

ESS

-

energy saving star



Henri Weiler & Jenna Wegmann

Kurzfassung

Kinderteller für Babybrei haben oft Stege, um das Essen aufteilen zu können. So kühlt es recht schnell ab.

Wir dachten uns, dass die Oberfläche damit zu tun haben könnte und es auch anders herum - also das Erwärmen - schneller gehen müsste. Dadurch würde Strom gespart.

Unser Ziel ist es, einen Stern aus lebensmittelechtem Silikon (zunächst das Modell) zu entwickeln, der die innere Oberfläche des Essens vergrößert, so dass es insgesamt in der Mikrowelle schneller erhitzt werden kann. Diesen Effekt wollen wir in einer Versuchsreihe nachweisen.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	4
2. Vorgehensweise, Materialien und Methoden.....	5
2.1 Theoretische Grundlagen.....	5
2.1.1 Zu Oberflächen.....	5
2.1.2 Die Funktionsweise einer Mikrowelle.....	6
2.2 Messreihen-Design.....	9
3. Ergebnisse.....	10
4. Ergebnisdiskussion.....	11
4.1 Das Versuchsdesign im Hinblick auf Vorannahmen.....	11
5 Zusammenfassung und Ausblick.....	14
6 Quellen- und Literaturverzeichnis.....	14
7 Unterstützungsleistungen.....	15

1. Einleitung

Strom sparen – wichtiger denn je.

Beim Mittagessen kam die Frage auf, warum Essen schneller abkühlt, wenn man es auf dem Teller verteilt. Auch Teller für kleinere Kinder haben häufig Stege.

So kamen wir auf das Thema Oberflächenvergrößerung. Dieses Prinzip findet sowohl in der Natur vielfach Anwendung (Lungen, Aufbau aus Zellen...) als auch – daraus abgeleitet – in der Technik (Wärmetauscher). Also haben wir uns gedacht, dass das Essen doch auch schneller heiß werden müsste, wenn man einen entsprechend konstruierten Teller hätte. Die Oberfläche des zu erwärmenden Gerichts würde so vergrößert und die Mikrowellen können besser eindringen.

„Da könnte man doch ein SchüEx-Projekt draus machen.“

Doch immer das Essen von einem speziellen Teller in einen „normalen“ umzufüllen, erschien uns zu umständlich. Wir sahen uns in der Küche um und bemerkten allerlei Silikon-Helfer (Löffelablage, Hitzehandschuhe, Backförmchen...). So kamen wir auf eine einsetzbare Form, die den gleichen Effekt hat wie Stege auf dem Teller.

Unser, aus einem lebensmittelechten Material hergestellten (Silikon), ESS – energy saving star ist eben diese Idee. Durch die Form bspw. eines Sterns wird die Oberfläche des zu erwärmenden Gerichts vergrößert. Durch die vergrößerte Oberfläche soll das Gargut schneller erhitzt werden, da die Mikrowellenstrahlen eher eindringen.

So weit die Theorie.

Zunächst galt es aber herauszufinden, wie eine Mikrowelle überhaupt funktioniert und ob es tatsächlich einen Unterschied macht, wenn man einen Gegenstand in das Gericht legt. Hierzu führten wir Messreihen durch, die darüber Aufschluss geben sollten.

Damit lautet unsere Forschungsfrage:

„Kann beim Erhitzen von Essen in der Mikrowelle Energie eingespart werden, wenn man die Oberfläche des Gerichts durch ein Objekt vergrößert?“

2. Vorgehensweise, Materialien und Methoden

2.1 Theoretische Grundlagen

2.1.1 Zu Oberflächen

Ein Würfel hat 6 Flächen doch wenn man ihn in der Mitte teilt, bekommt er noch zwei Flächen dazu, die bisher sozusagen in der Mitte aufeinander lagen (vgl. Abbildung 1 → rote Kanten). Somit hat er bei gleichem Volumen eine größere Oberfläche. In unserem Beispiel verwenden wir einen Quader mit der Kantenlänge 2.

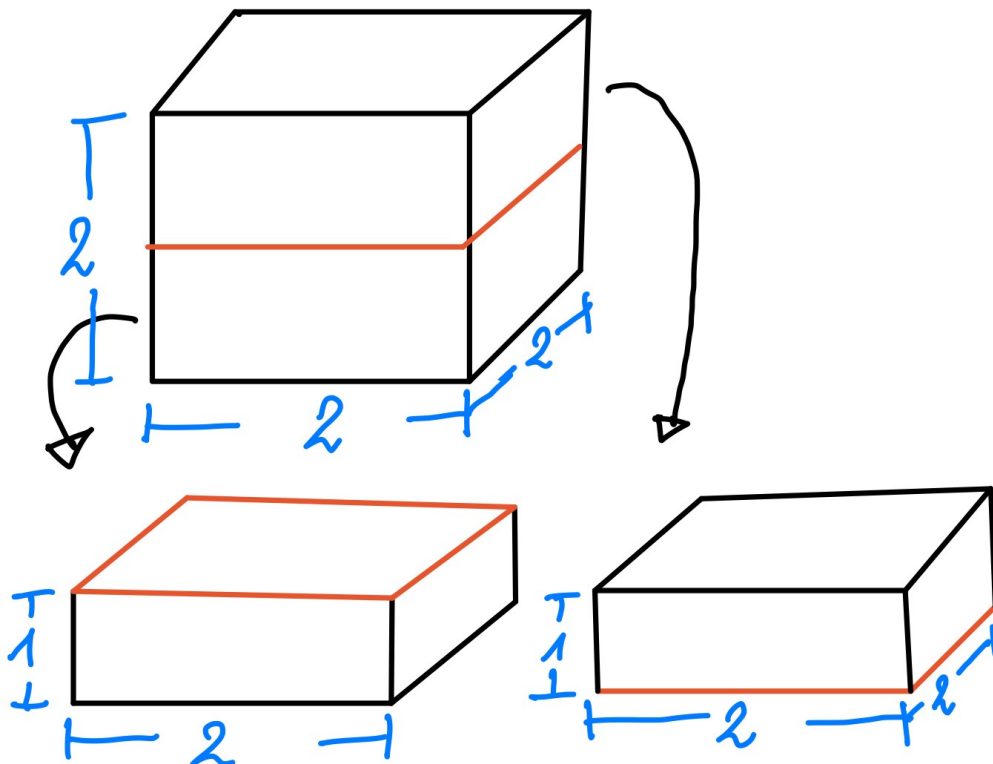


Abbildung 1: Die Teilung eines Würfels vergrößert seine Oberfläche

Man kann die Oberfläche eines Würfels berechnen, indem man die Kantenlänge einer Kante (2, hier als nicht näher definierte Einheit) mit der Kantenlänge einer zweiten Kante, die die Fläche (A) begrenzt, multipliziert.

In unserem Beispiel also $A = 2 * 2 = 4$

Damit hat der Würfel bei 6 Flächen also eine Oberfläche von $A = 4 * 6 = 24$

Teilt man den Würfel nun genau mittig, entstehen zwei neue Flächen (rote Kanten), die die gleiche Oberfläche haben, wie die Grundfläche des Quaders.

Also: $A = 4 \cdot 8 = 32$

Schneidet man den Würfel öfter, wird die Gesamtoberfläche durch jeden Schnitt um zwei weitere Flächen mit $A = 4$ vergrößert.

Dies macht man sich, wie in der Einleitung beschrieben, zu Nutze, wenn Babynahrung schnell auf essbare Temperatur abgekühlt werden soll. Man vergrößert die Oberfläche, so dass Wärme schneller abgegeben wird.

Dies ist u.a. auch der Grund, warum gleichwarme Säugetiere (z.B. Wale), die im Meer leben, eine eher ovale Form haben. Dies ermöglicht neben einem geringeren Wasserwiderstand eben auch eine reduzierte Wärmeabgabe ans Wasser über die vergleichsweise kleine Oberfläche.

Durch den ESS - energy saving star wird die Oberfläche des zu erwärmenden Gerichts vergrößert, da jeder der Zacken zwei eigene Flächen hat und zu der Oberfläche des Essens dazugerechnet wird. Dadurch wird die Oberfläche vergrößert, was in der Mikrowelle bedeutet, dass die Mikrowellen mehr Fläche zum Eindringen haben.

2.1.2 Die Funktionsweise einer Mikrowelle¹

Eine Mikrowelle braucht keinen Kontakt zu einer wärmenden Quelle, da die Mikrowellen die einzelnen Wassermoleküle hin und her bewegen, wodurch Reibung entsteht, die sich in Hitze bemerkbar macht. Wassermoleküle sind elektrisch unausgewogen, was bedeutet, dass sie einen positiven und einen negativen Teil haben. Dies nennt man Dipol („zwei Pole“).

Mikrowellen erzeugen ein elektrisches Feld, das die Wassermoleküle in Rotation versetzt da auf beiden Seiten des Wassermoleküls unterschiedliche Kräfte wirken, wodurch das Molekül versucht sich wie eine Kompassnadel auszurichten, was bei einem ständig wechselnden Feld zur Rota-

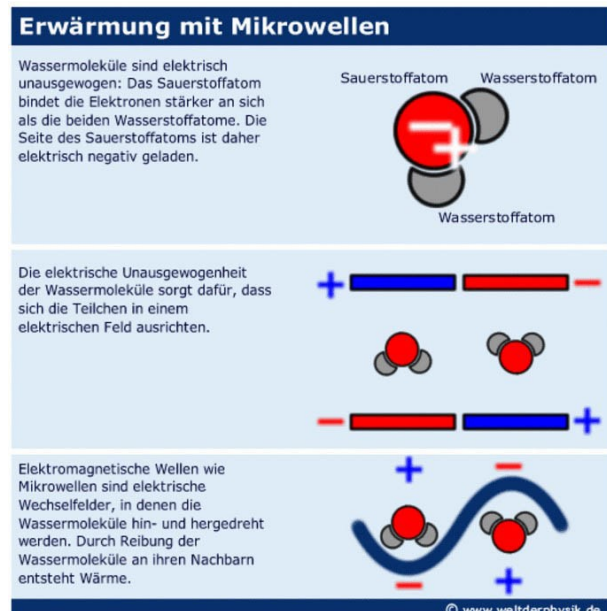


Abbildung 2: Funktionsweise von Mikrowellen

1 https://www.tugraz.at/fileadmin/user_upload/Institute/IEP/Thermophysics_Group/Files/Experimente_mit_der_Mikrowelle_-_Jannach_Andreas.pdf

tion führt. Wenn die Wassermoleküle also genug Platz zum Rotieren haben aber dennoch einigermaßen dicht gepackt sind, wie es in Wasser der Fall ist, reiben sie bei Rotation aneinander und es entsteht Wärme. Daher können Mikrowellen am besten flüssiges Wasser erhitzen bzw. Essen, das Wasser enthält.

Beim Erhitzen eines Gerichts in der Mikrowelle kann es dazu kommen, dass manche Stellen des Gerichts kälter oder wärmer sind als andere. Dies liegt daran, dass sich an manchen Stellen sogenannte „Hot Spots“² befinden, die die stehende Mikrowelle im Inneren des Geräts erzeugt.

Es gibt allerdings zwei Lösungen für dieses Problem:

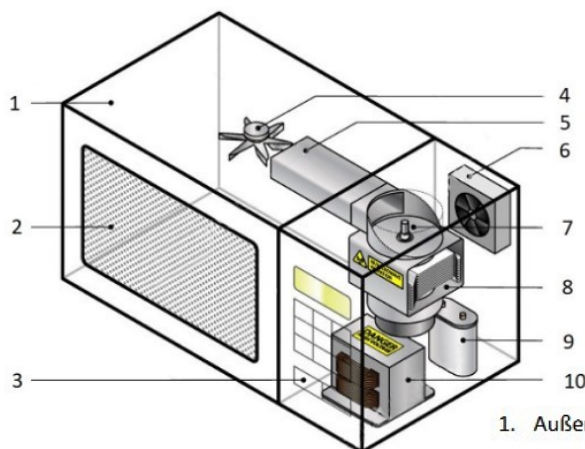
1. Der „Stirrer“

Es handelt sich um eine metallene Schlaufe, die wie ein Mikrowellen-Quirl das elektrische Feld der Wassermoleküle in Unordnung bringt (als würde man Umrühren)

2. Der Drehteller

Der Drehteller dreht das Gericht, wodurch immer wieder neue Teile des Gerichts an den Hot Spots vorbeikommen und erhitzt werden.

Aufbau



Die Mikrowellen selbst werden vom sogenannten Magnetron (8) erzeugt. Darin entstehen Mikrowellen, indem Elektronen sich im Kreis bewegen und so an metallischen Kammern vorbeikommen in denen sich Strahlung bildet. Die Elektronen werden wiederum von der sogenannten „Glühkathode“ gebildet.

Abbildung 3: Mikrowellenherd

1. Außengehäuse, dahinter im Inneren befindet sich der Garraum
2. Klapptüre mit Sichtfenster
3. Bedienfeld
4. Reflektor Flügel
5. Wellenleiter
6. Kühlung bzw. Gebläse
7. Antenne bzw. Mikrowellensender
8. Magnetron
9. Kondensator
10. Elektronik und Transformator

2 https://www.tugraz.at/fileadmin/user_upload/Institute/IEP/Thermophysics_Group/Files/Experimente_mit_der_Mikrowelle_-_Jannach_Andreas.pdf

Durchs Erhitzen der negativ geladenen Glühkathode werden dort Elektronen gebildet, die zur positiv geladenen Außenwand beschleunigen. Gleichzeitig wirkt ein Magnetfeld auf die Elektronen ein, sodass diese sich im Kreis um die in der Mitte liegende Glühkathode bewegen. Die Außenwände haben Hohlräume und immer wenn ein Elektron an einem dieser Hohlräume vorbeikommt, wird darin ein elektromagnetisches Feld erzeugt.

Dieses Feld beschleunigt manche Elektronen und verlangsamt andere, wodurch sich Gruppen von langsamen und Gruppen von schnelleren Elektronen bilden, die die Mikrowellenerzeugung wiederum verstärkt. Doch da ein Magnetron nicht alle Energie in Mikrowellen umwandelt, werden nur 60-80% durch eine Antenne (7) nach draußen geleitet.

Ein Mikrowellenherd erzeugt Mikrowellen mit einer Länge von ca. 12 Zentimetern was 2,455 Milliarden Schwingungen in der Sekunde entspricht [2455 MHz].



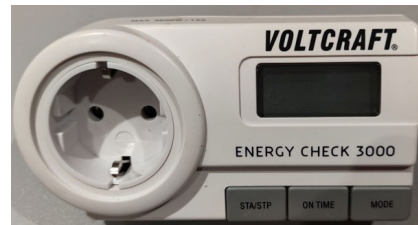
Abbildung 4: Das Typenschild unserer Mikrowelle mit 2450 MHz

2.2 Messreihen-Design

Um die Ergebnisse miteinander vergleichen zu können, haben wir uns zunächst überlegt, wie der Versuch aussehen müsste, damit möglichst wenige Einflussfaktoren unsere Ergebnisse beeinflussen. Für die Versuche haben wir zunächst eine einfache Kaffetasse verwendet. Den Stern wollen wir bis zum Wettbewerb designen und drucken.

Folgende Bedingungen haben wir eingehalten:

- stabiler Stand der Mikrowelle
- Vermeidung von Verwackelungen beim Einsetzen der Schalen
- Messung des Wasservolumens mit der Küchenwaage, um gleiches Volumen (300 ml bzw. g) zu garantieren, auch wenn die Schalen unterschiedliche schwer sind
- möglichst stabile Raumtemperatur
- Bereitstellung des Versuchswassers in Eimern, damit es sich an die Raumtemperatur anpasst
- Verwendung des gleichen Thermometers
- 30 Sekunden Laufzeit pro Messung bei 700 Watt (Ausgabeleistung des Mikrowellenherds auf höchster Stufe) und Messung der Leistungsaufnahme mit dem Wattmeter (Voltcraft Energy check 3000)
- Messung der Temperatur an einer definierten Stelle in der Flüssigkeit



Die Darstellung der Ergebnisse wird mit LibreOfficeCalc durchgeführt. Die Messwerte werden dabei in einer Tabelle notiert und die Ergebnisse in Form eines Liniendiagramms dargestellt.

3. Ergebnisse

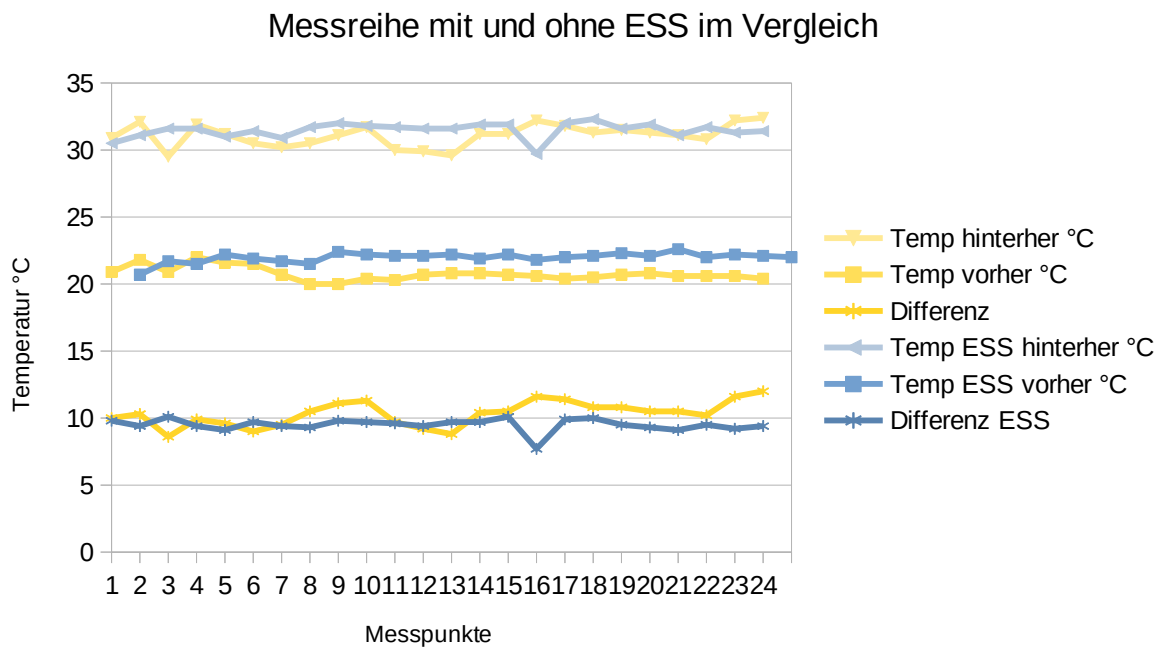


Diagramm 1

Die Temperatur vor und nach der Erhitzung ist bei beiden Ansätzen sehr ähnlich. Ein deutlicher Unterschied ist nicht feststellbar. Tatsächlich ist die Differenz beim Ansatz mit ESS (dunkelblaue Kurve) sogar geringer, als beim Ansatz ohne (dunkelgelbe Kurve).

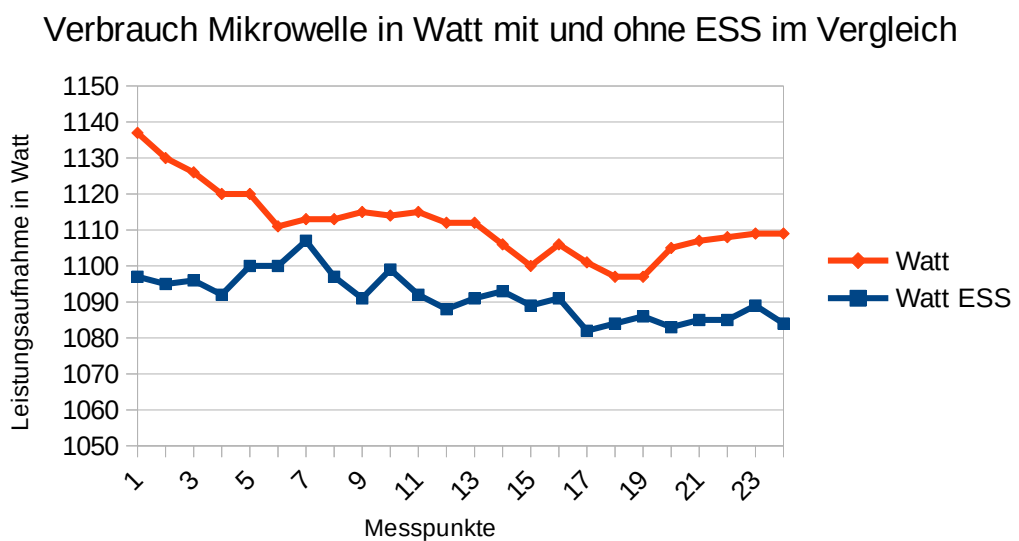


Diagramm 2

Der gemessene Verbrauch mit dem Wattmeter ergab eine Ersparnis von durchschnittlich 20 Watt (Mittelwert ohne ESS 1111 Watt; Mittelwert mit ESS 1091 Watt). Dies entspricht der Leistung, die die Glühbirne im Inneren des Geräts benötigt.

Damit ist die Forschungsfrage...

„Kann beim Erhitzen von Essen in der Mikrowelle Energie eingespart werden, wenn man die Oberfläche des Gerichts durch ein Objekt vergrößert?“

... zunächst beantwortet.

„Ein Objekt zur Vergrößerung der Oberfläche von Gerichten, die in der Mikrowelle erhitzt werden, bringt keine signifikante Energieersparnis.“

Das ist nicht das erhoffte Ergebnis.

Im folgenden Kapitel wird es darum gehen, welche Bedingungen zu diesem Ergebnis geführt haben könnten.

4. Ergebnisdiskussion

4.1 Das Versuchsdesign im Hinblick auf Vorannahmen

Bei der Recherche zur Funktionsweise einer Mikrowelle ist von sogenannten „Hot Spots“ die Rede (vgl. Kapitel 2.1.2). In diesen Zonen ist die zu erwartende Erhitzung also am höchsten. Da dies aber durch „Stirrer“ und Drehteller minimiert wird, schließen wir diesen Punkt als Fehlerquelle aus. Auch verwenden wir reines Wasser, wodurch gleichmäßiger Hitze verteilt werden kann und entsteht, als wenn Fleischstücke oder Gemüse wie bei Suppen darin wären (geringerer Wassergehalt).

Es wäre aber denkbar, dass beim Messen mit dem Thermometer nicht immer exakt die gleiche Position im Wasser eingenommen wurde, so dass sich geringe Temperaturschwankungen im Wasserkörper auf die Ergebnisse auswirken könnten. Da wir aber viele Messungen durchgeführt haben, müsste dies für alle Versuche im Mittel etwa gleich sein, was auch der Fall ist.

Bei der 16. Messung (vgl. erste Kurve Kapitel 3) könnte dies passiert sein, so dass sich ein deutlich abweichendes Ergebnis zeigte. Die bei weitem meisten Ergebnisse zeigten aber ähnliche Werte, weswegen wir das nicht für ausschlaggebend halten.

Es wäre ebenso möglich, dass die Vergrößerung der Oberfläche durch die verwendete Tasse sogar eher dazu führt, dass das Wasser bei Entnahme aus der Mikrowelle wieder schneller abkühlt, eben weil die Oberfläche vergrößert ist. Dies könnte die insgesamt geringere Temperaturdifferenz bei Verwendung des ESS erklären (vgl. dunkelblaue Kurve Diagramm 1)

Dann haben wir im Text über die Eigenschaften der Mikrowellen gelesen, dass sie die meisten Stoffe (bis auf u.a. Metall) durchdringen. Damit würden sie auch den ESS durchdringen, als wäre er gar nicht da. Im Nachhinein erscheint uns das auch logisch, da man ja auch Essen in geschlossenen Tupperdosen erhitzen kann, die aus einem ähnlichen Material sind.

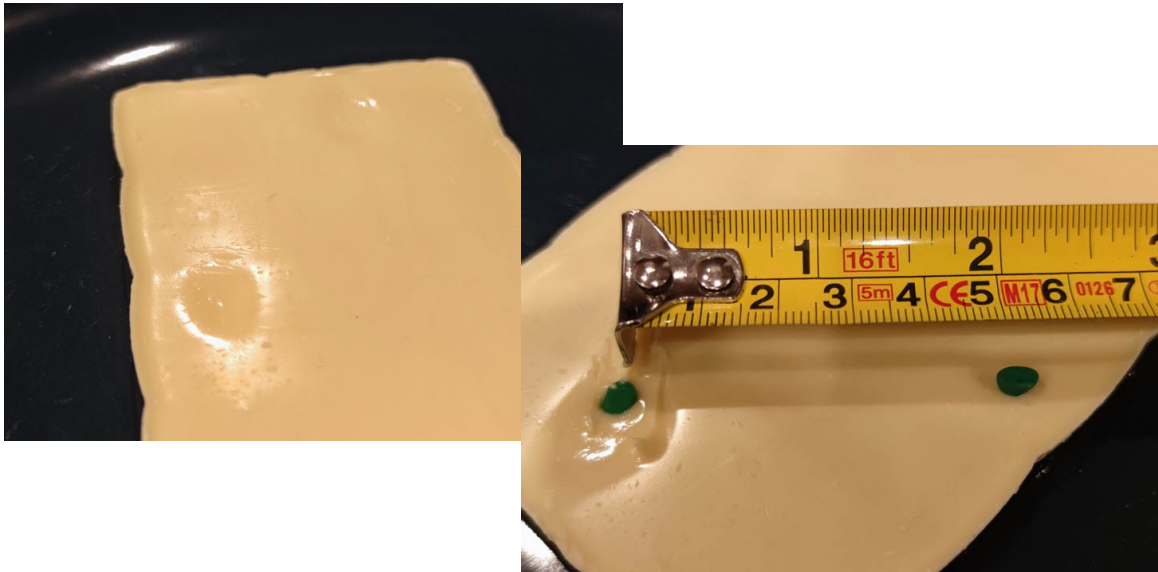
Dann haben wir uns darüber weiter informiert und sind auf einen Schulversuch gestoßen, den wir als Überprüfung durchgeführt haben:

„Durchdringen Mikrowellen Keramik bzw. Plastik?“

Der Versuch wird eigentlich gemacht, um die Wellenlänge von Mikrowellen nachzumessen und indirekt auch die Lichtgeschwindigkeit auszurechnen, indem man eine Tafel Schokolade ohne Drehteller in die Mikrowelle legt.

Wir fanden den aber geeignet, weil man eben die Hot Spots damit zeigen kann, was gleichzeitig auch zeigen würde, dass es kaum eine Rolle spielt, was man den Mikrowellen in den Weg stellt, sie gehen einfach durch. Das heißt natürlich nur dann, wenn der Versuch bei abgedeckter Schokolade erfolgreich wäre.





Der Versuch funktioniert tatsächlich sehr gut und zeigt, wo sich die Hot Spots befinden. Nämlich da, wo die Schokolade geschmolzen ist. Im untersten Bild haben wir das mit kleinen Knetekügelchen markiert. Die Mikrowellen dringen also problemlos durch Keramik.

Was bedeutet das jetzt für unser Versuchsergebnis?

Wie man in den Messwerten sehen kann (vgl. Kapitel 3), ist die Temperaturdifferenz ja sogar noch kleiner mit ESS als ohne. Wenn man jetzt bedenkt, dass Mikrowellen gut durch das Material kommen, dann könnte es sogar sein, dass die vergrößerte Oberfläche sogar eher dazu geführt hat, dass das Wasser schneller abgekühlt ist, als ohne ESS. Eben weil die Oberfläche ja größer ist, wie man es auch macht, um Baby-nahrung schneller abzukühlen.

Um der Ursache aber genauer auf den Grund gehen zu können, müssten und wollen wir weitere Versuche machen.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Am Anfang haben wir besprochen wie der ESS funktionieren soll. Er müsste das Essen schneller erwärmen lassen, dadurch dass die Oberfläche größer ist.

Dann haben wir uns überlegt, wie man das im Experiment überprüfen könnte. Nachdem das Design klar war, haben wir die Messreihe durchgeführt. Mit den Ergebnissen haben wir dann das Liniendiagramm erstellt und längere Zeit darüber gesprochen, wie es zu den unerwarteten Ergebnissen kommen konnte.

Es hat zwar nicht geklappt, aber auf dem Weg zum Ergebnis haben wir eine ganze Menge gelernt und hatten auch Spaß. Wir können jetzt besser mit LibreOffice Calc und LibreOffice umgehen und wissen, wie man Versuche plant. Etwas überraschend war, dass die Besprechung der Ergebnisse fast noch länger gedauert hat, als das richtige Experiment.

Für die Zukunft überlegen wir, das Versuchsdesign weiter zu verbessern oder durch kleinere Versuche genauer herauszufinden bzw. nachzuweisen, wie es zu den Ergebnissen gekommen sein könnte.

Auch wollen wir den ESS mit dem 3D-Drucker unserer Schule drucken. Dafür haben wir schon eine Anleitung bei youtube gefunden, wie man das mit FreeCAD machen kann.

6 Quellen- und Literaturverzeichnis

<https://www.weltderphysik.de/thema/hinter-den-dingen/mikrowellenherd/>

https://www.tugraz.at/fileadmin/user_upload/Institute/IEP/Thermophysics_Group/Files/Experimente_mit_der_Mikrowelle_-_Jannach_Andreas.pdf

7 Unterstützungsleistungen

Unser Projektbetreuer Herr Weiler hat uns von der Idee bis zur Fertigstellung der Arbeit unterstützt. Er hat uns gezeigt, wie man mit LibreOfficeCalc Daten darstellt und uns kritische Fragen gestellt, was manchmal etwas anstrengend war, wodurch wir aber unseren Versuch sehr verbessert haben. Außerdem hat er uns bei der Formulierung und der Formatierung der schriftlichen Arbeit geholfen.

Sonst hatten wir keine Hilfe.

Jenna Wegmann

Henri Weiler