



Maturaarbeit 2009 im  
Fach Biologie an der  
Kantonsschule Sursee

# Der Einfluss von Handystrahlen auf das Wachstum von Gartenkresse (*Lepidium sativum L.*)



Autor:  
Gisela Ledergerber, 6e  
Murerhüsli 10  
6214 Schenkon



Betreuer:  
Konstanze Mez  
Dreilindenstr. 75d  
6006 Luzern

## Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	1
1. Einleitung.....	3
1.1. Persönliche Motivation.....	3
1.2. Elektromagnetische Strahlen: Ein kurzer Überblick.....	3
1.2.1. Handystrahlen.....	4
1.2.2. Faradayscher Käfig.....	5
1.2.3. Schutzkleber gegen elektromagnetische Strahlung.....	5
1.3. Gartenkresse.....	5
1.4. Ziele und Hypothesen.....	5
2. Material und Methoden.....	6
2.1. Verwendete Gartenkresse.....	6
2.2. Verwendetes Handy.....	6
2.3. Bau des Faradayschen Käfigs.....	6
2.4. Anordnung der Watterondellen im Faradayschen Käfig.....	7
2.5. Licht.....	8
2.6. Quellen und Verteilen der Gartenkressesamen.....	8
2.7. Kontrollen.....	9
2.8. Erste und zweite Versuchsanordnung.....	11
2.9. t-Test.....	11
3. Resultate.....	12
3.1. Erster Versuch – erste Durchführung.....	12
3.2. Erster Versuch – zweite Durchführung.....	13
3.3. Erster Versuch – Vergleich der Durchführungen.....	13
3.4. Zweiter Versuch – erste Durchführung.....	14
3.5. Zweiter Versuch - zweite Durchführung.....	15

3.6. Zweiter Versuch – Vergleich der Durchführungen.....	16
4. Diskussion.....	17
4.1. Gartenkresse als geeigneter Organismus.....	17
4.2. Versuchsaufbau .....	17
4.3. Beurteilung der Resultate .....	18
4.3.1. Erster Versuch .....	19
4.3.2. Zweiter Versuch .....	20
4.4. Andere Organismen – andere Resultate? .....	21
5. Reflexion.....	22
6. Quellenverzeichnis.....	23
Danksagung.....	24
Anhang .....	25
1. Excelrohdaten .....	26
2. Versuch: Elektromagnetische Strahlung im Wasser mit/ohne Schutzkleber.....	25
Deklaration .....	27
Redlichkeitserklärung .....	27

# 1. Einleitung

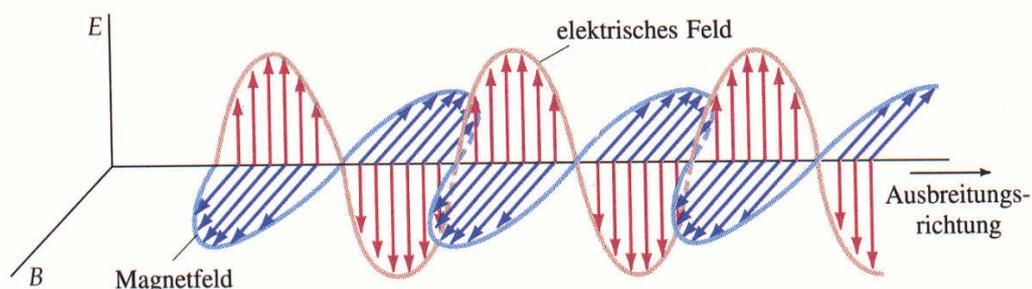
## 1.1. Persönliche Motivation

Da heutzutage praktisch alle Menschen ständig von Handystrahlen umgeben sind und es schon als selbstverständlich angesehen wird, immer eines angeschaltet auf sich zu tragen, drängte sich eine Untersuchung über die Auswirkung dieser Strahlung auf. Durch angeregte Diskussionen mit den Initianten des Miniunternehmens *NoRays* 2009 der Kantonsschule Sursee, welches Produkte verkauft, welche den Körper vor den schädlichen elektromagnetischen Handystrahlen schützen sollten, wurde bald klar, dass die Meinungen bezüglich der Wirkung elektromagnetischer Strahlen auf Organismen, wie zum Beispiel auf den Menschen, sehr geteilt sind. Aus diesem Grund wollte ich selber mit einer Versuchsanlage herausfinden, wie elektromagnetische Strahlen auf Organismen wirken.

## 1.2. Elektromagnetische Strahlen: Ein kurzer Überblick

Elektromagnetische Strahlung tritt in unserer natürlichen und technischen Umwelt in verschiedenen Formen auf. Das Spektrum reicht von Hochspannungsleitungen über Mobilfunk bis hin zum sichtbaren Licht und den Röntgenstrahlen. Physikalisch unterscheiden sie sich nur durch ihre Frequenz. Jedoch unterscheiden sie sich in ihrer Ausbreitungsform und ihrer unterschiedlichen Wirkung auf Organismen [1].

Eine Besonderheit der elektromagnetischer Strahlung ist, dass sie - wie schon der Name sagt - aus elektrischen und magnetischen Komponenten besteht, welche bei polarisierten Wellen senkrecht zueinander stehen [2].



**Abb. 1:** Die Abbildung zeigt wie die elektrischen und magnetischen Komponenten senkrecht zueinander stehen und eine sogenannte Transversalwelle bilden [3].

Elektromagnetische Strahlung lässt sich in ionisierende und in nichtionisierende Strahlung aufteilen. Bei letzterer wird zusätzlich zwischen nieder- und hochfrequenter Strahlung unterschieden. Zur Unterscheidung wird die Frequenz in der Anzahl Schwingungen pro Sekunde angegeben, wobei ein Hertz (Hz) für eine Schwingung pro Sekunde steht. Entsprechend steht ein Kilohertz (kHz) für 1000 Hz, ein Megahertz (MHz) für 1`000`000 Hz und ein Gigahertz (GHz) für 1`000`000`000 Hz [1].

Als ionisierende Strahlung wird die elektromagnetische Strahlung im höchsten Frequenzbereich (>300 Gigahertz) bezeichnet. Sie weist soviel Energie auf, dass sie Elektronen aus Atomen und Molekülen herauslösen kann und somit die Bausteine von Lebewesen direkt verändert. Zu ihnen gehören unter anderem die Röntgen- und die Gammastrahlung [1].

Nichtionisierende Strahlung umfasst UV-Strahlung, sichtbares Licht und Strahlung, welche von elektrischen Haushaltsgeräten und Rundfunkantennen ausgeht. Sie lässt sich in Niederfrequenz-Strahlung und Hochfrequenz-Strahlung aufteilen. Technisch erzeugte Nieder- und Hochfrequenz-Strahlung wird oft als Elektrosmog bezeichnet [1].

Das elektrische und magnetische Feld ist bei der Niederfrequenz-Strahlung nicht aneinander gekoppelt. Oft spricht man hier auch von niederfrequenten Feldern, da der Frequenzbereich zwischen 0 Hertz und 30 Kilohertz liegt [1].

Hochfrequenz-Strahlung umfasst den Bereich der nichtionisierten Strahlung, welcher zwischen 30 Kilohertz und 300 Gigahertz liegt. In diesem Bereich sind das magnetische und das elektrische Feld aneinander gekoppelt [1].

### **1.2.1. Handystrahlen**

Handystrahlen gehören zur nichtionisierenden Strahlung, welche sich im Hochfrequenzbereich befinden. Sie haben eine Frequenz, welche zwischen 450 Megahertz und 1.8 Gigahertz liegt. Handys geben eine gepulste Strahlung von bis zu 217 Pulsen pro Minute ab [2].

Der SAR-Wert (spezifische Absorptionsrate) eines Handys gibt in Watt pro Kilogramm Körpermasse an, wie viel Energie der Handystrahlen im Gewebe absorbiert, bzw. in Wärme umgewandelt wird. Der offizielle Grenzwert der EU sowie der Schweiz liegt bei 2 W/kg [4].

### 1.2.2. Faradayscher Käfig

Unter einem Faradayschen Käfig versteht man eine geschlossene Hülle aus einem elektronischen Leiter, welcher aus Draht, Blech oder ähnlichen Materialien bestehen kann. Der Innenraum eines solchen Faradayschen Käfigs wird somit frei von elektromagnetischen Wellen. Je nach Wellenlänge, welche der Faradaysche Käfig abhalten soll, wird die Maschendichte der Hülle gewählt: Sie sollte ca. 1/10 der Wellenlänge sein [5][2].

### 1.2.3. Schutzkleber gegen elektromagnetische Strahlung

Laut dem Hersteller *TopQuant* wurden auf dem Schutzkleber Schwingungen, wie sie in der Natur vorkommen, eingepreßt. Dadurch sollten Störschwingungen neutralisiert oder auf ein natürliches Mass reduziert werden. Somit sollten lebende Organismen vor schädigenden Einflüssen geschützt sein. Der Schutzkleber wurde speziell für hochfrequente elektromagnetische Strahlung, wie sie auch in Handys vorkommt, entwickelt [6].

## 1.3. Gartenkresse

Die Gartenkresse (*Lepidium sativum L.*) ist eine zweikeimblättrige Blütenpflanze, welche in die Familie der Kreuzblütler (*Brassicaceae*) gehört. Gartenkresse ist einjährig und erzeugt bis 60 cm hohe, weiss blühende Blütensprossen. Meist werden jedoch nur die dreizählig gefingerten Keimblätter für die Küche genutzt [7].

## 1.4. Ziele und Hypothesen

In dieser Arbeit soll untersucht werden, ob Handystrahlen auf das Wachstum von Gartenkresse einen Einfluss haben. Zudem soll überprüft werden, ob der Schutzkleber von *TopQuant*, einen Einfluss auf das Wachstum von Gartenkresse hat – konkret also, ob Gartenkresse anders wächst, wenn das strahlende Handy mit einem *TopQuant* Schutzkleber versehen ist.

Falls möglich, soll auch noch das Wachstum der Gartenkresse in Abhängigkeit von der Nähe zum Handy untersucht werden, da die Strahlungsintensität nicht im ganzen Faradayschen Käfig gleich ist. Es wird auf Grund von Recherchen [8] vermutet, dass die Gartenkresse je näher sie beim Handy liegen, umso schlechter wachsen.

## 2. Material und Methoden

### 2.1. Verwendete Gartenkresse

Gartenkresse wurde für das Experiment ausgewählt, da es eine sehr kurze Keim- und Wachstumszeit von ca. sechs Tagen hat. Somit zog sich das Experiment nicht in die Länge und konnte entsprechend mehrmals wiederholt werden. Zudem ist Gartenkresse sehr anspruchslos, was eine einfache Pflege erlaubte.

Für das Experiment wurde die Gartenkresse (*Lepidium sativum L.*) einfach, Beutel à 25g, Coop, verwendet.

### 2.2. Verwendetes Handy

Für das Experiment wurde das Handy Nokia 6100 verwendet. Es misst 1.5 x 4 x 10 cm und war besonders geeignet, da es einen durchschnittlichen SAR-Wert von 0.6 W/kg hat und der Akku für volle sieben Tage reicht [9], womit die gesamte Versuchszeit abdeckt war.

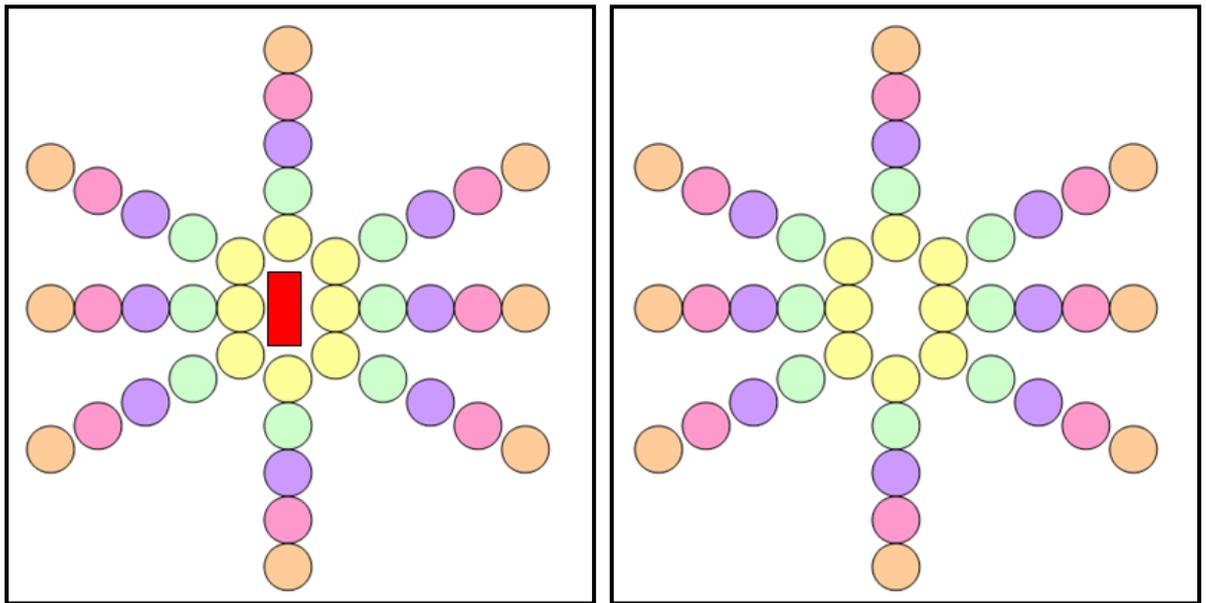
### 2.3. Bau des Faradayschen Käfigs

Der Faradaysche Käfig wurde in zweifacher Ausgabe aus verzinktem Fliegengewebe von Coop mit einer Maschendichte von 1.5 mm angefertigt. Die Kanten weisen eine Länge von jeweils 76 cm vor und die Höhe misst 12 cm. Die Ecken wurden mit einem einfachen Baumwollfaden zusammengehalten und verstärkt. Der Boden des Faradayschen Käfigs wurde mit Alufolie von Alustar économique ausgelegt, welche auf Plexiglasscheiben (51 cm x 190 cm) befestigt wurde. Somit war der obere Teil des Faradayschen Käfig, bestehend aus dem Fliegengewebe, direkt nicht mit dem unteren Teil, bestehend aus der Alufolie, verbunden.

Die Faradayschen Käfige sind für das Experiment sehr wichtig, da dadurch zwei strahlungsfreie Räume erzeugt werden konnten. Somit konnten äussere Strahleneinflüsse verhindert werden. Sie wurden in zweifacher Ausgabe angefertigt, damit man so Vergleichswerte erhält. In einem Faradayschen Käfig wuchs die Gartenkresse unter dem Einfluss von Handystrahlen, im anderen Faraday-

schen Käfig wuchs die Gartenkresse in einem strahlungsfreien Raum, was zur Folge hatte, dass mögliche Störvariablen wie andere Hochfrequenzsender ausgeschaltet wurden (siehe auch Abb. 2).

#### 2.4. Anordnung der Watterondellen im Faradayschen Käfig



**Abb. 2:** Anordnung der Watterondellen (kleine Kreise) im Faradayschen Käfig (schwarzer Rahmen), einmal mit Handy (rotes Viereck) im Zentrum, einmal ohne Handy im Zentrum.

In einem der beiden Faradayschen Käfige wurde in der Mitte das Handy platziert. Rundherum wurden die sauerstoffgebleichten Bio-Watterondellen mit einem Durchmesser von ca. 5.5cm von Coop sternförmig ausgelegt. Der Abstand vom Zentrum zum Mittelpunkt der Watterondellen der ersten Reihe (siehe Abbildung gelb) betrug 6cm, zum Mittelpunkt der Watterondellen der zweiten Reihe (grün) 12cm, zum Mittelpunkt der Watterondellen der dritten Reihe (violett) 18cm, zum Mittelpunkt der Watterondellen der vierten Reihe (rosa) 24cm und zum Mittelpunkt der Watterondelle der fünften Reihe (orange) 30cm. Die sternförmige Anordnung lässt sich somit erklären, dass das Handy nicht auf alle Seiten genau gleich viel strahlt. Beim anderen Faradayschen Käfig wurden die Watterondellen wiederum sternförmig und mit dem gleichen Abstand zum Zentrum ausgelegt, jedoch ohne Handy im Zentrum. Zuvor wurden die Watterondellen mit Wasser durchtränkt, damit am Anfang ein Nachgiessen unnötig war. Nach der ersten Kontrolle und jeder weiteren Kontrolle

erhielt die restliche Gartenkresse im Faradayschen Käfig pro Watterondelle 2ml Wasser. Getränkt wurde mit einer 2-ml-Aufziehspritze der Marke B. Braun.



**Abb. 3:** Die Watterondellen mit der Gartenkresse im Faradayschen Käfig

## **2.5. Licht**

Die Gartenkressesamen waren dem natürlichen Licht ausgesetzt; d.h., künstliche Lichteinstrahlung wurde vermieden. Da die Versuche in den Monaten Juli und August durchgeführt wurden, betrug die natürliche Lichteinstrahlung ca. 13 Stunden. Dabei wurde darauf geachtet, dass die Gartenkressesamen nie den direkten Sonnenstrahlen ausgesetzt waren.

## **2.6. Quellen und Verteilen der Gartenkressesamen**

Bevor die einzelnen Watterondellen mit den Gartenkressesamen im Faradayschen Käfig ausgelegt wurden, quollen sie 4 Stunden lang im Wasser, damit sie anschliessend besser verteilt und dosiert werden konnten. Dazu wurde 2 dl Wasser mit 20 g Gartenkressesamen vermischt.

Nach vier Stunden wurden die Gartenkressesamen nun im gequollenen Zustand auf die einzelnen Watterondellen verteilt, welche bereits in den beiden Faradayschen Käfigen ausgelegt waren. Es kam auf jedes Watterondell ein gestrichener Mocalöffel voll gequollenen Gartenkressesamen, was einer Anzahl von ca. 50 einzelnen Gartenkressesamen entsprach.

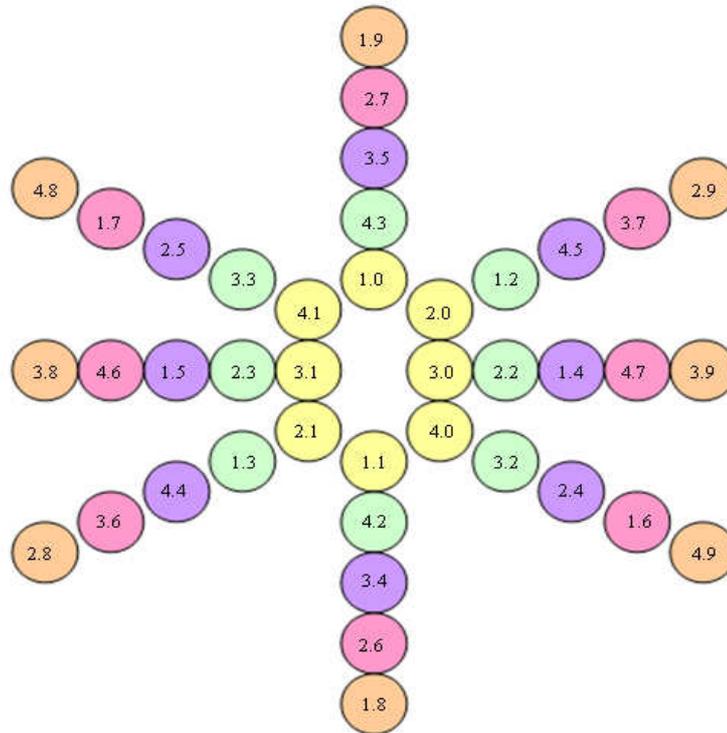


Abb. 4: Ein Watterondell mit gequollenen Gartenkresssesamen nach ca. 24 Stunden.

## 2.7. Kontrollen

Gemessen wurden die jeweils zehn grössten Gartenkressekeimlinge von einem Watterondell vom Wurzelansatz her bis hin zu der äussersten Blattspitze. Dazu wurden die dafür bestimmten Watterondellen mit der Gartenkresse aus dem Faradayschen Käfig herausgenommen und die einzelnen Gartenkressekeimlinge sorgfältig aus dem Watterondell gerissen. Obwohl nicht alle Gartenkressekeimlinge des jeweiligen Watterondells benötigt wurden, wurden sie nicht mehr zurück in den Faradayschen Käfig gelegt. Dies wurde deshalb so gemacht, da dadurch ein unnötiges Öffnen des Faradayschen Käfig verhindert werden konnte und die Gartenkressekeimlinge oftmals durch die Kontrolle beschädigt wurden.

Die Kontrollen wurden jeweils in einem Abstand von 24 Stunden durchgeführt. Die erste Kontrolle wurde 48 Stunden nach dem Quellen der Gartenkresssesamen gemacht. Die Kontrollen verliefen alle nach dem gleichen Schema. In einer bestimmten Reihenfolge wurden die einzelnen Proben entnommen. (Siehe Abb. 5)



**Abb. 5:** Die Abbildung zeigt die Reihenfolge, in welcher das einzelne Wasserondell für die Kontrollen entnommen wurde.

Die Reihenfolge, in welcher das einzelne Wasserondell für die Kontrollen entnommen wurde, ist in Abbildung 5 dargestellt. Dabei wurde von jeder Reihe pro Kontrolle zwei Wasserondellen entnommen, die sich gegenüber lagen. Alle Wasserondellen von 1.0 bis 1.9 wurden für die erste Kontrolle verwendet. Die Wasserondellen 2.0 bis 2.9 wurden für die zweite Kontrolle verwendet, die Wasserondellen 3.0 bis 3.9 wurden für die dritte Kontrolle verwendet und die Wasserondellen 4.0 bis 4.9 wurden für die vierte Kontrolle verwendet.



**Abb. 6:** Die Wasserondellen mit den Gartenkresse vor der vierten Kontrolle (ohne Faradaysche Käfige)

Der ganze Versuch wurde zweimal hintereinander durchgeführt, damit eventuelle Messfehler erkannt werden und darauf aufbauende Fehlschlüsse vermieden werden konnten. Somit ergab es für jede Versuchsanordnung eine erste und eine zweite Durchführung.

### **2.8. Erste und zweite Versuchsanordnung**

Die obenerwähnte Versuchsanordnung mit zwei Faradayschen Käfigen mit und ohne Handy wurde in einem zweiten Schritt erweitert, indem zum Handy noch ein Schutzkleber der Firma TopQuant gelegt wurde, welcher die Strahlen für den menschlichen Körper unschädlich machen sollte. Ansonsten wurde alles genau gleich durchgeführt.

### **2.9. t-Test**

Für die Auswertung der erhobenen Daten wurde die statistische Signifikanz gebraucht. Um diese Signifikanz auszurechnen, wurde der zweiseitiger Zweistichproben t-Test unter der Annahme gleicher Varianzen auf Empfehlung von Dr. Jürg Schwarz, einem Statistiker der Hochschule Luzern – Wirtschaft, angewendet.

### 3. Resultate

#### 3.1. Erster Versuch – erste Durchführung

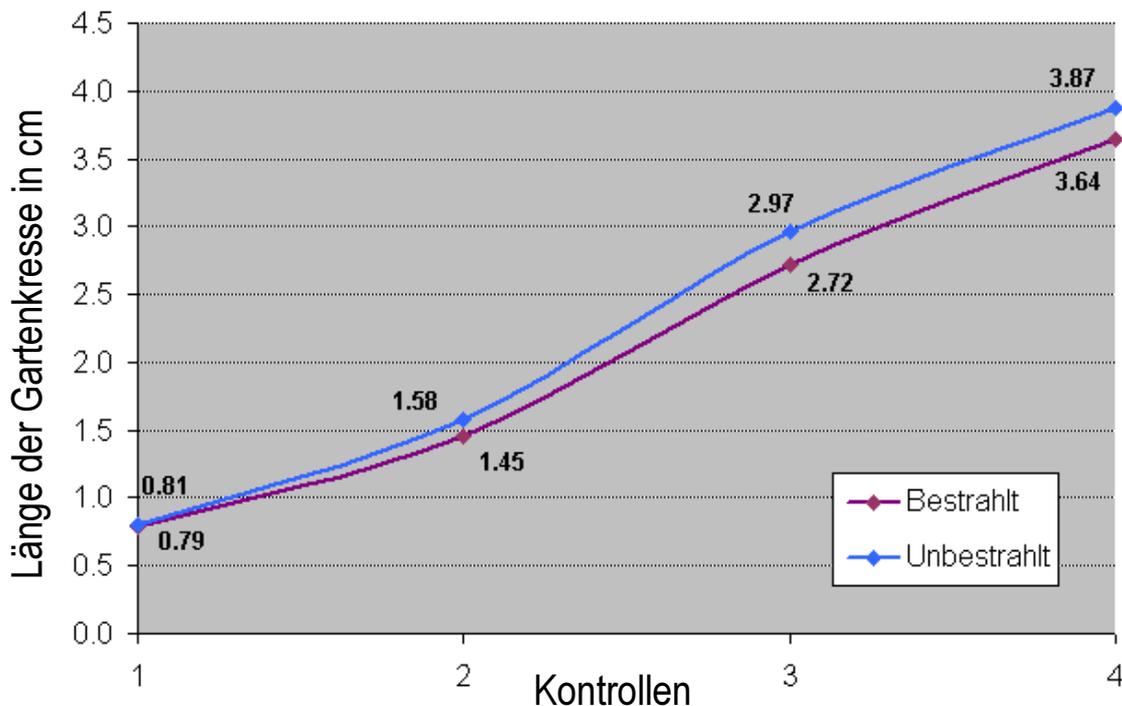
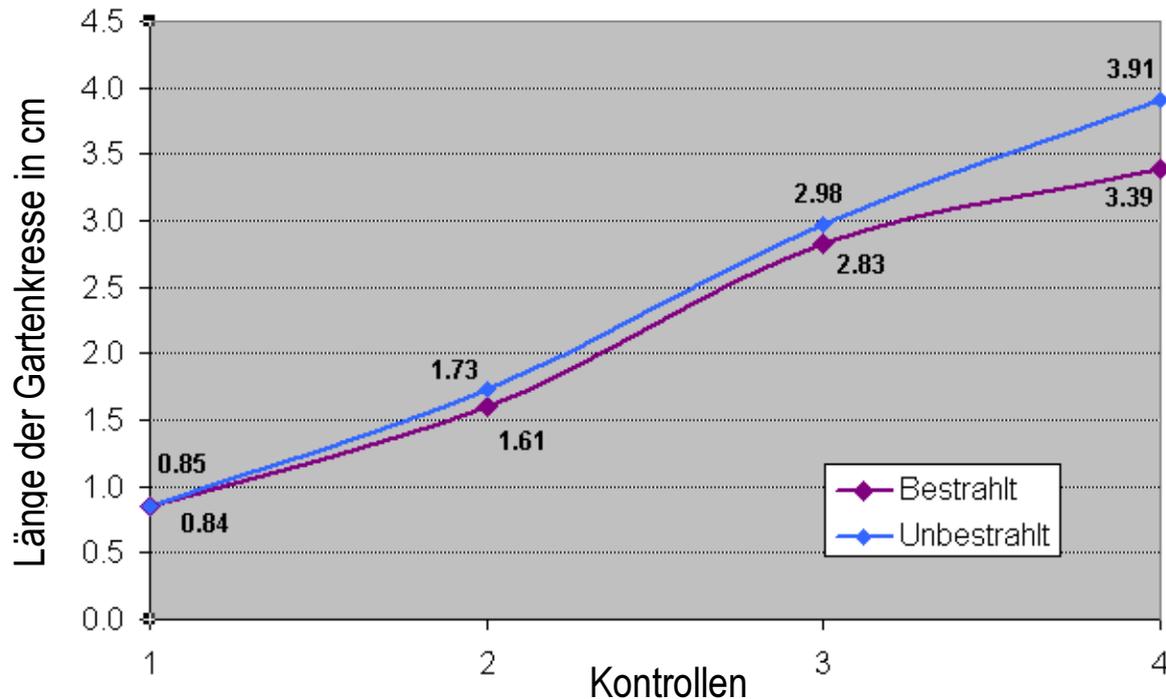


Abb. 7: Längenvergleich der unbestrahlten Gartenkresse mit bestrahlter Gartenkresse in cm (Mittelwerte) – erste Durchführung (t-Test vierte Kontrolle:  $t = -4.212$ ,  $df = 198$ ,  $p = .000$ )

Obige Abbildung zeigt das Wachstum der bestrahlten und der unbestrahlten Gartenkresse bei der ersten Durchführung des ersten Versuchs auf. Für die Abbildung wurde jeweils der Mittelwert der Länge der Gartenkresse verwendet. Es wird sichtbar, dass sich die Mittelwerte bei der ersten Kontrolle kaum unterscheiden, die Differenz aber zwischen den beiden Mittelwerten mit jeder weiteren Kontrolle zunimmt. Somit ist der Unterschied bei der vierten und somit letzten Kontrolle zwischen den Mittelwerten der Länge der gemessenen Gartenkresse am grössten. Die unbestrahlten Gartenkresse erreichten bei der vierten und letzten Kontrolle einen Mittelwert der Länge von 3.87 cm, wogegen der Mittelwert der Länge der bestrahlten Gartenkresse 3.64 cm betrug.

Zudem lässt sich erkennen, dass das Wachstum zwischen der ersten und der zweiten Kontrolle geringer ist als zwischen der zweiten und dritten sowie zwischen der dritten und vierten. Ansonsten weist das Wachstum der bestrahlten wie auch der unbestrahlten Gartenkresse ein kontinuierliches Wachstum auf.

### 3.2. Erster Versuch – zweite Durchführung



**Abb.8:** Längenvergleich der unbestrahlten Gartenkresse mit bestrahlter Gartenkresse in cm (Mittelwerte) – zweite Durchführung (t-Test vierte Kontrolle:  $t=-11.75$ ,  $df=198$ ,  $p=1.47E-10$ )

Obige Abbildung zeigt das Wachstum der bestrahlten und der unbestrahlten Gartenkresse auf. Für die Abbildung wurde jeweils der Mittelwert der Länge der Gartenkresse verwendet. Es wird sichtbar, dass bei der ersten Kontrolle die Mittelwerte fast gleich sind. Bei der zweiten Kontrolle wird eine Differenz zwischen den beiden Mittelwerten sichtbar, welche bis zur dritten Kontrolle gleich bleibt. Auffällig ist, dass ab der dritten Kontrolle die Differenz zwischen den beiden Mittelwerten rasant grösser wird. Der Mittelwert der bestrahlten Gartenkresse der vierten Kontrolle von 3.39 cm liegt unter dem Mittelwert der unbestrahlten Gartenkresse von 3.91 cm.

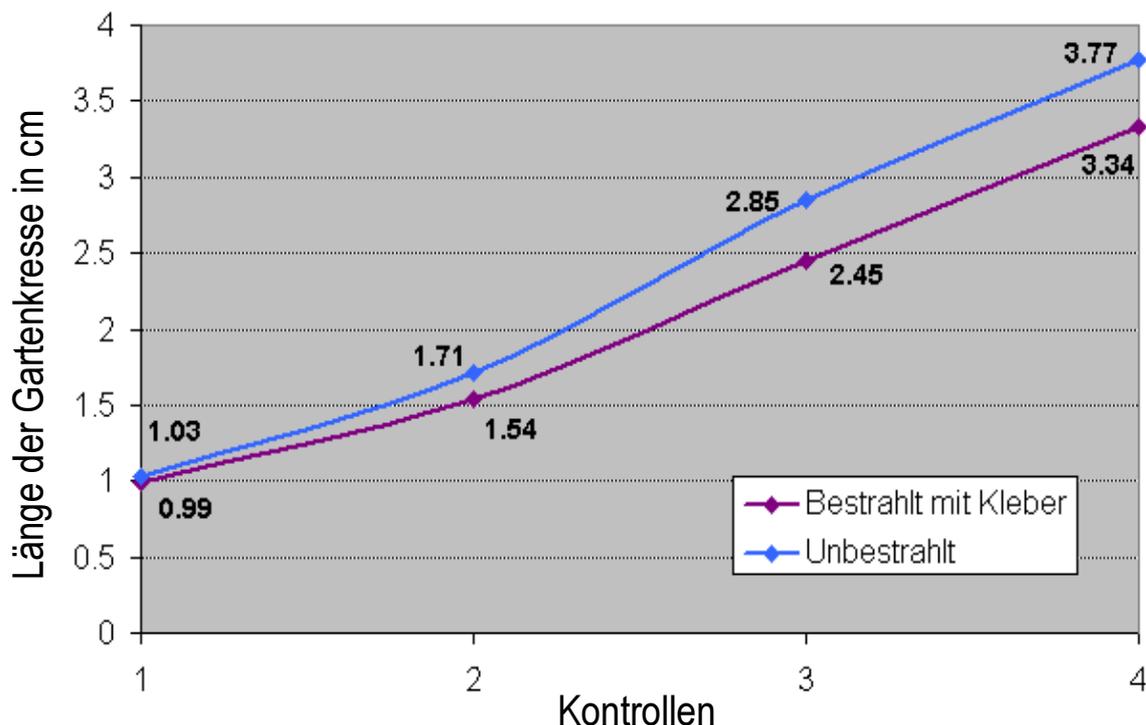
Zudem lässt sich erkennen, dass die Mittelwerte der unbestrahlten Gartenkresse kontinuierlich steigen. Auffallend ist jedoch, dass sich zwischen der dritten und vierten Kontrolle eine Schere zwischen den Mittelwerten der bestrahlten und unbestrahlten öffnet.

### 3.3. Erster Versuch – Vergleich der Durchführungen

Obwohl sich die Mittelwerte der ersten und zweiten Durchführung unterscheiden, lässt sich erkennen, dass das Wachstum bis zur dritten Kontrolle nach dem gleichen Schema verläuft. Somit kann

die erste Durchführung mit dem Resultat, dass die bestrahlte Gartenkresse schlechter wächst, bestätigt werden. Auffällig jedoch ist die Schere, welche sich nur bei der zweiten Durchführung ab der dritten Kontrolle öffnet.

### 3.4. Zweiter Versuch – erste Durchführung



**Abb. 9:** Längenvergleich der unbestrahlten Gartenkresse mit „geschützter“ Gartenkresse in cm (Mittelwerte)  
– erste Durchführung (t-Test vierte Kontrolle:  $t=-11.75$ ,  $df=198$ ,  $p=1.47E-10$ )

Obige Abbildung vergleicht das Wachstum der unbestrahlten Gartenkresse mit dem Wachstum der Gartenkresse, wenn das Handy mit einem Schutzkleber der Marke *TopQuant* versehen ist. Für die Abbildung wurde jeweils der Mittelwert der Länge der Gartenkresse verwendet. Es wird sichtbar, dass es bei der ersten Kontrolle noch keinen nennenswerten Unterschied der Mittelwerte gibt. Bei der zweiten Kontrolle ist der Unterschied schon deutlicher: Der Mittelwert der Länge der unbestrahlten Gartenkresse ist höher und beträgt 1.71 cm, wobei der Mittelwert der bestrahlten Gartenkresse mit Schutzkleber bei 1.54 cm liegt. Bei der dritten Kontrolle beträgt die Differenz zwischen der unbestrahlten und der bestrahlten Gartenkresse mit Schutzkleber 0.4 cm. Die Differenz bleibt

bis zur vierten Kontrolle konstant. Der Mittelwert der unbestrahlten Gartenkresse bei der vierten Kontrolle liegt 3.77 cm und somit 0.43 cm über dem der bestrahlten Gartenkresse mit Schutzkleber.

### 3.5. Zweiter Versuch - zweite Durchführung

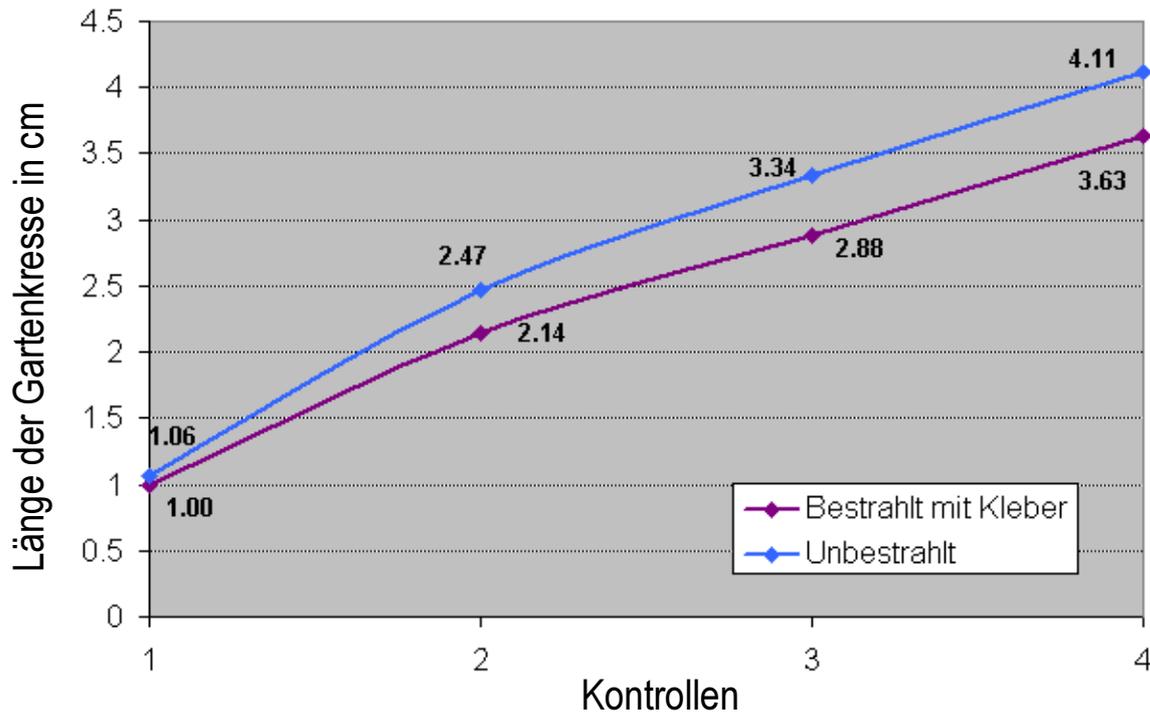


Abb. 10: Längenvergleich der unbestrahlten Gartenkresse mit „geschützter“ Gartenkresse in cm (Mittelwerte) – zweite Durchführung (t-Test vierte Kontrolle:  $t=-7.73$ ,  $df=198$ ,  $p=5.34E-13$ )

Obige Abbildung vergleicht das Wachstum der unbestrahlten Gartenkresse mit dem Wachstum der Gartenkresse, wenn das Handy mit einem Schutzkleber der Marke *TopQuant* versehen ist. Für die Abbildung wurde jeweils der Mittelwert der Länge der Gartenkresse verwendet. Bei der ersten Kontrolle lässt sich praktisch noch kein Unterschied zwischen den Mittelwerten der Länge der Gartenkresse feststellen. Der Mittelwert der unbestrahlten Gartenkresse liegt bei 1.06 cm, der unbestrahlten Gartenkresse bei 1.00 cm. Der Unterschied verdeutlicht sich aber mit jeder weiteren Kontrolle. Bei der zweiten Kontrolle liegt er bereits bei 0.34 cm, wobei der Mittelwert der unbestrahlten Gartenkresse mit 2.47 cm um 0.34 cm über der der bestrahlten Gartenkresse mit Schutzkleber liegt. Bei der dritten Kontrolle liegt der Mittelwert der unbestrahlten Gartenkresse mit 3.34 cm um 0.46 cm höher als der Mittelwert der bestrahlten Gartenkresse mit Schutzkleber. Die Differenz bei der vier-

---

ten Kontrolle bleibt fast gleich zur Differenz der dritten Kontrolle. Der Mittelwert der unbestrahlten Gartenkresse beträgt 4.11 cm.

### **3.6. Zweiter Versuch – Vergleich der Durchführungen**

Obwohl sich die Mittelwerte der ersten und zweiten Durchführung unterscheiden, lässt sich erkennen, dass das Wachstum der Gartenkresse bei beiden Durchführungen gleich verläuft. Somit wird die erste Durchführung durch die zweite bestätigt..

## 4. Diskussion

### 4.1. Gartenkresse als geeigneter Organismus

Gartenkresse wurde für den Versuch ausgewählt, da sie schnell wachsend und pflegeleicht ist. Aber nicht nur deshalb. Folgende interessante Organismen stellten sich als ungeeignet heraus:

- Organismen im Wasser sind ungeeignet für den Versuch.

Die Frage, ob im Wasser lebende Organismen für Versuche mit elektromagnetischer Strahlung geeignet sind, konnte nicht klar beantwortet werden, da noch zuwenig geforscht wurde, wie sich elektromagnetische Strahlung im Wasser verhält. Nach einem selbstständig erarbeiteten Versuchsaufbau und Zusatzinformationen wurde dagegen entschieden, einen Versuch mit im Wasser lebenden Organismen durchzuführen (siehe Anhang: Versuch: elektromagnetische Strahlung im Wasser).

- Organismen, die sich am Erdmagnetfeld orientieren, sind ungeeignet.

Die Frage, ob Organismen, welche sich am Erdmagnetfeld orientieren, für Versuche mit elektromagnetischer Strahlung geeignet sind, konnte schnell und klar mit einem Nein beantwortet werden, obwohl interessant zu beobachten gewesen wäre, ob ihre Orientierung durch Handystrahlen gestört wird. Da diese Organismen oftmals grössere Wirbeltiere wie zum Beispiel Zugvögel sind, ist es unmöglich ein Versuch im Rahmen einer Maturaarbeit durchzuführen.

### 4.2. Versuchsaufbau

Bei dem Versuch wurden jeweils die zehn grössten Gartenkressen eines Watterondells gemessen. Dies hat durchaus seine Begründung, da die Gartenkresse teppichartig wächst, das heisst, dass es keine grossen Wachstumsunterschiede zwischen den einzelnen Pflänzchen gibt und die zehn grössten Gartenkressen auch gerade gewachsen sind und dadurch keine Verkrümmungen aufweisen. Somit konnten sie besser gemessen werden und eine Fehlerquelle vermieden werden.

Man könnte den Versuchsaufbau jedoch noch weiter entwickeln, indem man alle Pflänzchen auf einem Watterondelle misst und ihre Keimfähigkeit notiert. Somit könnte nicht nur ein gehemmtes Wachstum durch die elektromagnetische Strahlung festgestellt werden, sondern vielleicht auch eine verminderte Keimfähigkeit der Gartenkresse.

Zum Faradayschen Käfig lässt sich anmerken, dass die Maschendichte von 1.5 mm deshalb gewählt wurde, da die Wellenlänge von Handystrahlen zwischen 0.1 m und 1 m liegt und somit die Maschendichte ca. 1/10 sein sollte [2].

Der Boden und das Fliegengewebe waren direkt nicht miteinander verbunden, was zum Vorteil hatte, dass der Faradayscher Käfig jederzeit zum Giessen und für die Kontrollen kurz angehoben werden konnte. Die Alufolie am Boden verhinderte zudem das Abfliessen des Wassers, wodurch erreicht wurde, dass der Faradaysche Käfig nicht unnötig zum Giessen der Kresse geöffnet werden musste.

Zur Anordnung der Watterondellen lässt sich ergänzen, dass die Watterondellen in einem Abstand von 6 bis 30 cm zum Handy ausgelegt wurden, da das Handy im alltäglichen Gebrauch meist auch in diesen Distanzen zum Körper benutzt wird.

### **4.3. Beurteilung der Resultate**

Die Auswertung der Daten musste eingeschränkt werden, weshalb der Einfluss vom Abstand zum Zentrum und die räumliche Lage nicht ausgewertet werden konnte. Die Daten sind aber alle noch vorhanden und sind vielversprechend. Sie können also noch in einer weiteren Arbeit verwendet werden.

Der Schwerpunkt in der Auswertung der Daten wurde generell auf den Unterschied zwischen der Länge der bestrahlten und unbestrahlten Gartenkresse oder der bestrahlten mit Schutzkleber und der unbestrahlten Gartenkresse gesetzt. Dafür wurde der Datensatz jeweils von der vierten Kontrolle genommen, da dort der Unterschied zwischen dem Mittelwert der Länge der bestrahlten Gartenkresse und der unbestrahlten Gartenkresse am grössten ist, wie man den Grafiken vom Kapitel 3 entnehmen kann.



**Abb. 11:** Zwei Watterondellen der vierten Kontrolle der zweiten Durchführung des zweiten Versuchst – Wachstumsunterschied ist sogar von Auge gut erkennbar

#### 4.3.1. Erster Versuch

Bei der ersten Durchführung des ersten Versuchs unterscheiden sich die Mittelwerte der vierten Kontrolle hochsignifikant (t-Test:  $t = -4.212$ ,  $df = 198$ ,  $p = .000$ ). Es lässt sich daraus schliessen, dass die Gartenkresse unter der Handybestrahlung mit einer Wahrscheinlichkeit von 100% schlechter wächst. Die Differenz zwischen den Mittelwerten beträgt 0.23 cm. Die bestrahlte Gartenkresse ist im Durchschnitt also um 0.23 cm kleiner als die unbestrahlte Gartenkresse.

Bei der zweiten Durchführung des ersten Versuchs lässt sich Ähnliches beobachten. Obwohl die Mittelwerte der bestrahlten und unbestrahlten Gartenkresse vom ersten Versuch gegenüber dem zweiten Versuch verschieden sind, bleibt die Differenz zwischen den Mittelwerten der vierten Kontrolle fast gleich. Bei der vierten Kontrolle der ersten Durchführung betrug die Differenz zwischen den beiden Mittelwerten 0.23 cm und bei der vierten Kontrolle der zweiten Durchführung betrug die Differenz zwischen den beiden Mittelwerten 0.25 cm. Die unterschiedlichen Mittelwerte der ersten und zweiten Durchführung lassen sich dadurch erklären, dass die Durchführungen nicht zeitgleich und nicht unter Laborbedingungen statt fanden. Somit kann zum Beispiel eine leicht höhere Raumtemperatur zu einer höheren Verdunstung des Wassers führen und die Gartenkresse leicht am Wachstum gehindert haben. Dass aber trotzdem die Differenz zwischen den bestrahlten und unbestrahlten Gartenkresse fast gleich bleibt, beweist nochmals, dass das Wachstum der bestrahlten Gartenkresse durch die Handystrahlen gehemmt wurde und nicht durch andere Störvariablen.

Zudem unterschieden sich auch bei der zweiten Durchführung die Mittelwerte der bestrahlten und unbestrahlten Gartenkresse der vierten Kontrolle hochsignifikant (t-Test:  $t = -11.75$ ,  $df = 198$ ,  $p = 1.47E-10$ ).

#### 4.3.2. Zweiter Versuch

Bei der ersten Durchführung des zweiten Versuchs ist auffallend, dass sich die Differenz zwischen den beiden Mittelwerten der bestrahlten und unbestrahlten Gartenkresse sich schneller vergrößert als beim ersten Versuch. So beträgt die Differenz zwischen den Mittelwerten der bestrahlten und unbestrahlten Gartenkresse der dritten Kontrolle schon 0.4 cm und liegt somit deutlich über der Differenz der Mittelwerte der bestrahlten und unbestrahlten Gartenkresse bei der vierten Kontrolle des ersten Versuchs. Bei der vierten Kontrolle der ersten Durchführung des zweiten Versuchs erreicht die Differenz zwischen dem Mittelwert der bestrahlten und der unbestrahlten Gartenkresse ihren Höhepunkt: Er beträgt 0.43 cm. Somit lässt sich einfach nachvollziehen, dass auch dieser Unterschied hochsignifikant sein muss (t-Test:  $t = -9.16$ ,  $df = 198$ ,  $p = 6.52E-17$ ). Das bedeutet, dass der Schutzkleber von der Firma *TopQuant* in diesem Fall die hemmende Wirkung der elektromagnetischen Strahlung auf das Wachstum der Gartenkresse verstärkt und nicht, wie aufgrund der Schutzfunktion angenommen, schwächt.

Diese Aussage lässt sich auch durch die zweite Durchführung des zweiten Versuchs bestätigen. Dort beträgt die Differenz der beiden Mittelwerte der bestrahlten und unbestrahlten Gartenkresse bereits bei der zweiten Kontrolle 0.34 cm. Bei der vierten Kontrolle beträgt die Differenz dann 0.49 cm (t-Test:  $t = -7.73$ ,  $df = 198$ ,  $p = 5.34E-13$ ) und ist somit hochsignifikant.

Bei der zweiten Durchführung des ersten Versuchs lässt sich ab der dritten Kontrolle erkennen, dass sich zwischen den Mittelwerten der unbestrahlten und der bestrahlten Gartenkresse eine Schere öffnet. Da der Kontrollvorgang immer nach einem genau bestimmten Vorgang (siehe Kapitel 2) durchgeführt wurde, lässt sich ausschliessen, dass es sich dabei um einen Messfehler oder Methodenfehler handelt. Deshalb muss es sich um einen unbekanntem Störfaktor handeln, der das Wachstum der Gartenkresse beeinflusst hat, wie zum Beispiel eine elektromagnetische Strahlung, die durch das Faradaysche Käfig drang.

**4.4. Andere Organismen – andere Resultate?**

Obwohl die Resultate schon hochsignifikant sind, könnten die Resultate noch extremer ausfallen, wenn die Versuchsanordnung in zweierlei Hinsicht verändert würde.

Gartenkresse ist im Allgemeinen eine sehr widerstandsfähige und anspruchslose Pflanze und somit sehr pflegeleicht [10]. Da sie offenbar nicht schnell auf Umwelteinflüsse reagiert, könnte man daraus schliessen, dass sie auch nicht stark auf die elektromagnetische Strahlung reagiert. Man könnte das Experiment mit dem genau gleichen Versuchsaufbau also nochmals mit einem Organismus machen, der sensibler auf Umwelteinflüsse reagiert.

Das im Versuch verwendete Handy hat einen SAR-Wert von 0.6 W/kg [9], was dem Durchschnitt entspricht. Die Tendenz des SAR-Werts der auf dem Markt vorhandenen Handys ist jedoch steigend. In der EU und der Schweiz sind Handys zugelassen, die einen SAR-Wert von bis zu 2.0 W/kg besitzen. Interessant zu untersuchen wäre nun, ob mit der gleichen Versuchsanordnung, aber mit einem Handy, welches einen höheren SAR-Wert als 0.6 W/kg hat, andere Resultate erzielt würden.

## 5. Reflexion

Die Bestätigung meiner Hypothese, dass Gartenkresse durch den Einfluss von Handystrahlen schlechter wachsen, hat mich gefreut. Niemals hätte ich damit gerechnet, dass die Resultate so signifikant sind. Somit kann ich sagen, dass ich mein Hauptziel erreicht habe. Beim zweiten Versuch habe ich allerdings mit anderen Resultaten gerechnet, was aber nicht heisst, dass die Resultate nicht interessant sind.

Die erhobene Datenmenge lässt noch weitere interessante Untersuchungen zu, die ich in der Maturaarbeit nicht mehr aufgreifen konnte. Aus diesem Grund interessiere ich mich für weitere Untersuchungen in diesem Bereich und werde die Arbeit, wenn möglich, bei *Schweizer Jugend Forscht* weiterführen.

Zudem würde ich eine weitere Arbeit nur über den Kleber von *TopQuant* empfehlen. Er hat ein unglaubliches Potenzial (siehe Anhang: Versuch elektromagnetische Strahlung im Wasser), welches mich seit Beginn der Arbeit fasziniert hat, aber aus Zeitgründen aus der Arbeit ausgeklammert werden musste.

## 6. Quellenverzeichnis

- [1] Elektrosmog in der Umwelt. BUWAL, Bern 2005.
- [2] Günter Nimtz. Handy Mikrowelle Alltagsstrom Gefahr Elektrosmog?. Pflaum, München, Bad Kissingen, Berlin, Düsseldorf und Heidelberg 2001.
- [3] [http://web.physik.rwth-aachen.de/~hebbeker/lectures/ph2\\_02/tipl293.gif](http://web.physik.rwth-aachen.de/~hebbeker/lectures/ph2_02/tipl293.gif) (09.10.2009)
- [4] Sony Ericsson. SAR Information. Sony Ericsson, 2009.
- [5] [http://de.wikipedia.org/wiki/Faradayscher\\_Käfig](http://de.wikipedia.org/wiki/Faradayscher_Käfig) (09.10.2009)
- [6] <http://www.top-quant.com/technologie.html> (09.10.2009)
- [7] Keller, Lüthi, Rothlisberger. 100 Gemüse. Landwirtschaftliche Lehrmittelzentrale, Zollikofen 1986.
- [8] <http://www.teltarif.de/arch/2006/kw13/s21061.html> (09.10.2009)
- [9] Nokia. Nokia 6100. Nokia, 2002.
- [10] [http://www.cybergarten.de/gartenblumen/1/lepidium\\_sativum.html#pflege](http://www.cybergarten.de/gartenblumen/1/lepidium_sativum.html#pflege) (09.10.2009)
- [11] Spinti. Funkwellen erzeugen beim Eintritt ins Wasser Parallel-Frequenzen. Zentrum für Elektrobiologie.

## **Danksagung**

Herzlich danken möchte ich an dieser Stelle meiner Betreuerin, der Biologielehrerin Konstanze Mez, die mich kritisch und freundlich auf dem ganzen Weg unterstützt hat.

Ein grosser Dank geht auch an Dr. Jürg Schwarz, der mir prompt und kompetent bei der Auswertung der Daten geholfen hat und mir anhand eines Beispiels gezeigt hat, wie man mit dem mir damals noch unbekanntem t-Test umzugehen hat, da das Fach Statistik an der Kantonsschule leider nicht tief genug behandelt wird.

Des Weiteren möchte ich auch meiner Familie danken, welche mich auf dem ganzen Weg unterstützt und motiviert hat.

## Anhang

### 1. Versuch: Elektromagnetische Strahlung im Wasser mit/ohne Schutzkleber

Ein vakuiertes Handy wurde in einem Gefäss mit ca. 1.5 Liter Fassungsvermögen unter Wasser gesetzt (siehe Abb. 11). Von aussen her wurde nun versucht auf das vakuierte Handy zu telefonieren. Dies blieb jedoch erfolglos, da das Handy, wie sich herausstellte, unter Wasser keinen Empfang mehr hatte, und dies obwohl es nur wenige cm unter der Wasseroberfläche war. Daraus kann man schliessen, dass das Wasser eine stark abschirmende Wirkung auf elektromagnetische Strahlen hat. Beim Eintritt von elektromagnetischer Strahlung ins Wasser, entstehen Parallelfrequenzen, die sich von der ursprünglichen Frequenz unterscheiden und somit ihre Aufgabe nicht mehr erfüllen können [11].



**Abb. 11:** Vakuiertes Handy in einem mit Wasser gefülltem Gefäss

Nach dieser Erkenntnis, wurde zu dem vakuierten Handy auch noch einen Schutzkleber von der Firma TopQuant hinzugelegt, welcher die elektromagnetischen Strahlen für den Körper erträglicher macht. Wieder wurde von aussen her versucht auf das Handy zu telefonieren. Diesmal aber mit einem ganz anderen Ergebnis! Das Handy hatte genügend Empfang und man konnte unter Wasser

telefonieren. Somit lässt sich beweisen, dass der Schutzkleber eine Wirkung hat und nicht nur einen Placeboeffekt hat.

Diese erstaunliche Beobachtung, für die ich in der Fachliteratur keine Erklärung fand, habe ich an Dr. Walter Hannes Medinger, Gründer des Internationalen Instituts für EMV-Forschung (IIREC) und anerkannter Experte für Biophysik in Österreich, geschickt. Folgende Antwort bekam ich:

„Entweder gibt es schwankende Bedingungen, die wir nicht kennen, welche zur Folge haben, dass das Handy zufällig einmal Empfang hatte und ein anderes Mal nicht. Dann hätte Ihr Ergebnis nichts mit dem Kleber von Top-Quant zu tun. Wäre es so, würde das nichts gegen ihr Experiment sagen. Man muss nur immer mit solchen Effekten unbekannter Einflüsse rechnen. Andernfalls wäre Ihr Ergebnis eine Sensation. Es würde bedeuten, dass der Kleber das Handy und/oder dessen Umgebung derart beeinflusst, dass die elektromagnetischen Signale auf eine andere Art übertragen werden, die auch unter Wasser noch funktioniert.“

## **2. Excelrohdaten**

Siehe folgende Seiten.

## **Deklaration**

### **Redlichkeitserklärung**

Ich erkläre hiermit,

- dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter der Benutzung der angegebenen Quellen verfasst habe,
- dass ich auf eine eventuelle Mithilfe Dritter in der Arbeit ausdrücklich hinweise,
- dass ich vorgängig die Schulleitung und die betreuende Lehrperson informiere, wenn ich diese Maturaarbeit, bzw. Teile oder Zusammenfassungen davon veröffentlichen werde, oder Kopien dieser Arbeit zu weiteren Verbreitung an Dritte aushändigen werde.“

Ort:

Datum:

Unterschrift:

# Erste Durchführung des ersten Versuchs

Nr.	Abstand zum Zentrum	Bestrahlt											Unbestrahlt													
		Länge der gemessenen Gartenkresse in cm											Länge der gemessenen Gartenkresse in cm													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	MW	MWg	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	MW	MWg	
1. K	2	6cm	0.9	1.1	0.8	0.9	0.7	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.80		0.9	0.8	0.6	0.9	1.0	0.7	0.8	1.0	0.6	0.8	0.81	
	2.1	6cm	1.0	0.8	0.8	0.5	0.9	0.7	0.8	0.7	0.6	0.7	0.75		0.7	0.8	1.0	0.7	0.9	0.9	0.6	0.6	0.9	0.7	0.78	
	2.2	12cm	0.7	0.8	0.9	0.8	0.9	0.9	0.6	1.0	0.6	0.6	0.78		0.8	0.8	0.6	0.9	0.8	0.6	0.6	0.9	0.8	0.8	0.76	
	2.3	12cm	0.8	1.0	0.9	0.7	0.8	0.9	1.0	0.8	0.9	0.9	0.87		0.9	0.7	0.8	1.0	0.9	1.0	0.8	0.7	0.9	0.9	0.86	
	2.4	18cm	0.8	0.7	0.9	1.1	0.7	0.8	0.9	0.8	0.7	0.9	0.83		0.9	0.8	0.6	1.0	0.7	0.7	0.9	1.0	0.7	0.8	0.81	
	2.5	18cm	0.8	0.7	0.9	0.8	0.7	0.9	0.9	0.6	0.7	0.8	0.78		1.0	0.8	0.7	0.7	0.8	0.6	0.7	0.8	1.0	0.6	0.77	
	2.6	24cm	0.8	1.0	0.9	0.8	0.9	0.8	0.7	0.9	0.9	0.7	0.84		0.8	0.7	1.0	0.7	0.7	0.8	0.9	0.8	1.0	0.8	0.82	
	2.7	24cm	0.9	1.0	0.7	0.8	0.9	1.0	0.6	0.7	0.8	0.8	0.82		1.0	0.7	0.9	0.8	0.9	0.7	0.6	0.9	0.8	0.9	0.82	
	2.8	30cm	0.9	0.6	0.6	0.7	0.9	0.6	0.7	0.6	0.7	0.8	0.71		0.8	0.7	0.9	0.7	1.0	1.0	0.7	0.8	0.9	0.8	0.83	
2.9	30cm	0.9	0.8	0.8	0.6	0.7	0.6	0.6	0.9	0.8	0.6	0.73		0.7	0.8	0.7	0.9	1.0	0.7	0.9	0.8	0.7	1.0	0.82		
													0.79												0.81	
2. K	3	6cm	1.6	1.5	1.5	1.7	1.4	1.4	1.3	1.6	1.6	1.5	1.51		1.8	1.8	1.5	1.8	1.7	1.6	1.6	1.5	1.5	1.6	1.64	
	3.1	6cm	1.4	1.5	1.4	1.3	1.4	1.5	1.3	1.4	1.4	1.5	1.41		1.4	1.5	1.6	1.5	1.6	1.4	1.5	1.4	1.7	1.6	1.52	
	3.2	12cm	1.4	1.5	1.5	1.5	1.0	1.1	1.3	1.2	1.4	1.2	1.31		1.6	1.5	1.5	1.6	1.8	1.5	1.8	1.5	1.6	1.6	1.60	
	3.3	12cm	1.4	1.5	1.4	1.5	1.4	1.6	1.3	1.6	1.5	1.5	1.47		1.5	1.6	1.7	1.7	1.5	1.5	1.6	1.6	1.7	1.5	1.59	
	3.4	18cm	1.5	1.6	1.5	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.5	1.3	1.48		1.6	1.6	1.4	1.6	1.5	1.4	1.5	1.6	1.7	1.6	1.55	
	3.5	18cm	1.4	1.6	1.6	1.5	1.4	1.6	1.3	1.6	1.4	1.4	1.48		1.5	1.6	1.4	1.4	1.6	1.5	1.5	1.4	1.6	1.4	1.49	
	3.6	24cm	1.5	1.5	1.6	1.4	1.5	1.3	1.3	1.5	1.6	1.5	1.47		1.3	1.7	1.6	1.5	1.4	1.5	1.3	1.6	1.4	1.6	1.49	
	3.7	24cm	1.6	1.3	1.0	1.4	1.6	1.3	1.2	1.5	1.4	1.4	1.37		1.5	1.5	1.6	1.9	1.5	1.8	1.6	1.6	1.6	1.7	1.63	
	3.8	30cm	1	1.6	1.7	1.6	1.3	1.5	1.5	1.6	1.5	1.7	1.53		1.5	1.6	1.7	1.6	1.5	1.4	1.6	1.5	1.5	1.7	1.56	
3.9	30cm	1.6	1.4	1.6	1.5	1.5	1.4	1.3	1.3	1.6	1.5	1.47		1.5	1.6	1.6	1.8	1.9	2.0	1.7	1.6	1.8	1.8	1.73		
													1.45												1.58	
3. K	4	6cm	2.9	3.3	2.7	2.2	2.7	2.8	2.3	2.7	2.6	2.7	2.69		3.0	3.4	3.9	3.3	3.1	3.4	2.8	3.4	3.2	3.0	3.25	
	4.1	6cm	2.5	2.5	2.2	2.8	2.8	2.7	3.0	2.8	2.9	2.8	2.70		2.7	2.6	2.7	2.7	3.1	3.0	2.8	2.8	2.9	2.9	2.82	
	4.2	12cm	3.4	2.6	3.2	3.0	3.2	2.6	3.3	3.4	2.8	2.9	3.04		2.8	2.3	2.5	2.6	2.9	2.3	2.3	2.9	2.7	2.6	2.59	
	4.3	12cm	2.4	2.1	2.6	2.8	2.7	2.6	2.1	2.8	2.0	3.0	2.51		2.8	2.8	3.4	3.0	3.2	3.2	3.1	3.0	3.1	2.8	3.04	
	4.4	18cm	2.5	2.9	2.8	2.7	2.9	2.8	3.1	2.5	2.4	2.9	2.75		2.7	2.9	2.5	3.0	3.4	3.6	3.1	2.8	3.0	2.8	2.98	
	4.5	18cm	2.6	2.5	2.4	2.5	2.9	2.5	3.0	2.7	2.6	2.4	2.61		2.9	2.8	2.7	3.7	3.2	2.9	2.9	3.2	2.8	3.0	3.01	
	4.6	24cm	2.5	2.7	2.8	2.8	2.9	3.5	3.0	2.6	2.8	2.5	2.81		2.8	2.5	2.9	3.3	2.8	2.8	2.8	2.9	2.7	2.8	2.83	
	4.7	24cm	2.8	2.3	2.8	2.7	3.2	2.5	2.6	2.5	2.8	2.9	2.71		3.0	3.2	3.5	3.4	3.3	3.4	3.5	3.4	2.9	3.2	3.28	
	4.8	30cm	2.7	2.4	2.5	3.2	3.0	2.3	2.9	3.1	2.8	3.1	2.80		2.9	3.0	2.8	2.9	3.1	2.8	2.8	3.0	2.9	3.1	2.93	
4.9	30cm	2.6	2.8	2.3	2.5	3.0	2.6	2.4	2.8	2.5	2.3	2.58		3.3	2.8	3.0	2.8	3.2	3.0	2.5	3.0	3.1	2.9	2.96		

## Erste Durchführung des ersten Versuchs

4. K	1	6cm	3.6	3.5	3.3	3.6	3.6	3.2	3.4	3.0	3.2	3.5	3.39	2.72	4.2	3.8	3.8	4.6	4.4	4.2	4.2	4.3	4.4	4.0	4.19	2.97
	1.1	6cm	3.4	4.0	3.4	4.0	3.6	3.5	4.0	4.0	3.5	4.0	3.74		4.0	3.6	4.2	3.8	5.0	3.8	3.9	3.9	3.5	3.6	3.93	
	1.2	12cm	3.0	3.4	3.1	3.8	3.8	3.7	3.7	4.0	3.8	3.5	3.58		3.5	3.9	4.0	4.7	3.9	3.8	3.8	4.1	3.8	3.8	3.93	
	1.3	12cm	4.1	3.8	3.8	3.9	3.4	4.5	4.4	3.8	3.5	3.6	3.88		4.0	3.9	4.1	4.6	4.0	4.1	3.9	4.3	3.8	3.9	4.06	
	1.4	18cm	3.0	2.8	3.5	3.4	4.1	3.6	3.6	3.3	3.1	3.4	3.38		4.1	4.1	4.0	4.1	4.1	4.3	4.9	3.6	4.1	4.3	4.16	
	1.5	18cm	3.8	3.8	3.5	3.6	3.8	3.8	4.4	3.6	3.7	3.7	3.77		3.7	3.8	4.0	3.6	3.8	3.5	3.8	4.0	4.5	4.2	3.89	
	1.6	24cm	3.8	3.3	3.6	4.3	3.8	3.8	4.5	3.7	3.8	4.0	3.86		3.8	3.8	3.5	3.6	3.8	4.2	4.0	3.8	4.1	4.3	3.89	
	1.7	24cm	3.6	3.5	3.7	3.5	4.1	3.8	3.9	3.8	4.3	3.5	3.77		4.4	4.1	3.6	3.8	3.6	3.7	3.9	3.8	4.0	3.6	3.85	
	1.8	30cm	3.6	4.2	4.0	4.3	3.6	3.6	3.7	3.6	3.8	3.9	3.83		3.4	3.3	3.9	3.7	3.3	4.2	4.1	4.0	3.8	3.9	3.76	
	1.9	30cm	3.3	3	3.5	3.3	3.2	3.2	3.4	3.4	2.8	3.0	3.21	3.64	3.3	3.1	3.0	2.6	3.2	3.3	2.9	3.2	2.8	3.2	3.06	3.87

### Abkürzungen

- MW = Mittelwert von Watterondell
- MWg = Mittelwert von gesamter Kontrolle
- K = Kontrolle

## Zweite Durchführung des ersten Versuchs

Nr.	Abstand zum Zentrum	Bestrahlt											Unbestrahlt												
		Länge der gemessenen Gartenkresse in cm											Länge der gemessenen Gartenkresse in cm												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	MW	MWg	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	MW	MWg
1. K	1	6cm	1.0	0.9	0.8	0.9	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	1.0	0.93	0.85	0.8	0.9	1.0	1.1	0.6	1.0	0.8	0.9	0.9	1.0	0.90
	1.1	6cm	0.9	0.8	0.7	0.9	1.0	0.7	0.7	0.7	0.8	0.7	0.79		1.0	0.9	0.8	0.9	1.0	0.8	1.0	0.6	0.9	0.9	0.88
	1.2	12cm	1.1	0.6	0.9	0.8	0.7	0.9	0.8	0.9	0.8	0.9	0.84		1.0	0.9	0.9	0.8	0.9	1.0	0.8	0.8	0.9	0.9	0.89
	1.3	12cm	1.0	0.8	0.8	0.9	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.7	0.74		1.0	0.9	0.7	0.8	0.8	0.9	1.0	0.8	0.9	0.9	0.87
	1.4	18cm	0.7	0.9	1.0	0.8	1.0	0.8	0.7	0.7	0.9	0.8	0.83		0.7	0.9	0.8	0.8	1.0	1.0	0.9	0.8	0.7	0.8	0.84
	1.5	18cm	0.8	0.6	0.8	1.0	0.9	1.0	0.9	0.9	1.0	0.9	0.88		1.0	1.0	0.8	0.8	0.7	0.9	0.8	0.7	0.9	0.9	0.85
	1.6	24cm	0.9	0.9	0.8	1.0	0.8	0.9	0.9	0.7	0.8	0.8	0.85		0.6	0.1	1.1	0.8	0.8	0.7	0.8	0.9	0.9	0.8	0.75
	1.7	24cm	0.8	0.7	1.0	0.7	0.8	1.0	1.0	0.8	0.7	0.8	0.83		0.8	0.9	0.1	0.7	1.0	1.0	0.9	0.7	0.9	0.8	0.78
	1.8	30cm	1.0	0.9	1.0	0.8	0.9	0.7	0.9	1.0	0.9	0.9	0.90		1.0	0.9	0.9	0.7	0.8	0.9	0.8	0.8	0.7	0.9	0.84
1.9	30cm	0.8	0.9	0.9	0.7	1.0	0.9	0.8	0.8	1.0	1.0	0.88		0.7	0.9	0.8	0.8	0.7	1.0	1.0	0.8	0.8	0.9	0.84	
2. K	2	6cm	1.8	1.5	1.3	1.3	1.6	1.6	1.5	1.6	1.4	1.5	1.51	0.84	1.8	1.5	1.9	1.7	1.9	1.9	1.7	1.7	1.8	1.8	1.77
	2.1	6cm	1.4	1.9	1.5	1.7	1.6	1.6	1.6	1.8	1.6	1.5	1.62		1.8	2.0	1.8	1.9	1.7	1.7	2.2	1.9	1.8	1.7	1.85
	2.2	12cm	1.6	1.5	2.3	1.6	2.0	1.8	1.5	1.7	1.5	1.7	1.72		1.8	1.9	1.9	2.1	2.0	1.6	1.8	2.0	1.7	1.8	1.86
	2.3	12cm	1.5	1.7	1.5	1.9	2.0	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.66		1.8	1.9	1.8	1.9	1.9	1.8	1.7	1.8	1.9	1.7	1.82
	2.4	18cm	1.7	1.6	1.7	1.8	1.5	1.7	1.4	1.6	1.6	1.6	1.62		1.8	1.9	1.7	2.0	1.8	1.8	1.8	1.8	2.0	1.7	1.83
	2.5	18cm	1.5	1.5	1.9	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4	1.52		1.4	1.8	1.7	1.6	1.6	1.5	1.6	1.6	1.8	1.6	1.62
	2.6	24cm	1.9	1.9	1.7	1.8	1.9	1.6	1.9	1.5	1.7	1.7	1.76		1.5	1.8	1.7	1.6	1.7	1.8	1.5	1.6	1.7	1.7	1.66
	2.7	24cm	1.4	1.7	1.5	1.3	1.4	1.6	1.7	1.7	1.3	1.5	1.51		1.5	1.7	1.7	1.8	1.7	1.7	1.5	1.4	1.5	1.6	1.61
	2.8	30cm	1.7	1.5	1.9	1.7	1.7	1.7	1.5	2.0	1.7	1.5	1.69		1.4	1.5	1.5	1.8	1.7	1.5	1.3	1.4	1.4	1.5	1.50
2.9	30cm	1.3	1.4	1.8	1.5	1.3	1.4	1.5	1.4	1.5	1.4	1.45		1.8	1.8	1.9	2.0	1.6	1.7	1.6	1.8	1.7	1.7	1.76	
3. K	3	6cm	2.7	2.5	2.7	2.9	2.6	2.8	2.4	3.0	2.7	2.6	2.69	1.61	3.2	3.3	2.7	3.0	3.0	3.4	2.8	3.4	2.8	2.7	3.03
	3.1	6cm	2.3	2.6	2.4	2.9	2.5	2.8	2.5	2.5	2.4	2.3	2.52		3.0	2.8	2.8	3.4	3.1	2.8	3.0	3.1	3.0	2.9	2.99
	3.2	12cm	2.7	2.8	2.6	2.7	2.8	3.0	2.8	2.5	2.9	2.9	2.77		3.4	3.3	3.3	3.0	2.7	3.4	3.4	3.1	3.4	3.2	3.22
	3.3	12cm	2.6	2.9	2.9	3.2	2.9	2.8	2.8	2.6	3.2	2.7	2.86		3.5	2.7	3.1	2.7	2.9	3.0	3.0	3.1	2.8	2.9	2.97
	3.4	18cm	2.8	2.7	2.9	3.0	3.0	2.7	3.3	3.3	2.7	3.1	2.95		2.8	3.0	3.1	3.1	3.0	2.9	3.0	2.8	2.9	3.1	2.97
	3.5	18cm	2.6	2.8	2.8	2.9	2.8	2.9	3.1	3.2	3.0	2.8	2.89		2.7	2.7	2.6	3.0	3.1	2.8	2.7	2.9	2.9	2.8	2.82
	3.6	24cm	2.8	3.1	3.0	3.2	2.8	2.9	2.8	3.0	2.7	2.9	2.92		2.5	3.4	3.1	3.0	2.8	2.8	2.8	2.9	2.7	3.0	2.90
	3.7	24cm	2.9	2.5	2.9	3.0	3.2	2.8	2.8	3.1	3.0	3.1	2.93		3.0	3.0	3.1	2.9	2.7	2.8	3.1	3.1	3.0	2.8	2.95
	3.8	30cm	3.0	2.6	3.4	3.0	2.7	2.5	3.4	2.6	2.8	2.8	2.88		2.7	2.9	3.0	3.1	3.0	3.4	3.2	2.8	2.7	2.5	2.93
3.9	30cm	2.6	2.8	2.8	2.9	3.0	3.1	3.1	2.8	2.6	2.9	2.86		3.0	3.1	2.8	3.2	2.8	3.0	3.1	3.0	2.8	2.9	2.97	

## Zweite Durchführung des ersten Versuchs

4. K	4	6cm	3.4	3.7	3.6	3.4	3.6	3.2	3.6	3.5	3.5	3.1	3.46	2.83	4.2	3.7	4.2	3.8	3.8	4.1	3.8	3.5	3.9	3.8	3.88	2.98
	4.1	6cm	3.2	3.0	3.5	3.8	3.3	3.4	3.8	3.7	3.8	3.6	3.51		4.1	4.2	4.2	4.0	3.9	4.0	4.2	4.2	3.8	3.9	4.05	
	4.2	12cm	3.1	4.1	3.7	3.4	3.8	3.8	3.9	3.7	3.6	3.5	3.66		3.9	4.3	3.9	3.9	4.3	4.6	4.2	4.2	4.3	3.6	4.12	
	4.3	12cm	3.7	3.5	2.9	4.0	3.5	3.6	3.6	3.1	3.8	3.0	3.47		3.8	3.6	3.9	3.5	4.2	3.5	3.5	4.6	4.0	3.5	3.81	
	4.4	18cm	3.8	3.7	3.7	3.4	3.5	3.4	3.8	3.3	3.7	3.4	3.57		3.9	3.6	3.3	3.4	3.5	3.8	3.9	3.9	3.7	3.4	3.64	
	4.5	18cm	3.5	3.6	3.5	3.4	3.7	3.4	3.5	3.5	3.3	3.4	3.48		3.8	3.9	3.6	4.1	4.2	3.9	4.1	3.6	3.5	3.8	3.85	
	4.6	24cm	3.5	3.8	3.5	3.4	3.9	3.3	3.3	2.8	3.3	4.0	3.48		3.7	4.4	3.9	3.5	4.0	4.1	4.3	3.8	3.9	3.7	3.93	
	4.7	24cm	3.5	3.3	3.3	2.7	3.1	3.1	3.0	3.4	3.4	3.2	3.20		3.5	3.8	3.9	3.7	3.9	4.3	4.1	3.8	3.9	3.8	3.87	
	4.8	30cm	2.5	3.3	2.8	2.4	3.6	3.0	2.8	3.0	2.8	3.2	2.94		3.7	3.5	3.6	3.9	3.7	4.0	4.0	3.8	3.5	3.9	3.76	
	4.9	30cm	3.1	2.9	2.8	3.2	3.6	3.2	2.7	3.2	3.1	3.4	3.12	3.39	4.3	4.0	4.0	4.1	4.1	4.5	4.3	4.3	3.9	4.0	4.15	3.91

### Abkürzungen

- MW = Mittelwert von Watterondell
- MWg = Mittelwert von gesamter Kontrolle
- K = Kontrolle

## Erste Durchführung des zweiten Versuchs

	Nr.	Abstand Zentrum	Bestrahlt mit Kleber												Unbestrahlt													
			Länge der gemessenen Gartenkresse in cm										MW	MWg	Länge der gemessenen Gartenkresse in cm										MW	MWg		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
1. K	1	6cm	1.0	1.1	1.1	0.8	0.9	1.1	1.0	1.1	1.0	1.01			1.1	1.0	1.2	1.2	1.2	1.3	1.1	1.0	0.9	1.1	1.11			
	1.1	6cm	1.2	0.9	0.8	1.2	1	1.0	1.1	1.0	0.9	1.00			1.0	1.3	0.9	1.1	0.9	1.2	1.1	1.2	0.9	0.8	1.04			
	1.2	12cm	1.1	0.9	0.9	1.2	1.2	0.8	0.8	0.9	1.0	1.1	0.99			1.1	1.2	1.1	1.1	0.9	1.2	1	0.9	1.0	1.1	1.06		
	1.3	12cm	1	1.1	1.2	1.0	1.0	0.8	0.9	1.0	0.8	0.9	0.97			0.8	1.0	1.1	0.9	0.9	0.8	1.2	1.1	1.0	1.0	0.98		
	1.4	18cm	1.1	1.1	1.0	1.2	1.0	0.9	0.8	1.2	1.0	1.0	1.03			0.9	1.1	1.2	1.3	1.1	0.9	1.2	1.2	1.1	1.0	1.1		
	1.5	18cm	1.0	0.9	0.8	1.2	1.1	1.0	1.0	0.9	0.8	1.0	0.97			0.8	0.9	1.0	1.0	0.9	0.8	1	0.8	0.9	1.0	0.91		
	1.6	24cm	1.1	1.1	1.1	1.0	0.9	0.8	1.2	0.8	1.0	0.9	0.99			1.2	1.2	1.0	0.9	1.1	1.1	1.1	0.9	1.2	1.1	1.08		
	1.7	24cm	0.9	0.8	0.8	1.1	1.2	1.0	1.0	1.2	0.9	0.9	0.98			0.9	1.1	1.1	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	1.1	0.9	0.99		
	1.8	30cm	0.9	0.8	0.9	1.1	1.2	1.0	0.9	1.2	1.0	1.0	1.00	0.99		1.2	1.2	1.3	1.1	1.2	0.9	1.0	1.2	1.3	1.1	1.15		
1.9	30cm	1.2	1.1	0.9	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	1.02			0.8	0.9	0.9	1.1	1.0	0.8	0.8	0.9	1.0	1.0	0.92			
2. K	2	6cm	1.5	1.6	1.9	1.5	1.3	1.7	1.5	1.7	1.5	1.4	1.56			1.6	1.6	1.7	1.4	1.6	1.5	1.6	1.7	1.5	1.5	1.57		
	2.1	6cm	1.2	1.4	1.3	1.1	1.3	1.4	1.4	1.5	1.4	1.2	1.32			1.5	1.6	1.5	1.8	1.7	1.6	1.5	1.6	1.6	1.4	1.58		
	2.2	12cm	1.4	1.7	1.8	1.4	1.6	1.5	1.4	1.5	1.6	1.5	1.54			1.6	1.8	1.9	1.8	1.6	2	1.8	1.7	1.7	1.9	1.77		
	2.3	12cm	1.5	1.6	1.6	1.8	1.6	1.8	1.3	1.7	1.6	1.5	1.60			1.5	1.8	1.7	1.7	1.6	2	1.7	1.7	1.5	1.6	1.68		
	2.4	18cm	1.4	1.5	1.4	1.7	1.4	1.5	1.6	1.4	1.6	1.5	1.50			1.8	2	1.7	1.7	1.7	2	2	2.1	1.8	1.6	1.84		
	2.5	18cm	1.4	1.4	1.5	1.6	1.8	1.4	1.6	1.6	1.4	1.5	1.52			1.6	1.6	1.8	1.7	1.7	1.9	1.6	1.5	1.6	1.6	1.66		
	2.6	24cm	1.6	1.4	1.7	1.5	1.6	1.4	1.7	1.9	1.8	1.7	1.63			2	2	1.7	2	1.9	2.3	2.4	1.7	1.9	1.8	1.97		
	2.7	24cm	1.5	1.7	1.5	1.4	1.4	1.5	1.5	1.6	1.4	1.5	1.50			1.7	1.8	1.7	1.7	1.7	1.6	1.7	1.8	1.6	1.7	1.7		
	2.8	30cm	1.5	1.5	1.4	1.5	1.5	1.6	1.6	1.7	1.8	1.6	1.57			1.6	2.1	1.7	1.5	1.5	1.8	1.7	1.6	1.5	1.5	1.65		
	2.9	30cm	1.7	1.9	1.8	1.8	1.4	1.6	1.5	1.6	1.7	1.5	1.65			1.6	1.7	1.7	1.6	1.9	2	1.9	1.7	1.8	1.9	1.78		
3. K	3	6cm	2.2	2.5	2.5	2.4	2.6	2.4	2.6	2.3	2.3	2.5	2.43			3.1	3.3	3.3	3.4	3	2.8	3.4	3.5	3	3.2	3.2		
	3.1	6cm	2.4	2.4	2.5	2.7	2.9	2.4	2.6	3.1	2.3	2.1	2.54			2.6	2.9	2.8	2.9	2.9	3.3	3.2	2.8	3	3.2	2.96		
	3.2	12cm	2.1	2.2	2.2	2.7	2.6	2	2.3	2	2	2.3	2.24			3.2	3.6	3.2	2.9	3	3.2	3.5	3.2	3.5	2.8	3.21		
	3.3	12cm	1.9	2.1	2.5	2.2	2.1	2.1	2.2	2.7	2.5	2.4	2.27			2.7	3.2	2.9	2.8	3	2.8	3	3	2.7	2.5	2.86		
	3.4	18cm	2.6	2.6	2.6	3	2.9	3.2	2.3	2.8	2.8	2.4	2.72			2.7	2.7	2.9	2.9	3	2.4	2.4	2.8	2.7	2.5	2.7		
	3.5	18cm	2.4	2.4	2.5	2.2	2.5	2.6	2	1.9	2.1	2.3	2.29			2.7	3.1	3	3.1	2.6	2.5	2.3	3	2.8	2.7	2.78		
	3.6	24cm	2.5	2.7	2.8	2.8	2.3	2.7	2.5	2.5	2.7	2.6	2.61			2.3	2.8	2.5	2.4	2.5	2.6	2.4	2.8	2.4	2.5	2.52		
	3.7	24cm	2.1	2.2	2.1	2.1	2.1	2	2.1	2.4	2	2.4	2.15			3.2	3	3.1	2.9	2.8	3.2	3.2	3.1	2.8	2.8	3.01		
	3.8	30cm	2.6	3.3	2.9	2.6	2.6	2.8	2.5	2.9	2.4	2.5	2.71			3.1	2.6	2.5	2.5	2.8	2.4	2.4	2.4	2.8	2.7	2.62		
	3.9	30cm	2.5	2.4	2.4	2.6	2.8	2.6	2.6	2.6	2.2	2.3	2.50			3	3	2.4	2.5	2.7	2.6	2.6	2.3	2.7	2.9	2.67		

1.03

1.54

1.72

## Erste Durchführung des zweiten Versuchs

														2.45									2.85		
4. K	4	6cm	3.1	3.4	3.3	3	3.4	3.5	3	3.4	3.1	3.2	3.24		3.7	4.1	3.6	3.9	4.5	3.9	3.4	3.8	4.3	3.9	3.91
	4.1	6cm	3.2	3.6	3.4	3.6	3.5	3.5	3.6	3.7	3.7	4.1	3.59		3.7	3.9	3.5	3.7	3.6	3.7	4	3.5	3.7	4.3	3.76
	4.2	12cm	4.3	3.3	3.7	3.8	2.8	3	3.3	3.7	3.4	3.5	3.48		3.5	4.3	3.6	3.5	4.1	3.5	3.6	4	3.9	3.8	3.78
	4.3	12cm	3.4	3.1	3.7	3.5	3.6	3	3.3	3.7	3.4	3.9	3.46		3.9	4.1	4	4.6	4.2	4.2	4.1	4.1	4.1	4.2	4.15
	4.4	18cm	2.9	3.4	3.1	3.5	3.2	3.4	3.3	2.9	3	3.2	3.19		3.2	3.8	3.7	3.8	3.4	3.5	3.7	4.1	3.3	3.2	3.57
	4.5	18cm	3.9	3.4	2.9	3.6	3.7	3.1	3.4	3.3	3.4	3.3	3.40		4	3.9	4.1	4.2	4.1	3.6	4.7	3.7	3.8	3.9	4
	4.6	24cm	3.2	3.4	3.7	3	3.3	3.7	3.6	3.5	3.6	3.5	3.45		3.3	3.5	3.4	4	3.5	3.6	3.7	3.2	3.8	3.3	3.53
	4.7	24cm	3	3.6	3.3	4.1	3.2	3.7	3.5	3.5	3.3	3.5	3.47		3.3	3	3.5	3.5	3.5	3.9	3.7	3.3	4.1	2.6	3.44
	4.8	30cm	3.1	2.6	3	3.1	3.2	2.8	3.7	3.2	3.1	3	3.08		3.5	3.8	3.9	4	3.7	3.8	4.3	3.4	4.1	3.8	3.83
	4.9	30cm	3.2	3	3	2.7	3	3.1	2.8	3.1	3	2.99		3.2	3.7	4	3.6	4.1	3.8	3.7	3.8	3.4	3.7	3.7	
														3.34											3.77

### Abkürzungen

MW = Mittelwert von Watterondell

MWg = Mittelwert von gesamter Kontrolle

K = Kontrolle



## Zweite Durchführung des zweiten Versuchs

4. K	4	6cm	3.2	4.1	3.7	4	3.7	3.8	3.9	4.0	3.8	3.9	3.81	2.88	4	3.9	3.8	3.9	4.1	4	4.4	4	4.1	3.7	3.99	3.34
	4.1	6cm	3.4	3.4	3.5	3.8	3.3	3.7	3.9	4	3.3	3.3	3.56		4.3	4	4.2	4.4	4.1	4.3	4.5	4.7	4.9	4.2	4.36	
	4.2	12cm	4.4	4.5	4.4	4.2	4	4.1	3.8	4.4	4	3.8	4.16		4.9	4.3	4.6	5.0	4.3	4.4	4.4	4.9	4.5	4.2	4.55	
	4.3	12cm	2.9	3	3.1	3.2	3.2	3.3	3.9	3.2	3.1	3.7	3.26		3.4	3.9	4.1	4.1	3.9	4.3	3.9	4.3	4.2	4.1	4.02	
	4.4	18cm	3.7	3.8	4.1	4.1	4.2	4	3.7	3.9	3.9	3.5	3.89		4.1	4.3	4.3	4.3	3.9	4.2	5.1	4.4	4.7	4.5	4.38	
	4.5	18cm	3.8	3.9	4	3.8	4.3	3.9	3.7	4.5	3.8	4.1	3.98		3.3	3.9	3.5	3.8	3.6	3.5	3.5	3.4	3.9	3.8	3.62	
	4.6	24cm	3.9	3.8	3.2	3.8	3.4	3.6	4	3.8	3.8	3.7	3.7		3.5	3.4	3.6	3.8	3.7	3.2	3.6	3.5	3.8	3.7	3.58	
	4.7	24cm	3	3	2.9	3.3	3.1	3.1	3.5	3.4	3.5	3	3.18		3.8	4.4	4.1	4.7	4.8	4.3	4.5	5.2	4	4.4	4.42	
	4.8	30cm	3.1	2.9	3.1	3.2	2.8	2.8	2.9	3.2	3.2	3	3.02		3.2	3.5	3.8	3.8	4	3.9	3.5	3.6	3.4	4	3.67	
4.9	30cm	3.4	4.2	3.9	3.3	3.8	3.9	3.7	3.9	3.5	3.7	3.73	3.63	4	4.7	4.3	4.8	5.1	4.6	4.9	4.7	4	4.4	4.55	4.11	

### Abkürzungen

- MW = Mittelwert von Watterondell
- MWg = Mittelwert von gesamter Kontrolle
- K = Kontrolle