Untersuchungen zum Einfluss eines elektrischen Feldes auf das Pflanzenwachstum

Facharbeit von Ricarda Thomaschewski

Erzbischöfliche Liebfrauenschule Bonn
Schuljahr 2015
Biologie GK 11.2 – Frau Simon

Inhaltsverzeichnis

I) Einleitung.....3-4
1. Einführung in das Thema.....3
2. Grundlage der Facharbeit.....3-4
3. Hypothese.....4

II) Hauptteil
a) *Theorieteil*.....*4-6*
1. *Lepidium sativum*.....4-5
2. Wachstum von *lepidium sativum*.....5
3. *Phaseolus coccineus*.....5
4. Wachstum von *phaseolus coccineus*.....5-6

b) Praxisteil.....*6-12*
1. Versuchsaufbau.....6-8
2. Beschreibung des Experiments.....18-9
3. Ergebnisse der eigenen Versuche.....9-12

III) Schlussteil
1. Zusammenfassung der Versuchsergebnisse.....12-13
3. Fazit.....13

IV) Anhang.....14-32
1. Legende für Tabellen.....14
2. Beobachtungen Kresse.....15-16
3. Beobachtungen Bohnen : Versuchsreihe B.....17-26
4. Beobachtungen Bohnen : Versuchsreihe C.....27-30
5. Foto Versuchsaufbau.....31
6. Fotos der Versuchspflanzen.....31-32
V) Quellenverzeichnis.....34
VI) Erklärung.....35

I). 1. Einführung in das Thema

Seit mehr als 100 Millionen Jahren gibt es Pflanzen auf der Erde. Eine Welt ohne Pflanzen ist für uns Menschen unvorstellbar. Für uns und auch für andere Lebewesen, die die Erde bevölkern, sind sie überlebenswichtig. Durch Pflanzen ernähren wir die Welt- die Höhe der Erträge spielt dabei eine wichtige Rolle. Täglich sterben über 100 000 Menschen an Hunger in der dritten Welt. Natürlich kann dieses Problem nicht nur durch höhere Erträge der Ernten gelöst werden - es geht dabei um eine wesentlich komplexere Problematik, zum Beispiel um das Ungleichgewicht der Nahrungsverteilung in der Welt oder die Ausbeutung armer Bauern beispielsweise in Afrika – jedoch könnten sie zu einer Minderung des verbreiteten Hungers in der dritten Welt beitragen. Mehr Erträge bedeuten auch mehr Essen für die Menschen, die Hunger leiden müssen. Weil die Untersuchungen des Pflanzenwachstums unter dem Einfluss eines elektrischen Feldes bei positiven Ergebnissen großes Potential für die Wissenschaft haben, und wie zuvor erwähnt, bisher nur in der Theorie gedacht, Menschen in der dritten Welt ein besseres Leben- in manchen Fällen ein Überleben- ermöglichen könnte, spricht mich das Thema sehr an. Außerdem finde ich es bedauerlich, dass dieses Thema bisher noch recht unbekannt geblieben ist, obwohl meiner Meinung nach großes Potential in ihm steckt. Unter anderem zu erwähnen ist außerdem die Erwägung, dass Pflanzen, die unter dem Einfluss eines elektrischen Feldes wachsen, eine Alternative zur umstrittenen Gentechnik bieten würden.

I). 2. Grundlage der Facharbeit

Die Basis meiner eigenen Versuche bilden die Experimente der Forscher Guido Ebner und Heinz Schürch, mit denen sie 1988 an die Öffentlichkeit traten und für welche ihrem damaligen Arbeitgeber, dem schweizer Pharmakonzern Ciba-Geigy-AG als Anmelder unter EP 0 351 357 A1 ein europäisches Patent erteilt wurde. Die beiden Wissenschaftler platzierten Schalen mit Pflanzenkeimlingen von beispielsweise Mais oder Bohnen in einem statischen Elektrofeld und ließen sie keimen. Nach einiger Zeit entnahmen sie diese wieder und ließen sie weiterwachsen.

Dabei machten sie folgende Feststellungen: Zum einen traten sogenannte

Urformen der Pflanzen, also Formen der untersuchten Pflanzen wie z.B. Farn, wie sie vor Millionen Jahren gewachsen sind, auf. Zum anderen wurden in der Keimungsphase der Pflanzen eine wesentlich schnellere Wachstumsgeschwindigkeit und erhöhte Erträge festgestellt. Die im Elektrofeld behandelten Pflanzen wurden als widerstandsfähiger gegen Schädlinge und extremere Klimabedingungen und als ertragreicher als die auf übliche Art und Weise angepflanzten Pflanzen beschrieben. Außerdem benötigten sie weniger Düngemittel. Auch bei Versuchen, bei denen Fischeier von Forellen unter dem Einfluss eines elektrischen Feldes gestellt wurden, konnten die Forscher feststellen, dass sich die Fische zu einer Form entwickelten, die einer schon seit langem ausgestorbenen Forellenart glich.

Nachdem jedoch die Ergebnisse der Experimente den eigentlichen geschäftlichen Interessen des Patenthalters Ciba Geigy als einem der größten Pestizid-und Saatgut- Produzenten der Welt zuwiderlief, wurden die weiteren Untersuchungen eingestellt. Als offizielle Begründung wurde angegeben, dass sich die Forschungen „nicht einem der Schwerpunktforschungsgebiete der Firma zuordnen lassen“ würden [1].

I). 3. Hypothese

Das unter elektrischem Einfluss stehende Feld (im Folgenden E-Feld genannt) beeinflusst Keimung und Wachstum: Die im Elektrofeld behandelte Pflanzenart könnte eine erhöhte Wachstumsgeschwindigkeit während der Keimung und eine höhere Ertragsrate aufweisen. Außerdem könnten veränderte Blatt-und Stilformen auftreten.

II). a) 1. *Lepidium sativum*

Lepidium sativum ist eine kleinblättrige Gewürzpflanze und gehört zur Familie der Kreuzblüter (Brassicaceae). Sie ist eine einjährige krautige Pflanzenart, die ihren Ursprung in Süd-West-Asien hat [2].

Im Volksmunde wird Lepidium sativum auch „Kresse“ genannt, was von „cresso“ kommt und „scharf“ bedeutet [3].

Kresse wird sowohl als Küchenpflanze zur Würzung, als auch als Heilpflanze beispielsweise zur Stärkung des Immunsystems, angewendet.

Sie hat einen „scharf-würzigen Geschmack“ und enthält viel Vitamin C [4].

Die Pflanze besteht aus einem dünnen weißen Stängel, der dem braunen Samen entspringt, und grünen Blättchen an der Spitze der Pflanze.

II). a) 2. Wachstum von *lepidium sativium*

Die Bedingungen für den Anbau von Gartenkresse sind nicht sehr anspruchsvoll. Wenn die Kressesamen in einer ausreichend, aber nicht zu feuchten Umgebung keimen, jeden bis jeden zweiten Tag bewässert werden und genügend Sauerstoff zur Verfügung haben, ist ihr Wachstum nach schon einer Woche abgeschlossen. Zunächst bildet sich eine Schleimschicht um die nach dem ersten Tag heller gewordenen und aufgequollenen Samen. „Wenn die Radicula die Samenschale durchbricht“ [5], kommt es zur Keimung, das Wachstum des weißlichen dünnen Stängels kann beginnen. Der

zunächst gebeugte Blütenkopf beginnt sich mit dem Wachsen des Stängels aufzurichten und die einzelnen Blättchen entfalten sich und nehmen eine dunklere Färbung an. Im Nährmedium der Pflanze bilden sich währenddessen weiße, dünne Wurzeln aus. Die kleinen Pflänzchen stehen dabei nahe beieinander, werden bis zu 50 cm hoch und können nach ungefähr einer Woche geerntet werden.

II). a) 3. *Phaseolus coccineus L.*

Phaseolus coccineus L. gehört zur Familie der Schmetterlingsblütengewächse (Fabaceae) und ist eine meist einjährig, aber manchmal auch zwei- oder mehrjährige Nutzplanze und Hülsenfrucht. Im Volksmund wird sie auch „Feuerbohne“, „Prunkbohne“ oder „Schminkbohne“ genannt. Sie kommt ursprünglich aus dem tropischen Amerika und wird heute auch vor allem in Europa als Zier- und Nutzpflanze angebaut. Der Name lässt sich in zwei Bestandteile aufteilen, „Phaseolus“ bedeutet übersetzt „Kahn“, was mit der Kahnförmigkeit der Hülsenfrucht in Zusammenhang gebracht werden kann. „Coccineus“ kommt aus dem Lateinischen, bedeutet „scharlachrot“ und weist so auf die Blütenfarbe der Feuerbohne hin. Im Inneren der Samen befinden sich Eiweißstoffe, die giftig sind und beim Verzehr zu schweren Verdauungsstörungen führen können [6].

II). a) 4. Wachstum von *phaseolus coccineus*

Nachdem der Bohnensamen 24 Stunden im Wasser lag, wird er in die Erde gepflanzt. Dort beginnt die Keimung damit, dass die Keimwurzel am Nabel des Samens durch die Samenschale bricht. Die Primärwurzel bildet nun rechts und links kleinere und dünnere Seitenwurzeln aus. Nun sticht der Stängel der Bohne aus der Erde heraus, man sieht zunächst den Epicotyl des Stängels, nach einiger Zeit sind auch die Primärblätter zu sehen. Der nun immer fester und dicker werdende Stängel wächst nach oben und die Samenschale löst sich allmählich von den Keimblättern, die im Laufe der Zeit verkümmern und schließlich abfallen. Die Reservestoffe in den Keimblätter aus dem Samen sind dann aufgebraucht und die Pflanze zieht Mineralsalze aus dem Wasser des Bodens. Die Blätter werden in den folgenden Tagen größer und fester und nehmen ein dunkleres Grün an. Nach der ersten Laub-

blattgeneration folgen noch weitere [7]. Falls die Pflanze beispielsweise auf dem Balkon angewachsen ist, kann sie nach einiger Zeit ins Freiland umgepflanzt werden. Die Pflanze wächst in den folgenden Wochen höher und höher bis die roten Blütenblätter zu sehen sind und die Bohnen schließlich geerntet werden können.

II). b) 1. Versuchsaufbau

Die Versuchsanordnung besteht aus 3 Bereichen.

Bereich 1 und 2 sind mit einem elektrostatischen Feld beaufschlagt, Bereich 3 ist als Kontrollfeld ohne felderzeugende Spannung angelegt.

Ein elektrisches Feld besteht zwischen allen sich gegenseitig anziehenden oder abstoßenden elektrischen Ladungen, wobei sich Ladungen ungleichen Vorzeichens anziehen, gleichen Vorzeichens abstoßen. Wenn sich, wie im vorliegenden Versuchsaufbau, Ladungen ungleichen Vorzeichens auf elektrisch gegeneinander isolierten, parallelen Platten befinden, entsteht zwischen diesen Platten ein sogenanntes homogenes elektrisches Feld (= Prinzip des Plattenkondensators), in welchem auf in diesem sich befindende Ladungsträger eine senkrecht zu den Platten wirkende Kraft F ausgeübt wird.

Die Größe dieser Kraft ist abhängig von der Feldstärke E, die im homogenen Feld dem Quotienten der anliegenden Spannung U und des Plattenabstands d entspricht, also E=U/d.

Im vorliegenden Versuchsaufbau wird das elektrische Feld über einen Hochspannungsgenerator „Leybold 10 KV“ erzeugt, der eine Gleichspannung einstellbarer Höhe bereitstellt. Diese Spannung wird an die leitfähigen, jedoch elektrisch gegeneinander isolierten Böden sowie Deckel der Versuchsfelder 1 und 2 angelegt. Als Ladespannung wurde ein Wert von 4000 Volt gewählt.

Im Einzelnen bestehen die Böden sämtlicher Bereiche aus je einer Edelstahlplatte von 1,5 mm Stärke, die Deckel aus Edelstahldrahtgewebe. Edelstahl wurde anstatt Kupfer verwendet, um eine eventuell denkbare Wanderung von Kupferionen im hochenergetischen Feld auszuschließen. Das Deckelmaterial stellt einen ausreichenden Lichteinfall auf das jeweilige Testfeld sicher. Auch Feld 3, obwohl als Kontrollfeld nicht mit einem elektrischen Feld beaufschlagt, wurde mit einer Abdeckung des beschriebenen

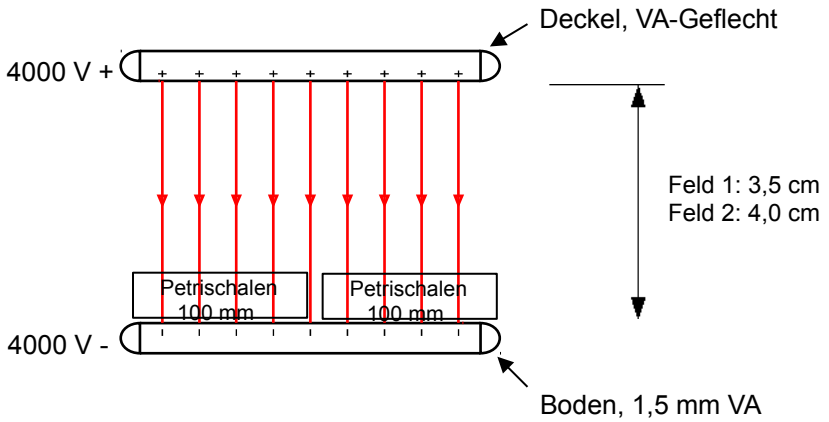
Drahtgeflechts versehen, um bei allen Feldern möglichst gleiche äußere Bedingungen (insbesondere Lichteinfall) zu gewährleisten. Die Flächen der Felder betragen ca. 20 cm x 50 cm für die Bereiche 1 und 2, sowie 40 cm x 50 cm für Bereich 3. Die Keimlinge wurden in elektrisch nicht leitenden offenen Petrischalen von jeweils 100 mm Durchmesser, welche zuvor mit Watte bzw. Anzuchterde gefüllt wurden, in den 3 Feldern plaziert.

Der Abstand zwischen Boden und Deckel beträgt im Feld 1 3,5 cm, im Feld2 und 3 jeweils 4 cm. Daraus ergibt sich nach dem oben dargestellten Zusammenhang für die Feldstärken im Bereich 1 und 2:

Feld 1: E= 4000 V/ 3,5 cm ≈ 1143 V/cm

Feld 2: E= 4000V / 4,0 cm ≈ 1000 V/cm

Schematische Darstellung eines Bereiches:



Die Pflanzen sind den dem natürlichen Tag-Nacht-Rhythmus angepassten Lichtverhältnissen, also der normalen, aber nicht dauerhaften Sonneneinstrahlung durch ein großes Fenster ausgesetzt. Die Temperatur in dem Versuchsraum schwankt zwischen 16 und 22 ° Celsius am Tage.

II). b) 2. Beschreibung des Experiments

Zu Beginn werden sowohl im normalen Feld, als auch im Feld, welches elektrischem Einfluss ausgesetzt ist, jeweils drei 100 mm hohe Petrischalen mit ausreichend Watte und Kressesamen (1 Esslöffel Kressesamen pro Schale) gefüllt und anschließend bewässert. In den ersten zwei Tagen werden die Plastikschalen mit schmalen Deckeln bedeckt, um die Feuchtigkeit der Umgebung für die Keimlinge zu erhalten und somit die Keimung zu begünstigen. In jedem Feld wird zusätzlich eine mit Erde gefüllte Schale platziert, in die jeweils eine Feuerbohne hineingepflanzt wurde. Die drei Feuerbohnen wurden am Tag vor der Einpflanzung für 24 Stunden in einen mit Wasser befüllten Becher gelegt, um ideale Bedingungen für die Keimung zu schaffen. Von nun an werden die Samen, welche in den Folgetagen auskeimen und schließlich zur Pflanze anwachsen, täglich beobachtet und bewässert. Bei der Beobachtung werden jeweils die Länge der Triebe in mm gemessen, wobei der höchste Wert notiert wird. Ebenso werden Auffälligkeiten in der Konsistenz, Farbe oder Form der Pflanzen protokolliert. Das Aussehen der Pflanzen und somit der Entwicklungsprozess im Wachstum wird fotografisch festgehalten (vgl. IV.5.). Bei Bedarf ist frische Erde nachzufüllen.

Nach 9 Tagen ist der Versuch im Elektrofeld für die Kresse abgeschlossen. Danach werden alle Kressepflanzen in separate mit Watte gefüllte Behälter umgepflanzt und in dieser Form weiter beobachtet. Im Vordergrund der Facharbeit steht jedoch der Keimprozess der Pflanzen. 2/3 der Samen keimen dabei im E-Feld, die restlichen im normalen Feld.

Es gab insgesamt zwei Versuchsreihen mit Bohnen, bei denen jeweils eine Bohne im normalen Feld (Feld 3) und zwei Bohnen im Elektrofeld (Feld 1 und Feld 2) angewachsen sind. Bei der Versuchsreihe B wurden die Bohnen nach 12 Tagen in separate Behälter außerhalb des E-Feldes umgepflanzt. Bei der darauf folgenden Versuchsreihe C fand die Umpflanzung in separate Töpfchen außerhalb des E-Feldes nach 10 Tagen statt.

Die Bohnen der Versuchsreihe B wurden insgesamt 28 Tage lang beobach-

tet, die Bohnen der Versuchsreihe C 16 Tage lang. Der Zustand der Pflanzen wurde jeden Tag protokolliert, wobei immer die Stängellänge und die Blattgrößen sowie an einigen Tagen auch die Größe der Primärwurzel, des Samens und der Seitenwurzeln gemessen wurden.

II). b). 3. Ergebnisse der eigenen Versuche

Versuchsreihe Kresse (vgl. IV. 2.)

Schon am zweiten Tag erkennt man einen Unterschied zwischen den E-Feld-Keimlingen und den normalen Keimlingen. Während der längste Sprössling in Feld 1 eine Höhe von 9,48 mm erreicht hat und der längste Sprössling in Feld 2 9,51 mm lang ist, wuchs der Sprössling im normalen Feld nur bis zu 7 mm. An Tag 3 können wieder höhere Werte bei der E-Feld -Kresse notiert werden. Auch an den folgenden Tagen lassen sich bis auf die Messwerte an Tag 4 und Tag 9 die höchsten Werte bei den E-Feld-Pflanzen protokollieren. Bei der Betrachtung der höchsten Maße bemerkt man, dass diese am häufigsten bei den Pflanzen aus Feld 2 aufgezeigt werden können, an fünf von acht Tagen waren die Sprösslinge dort am höchsten gewachsen. Insgesamt kann man sagen, dass die Größenunterschiede rein optisch bei den Kressepflanzen nicht auffallen, sich aber in den Messwerten widerspiegeln.

Anmerkung zur Tabelle IV.2.: Beim Aussähen der Kressesamen ist es hier zu Fehlern gekommen, sodass Vertrocknungserscheinungen aufgetreten sind. Beim Auswerten der Tabelle ist zu beachten, dass auch eine unterschiedlich dichte Verteilung der Samen zu Verschiedenheiten in den Untersuchungsergebnissen geführt haben können.

Versuchsreihe B (Feuerbohnen) (vg. IV.3.)

Acht Tage nach dem Einpflanzen der Samen können große Unterschiede im Wachstum der Pflanzen vermerkt werden. Sowohl die Samen, als auch die Primärwurzeln sind bei den E-Feld-Bohnen viel größer. Besonders deutlich kann man den Unterschied beim Größenvergleich zwischen Primärwurzel der Pflanze in Feld 2 und der Primärwurzel der Pflanze im 3. Feld erkennen: Während die Primärwurzel der Pflanze in Feld 2 eine Länge von 73, 67 mm aufweist, hat die Primärwurzel der Pflanze in Feld 3 nur eine Länge von 12, 31 mm erreicht. Außerdem sind an den Pflanzen im E-Feld im Gegensatz zu

der parallel wachsenden Bohne im normalen Feld Seitenwurzeln gewachsen. Ein schnellerer Wachstumsprozess der unter elektrischem Einfluss stehenden Pflanzen lässt sich auch an Tag 10 feststellen: Die Bohne in Feld 3 befindet sich in einer früheren Entwicklungsphase, was man beispielsweise daran erkennt, dass die Keimwurzeln der E-Feld-Bohnen durch die Samenschale gebrochen sind und sich sogar schon ein Stängel und Blätter ausgebildet haben, während sich bei der Bohne im Feld 3 keinerlei Veränderungen in dieser Hinsicht beobachten lassen. Während an Tag 11 bei der Pflanze im 3. Feld immer noch keine Blätter zu sehen sind, findet man bei den E-Feld-Pflanzen schon doppelt so viele Seitenwurzeln, Laubblätter und erheblich längere Stängel vor. Am 12.Tag hat der Stängel im hinteren E-Feld mittlerweile eine Länge von 51,8 mm erreicht, ein Stängel an der Pflanze im normalen Feld ist noch nicht zu sehen. Auch an den folgenden Tagen lassen sich erhebliche Größenunterschiede der Pflanzen feststellen. Während ein großer Teil der Samenschale der E-Feld-Pflanzen schon abgefallen ist, wird der Samen der Pflanze, die im normalen Feld anwächst, noch fest von der Samenschale umschlossen. Nachdem sich an der Primärwurzel nur sehr wenige Seitenwurzeln gebildet hatten, kommt nun eine neue Primärwurzel zum Vorschein. Jedoch ist diese noch dünn, weißlich und nur 13,86 mm lang, sodass sie nicht aus der Erddecke heraussticht. An Tag 15 kann man beobachten, dass die Blätter der E-Feld-Pflanzen schon dunkler und fester geworden sind und sich an der Spitze bereits eine neue Knospe gebildet hat; indes befindet sich die Pflanze aus Feld 3 noch in der Anfangsphase ihres Wachstums. Erst zwei Tage vor Beendigung der Beobachtung ist die Pflanze aus Feld 3 oberhalb der Erdoberfläche sichtbar. Inzwischen haben die Pflanzen aus dem E-Feld schon Knospen gebildet, diese haben sich geöffnet und es ist eine zweite Blättergeneration entstanden, an deren Spitze sich weitere Sprösslinge und Knospen gebildet haben. Am 26. Beobachtungstag ist das Primärblatt der Pflanze aus Feld 2 dreimal größer das Blatt der Pflanze aus Feld 3. An Tag 28 lässt sich folgendes Ergebnis festhalten: Der Stängel und der kleinere Spross der Pflanze aus Feld 2 sind sechsfach so lang wie die der Vergleichspflanze aus Feld 3; der Stängel der Pflanze aus dem vorderen E-Feld weist die vierfache Länge des Stängels der Vergleichspflanze auf. Auch die Größe des größeren Blattes der Pflanze aus Feld 2 wird als viermal so

groß wie die der Pflanze aus Feld 3 dokumentiert.

Versuchsreihe C (Feuerbohnen) (vg. IV.4)

Nach vier Tagen wurden die Bohnen das erste Mal gemessen. Hier fällt auf, dass die Primärwurzeln der Bohnen, die unter dem Einfluss eines elektrischen Feldes stehen, größer (je ca. 19 mm) sind als die Primärwurzel der Vergleichsbohne im normalen Feld (ca. 14 mm). Die Samengroße der Pflanze aus Feld 3 ist zwar über den ganzen Beobachtungszeitraum größer, jedoch lassen die Messwerte der Primärwurzeln, der Seitenwurzeln, der Stängel, der Blätter und der Sprossen auf eine schnellere Wachstumsgeschwindigkeit der Pflanzen, die unter dem Einfluss eines elektrischen Feldes wachsen, schließen. An Tag 8 sind die Primärwurzeln der E-Feld-Pflanzen dicker und bis zu 10 mm länger und die Samenschale der Pflanze aus Feld 2 hat sich schon zu einem großen Teil vom Samen gelöst. Nach zehn Tagen ist die Keimphase im E-Feld beendet und die Pflanzen wurden in separate Behälter umgepflanzt. Man erkennt einen deutlichen Unterschied: Bei den E-Feld-Pflanzen sieht man das Pflanzenembryo im Keimblatt, während sich der Samen der normalen Bohne noch nicht weit genug geöffnet hat und somit noch kein Pflanzenembryo zu sehen ist. Auch die Primärwurzel ist bei dieser Pflanze dünner und auch kürzer (34,36 mm). Die Primärwurzel der Bohne aus Feld 2, die schon viele Seitenwurzeln ausgebildet hat, hat derweil eine Länge von 60,16 erreicht. Ihr Samen hat sich schon weit geöffnet und der Stängel ist deutlich ausgeprägt. Auch das Aussehen der Bohne aus Feld 1 lässt auf ein fortgeschrittenes Wachstumsstadium schließen; Blatt und Stängel weisen bereits eine intensiv grüne Färbung auf. Auch an den Folgetagen erkennt man große Unterschiede im Wachstum der Bohnen: Dies lässt sich nicht nur an der größeren Anzahl an Seitenwurzeln, an längeren und dickeren Primärwuzeln und Stängeln erkennen, sondern auch an der Blattgröße: An Tag 13 ist das Blatt der Pflanze aus Feld 2 doppelt so groß wie das der Vergleichspflanze aus dem normalen Feld. Auch und vor allem bei der Bohne aus Feld 1 erkennt man eine weite Entfaltung der beiden Laubblätter. Am letzten Beobachtungstag (Tag 15) kann man festhalten, dass sich die Blätter der Bohne aus dem normalen Feld noch nicht geöffnet haben und

dass die schon geöffneten Blätter beispielsweise der Bohne aus Feld 1 bis zu 14 mm länger sind. Auch die weiteren Sprosse sind in Feld 2 bis zu 12 mm länger als die der Pflanze aus Feld 3. Außerdem hat die Pflanze aus Feld 1 bis zuletzt noch keinen dritten Spross ausgebildet, während sich an den Vergleichsbohnen aus dem E-Feld schon Knospen an der Spitze dieser Sprosse gebildet haben.

Insgesamt lässt sich dokumentieren, dass bei den Bohnen ein optischer Unterschied in der Wachstumsgeschwindigkeit eindeutig festzustellen ist, welcher durch die Messwerte bestätigt wird.

III). 1. Zusammenfassung der Versuchsergebnisse

Nach 28 Tagen Beobachtung und unter Berücksichtigung der protokollierten Ergebnisse lässt sich ein Ergebnis feststellen, welches sich mit der zu Beginn der Versuchsreihe aufgestellten Hypothese deckt. Insbesondere bei der Betrachtung des Entwicklungsprozesses der Feuerbohnen kann man feststellen, dass die Bohnen, die im Elektrofeld angewachsen sind, eine schnellere Wachstumsgeschwindigkeit aufgewiesen haben. Außerdem waren deren Keimlinge um einiges länger und dicker. Bei der Kresse ließen sich oftmals optisch keine Unterschiede feststellen, jedoch waren die Untersuchungen teilweise durch zu dicht beieinanderliegende Pflanzenkeimlinge behindert und die Messwerte bestätigen, dass auch hier ein Unterschied in der Wachstumsgeschwindigkeit zu dokumentieren ist. Eine Veränderung der Blatt- und/oder Stilformen, die sich von dem normalen Aussehen der Pflanzen unterscheidet, ist bei beiden Versuchsreihen nicht aufgetreten.

Wie in der Versuchsbeschreibung erwähnt, wurden die Pflanzen auch nach dem Auspflanzen in etwas größere Behälter umgepflanzt und beobachtet, jedoch wurden die Wuchshöhen der Kresse nicht im Protokoll verzeichnet, da es keine weiteren Veränderungen im Wachstum mehr gab.

Die Untersuchungen haben außerdem ergeben, dass auch der Abstand zwischen Deckel und unterer Platte eine Rolle spielt und das Wachstum der Pflanzen in verschiedener Weise beeinflussen kann. So lässt sich bei den Untersuchungen mit den Bohnen feststellen, dass die Pflanzen in Feld 2, also mit einem größeren Plattenabstand (von 4 cm) die schnellste Wachs-

tumsgeschwindigkeit aufgewiesen hat.

Wahrscheinlich ist, dass die im E-Feld angewachsenen Pflanzen widerstandsfähiger gegenüber Schädlingen und Stresssituationen sind, z.B. aus dem Grund, dass sie einen dickeren Stil und festere Blätter haben. Außerdem ist zu vermuten, dass die in ihrer Keimphase unter dem Einfluss des elektrischen Feldes stehenden Pflanzen im Gegensatz zu den parallel unter normalen Bedingungen angewachsenen Pflanzen mit weniger Dünger auskommen würden. Diese Untersuchungen würden allerdings den Rahmen der Facharbeit überschreiten.

Insgesamt kann man aus den Messwerten in den Tabellen (vgl. IV. 2,3 und 4.) und den Fotos (vgl. IV.6.) schließen, dass Pflanzen, die während ihrer Keimung unter dem Einfluss eines elektrischen Feldes stehen, eine schnellere Wachstumsgeschwindigkeit aufweisen. Dass die Pflanzen höhere Erträge einbringen ist wahrscheinlich, da bereits ihre Blätter größer waren (vgl. IV. 3,4.). Eine Veränderung der Blatt-und Stilformen ist in den vorliegenden Untersuchungsergebnissen nicht zu vermerken.

III). 2. Fazit

Die Ergebnisse der Facharbeit decken sich mit den Ergebnissen von Schürch und Ebner und lassen darauf schließen, dass ein elektrisches Feld Einfluss auf das Pflanzenwachstum haben kann.

Die Ergebnisse könnten ein Indiz dafür sein, dass ein elektrisches Feld, in dem Gleichspannung herrscht, eine Wirkung auf die Organismen ausübt, die sich in Form von einer besseren Widerstandsfähigkeit gegenüber Schädlingen und Stresssituationen und einem verminderten Bedarf an Düngemittel zeigen würde. Da das Themengebiet noch recht unerforscht ist, fällt es mir als Schülerin schwer, eine These aufzustellen, die Gründe für die aufgetretenen Ereignisse bereitstellt. Wie schon zu Beginn erwähnt, könnte die E-Feld-Technik ein großes Potential für die Landwirtschaft bieten; weitere Forschungen auf diesem Gebiet scheinen also lohnenswert.

IV). Legende für Tabellen

N : normales Feld (Feld 3)
E : Feld unter elektrischem Einfluss (Feld 1 oder 2)

Zum Abgleich der Fotos mit der Beschreibung der Versuchsergebnisse:
Für die Bohnen der Versuchsreihe B war der 16.04.2015 Tag 1, für die Bohnen der Versuchsreihe C stellte der 29.04.2015 Tag 1 dar. Die Kressesamen wurden am 19.04.2015 gesäht, der 20.04.2015 ist somit Tag 2.

Beobachtung Bohnen

1) = Samengröße
2) = Größe der Primärwurzel
3) = Länge der Seitenwurzeln (+ Stückzahl) (das längste Wurzelhaar wird gemessen)
4) = Stängel/Sprossachse
5) = Laubblätter (a) = erstes Blatt, b) = zweites Blatt)
6) = Spross (a) = erster Spross, b) = zweiter Spross, c)=dritter Spross)

Maßeinheit: mm

Wenn 1-3 nicht gemessen wurden, wurde nur der Teil des Stängels gemessen, der oben aus der Erde herausragt.

Beobachtungen Kresse

„Auffälligk.“ ist eine Abkürzung für „Auffälligkeiten“.
Leere Felder bei „Auffälligkeiten“ : gutes Wachstum, gesunde Blätter

IV) 1. Beobachtungen Kresse

	E1H	**E2H**	**E3H**	**E4V**	**E5V**	**E6V**	**N1**	**N2**	**N3**
Tag 2	7,93	9,51	8,6	8,83	9,48	9,09	6,56	6,37	7,0
Auffälligk.	Gut gesprießt, aber ein Teil gar nicht aufgegeangen	Siehe E1H		Sehr gut gesprießt, gesundes Aussehen				Ein Teil nicht gesprießt	Sehr gut gesprießt
Tag 3	27,93	24,1	25,6	25,95	20,27	21,29	20,36	19,5	23,7
Auffälligk.	Gut gekeimt, aber sehr dicht, dunkle Färbung	Gut gekeimt, schon in nächster Wachstumsphase (dunkle Färbung)	Sehr dicht, aber dunkle Färbung	Dicht gewachsen, grün, gesund, alles gekeimt	1/6 nicht gekeimt, ansonsten sehr dichte Keimung	Gut gekeimt, gesund	Keimungsprozess noch nicht so weit fortgeschritten, Stile noch dünn u. hell	Schon etwas weiter fortgeschritte nerer Keimungsprozess	Stile noch etwas hell
Tag 4	37,67	34,17	42,43	41,56	33,66	38,86	26,69	41,73	44,9
Auffälligk.	Gute Keimung	Gute Keimung			Etwas dicht beieinander		Nicht so viele Austriebe		Dünn bewachsen
Tag 5	37,16	34,8	29,23	27,71	30,15	37,89	26,08	30,96	26,7
Auffälligk.									
Tag 6	30,92	42,89	27,8	35,47	24,66	34,9	34,41	31,35	39,52
Auffälligk.	Gut gewachsen, jedoch ansatzweises Vertrocknen		Zu dicht gesäht, ¼ vertrocknen		Zu dichte Keimung, Randpflanzen vertrocknen	Einige vertrocknen		In der Mitte ein wenig zu eng, ansonsten gut gewachsen	

	sichtbar								
Tag 7	38,11	43,56	27,59	34,98	29,9	30,59	35,86	30,71	35,15
Auffälligk.			Ein bisschen zu dicht beieinander		Zu dicht beieinander, ansonsten gesund		Sehr gut und gesund	ein bisschen zu eng beieinander	Sehr gut und gesund
Tag 8	37,36	26,88	27,78	32,75	28,75	32,04	35,83	35,28	32,34
Auffälligk.			Ein Teil vertrocknet, weil zu dicht beieinander		Am Rand teils vertrocknete Blätter (zu dicht)	Einzelne Blätter ansatzweise vertrocknet			
Tag 9	31,51	32,11	24,4	31,35	25,64	34,04	38,16	32,22	40,88
Auffälligk.	½ gesund, ½ etwas trocken	Einige Blätter etwas trocken	Trocken	1/3 trocken	Zu dicht (einige Blätter angetrocknet)	Nur noch 1/3 der Blätter gesund		Einige Blätter etwas unstabil	

IV) Beobachtungen Bohnen : Versuchsreihe B

Tag 8	BN1	BE2V	BE1H
1)	24	30,42	32,19
2)	12,31	32,22	73,67
3)	/	7,21 (12 St.)	20,76 (16 St.)
4)	/	/	/
5) a) b)	/	/	/
6) a) b) c)	/	/	/

Tag 10	BN1	BE2V	BE1H
1)	23,7	29,54	29,19
2)	11,04	15,7	17,88
3)	15,6 (2 St.)	26,13 (16 St.)	41,2 (16 St.)
4)	/	25,9	33,79
5) a) b)	/	19,83	25,18
6) a) b) c)	/	/	/

IV) Beobachtungen Bohnen : Versuchsreihe B

Tag 11	BN1	BE2V	BE1H
1)	22,85	30,33	29,36
2)	11,5	79,74	50,11
3)	18,45 (6 St.)	31,19 (13 St.)	45,47 (14 St.)
4)	/	19,10	39,54
5) a) b)	/	17,59	25,90
6) a) b) c)	/	/	/

Tag 12	BN1	BE2V	BE1H
1)	23,45	28,99	28,96
2)	11,19	85,43	70,24
3)	28,69 (7 St.)	31,7 (17 St.)	43,5 (17 St.)
4)	/	38,4	51,8
5) a) b)	/	21,9	27,22
6) a) b) c)	/	/	/

IV) Beobachtungen Bohnen : Versuchsreihe B

Tag 13	BN1	BE2V	BE1H
1)	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*
2)	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*
3)	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*
4)	/	31,96	57,35
5) a) b)	/	22,84	28,08
6) a) b) c)	/	/	/

Tag 14	BN1	BE2V	BE1H
1)	24,15	28,87	27,67
2)	11,92	15,40	14,10
3)	35,96 (7 St.)	33,7 (23 St.)	42,39 (17 St.)
4)	/	48,93	70,49
5) a) b)	/	21,59 11,99	19,6 15,87
6) a) b) c)	/	6,96 3,95	7,06 6,12

IV) Beobachtungen Bohnen : Versuchsreihe B

Tag 15	BN1	BE2V	BE1H
1)	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*
2)	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*
3)	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*
4)	/	57,07	72,89
5) a) b)	/	24,72 15,32	21,88 16,29
6) a) b) c)	/	7,9 5,25	8,77 7,72

Tag 16	BN1	BE2V	BE1H
1)	24,48	29,45	27,47
2)	11,64, neue: 13,86	32,85	24,34
3)	28,04 (7 St.)	42,66 (30 St.)	31,84 (30 St.)
4)	/	77,16	97,56
5) a) b)	/	22,84 12,38	22,92 14,71
6) a) b) c)	/	8,23 4,18	10,14 8,08

IV) Beobachtungen Bohnen : Versuchsreihe B

Tag 17	BN1	BE2V	BE1H
1)	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*
2)	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*
3)	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*
4)	/	69,03	101,185
5) a) b)	/	24,16 12,57	24,13 16,57
6) a) b) c)	/	9,61 6,18 5,26	11,62 8,68 6,51

Tag 18	BN1	BE2V	BE1H
1)	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*
2)	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*
3)	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*
4)	/	82,33	113,09
5) a) b)	/	23,82 12,38	26,58 17,93
6) a) b) c)	/	8,88 3,85 6,29	13,13 8,41 13,47

IV) Beobachtungen Bohnen : Versuchsreihe B

Tag 19	BN1	BE2V	BE1H
1)	23,84	28,29	29,05
2)	11,57, zweite: 24,71	26,82	24,7
3)	19,72 (9 St.)	50,79 (30 St.)	50,64 (40 St.)
4)	/	93,21	125,19
5) a) b)	/	24,18 12,64	28,32 19,03
6) a) b) c)	/	8,94 4,15 9,47	15,96 11,57 18,08

Tag 20	BN1	BE2V	BE1H
1)	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*
2)	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*
3)	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*
4)	/	92,13	122,61
5) a) b)	/	27,43 13,32	29,42 18,65
6) a) b) c)	/	11,95 5,51 25,98	27,98 17,02 50,68

IV) Beobachtungen Bohnen : Versuchsreihe B

Tag 21	BN1	BE2V	BE1H
1)	23,49	29,44	28,27
2)	zweite: 10,28	13,61	21,91
3)	21,10 (8 St.)	46,89 (30+)	29,84 (30+)
4)	47,52	102,33	130,84
5) a) b)	2 sehr kleine Primärblätter	31,09 16,71	29,57 20,24
6) a) b) c)	/	13,81 5,53 40,64	30,09 16,5 72,7

Tag 22	BN1	BE2V	BE1H
1)	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*
2)	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*
3)	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*
4)	/	91,93	123,11
5) a) b)	/	33,34 19,24	31,79 21,11
6) a) b) c)	/	20,26 4,07 85,88	34,69 19,64 121,19

IV) Beobachtungen Bohnen : Versuchsreihe B

Tag 23	BN1	BE2V	BE1H
1)	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*
2)	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*
3)	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*
4)	/	90,54	120,53
5) a) b)	/	33,71 17,71	33,51 20,48
6) a) b) c)	/	20,24 3,66 118,90	40,22 26,34 144,78

Tag 24	BN1	BE2V	BE1H
1)	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*
2)	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*
3)	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*
4)	/	92,57	116,31
5) a) b)	/	34,26 14,95	34,34 22,92
6) a) b) c)	/	20 4 156,61	42,19 29,12 195,12

IV) Beobachtungen Bohnen : Versuchsreihe B

Tag 25	BN1	BE2V	BE1H
1)	23,67	29,83	26,13
2)	86,58	23,28	23,10
3)	20,33 (7 St.)	27,26 (20+ St.)	41,06 (30+ St.)
4)	50,03	102,05	129,96
5) a) b)	8,24 /	35,9 16,12	34,97 24,44
6) a) b) c)	3,53 3,77 6,3	19,1 3,63 162,92	44,21 29,92 198,7

Tag 26	BN1	BE2V	BE1H
1)	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*
2)	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*
3)	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*
4)	17,35	88,70	123,9
5) a) b)	8,99 8,48	34,08 17,58	37,29 24,48
6) a) b) c)	6,13 4,98 11,54	25,21 4,3 169,08	46,35 30,2 203,72

IV) Beobachtungen Bohnen : Versuchsreihe B

Tag 27	BN1	BE2V	BE1H
1)	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*
2)	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*
3)	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*
4)	22,96	95,72	123,87
5) a) b)	11,63 9,42	36,69 16,04	37,63 26,7
6) a) b) c)	6,79 5,50 17,45	27,61 4,21 172,36	46,48 30,6 203,71

Tag 28	BN1	BE2V	BE1H
1)	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*
2)	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*
3)	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*
4)	19,86	94,14	131,28
5) a) b)	9,78 8,33	37,11 17,32	36,47 26,48
6) a) b) c)	8,99 5,91 24,20	31,49 4,12 17,9	48,48 32,38 17,9

IV). Beobachtungen Bohnen : Versuchsreihe C

Tag 4	**BN1**	**BE2V**	**BE1H**
1)	33,06	30,44	30,05
2)	14	19	19
3)	/	/	/
4)	/	/	/
5) a) b)	/	/	/
6) a) b)	/	/	/

Tag 8	**BN1**	**BE2V**	**BE1H**
1)	33,08	30,54	30,47
2)	50,22	60,17	59,35
3)	5,75 (16 St.)	13,81 (17 St.)	14,14 (13 St.)
4)	/	/	/
5) a) b)	/	/	/
6) a) b)	/	/	/

IV). Beobachtungen Bohnen : Versuchsreihe C

Tag 10	**BN1**	**BE2V**	**BE1H**
1)	32,87	30,28	30,49
2)	34,36	57,56	60,16
3)	31,44 (14 St.)	47,43 (17 St.)	32,84 (27 St.)
4)	/	/	/
5) a) b)	/	/	/
6) a) b)	/	/	/

Tag 11	**BN1**	**BE2V**	**BE1H**
1)	32,7	30,19	30,96
2)	40,3	57,57	61,23
3)	35, 88 (14 St.)	51,23f (17 St.)	44,38 (27 St.)
4)	21,47	22, 68	28, 59
5) a) b)	18,33 /	11,97 /	13,47 /
6) a) b)	/	/	/

IV). Beobachtungen Bohnen : Versuchsreihe C

Tag 12	**BN1**	**BE2V**	**BE1H**
1)	32,68	30,8	31,41
2)	55,04	57,21	50,8
3)	42,06 (13 St.)	59,79 (20 St.)	51,62 (30 St.)
4)	30,6	35,18	53,67
5) a) b)	19,77 /	21,43 /	28,07 /
6) a) b)	/	/	/

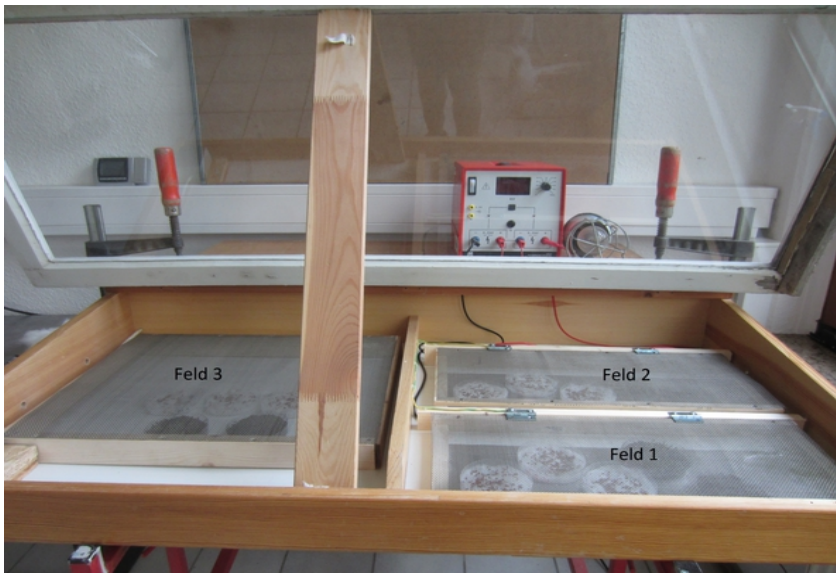
Tag 13	**BN1**	**BE2V**	**BE1H**
1)	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*
2)	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*
3)	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*
4)	33,58	35,31	69,62
5) a) b)	21,29 /	27,15 /	26,36 /
6) a) b)	/	/	/

IV). Beobachtungen Bohnen : Versuchsreihe C

Tag 14	**BN1**	**BE2V**	**BE1H**
1)	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*
2)	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*
3)	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*
4)	63,76	67,34	117,07
5) a) b)	24,04 /	28,85 27,83	31,2 26,69
6) a) b)	/	9,33 8,1	14,65 13,07

Tag 15	**BN1**	**BE2V**	**BE1H**
1)	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*
2)	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*
3)	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*	*nicht gemessen*
4)	77,59	76,63	135,93
5) a) b)	20,99 21,46	32 28,04	34,5 30,9
6) a) b) c)	5,32 4,12 /	11,7 8,41 4,47	18,28 14,52 9,5

IV). 5. Foto Versuchsaufbau



IV). 6. Fotos der Versuchspflanzen

Bohnen Versuchsreihe B:




B1N
EB2V
EB1H


BN1
BE2V
BE1H


BN1

Bohnen Versuchsreihe C:







V). Quellenverzeichnis

[1] Bürgin, L. (2014): Der Urzeit-Code. Die ökologische Alternative zur umstrittenen Gentechnik. F.A. Herbig. München, S. 67.

[2] Bresinksky, A.; Kadereit, J.; Körner, C.; Neuhaus, G.; Sonnewald, U. (2008): Strasburger Lehrbuch der Botanik. Springer Spektrum: Heidelberg, S.896

[3] Heller, U. (2010): Gartenkresse. *Lepidium sativum*, abgerufen unter http://www.natwiss.ph-karlsruhe.de/GARTEN/material/steckbrief/Aromapflanzen/Gartenkresse.pdf (Zugriff am 29.03.2015 um 18.40 Uhr)

[4] Palitzsch, K. (2015): Kresse (*Lepidium sativum*), abgerufen unter http://www.kraeuter-almanach.de/kraeuter-lexikon/kresse.htm (Zugriff am 10.05.2015 um 19.54 Uhr)

[5] Heß, D. (2008): Pflanzenphysiologie. Grundlagen der Physiologie und Biotechnologie der Pflanzen. Eugen Ulmer KG. Stuttgart, S. 297

[6] Sommer, M. (2010): Feuerbohne. *Phaseolus coccineus*, abgerufen unter http://www.natwiss.ph-karlsruhe.de/GARTEN/material/steckbrief/Giftpflanzen/feuerbohne_ph-ka.pdf (Zugriff am 10.05.2015 um 20.56)

[7] Unbekannter Autor (o.J.): http://www.suz-mitte.de/index.php/naturforscher/wie-wachsen-pflanzen/bohnenwachstum (Zugriff am 14.05.2015 um 13.24 Uhr)

VI). Erklärung

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