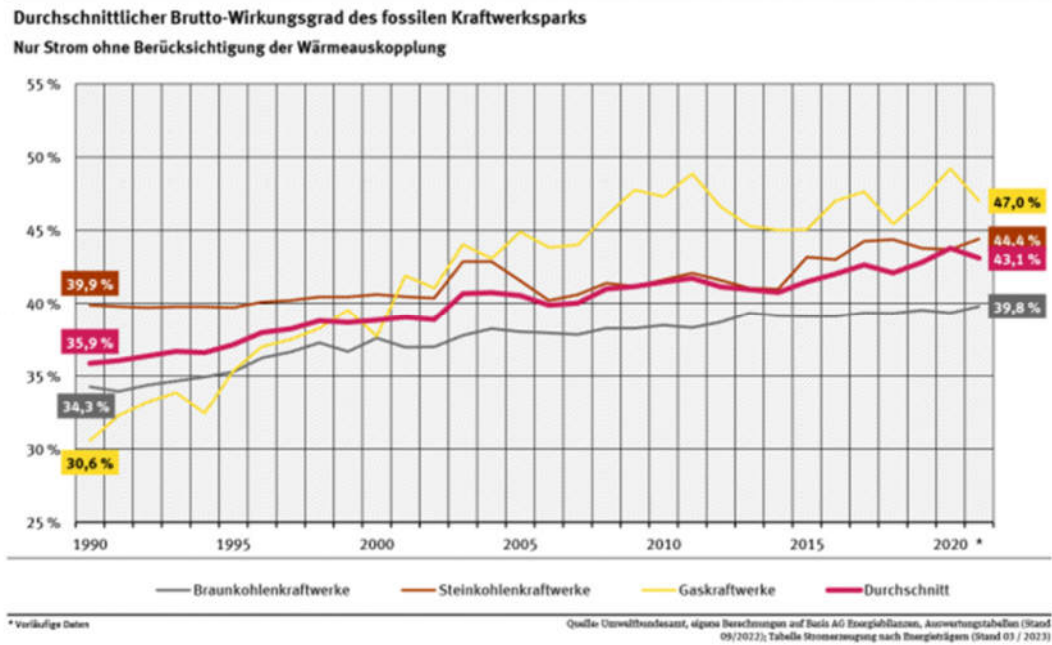


Abbildung 10: Durchschnittlicher Brutto-Wirkungsgrad des fossilen Kraftwerksparks [56]

Zwar liegt der Durchschnitt der Kraftwerkleistung hierbei fast doppelt so hoch, jedoch wurde dabei lediglich der aus dem System austretende Strom berücksichtigt, ohne dass hierbei im Nachhinein auftretende Verluste hinzugezogen wurden.

5 Weiterführende Herausforderungen des Solarkochers

Grundlegende Einschränkungen des Konzepts eines Solarkochers entstehen durch oftmals nicht ideale Strahlungsverhältnisse der Sonne. Diese Einstrahlung soll eine möglichst starke Leistung beinhalten, welche insbesondere durch einen senkrechten Einstrahlungswinkel sowie einen hohen Anteil an direkter Sonneneinstrahlung in ihrem Wert zunimmt. Dies stellt den Winter als Anwendungsperiode in Frage stellt, da unter Umständen nicht nur ein geringerer Einstrahlungswinkel sondern auch vermehrt ungünstige Wetterlagen auftreten. Sprich, sollte keine direkte Sonneneinstrahlung auf den Spiegel treffen, so ist der Solarkocher wertlos und kann seinen Zweck nicht erfüllen. Auch wenn Wolken während des Kochens zwischen Sonne und dem Kocher über den Himmel ziehen und dadurch die Strahlung lediglich in diffuser, also gestreuter Form auf dem Erdboden ankommt, geht aufgrund der unterschiedlichen Ein- und Ausfallswinkel der Punkt der gebündelten Strahlung verloren. In dieser Zeit kühlt sich der zu erhitzende Inhalt eines Gefäßes aufgrund der geringeren nutzbaren Leistung wieder ab, wodurch der Prozess des Kochens bzw. das Erhitzen eines Mediums verlangsamt wird. Dieser Aspekt kann von der Windstärke sowie der Außentemperatur der Umgebung verstärkt werden, indem der Wind die Wärme des Mediums abtransportiert und somit eine Abgabe von thermischer Energie an die Umgebung beschleunigt, während auch eine geringe Außentemperatur für eine stärkere Wärmeabgabe sorgt. Aufgrund dieser Hemmfaktoren lässt sich schließen, dass bereits bewölkte, kühle oder windige Tage die Verwendung eines Solarkochers stark einschränken.

Der flächendeckende Einsatz von Solarkochern erweist sich aufgrund dessen als problematisch, da den wenigsten Haushalten in Deutschland ein Ort zur Verfügung steht, an welchem ständige Windstille herrscht, der groß genug ist, um einen wie in 4.4 ermittelt vergleichsweise großen Solarkocher aufzustellen und der eine uneingeschränkte Ausrichtung zur Sonne ermöglicht. So dürfte es einem Haushalt, welcher maximal einen Balkon zur Platzierung eines Kochers besitzt, unmöglich sein, diesen so aufzustellen, dass durchgehend eine ausreichende Menge an Solarstrahlung auf den Solarkocher trifft.

Neben Herausforderungen, welche sich primär auf die Wechselwirkung zwischen Umgebung und Kocher beziehen, gilt es zusätzlich auch, die Möglichkeit einer aktiven Nutzung des Solarkochers kritisch zu hinterfragen. Unter anderem muss der Kocher durch die stetige Wanderung der Sonne nach einer gewissen Zeit beständig nachjustiert werden, damit sich die Strahlung stets klar im Brennpunkt zusammenschließt. Diese ständige Anpassung sorgt dafür, dass man bei längeren Kochvorgängen das Kochgut nicht für geraume Zeit unbeaufsichtigt lassen kann, da der Spiegel während der Kochzeit öfter aufzusuchen und nachzujustieren ist. Doch nicht nur Vorkehrungen, die während des Kochens vorgenommen werden müssen, sondern auch die gesamten Vorbereitungen kosten einen Nutzer des Solarkochers Zeit. Hierbei ist es relevant, den Kocher zu Beginn der Verwendung bereits auf den Stand der Sonne auszurichten und benötigte Utensilien sowie

Zutaten für ein Gericht schon vor tatsächlicher Benutzung des Solarkochers bereit zu legen, da es sich bei dem neuen Kochort nicht um eine umfangreich ausgestattete Küche handelt sondern man sich komplett außerhalb des Wohnraums befindet. Um den Kocher auch im alltäglichen Betrieb zur Zubereitung unterschiedlicher Gerichte nutzen zu können, ist eine möglichst hohe Stabilität der Konstruktion anzustreben, um beispielsweise auch schwere, volle Töpfe sicher tragen zu können. Die dafür notwendigen Vorkehrungen erhöhen jedoch die Masse des Spiegels samt Gestell, was dazu führt, dass diese schwerer an einen anderen Ort transportiert werden können, sollte sich der Kocher aufgrund der Sonnenwanderung im Laufe des Tages in den Schatten verschieben. Eine weitere Einschränkung findet sich im Hinblick auf das Kochen von verschiedenen Dingen zur selben Zeit. Da hierfür mindestens ein weiterer Kocher benötigt werden würde, erscheint es nicht als sinnvoll, Gerichte mit einem Solarkocher zu kochen, bei welchen mehr als ein Gefäß samt Inhalt zur selben Zeit erhitzt werden sollen. Auch dieser Aspekt trägt daher zu einem Verlust der Flexibilität beim Kochen mit einem Solarkocher bei. Diese universelle Verwendbarkeit schwindet auch in Anbetracht der alltäglichen Struktur des Tagesablaufs vieler Privatpersonen. So kommt es durchaus vor, dass sich Menschen zum Beispiel während des Großteils ihres Tages nicht in ihrem Zuhause aufhalten, ihren Wohnort vor Sonnenaufgang verlassen oder erst nach Sonnenuntergang in diesen zurückkehren. Dies führt zwangsläufig dazu, dass mindestens eine Mahlzeit nicht mehr mit der Hilfe von Sonnenstrahlung gekocht werden kann, wodurch ein kompletter Rückgriff auf solarerwärmtes Essen für die meisten Personen als unrealistisch erachtet werden kann.

6 Diskussion der Ergebnisse

6.1 Praktikabilität

Wie bereits in Kapitel 5 erläutert, ist die Praktikabilität eines Solarkochers in Hinsicht auf den alltäglichen Gebrauch limitiert. Jedoch können manche der in Kapitel 5 genannten Herausforderungen durchaus mit Hilfe von begünstigenden Methoden überwunden werden.

Das Nachjustieren des Kochers und das Mitbringen sämtlicher Utensilien nach draußen erweist sich hierbei als eine vergleichsweise kleine Einschränkung, da man sich beim Kochen trotzdem noch in gut erreichbarbarem Abstand zur eigenen Küche befindet und man zudem beispielsweise mit Hilfe eines Tablets bereits eine große Menge an Benötigtem mit nach draußen nehmen kann. Bei der Komplexität des Nachjustierens wird sich im vorherigen Kapitel ausschließlich auf diesen Prozess beim selbstgebaute Kocher bezogen. Jedoch sind gekaufte Exemplare wesentlich simpler zu bedienen und bilden daher keine große Herausforderung (D. Seifert (persönliche Kommunikation, August 25, 2023)) [28] [31] [32] [33].

Eine Einschränkung, welche sich mit Hilfe von Innovationen und Methoden eliminieren lässt, ist die Tatsache, dass auf einem Kocher stets nur eine Speise zur selben Zeit erhitzt werden kann. Hierbei hat sich das Prinzip der Warmhaltekörbe als Lösung erwiesen, indem diese stark isolierten Körbe unter anderem dazu in der Lage sind, Speisen und Flüssigkeiten für eine geraume Zeit warm zu halten und es so ermöglichen, verschiedene Gerichte nacheinander zuzubereiten, jedoch gemeinsam warm zu servieren (D. Seifert (persönliche Kommunikation, August 25, 2023)) [57]. Zudem können die Isolatoren dazu beitragen, noch nach Sonnenuntergang oder verschlechterten Außenbedingungen sonnengekochtes, warmes Essen zu genießen, welches zuvor zubereitet worden ist. Doch auch wenn diese Warmhalter somit zunächst wie eine ideale Lösung wirken, um den Umstieg auf einen Solarkocher zu realisieren, bestehen weiterhin Herausforderungen. So dauert es trotzdem länger, alle Teilgerichte nacheinander auf derselben solarbetriebenen Herdplatte zu kochen als ein Kochfeld mit mehreren Herdplatten zu verwenden. Außerdem stellen die Körbe für die meisten Personen keine tatsächliche Lösung dar, um durch Solarstrahlung erhitztes Essen auch nach Untergang der Sonne zu genießen, da ein großer Teil der Bevölkerung zu dieser Zeit des Tages, in der die Sonneneinstrahlung ideal wäre, um das Essen zuzubereiten, aufgrund von beispielsweise Arbeit nicht zuhause ist. Das bedeutet, dass sich ein Solarkocher auch mit Hilfe von Methoden, welche es ermöglichen das Erhitzte warm zu halten nicht problemlos in den Alltag der berufstätigen Bevölkerung integrieren lässt. Darüber hinaus ist es möglich, dass auch die Wohnverhältnisse zahlreicher Menschen in Konflikt mit einem solarbetriebenen Kocher stehen. Dies zeigt sich beispielsweise darin, dass es viele Haushalte gibt, die über keinen Balkon verfügen und auch anderweitig keinen Zugang zu einem privaten, sonnenbeschienen Ort besitzen, an welchem sie kochen könnten. Doch auch im Falle eines Balkons oder Gartens, der zur Verfügung

steht, reicht dies in vielen Fällen nicht aus, da eine sehr große freie Fläche nötig ist, um Schatten, welcher im Laufe des Tages beispielsweise durch Anrainerhäuser oder hohe Hecken geworfen wird, zu vermeiden. Außerdem müsste dieser Ort so gelegen sein, dass dort annähernde Windstille herrscht und der Kochprozess somit nicht behindert wird. Die Wahrscheinlichkeit, dass ein Haushalt diese Voraussetzungen erfüllen kann, ist insbesondere in eng bebauten Städten gering. Auch der in Kapitel 5 bereits erwähnte Zusammenhang zwischen Stabilität und Gewicht des Konstrukts macht den Gebrauch eines rollenlosen Exemplars unhandlich, da der Kocher somit jedes Mal getragen werden muss, um seine Grundposition zu verändern.

Bei der mit Abstand gravierendsten Einschränkung bezüglich der Solarkochernutzung handelt es sich jedoch um die außerordentliche Abhängigkeit von den Außenbedingungen. So kann der Kocher nur effektiv genutzt werden, wenn direkte Sonnenstrahlung vorliegt und die Leistung des Kochers zudem nicht durch Wind, Wolken oder eine geringe Außentemperatur reduziert wird. Mit Daten des Deutschen Wetterdienstes lässt sich dies verdeutlichen, indem, wie auf Abbildung 15 (siehe 8.1) ersichtlich, im Jahr 2022 lediglich 2055,3 Sonnenstunden messbar waren, was einem Tagesdurchschnitt von circa 5,6 Stunden mit direkter Sonnenstrahlung entspricht. Weitere Umgebungseinschränkungen sind hierbei noch nicht berücksichtigt. Das Problem bei dieser Art von Einschränkungen besteht darin, dass diese nicht durch den Nutzer beeinflussbar sondern von den klimatischen Verhältnissen gegeben sind. Und auch wenn bereits Methoden vorliegen, welche das Kochen mit einem Solarkocher praktikabler machen können, so ist zum jetzigen Stand die Verwendung nur für eine sehr kleine Bevölkerungsgruppe effektiv zugänglich, wobei auch für diese die Nutzungsmöglichkeit stark von den Außenbedingungen beeinflusst wird. Insgesamt lässt sich die Praktikabilität eines Solarkochers im Alltag der Bevölkerung in Deutschland also als gering einordnen.

6.2 Einsparungsmöglichkeiten am Beispiel eines ausgewählten Gerichts

Dies soll mit Hilfe eines Versuches bestimmt werden, der im Folgenden beschrieben wird und darauf abzielt, das selbe Essen auf zwei unterschiedliche Weisen herzustellen, um zu ermitteln, wie viel Strom und Geld durch den Gebrauch eines Solarkochers gespart werden könnte.

Der erste Schritt der Ermittlung liegt darin, ein geeignetes Gericht zu wählen, welches idealerweise in nur einem Gefäß zubereitet wird, damit man die gesamte Speise gleichzeitig zubereiten kann. Nachdem ein passendes Essen, in diesem Fall Gnocchi in Tomatensauce, gewählt ist, wird dieses auf dem Solarkocher gekocht und die Zeit t_I bis zur Fertigstellung gemessen. Hierbei wird stets darauf geachtet, dass die Außenbedingungen möglichst ideal sind und der Brennpunkt sich durchgehend im Mittelpunkt der „Herdplatte“ befindet. Um dasselbe Gericht nochmals möglichst identisch auf einer Induktionsherdplatte nachkochen zu können, muss genau dokumentiert werden, welche Menge an Zutaten zum Kochen verwendet wird, um ein vergleichbares Ergebnis zu

ermitteln. Um bei der Zubereitung der Speise in der Küche messen zu können, wie viel Strom während des Kochvorgangs verbraucht wird, wird das Essen auf einer einzelnen Induktionsherdplatte gekocht, welche beim Anschließen an das Stromnetz mit einem Leistungsmessgerät gekoppelt ist. Dieses misst, wie viele Kilowattstunden Strom in die Induktionsherdplatte fließen. Auch hier wird die Zeit t_2 gemessen, bis das Gericht fertig ist. Somit kann am Ende des Experiments nicht nur bestimmt werden, wie viel Strom man mit einem Solarkocher einspart, sondern es kann zusätzlich unterschieden werden, wie hoch die Zeitdifferenz zwischen beiden Herstellungsweisen ist. Wenn beide Kochprozesse unter Verwendung gleicher Zutaten und Kochutensilien abgeschlossen sind, kann der final gemessene Wert des Strommessgeräts abgelesen und eine Aussage über die Einsparung getroffen werden.

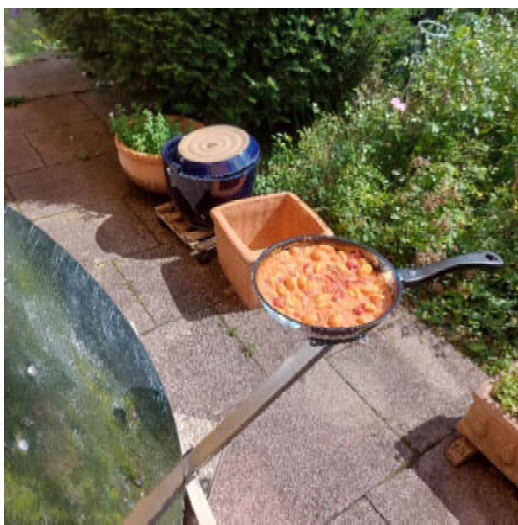


Abbildung 11: Kochen der Gnocchi auf dem Solarkocher [58]



Abbildung 12: Kochen der Gnocchi auf der Induktionsherdplatte [59]

Bei dem Kochen der Gnocchi sind insgesamt 0,16 kWh an elektrischer Leistung geflossen, was bei einem momentanen Wert von circa $32,5 \frac{ct}{kWh}$ für Privathaushalte [60] einer Summe von knapp 5ct entspricht.

Zusätzlich wird der Versuch mit dem Braten eines Spiegeleis sowie dem Kochen von Kaffee wiederholt. Für das Spiegelei ergibt sich so eine Einsparung von 0,07kWh und rund 2,3ct, während es sich beim Kaffeekochen um 0,06kWh und circa 2ct handelt. Wenn man nun vereinfacht davon ausgeht, dass eine Person täglich zum Frühstück einen Kaffee, zum Mittagessen ein Spiegelei und zum Abendessen Gnocchi zubereitet und hierbei die Tage, an denen es die Wettergegebenheiten nicht zulassen, einen Solarkocher zu verwenden, vernachlässigt, so lässt sich pro Kopf jährlich folgender Einsparungsbetrag abschätzen:

$$(0,16 + 0,06 + 0,07)kWh \cdot 32,5 \frac{ct}{kWh} \cdot 365 \approx 3.440ct \approx 34€$$

Da es sich hierbei um keine gravierende Summe handelt und $t_1 = 76\text{min}$ die Kochzeit $t_2 = 14\text{min}$ deutlich überwiegt, erweist sich ein Solarkocher im Hinblick auf eine potentielle Einsparung alles andere als lohnenswert. Zudem muss an dieser Stelle beachtet werden, dass t_1 im Sommer ermittelt wurde, für den der höchste erreichbare Wirkungsgrad des Solarkochers angenommen werden kann. In anderen Jahreszeiten muss aufgrund der verringerten Sonneneinstrahlung und niedrigeren Umgebungstemperaturen mit deutlich höheren Kochdauern und einer geringeren Leistung des Kochers gerechnet werden, sofern dieser überhaupt die notwendigen Temperaturen erreichen kann. Zudem sind in der obigen Rechnung Tage, an denen ein Solarkocher aufgrund von Außenbedingungen überhaupt nicht genutzt werden kann, nicht berücksichtigt. Final lässt sich somit schließen, dass die tatsächlich einsparbaren Kosten in der Praxis deutlich unter dem abgeschätzten Betrag in Höhe von jährlich 34€ pro Person liegen.

6.3 Finales Fazit

Als relevant für die Einordnung des Potentials eines Solarkochers in Mitteleuropa ist zu vermerken, dass es sich bei den gemessenen Daten aus Kapitel 4.4 und 6.2 um Messwerte handelt, welche bei Experimenten mit einem selbstgebauten Kocher ermittelt wurden. Dies lässt Freiraum für die These, dass diese Eigenschaften des Kochers mit weiteren technischen Innovationen verbessert werden können. Jedoch sind auch diese Steigerungen nur bis zu einem gewissen Grad möglich und werden es entsprechend dem momentanen Stand der Technik nicht schaffen, Wirkungsgrad, benötigte Zeit und Einsparungsmöglichkeiten so zu steigern, dass sich ein Solarkocher als stetiger Ersatz für einen gebräuchlichen Herd erweist. Zudem sind die in 6.1 beschriebenen Einschränkungen des Kochers teilweise zu gravierend, um von diesen abzusehen.

Abschließend lässt sich schlussfolgern, dass ein Solarkocher zwar eine nachhaltige Alternative des Kochens bietet und einen positiven Beitrag zur Klimakrise und Ressourcenknappheit darstellt. Zudem ist es eine mögliche Methode, um bei potentiellen Krisen wie Stromausfällen über einen kurzen Zeitraum nicht auf das Kochen verzichten zu müssen, sofern die Außenbedingungen dies zulassen. Jedoch hat sich im Rahmen der Arbeit insbesondere auch gezeigt, dass nach momentaner Entwicklung des Konzepts dieses zu viele gravierende Probleme aufweist und in den Alltag des Großteils der Bevölkerung in Mitteleuropa langfristig nicht zu integrieren ist. Aufgrund dessen muss die zu Beginn gestellte Forschungsfrage, ob es sich als sinnvoll und lohnenswert erweisen würde, das Prinzip des Solarkochers in den Alltag von mitteleuropäischen Haushalten zu übernehmen, verneint werden.

7 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Aufbau und Vorgänge in einer Solarzelle [13]	6
Abbildung 2: Aufbau eines Solarthermie-Flachkollektors [20]	7
Abbildung 3: Direkte Sonneneinstrahlung [22]	8
Abbildung 4: Solarturmkraftwerk [24]	8
Abbildung 5: Aufbau Solarkocher [29]	9
Abbildung 6: Behältnis mit verschiedenen Winkeln zum Boden [35]	11
Abbildung 7: Vergleich von verschiedenen Reflexionsgraden [42]	11
Abbildung 8: Vergleich eines Kugelspiegels mit einem Parabolspiegel [44]	12
Abbildung 9: Strahlungsfokussierung [46]	12
Abbildung 10: Durchschnittlicher Brutto-Wirkungsgrad des fossilen Kraftwerksparks [56]	19
Abbildung 11: Kochen der Gnocchi auf dem Solarkocher [58]	24
Abbildung 12: Kochen der Gnocchi auf der Induktionsherdplatte [59]	24
Abbildung 13: Graph der Messung am 17.08.2023 [61]	33
Abbildung 14: Karte vom 17.08.2023 um 12:50 (UTC + 1) [62]	33
Abbildung 15: Sonnenstunden im Jahr 2022 [63]	34
Abbildung 16: abgeklebte Löcher [64]	35
Abbildung 17: Satellitenschüssel auf Rettungsfolie [65]	36
Abbildung 18: beklebte Satellitenschüssel, versäubert [66]	36
Abbildung 19: Schüssel mit Pumpe in Tülle platziert [67]	37
Abbildung 20: Erzeugen der parabolischen Spiegelfläche [68]	37
Abbildung 21: Lochplatte mit Scharnier und abgefeilten Schrauben [69]	38
Abbildung 22: Scharnier als Verbindung zwischen Arm und Lochplatte [70]	39
Abbildung 23: Schwarze Färbung der Unterseite der "Herdplatte" [71]	39
Abbildung 24: Schrauben auf der Rückseite des Kochers zum präzisen Ausrichten [72]	40
Abbildung 25: Fertiger Solarkocher in finaler Form mit Halterung [73]	40

8 Quellenverzeichnis

- [1] BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.. (2023, März). *Energieeffizienz*. [Energieeffizienz | BDEW](#)
- [2] Umwelt Bundesamt. (2023, Juli 31). Bevölkerungsentwicklung und Struktur privater Haushalte. [Bevölkerungsentwicklung und Struktur privater Haushalte | Umweltbundesamt](#)
- [3] EG Solar e.V.. (o.J.). *Facts & Figures*. Abgerufen 30. Oktober 2023, von [Facts & Figures – EG Solar \(eg-solar.de\)](#)
- [4] Global Solar Atlas. (2023). *Global Solar Atlas*. [Karte]. Karte hergestellt aus Open Street Map Daten. Open Database License ODbL (<https://opendatacommons.org/licenses/odbl/>). [Global Solar Atlas](#)
- [5] Stocker, Y. (2015, Dezember 10). *Energie Sparen mit dem Solarkocher*. Umweltschweiz.ch. [Ratgeber Solarkocher \(umweltnetz-schweiz.ch\)](#)
- [6] ADES Association pour le Développement de l’Energie Solaire Suisse-Madagascar. (o.J.). *Willkommen bei ADES!*. Abgerufen 30. Oktober 2023, von [NGO ADES: Nachhaltig wirksam für Madagaskar \(ades-solaire.org\)](#)
- [7] Umwelt Bundesamt. (2023, Mai 22). *CO₂-Emissionen pro Kilowattstunde Strom stiegen in 2022*. [CO₂-Emissionen pro Kilowattstunde Strom stiegen in 2022 | Umweltbundesamt](#)
- [8] Dr. Paschotta, R. (zuletzt geändert am 2023, August 20). *Sonnenenergie*. RP-Energie-Lexikon. [Sonnenenergie, Solarenergie, Solarthermie, Photovoltaik, Verfügbarkeit, Flächenbedarf, Materialaufwand, graue Energie \(energie-lexikon.info\)](#)
- [9] Biologie-Schule.de. (o.J.). *Photovoltaik*. Abgerufen 30. Oktober 2023, von [Photovoltaik \(biologie-schule.de\)](#)
- [10] Kopetz, H. G. (2022). *Mit der Kraft der Sonne gegen die Klima- und Energiekrise*. (erste Auflage). Braumüller Verlag. S. 123
- [11] Mertens, K. (2022). *Photovoltaik: Lehrbuch zu Grundlagen, Technologie und Praxis*. (6. Auflage). Hanser Verlag.
- [12] Reker, S. (o.J., Juli 15). *Wechselrichter: Photovoltaik-Funktion und Merkmale*. Priwatt. Abgerufen 01. November 2023, von [Wechselrichter-Photovoltaik: Funktion ▷ So arbeitet Dein Mikro-Wechselrichter \(priwatt.de\)](#)
- [13] Quaschnig, V. (2021). *Aufbau und Vorgänge in einer Solarzelle*. [Infografik]. Volker-quaschnig.de. [So funktioniert eine Solarzelle \(volker-quaschnig.de\)](#)

- [14] Dr. Wirth, H. (2020, Juli 28). *Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland*. München.de: Das offizielle Stadtportal. [untitled \(swm.de\)](https://www.muenchen.de/untitled)
- [15] Kopetz, H. G. (2022). *Mit der Kraft der Sonne gegen die Klima- und Energiekrise*. (erste Auflage). Braumüller Verlag. S. 121, 125
- [16] DE.411Answers.com. (o.J.). *Warum Absorbiert Schwarz Licht?*. Abgerufen 30. Oktober 2023, von [Warum absorbiert Schwarz Licht? \(411answers.com\)](https://www.411answers.com/warum-absorbiert-schwarz-licht/)
- [17] Dr. Paschotta, R. (zuletzt geändert am 2023, August 20). *Sonnenkollektor*. RP-Energie-Lexikon. [Sonnenkollektor, Solarkollektor, thermischer Kollektor, Solaranlage, Flachkollektoren, Schwimmbadabsorbermatten, Vakuumröhrenkollektoren \(energie-lexikon.info\)](https://www.energie-lexikon.info/sonnenkollektor)
- [18] Andrews, J.& Jelley N. (2021). *Energy Science: Principles, Technologies, and Impacts*. (4. Auflage). Oxford University Press. S.156
- [19] Turrent, D., Baker, N., Steemers, T.C. & Palz, W. (1987). *Thermische Solarenergie in Europa: eine Evaluierungsstudie*. (erste Auflage). TÜV Rheinland Verlag.
- [20] o.A. (2022). *Aufbau eines Solarthermie-Flachkollektors*. [Infografik]. Heizsparer. [Solarthermie Technik - Infos zu Solarkollektoren, Speicher & CO \(heizsparer.de\)](https://www.heizsparer.de/solarthermie-technik-infos-zu-solarkollektoren-speicher-co)
- [21] Pitz-Paal, R. (2004). Wie die Sonne ins Kraftwerk kommt: Solarthermische Kraftwerke. *Physik in Unserer Zeit (Phiuz)*, 35(1), 12. [Wie die Sonne ins Kraftwerk kommt: Solarthermische Kraftwerke, Physik in Unserer Zeit \(Phiuz\) | 10.1002/piuz.200401030 | DeepDyve](https://www.phiuz.de/2004/01/12/wie-die-sonne-ins-kraftwerk-kommt-solarthermische-kraftwerke-physik-in-unserer-zeit-phiuz/)
- [22] Global Solar Atlas. (2023). *Global Solar Atlas*. [Karte]. Karte hergestellt aus Solargis und Open Street Map Daten. Open Database License ODbL (<https://opendatacommons.org/licenses/odbl/>). [World_GHI_mid-size-map_160x95mm-300dpi_v20230913.png \(1889x1122\) \(worldbank-atlas.s3.amazonaws.com\)](https://atlas.wbans.com/World_GHI_mid-size-map_160x95mm-300dpi_v20230913.png)
- [23] Dr. Paschotta, R. (zuletzt geändert am 2023, August 20). *Solarthermisches Kraftwerk*. RP-Energie-Lexikon. [Solarthermisches Kraftwerk, thermisches Solarkraftwerk, Parabolrinnenkraftwerk, Solarturmkraftwerk, Solar-Stirling-Anlage, Wärmespeicher \(energie-lexikon.info\)](https://www.energie-lexikon.info/solarthermisches-kraftwerk)
- [24] ZAE Bayern, Würzburg. (o.J.). *Solarturmkraftwerk*. [Skizze]. Baunetz_Wissen_. Abgerufen 02. November 2023, von [Solarthermische Kraftwerke | Solar | Solarstrom | Baunetz Wissen \(baunetzwissen.de\)](https://www.baunetzwissen.de/solarthermische-kraftwerke-solar-solarstrom-baunetz-wissen)
- [25] Duree, G. (2012). *Optik für Dummies*. (erste Auflage). WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. S. 88-89

- [26] Seifert, I. (o.J.). *Solares Kochen mit dem Parabol-Kocher*. (erste Auflage). Ohne Verlag. Abgerufen 30. Oktober, von [Impresión de fax de página completa \(eg-solar.de\)](https://www.eg-solar.de/impresion-de-fax-de-pagina-completa) S.39
- [27] Sun And Ice. (o.J.). *Solarkocher*. Abgerufen 30. Oktober 2023, von [Solarkocher zum Kochen, Backen und Grillen \(sun-and-ice.de\)](https://www.sun-and-ice.de/solarkocher-zum-Kochen-Backen-und-Grillen)
- [28] Seifert, D. & Seifert, I. (2013, Mai 12). *100_SunPod_Interview: Imma und Dr. Dieter Seifert – Parabolspiegelkocher* [Interview]. SunPod Der sonnige PodCast: Solarkocher und Elektrofahrzeuge. wtz0nu.podcaster.de/download/100_SunPod_Interview_Imma_und_Dieter_Seifert_Parabolspiegelkocher.mp3
- [29] o.A. (o.J.). [Abbildung des SK 14]. EG-Solar e.V.. Abgerufen 02. November 2023, von [SK14 – EG Solar \(eg-solar.de\)](https://www.eg-solar.de/sk14-EG-Solar)
- [30] EG-Solar e.V.. *Solarkocher*. (o.J.). Abgerufen 30. Oktober 2023, von [Solarkocher – EG Solar \(eg-solar.de\)](https://www.eg-solar.de/solarkocher-EG-Solar)
- [31] EG-Solar e.V.. *Solarkocher*. (o.J.). Abgerufen 30. Oktober 2023, von [Solarkocher – EG Solar \(eg-solar.de\)](https://www.eg-solar.de/solarkocher-EG-Solar)
- [32] Sawarn, H., Shukla, S.K. & Singh Rathore, P.K. (2021). Development in Solar Cooking Technology in the Last Decade: A Comprehensive Review. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1116, 3. [Open Access proceedings Journal of Physics: Conference series \(iop.org\)](https://www.iop.org/conference-series)
- [33] Sun And Ice. (o.J.). *Solarkocher Premium 14*. Abgerufen 30. Oktober 2023, von [Solarkocher Premium14 - Machen Sie Kochen zum Erlebnis \(sunandice.de\)](https://www.sunandice.de/solarkocher-premium14-Machen-Sie-Kochen-zum-Erlebnis)
- [34] Seifert, I. (o.J.). *Solares Kochen mit dem Parabol-Kocher*. (erste Auflage). Ohne Verlag. Abgerufen 30. Oktober, von [Impresión de fax de página completa \(eg-solar.de\)](https://www.eg-solar.de/impresion-de-fax-de-pagina-completa) S.15-16
- [35] Birk, E. (2023). [Skizze der richtigen Einstellung eines Solarkochers].
- [36] Duree, G. (2012). *Optik für Dummies*. (erste Auflage). WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. S. 64
- [37] Hecht, E. (2018). *Optik*. (7. Auflage). Walter de Gruyter GmbH. S. 201
- [38] Pedrotti, F., Pedrotti, L., Bausch, W. & Schmidt, H. (1996). *Optik für Ingenieure: Grundlagen*. (2. Auflage). Springer Verlag. S. 59
- [39] Duree, G. (2012). *Optik für Dummies*. (erste Auflage). WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. S. 65, 87
- [40] Hecht, E. (2018). *Optik*. (7. Auflage). Walter de Gruyter GmbH. S. 205-206

- [41] Pleiger Laseroptik GmbH & Co. KG. (o.J.). *Datenblatt Aluminium mit Schutz*. Abgerufen 01. November 2023, von [Datenblatt-Aluminium-mit-Schutz.pdf \(pleiger-laseroptik.de\)](https://www.pleiger-laseroptik.de/Datenblatt-Aluminium-mit-Schutz.pdf)
- [42] o.A. (o.J.). *Theoretical reflectance spectra for metals*. [Diagramm]. Center for Hyperspectral Photonics at the University of Wisconsin. Abgerufen 02. November 2023, von [Center for Hyperspectral Photonics \(wisc.edu\)](https://www.wisc.edu/Center-for-Hyperspectral-Photonics)
- [43] Bundesamt für Strahlenschutz. (2022, April 08). *Was ist Infrarot-Strahlung?*. [BfS - Was ist Infrarot-Strahlung?](https://www.bfs.de/DE/Themen/Strahlung/Strahlung_infrarot/Strahlung_infrarot_node.html)
- [44] Hecht, E. (2018). Vergleich eines Kugelspiegels mit einem Parabolspiegel. [Skizze]. *Optik*, 7. Auflage, 371.
- [45] Hecht, E. (2018). *Optik*. (7. Auflage). Walter de Gruyter GmbH. S. 373
- [46] Hecht, E. (2018). Strahlenfokussierung durch einen Kugelspiegel. [Skizze]. *Optik*, 7. Auflage, 373.
- [47] Duree, G. (2012). *Optik für Dummies*. (erste Auflage). WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. S. 83-84
- [48] Holzner, S. (2007). *Physik für Dummies*. (2. Auflage). WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. S. 228
- [49] Holzner, S. (2007). *Physik für Dummies*. (2. Auflage). WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. S. 221-224
- [50] LEIFIphysik. (o.J.). *Wirkungsgrad*. Abgerufen 30. Oktober 2023, von [Wirkungsgrad | LEIFIphysik](https://www.leifiphysik.de/Wirkungsgrad)
- [51] Studimup Physik. (o.J.). *Wärme Q in der Physik berechnen*. Abgerufen 30. Oktober 2023, von [Wärme \$Q\$ berechnen - Studimup Physik \(studimup-physik.de\)](https://www.studimup-physik.de/Waerme-Q-berechnen)
- [52] LEIFIphysik. (o.J.). *Spezifische Wärmekapazität*. Abgerufen 30. Oktober 2023, von [Spezifische Wärmekapazität | LEIFIphysik](https://www.leifiphysik.de/Spezifische-Waermekapazitaet)
- [53] Remfort, R. (2017). *Methodisch korrektes Biertrinken...und weitere Erkenntnisse aus einer Nacht mit Physik*. (2. Auflage). Ullstein Buchverlage GmbH.
- [54] Unger, J., Hurtado, A. & Isler, R. (2020). *Alternative Energietechnik*. (6. Auflage). Springer Vieweg. [Alternative Energietechnik | SpringerLink](https://www.springer.com/de/book/9783662598444)
- [55] DWD Deutscher Wetterdienst. (2023). *10-minütige Stationsmessungen der Globalstrahlung in J/cm^2* . [Karte]. Karte hergestellt aus Vermessungsverwaltungen der Länder und Bundesamt für Kartographie und Geodäsie. [Climate Data Center \(dwd.de\)](https://www.dwd.de/DE/Themen/Klima/Globalstrahlung/Globalstrahlung_node.html)

- [56] o.A. (2023). *Durchschnittlicher Brutto-Wirkungsgrad des fossilen Kraftwerksparks*. [Diagramm]. Umweltbundesamt. [Kraftwerke: konventionelle und erneuerbare Energieträger | Umweltbundesamt](#)
- [57] Seifert, I. (o.J.). *Solares Kochen mit dem Parabol-Kocher*. (erste Auflage). Ohne Verlag. Abgerufen 30. Oktober 2023, von [Impresión de fax de página completa \(eg-solar.de\)](#) S.13
- [58] Birk, E. (2023). [Foto vom Gnocchi Kochen auf einem Solarkocher].
- [59] Birk, E. (2023). [Foto vom Gnocchi Kochen auf einer Induktionsherdplatte].
- [60] Statistisches Bundesamt. (2023, September 29). *Presse: Gas- und Strompreise für Haushalte im 1. Halbjahr 2023 deutlich gestiegen*. [Gas- und Strompreise für Haushalte im 1. Halbjahr 2023 deutlich gestiegen - Statistisches Bundesamt \(destatis.de\)](#)
- [61] Birk, E. (2023). [Screenshot von gemessener Temperatur-Zeit-Kurve am 17. August. 2023].
- [62] DWD Deutscher Wetter Dienst. (2023). *10-minütige Stationsmessungen der Globalstrahlung in $\frac{J}{cm^2}$* [Screenshot interaktive Karte]. [Climate Data Center \(dwd.de\)](#)
- [63] DWD Deutscher Wetter Dienst. (2023). *Jährliche Gebietsmittel der Sonnenscheindauer (Jahressumme) in Stunden*. [Karte]. [Climate Data Center \(dwd.de\)](#)
- [64] Birk, E. (2023). [Foto einer Satellitenschüssel mit drei abgeklebten Löchern und einem mit Ventil versehenen Loch].
- [65] Birk, E. (2023). [Foto einer Satellitenschüssel auf einer ausgebreiteten Rettungsdecke].
- [66] Birk, E. (2023). [Foto einer mit Rettungsdecke beklebten und versäuberten Satellitenschüssel].
- [67] Birk, E. (2023). [Foto der beklebten Schüssel bei dem eine Pumpe im Ventil befestigt ist].
- [68] Birk, E. (2023). [Foto von der Erzeugung einer parabolischen Oberfläche].
- [69] Birk, E. (2023). [Foto von einer Lochplatte mit Scharnier und abgefeilten Schrauben].
- [70] Birk, E. (2023). [Foto von einem Scharnier als Verbindung zwischen dem Arm einer Satellitenschüssel und einer Lochplatte].
- [71] Birk, E. (2023). [Foto von einer schwarz angesprühten Lochplatte mit Scharnier].
- [72] Birk, E. (2023). [Foto von den Schrauben auf der Rückseite einer Satellitenschüssel die zum Verstellen dessen Position dienen].
- [73] Birk, E. (2023). [Foto von dem finalen Modell eines selbstgebauten Solarkochers].

9 Anhang

9.1 Daten und Messwerte

Im Folgenden sind Karten des Deutschen Wetterdienstes und die Daten des Experimentes (aus 4.4) dargestellt.

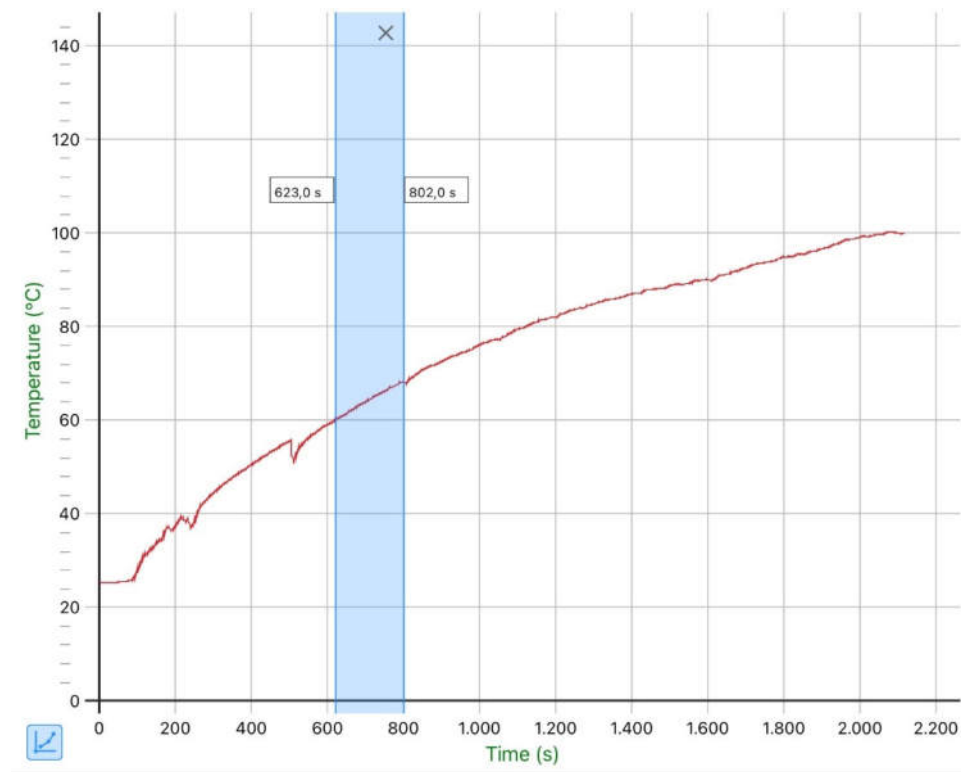


Abbildung 13: Graph der Messung am 17.08.2023 [61]

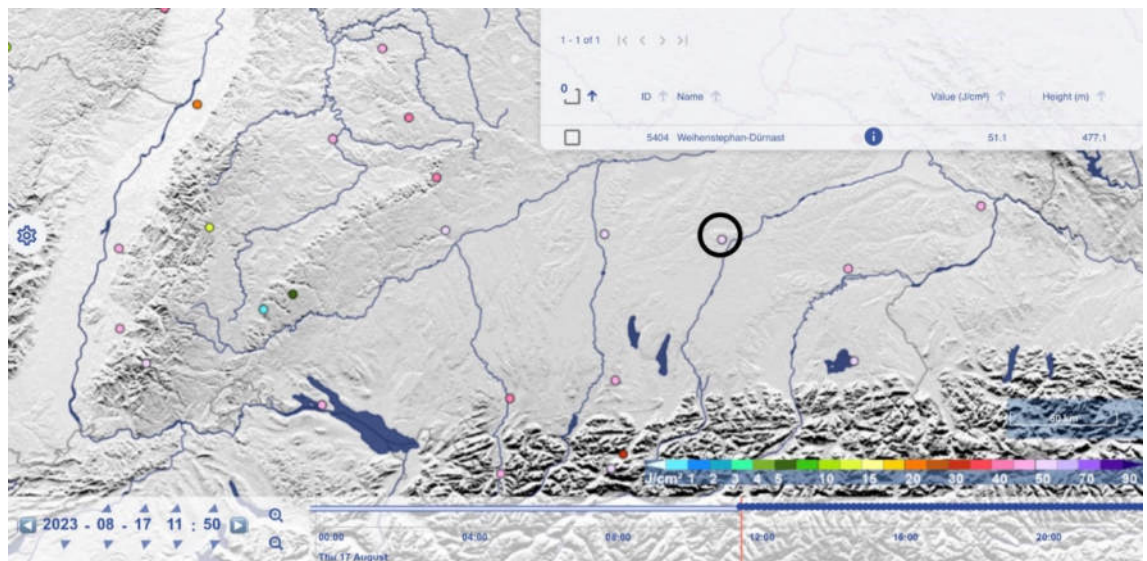


Abbildung 14: Karte vom 17.08.2023 um 12:50 (UTC + 1) [62]

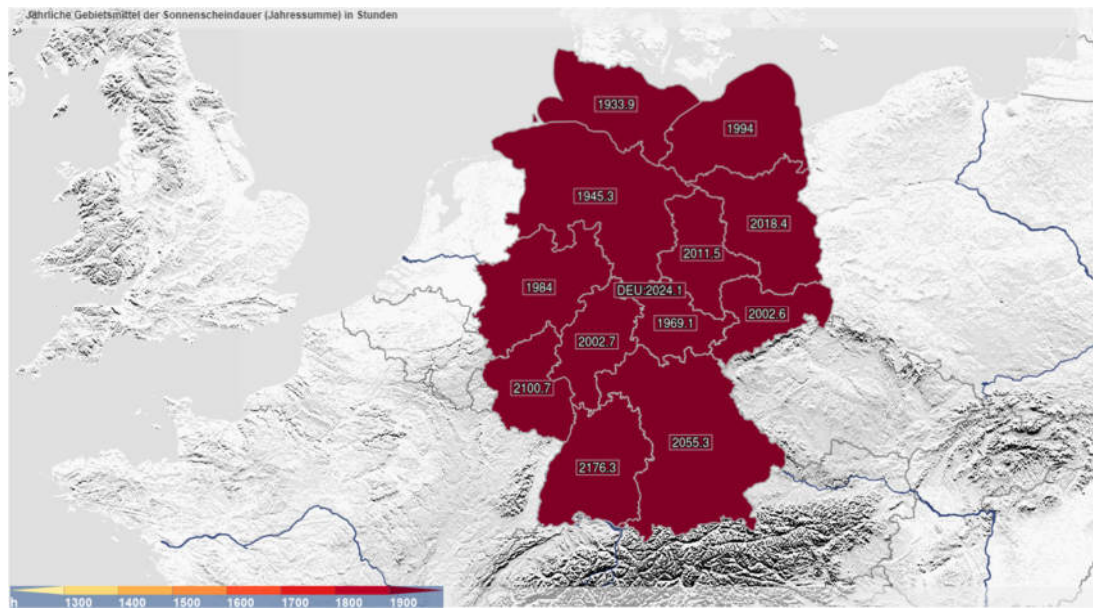


Abbildung 15: Sonnenstunden im Jahr 2022 [63]

9.2 Der Eigenbau eines selbstkonzipierten Solarkochers

9.2.1 Materialien

Eine Satellitenschüssel (idealerweise ein Exemplar, das auf dem Boden steht) samt Gestell → parabolische Form
Sprühkleber (idealerweise hitzebeständig)
Eine mit Aluminium bedampfte Rettungsdecke → Reflektierende Oberfläche mit hohem Reflexionsvermögen [41], welche auf parabolische Form übertragen werden kann
Ein Föhn
Ein weicher Lappen oder Ähnliches
Eine Gummitülle
Eine Luftpumpe, welche auch dazu in der Lage ist, Luft einzusaugen
Eine Eisenlochplatte
Eine matte, schwarze Sprühfarbe (hitzebeständig)
Ein Plattenscharnier (auch aus Eisen)
Werkzeug (Akkuschrauber, Feile, Schrauben, Säge)
Klebeband und Schere

9.2.2 Aufbau

1. Absägen, der Stange, an welcher die Satellitenschüssel befestigt ist, damit sich diese auf einer Höhe befindet, auf der man gut kochen kann. Ohne das Absägen wäre die Satellitenschüssel so weit oben, dass man nicht mehr in den Topf sehen kann. Dieser Schritt hängt jedoch von der genutzten Schüssel ab.
2. Reinigen der Oberfläche der Satellitenschüssel, damit am Ende kein Schmutz oder Ähnliches die glatte Wölbung unterbricht und der Kocher weniger Leistung aufbringt, indem die Strahlung nicht perfekt reflektiert wird.
3. Alle vier Schrauben mittig der Satellitenschüssel lösen und die Halterung der Schüssel entfernen.



4. Drei der entstandenen Löcher mit Hilfe von Klebeband dicht abkleben, im verbleibenden Vierten eine von der Größe passende Gummitülle befestigen, so dass an den Seiten keine Luft vorbeiströmen kann (siehe Abbildung 16).

Abbildung 16: abgeklebte Löcher [64]

5. Die Rettungsdecke auf einer geraden Oberfläche möglichst eben und straffgezogen ausbreiten. Hierbei muss die silberne Seite nach unten gerichtet sein (siehe Abbildung 17).



Abbildung 17: Satellitenschüssel auf Rettungsfolie [65]

6. Einsprühen der Innenseite und des Randes der Satellitenschüssel mit Sprühkleber, der auf glatten Oberflächen haftet nach Anleitung des verwendeten Klebers.
7. Platzieren der Satellitenschüssel mit der Wölbung nach unten auf die ausgebreitete Rettungsdecke. Im Folgenden die überstehenden Enden der Rettungsdecke an den Rand der Schüssel kleben und mit Klebeband an deren Rückseite fixieren. Die überstehende Folie an der Rückseite der Satellitenschüssel kann mit Hilfe einer Schere entfernt werden (siehe Abbildung 18)



Abbildung 18: beklebte Satellitenschüssel, versäubert [66]

8. Das Konstrukt wenden und so platzieren, dass ein Zugang zu sowohl der Ober- als auch der Unterseite der Schüssel möglich ist und den Schlauch der Pumpe in die Tülle stecken, so dass ein abgeschlossener Raum zwischen Oberfläche der Satellitenschüssel und der Rettungsdecke entsteht (siehe Abbildung 19).



Abbildung 19: Schüssel mit Pumpe in Tülle platziert [67]

9. Die Pumpe so einstellen, dass diese Luft aus der Umgebung zieht und beginnen zu pumpen.
10. Dadurch entsteht ein Unterdruck in dem Hohlraum zwischen Folie und Schüssel und die Folie wölbt sich nach innen. Hierbei ist es wichtig, dass die Rettungsdecke stets mit der warmen Luft eines Föhns erwärmt wird, damit die Folie dehnbarer wird und nicht reißt. Zudem ist es relevant, die Folie mit einem weichen Tuch oder Ähnlichem, vom Rand der Schüssel kommend, stets an die Satellitenschüssel und die Kleberschicht zu drücken (siehe Abbildung 20).



Abbildung 20: Erzeugen der parabolischen Spiegelfläche [68]

11. Hierbei muss darauf geachtet werden, dass keine Blasen, Falten oder andere Unebenheiten in der Oberfläche der Folie entstehen. Aufgrund dessen ist es auch relevant, dass es sich um ein weiches Tuch handelt, da ein hartes, festeres Tuch für Kratzer innerhalb der Spiegeloberfläche sorgen kann, wenn damit zu hoher Druck auf die Rettungsdecke ausgeübt wird.
12. Wenn die Rettungsdecke an der gesamten Oberfläche der Satellitenschüssel angedrückt ist, kann das Klebeband auf den drei Löchern, die Pumpe sowie die Tülle aus dem vierten nach kurzem Trocknen entfernt werden und die vier Schrauben erneut durch die vorgesehenen Löcher gedreht werden. Die fertige Schüssel wird dann erneut auf die ursprüngliche Halterung montiert.
13. Im Folgenden wird der Arm der Satellitenschüssel aus der Halterung genommen und von dem Bogen für die Befestigung der Satellitenempfangsgeräte am Ende der Stange befreit.
14. Zudem wird die Lochplatte mit Hilfe eines Akkuschraubers und passenden Schrauben auf einer Seite des Scharniers befestigt und die Schraubenköpfe, welche über die Eisenlochplatte hinaussten, abgefeilt, damit eine glatte Oberfläche entsteht.



Abbildung 21: Lochplatte mit Scharnier und abgefeilten Schrauben [69]

15. Der Bolzen innerhalb des Scharniers muss zudem mit einer Flügelschraube ersetzt werden, damit die Lochplatte in verschiedenen Winkel festgestellt werden kann.

16. Die andere Seite des Scharniers wird dann in den Hohlraum des Satellitenschüsselarms gelegt und mit Hilfe von Schrauben so an diesem befestigt, dass die Lochplatte zur Spiegeloberfläche zeigt, wenn man den Arm wieder in seine Halterung gibt.



Abbildung 22: Scharnier als Verbindung zwischen Arm und Lochplatte [70]

17. Nach Fertigstellung dieses Teils des Solarkochers werden die Teile der Lochplatte und des Scharniers, welche nach unten zeigen, nach Anleitung der verwendeten Farbe mit schwarzer, matter und hitzebeständiger Farbe eingesprüht, wodurch die Lochplatte keine Strahlung reflektiert, sondern sie sehr gut absorbieren kann [16]. Das ist wichtig, da sich die Lochplatte bei Verwendung des Kochers genau im Brennpunkt befinden muss und somit als „Herdplatte des Solarkochers“ fungiert. Sie soll somit alle auftreffende Strahlung aufnehmen und nicht zurückwerfen, da die Leistung des Kochers ansonsten reduziert würde.

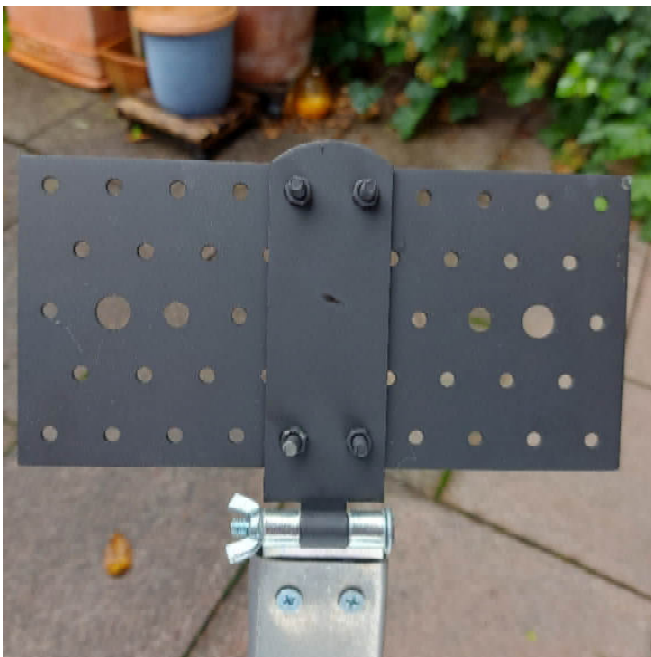


Abbildung 23: Schwarze Färbung der Unterseite der "Herdplatte" [71]

18. Der letzte Schritt, welcher erfolgen muss, ist den Kocher auf die Sonne passend einzustellen. Hierbei muss die Herdplatte parallel zum Boden ausgerichtet sein, während der Parabolspiegel so gekippt sein muss, dass die Spiegeloberfläche senkrecht zur vorherrschenden Sonnenstrahlung steht. Die Neigung der Satellitenschüssel nach hinten beziehungsweise vorne ist hierbei durch eine im Gestell bereits enthaltene Schraube möglich.



Abbildung 24: Schrauben auf der Rückseite des Kochers zum präzisen Ausrichten [72]

19. Der Arm ist fest auf einen Winkel eingestellt, der sein oberes Ende in die Nähe des Brennpunkts der Schüssel bringt.



Abbildung 25: Fertiger Solarkocher in finaler Form mit Halterung [73]

10 Erklärung der selbstständigen Verfassung der Arbeit

Ich erkläre, dass ich die Seminararbeit ohne fremde Hilfe angefertigt und nur die im Literaturverzeichnis angeführten Quellen und Hilfsmittel benutzt habe.

Neubiberg, den

.....

Unterschrift