

Hochschule Anhalt  
Anhalt University of Applied Science

Fachbereich 1:  
Landwirtschaft, Ökotrophologie und Landschaftsentwicklung



**„Einfluss der Elektronenbehandlung auf die  
Keimfähigkeit, Triebkraft und Jugendentwicklung bei  
Samen von Erbsen (*Pisum sativum*) und Lupinen (*Lupinus  
luteus L.*)“**

- Masterthesis -

Zur Erlangung des Grades  
Master of Science (M.Sc.)

vorgelegt von:

**Erik Sauermilch**

Immatrikulationsnummer:

**4052557**

Studiengang:

**Master Food and Agribusiness**

**1. Gutachter:**

**Dipl.-Chem. Monika Kühne**

**2. Gutachter:**

**M.Sc. Roland Söffing**

**Vorsitz der Prüfungskommission:**

**Prof. Dr. Annette Deubel**

**Bernburg, den 16. August 2016**

# Danksagung

An dieser Stelle danke ich allen Personen, die mich bei der Erstellung dieser Arbeit unterstützt haben.

Besonders gilt mein Dank Frau Dipl.-Chem. Monika Kühne von der Hochschule Anhalt, die mich auf den Weg der Erstellung der Arbeit mit betreut hat. Mit ihr konnte ich über die verschiedenen Fragestellungen in der Arbeit diskutieren und konnte mit ihr Lösungsvorschläge ausarbeiten.

Auch gilt mein Dank an Herr Roland Söffing, der mir beim Versuchsaufbau, der Auswertung und Korrektur tatkräftig unterstützt hat. Ebenso geht auch an Herrn Andreas Prelwitz ein besonderer Dank, da er mir diese einzigartige Möglichkeit eröffnet hat, um an diesem sehr interessanten Projekt mitarbeiten zu können.

Ebenso und nicht zuletzt danke ich meiner Familie, die mich motiviert hat, für mich immer ein offenes Ohr hatte und mit viel Geduld in vielerlei Hinsicht auf meinem Weg geholfen hat.

## Inhaltsverzeichnis

|      |   |    |
|------|---|----|
| I    | Einleitung .....                                  | 8  |
| II   | Saatgutbehandlungen .....                         | 10 |
| III  | Elektronenbehandlung bei Saatgut .....            | 15 |
|      | 3.1 Entwicklungsgeschichte .....                  | 15 |
|      | 3.3 Wirkung auf Pathogene .....                   | 23 |
| IV   | Anbau und Verwendung von Leguminosen .....        | 26 |
|      | 4.1 Erbsen ( <i>Pisum sativum</i> ) .....         | 26 |
|      | 4.2 Lupinen ( <i>Lupinus luteus</i> L.) .....     | 28 |
| V    | Material und Methoden .....                       | 30 |
|      | 4.1 Vorbereitungen .....                          | 30 |
|      | 4.2 Untersuchungen der Keimfähigkeit .....        | 32 |
|      | 4.3 Untersuchungen der Triebkraft .....           | 33 |
|      | 4.4 Untersuchungen der Jugendentwicklung .....    | 34 |
|      | 4.5 Statistische Auswertung .....                 | 36 |
| VI   | Ergebnisse .....                                  | 37 |
|      | 6.2 Untersuchung der Triebkraft .....             | 41 |
|      | 6.3 Untersuchung der Jugendentwicklung .....      | 43 |
|      | 6.3.1 Auflaufrate .....                           | 43 |
|      | 6.3.2 Wachstumslänge .....                        | 47 |
|      | 6.3.3 Trockensubstanzuntersuchung .....           | 49 |
| VII  | Diskussion der Ergebnisse und Fehleranalyse ..... | 53 |
| VIII | Fazit .....                                       | 59 |
| IX   | Quellenverzeichnis .....                          | 62 |
| X    | Anhang .....                                      | 64 |

## Abkürzungsverzeichnis

|                               |   |  |
|-------------------------------|---|--|
| 0                             | - | unbehandelt  |
| 1x                            | - | einfache Elektronenbehandlung  |
| 2x                            | - | doppelte Elektronenbehandlung  |
| Abb.                          | - | Abbildung  |
| BBCH-Stadium                  | - | Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und Chemische Industrie; Entwicklungs-Code von Pflanzen |
| Chem                          | - | chemische Behandlung/ Beizung  |
| DNA                           | - | Desoxyribonukleinsäure   |
| eA                            | - | eigenes Archiv   |
| Erb                           | - | Erbse  |
| FEP                           | - | Fraunhofer-Instituts für organische Elektronik, Elektronenstrahl- und Plasmatechnik                |
| GVO                           | - | Genetisch-veränderte Organismen  |
| H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> | - | Wasserstoffperoxid   |
| ISTA                          | - | International Seed Testing Association   |
| keV                           | - | Kilo-Elektronen-Volt   |
| KF                            | - | Keimfähigkeit  |
| kGy                           | - | Kilo-Gray  |
| lm                            | - | Lumen  |
| LUFA                          | - | Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt   |
| Lup                           | - | Lupine   |
| O <sub>3</sub>                | - | Ozon   |
| SNK-Test                      | - | Student-Newmann-Keuls- Test  |
| Tab.                          | - | Tabelle  |
| TS                            | - | Trockensubstanz  |

## Abbildungsverzeichnis

|                     |   |    |
|---------------------|---|----|
| <b>Abbildung 1</b>  | Gebeiztes Saatgut (oben) und unbehandeltes Saatgut (unten) .....  | 11 |
| <b>Abbildung 2</b>  | Aufbau Saatgutpille.....  | 11 |
| <b>Abbildung 3</b>  | Pilliertes Zuckerrüben-Saatgut.....   | 11 |
| <b>Abbildung 4</b>  | Elektronenbehandeltes (links) und gebeiztes Saatgut (rechts) .....  | 14 |
| <b>Abbildung 5</b>  | „ELBA 50“   |    |
| <b>Abbildung 6</b>  | „ELBA 60-1“ .....   | 15 |
| <b>Abbildung 7</b>  | "WESENITZ 1" und schematischer Aufbau .....   | 16 |
| <b>Abbildung 8</b>  | Schematische Darstellung der „WESENITZ 2“ .....   | 17 |
| <b>Abbildung 9</b>  | „WESENITZ 2“-Auflieger.....   | 17 |
| <b>Abbildung 10</b> | Prozessraum der „WESENITZ 2“ .....  | 17 |
| <b>Abbildung 11</b> | "STELLA"-Gebäude....  | 18 |
| <b>Abbildung 12</b> | Prozessraum "STELLA" .....  | 18 |
| <b>Abbildung 13</b> | „e-3“-Anlage.....   | 18 |
| <b>Abbildung 14</b> | schematische Darstellung.....   | 18 |
| <b>Abbildung 15</b> | Lenard-Fenster .....  | 19 |
| <b>Abbildung 16</b> | Querschnitt Weizenkorn.....   | 19 |
| <b>Abbildung 17</b> | Elektronenstrahlen am Korn .....  | 21 |
| <b>Abbildung 18</b> | Energieverlaufskurve.....   | 20 |
| <b>Abbildung 19</b> | Dosisverteilung am Korn .....   | 21 |
| <b>Abbildung 20</b> | Wirkung der Elektronen.....   | 22 |
| <b>Abbildung 21</b> | Elektronenbehandlung als Übersicht .....  | 23 |
| <b>Abbildung 22</b> | Illustration der Erbsenpflanze.....   | 25 |
| <b>Abbildung 23</b> | Erbsen im Bestand .....   | 26 |
| <b>Abbildung 24</b> | Illustration gelber Lupine .....  | 28 |
| <b>Abbildung 25</b> | Gelbe Lupine im Bestand.....  | 28 |
| <b>Abbildung 26</b> | Querschnitt Lupinen-Samen .....   | 30 |
| <b>Abbildung 27</b> | Samen auf Filterpapier (eA) .....   | 31 |
| <b>Abbildung 28</b> | Gekeimte Lupinen-Samen (eA) .....   | 32 |
| <b>Abbildung 29</b> | Samen in Erde für Triebkraftuntersuchung (eA) .....   | 33 |
| <b>Abbildung 30</b> | Samen ohne Erdabdeckung (eA).....   | 33 |
| <b>Abbildung 31</b> | Bedeckte Samen (eA).....  | 34 |
| <b>Abbildung 32</b> | Lupine zur letzten Messung (eA).....  | 34 |
| <b>Abbildung 33</b> | Erbsen zur letzten Messung (eA).....  | 35 |
| <b>Abbildung 34</b> | Erb0 zum Versuchsende (eA) ...  | 34 |
| <b>Abbildung 35</b> | Lup0 zum Versuchsende (eA).....   | 35 |
| <b>Abbildung 36</b> | Darstellung der Keimfähigkeiten von Erbse in Abhängigkeit von<br>verschiedenen Behandlungsparametern (einfache Behandlung)(eA) .....                    | 37 |
| <b>Abbildung 37</b> | Darstellung der Keimfähigkeiten von Erbse in Abhängigkeit von<br>verschiedenen Behandlungsparametern (zweifache Behandlung)(eA).....                    | 38 |
| <b>Abbildung 38</b> | Darstellung der Keimfähigkeiten von Lupine in Abhängigkeit von<br>verschiedenen Behandlungsparametern (einfache Behandlung)(eA) .....                   | 39 |
| <b>Abbildung 39</b> | Darstellung der Keimfähigkeiten von Lupine in Abhängigkeit von<br>verschiedenen Behandlungsparametern (zweifache Behandlung)(eA).....                   | 40 |
| <b>Abbildung 40</b> | Darstellung der Triebkraft von Erbse in Abhängigkeit von verschiedenen<br>Behandlungsparametern im Vergleich mit Keimfähigkeit(eA) .....                | 41 |
| <b>Abbildung 41</b> | Darstellung der Triebkraft von Lupine in Abhängigkeit von verschiedenen<br>Behandlungsparametern im Vergleich mit Keimfähigkeit(eA) .....               | 42 |
| <b>Abbildung 42</b> | Darstellung der Auflauftrate der Jugendentwicklung von Erbse in Abhängigkeit<br>von verschiedenen Behandlungsparametern (einfache Behandlung)(eA) ..... | 43 |

|  |    |
|--|----|
| <b>Abbildung 43</b> Darstellung der Auflauftrate der Jugendentwicklung von Erbse in Abhängigkeit von verschiedenen Behandlungsparametern (zweifache Behandlung)(eA).....             | 44 |
| <b>Abbildung 44</b> Darstellung der Auflauftrate der Jugendentwicklung von Lupine in Abhängigkeit von verschiedenen Behandlungsparametern (einfache Behandlung)(eA).....             | 45 |
| <b>Abbildung 45</b> Darstellung der Auflauftrate der Jugendentwicklung von Erbse in Abhängigkeit von verschiedenen Behandlungsparametern (zweifache Behandlung) (eA).....            | 46 |
| <b>Abbildung 46</b> Darstellung der Wachstumslängendifferenz zwischen erster und letzter Messung in Abhängigkeit von verschiedenen Behandlungsparametern von Erbse (eA) .....        | 47 |
| <b>Abbildung 47</b> Darstellung der Wachstumslängendifferenz zwischen erster und letzter Messung in Abhängigkeit von verschiedenen Behandlungsparametern von Gelber Lupine (eA)..... | 48 |
| <b>Abbildung 48</b> Darstellung der Trockensubstanz von Erbse in Abhängigkeit von verschiedenen Behandlungsparametern (einfache Behandlung) (eA) .....                               | 49 |
| <b>Abbildung 49</b> Darstellung der Trockensubstanz von Erbse in Abhängigkeit von verschiedenen Behandlungsparametern (zweifache Behandlung) (eA).....                               | 50 |
| <b>Abbildung 50</b> Darstellung der Trockensubstanz von Lupine in Abhängigkeit von verschiedenen Behandlungsparametern (einfache Behandlung) (eA) .....                              | 51 |
| <b>Abbildung 51</b> Darstellung der Trockensubstanz von Lupine in Abhängigkeit von verschiedenen Behandlungsparametern (zweifache Behandlung) (eA).....                              | 52 |

## **Tabellenverzeichnis**

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabelle 1</b> Sensibilität von Mikroorganismen gegenüber Elektronenbehandlung nach DIN ISO 11137 ..... | 23 |
| <b>Tabelle 2</b> Wirkungsspektrum der Elektronenbehandlung .....  | 24 |
| <b>Tabelle 3</b> Behandlungsparameter .....   | 31 |

## **I Einleitung**

Der Einsatz von chemischen Pflanzenschutzmitteln in der Landwirtschaft wird in den letzten Jahren von der Gesellschaft stark kritisiert. Viele fürchten eine Vergiftung ihrer Lebensmittel. Dagegen ist in der konventionellen Landwirtschaft der Einsatz von chemischen Pflanzenschutzmitteln eine gängige Praxis, um den Bestand und die Ernteprodukte gesund zu erhalten. Außerdem spart der Einsatz eine aufwendigere Pflege der Kultur.

Trotz des Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln ist das Ernteprodukt nicht 100% frei von Krankheiten. Am Korn können samenbürtige Pilze und Bakterien vorkommen. Die Ernteprodukte, die anschließend als Saatgut verwendet werden, können vor der Keimung der Pflanzen verunreinigt sein. Als Folge könnte ein Totalausfall der Ernte bei einer Nicht-Behandlung des Saatgutes auftreten. Zu diesen Krankheiten zählen als Beispiel Schwarzbeinigkeit und Steinbrand im Getreideanbau, der Ascochyta-Komplex bei Erbsen und Antraknose bei Lupinen. Konventionell wird als Vorbeugemaßnahme eine chemische Beizung verwendet.

In den letzten Jahren ist die Behandlung mit niederenergetischen Elektronen als eine erfolgreiche Alternative zur chemischen Beizung weiterentwickelt worden. Bei diesem Verfahren handelt es sich um eine umweltschonende Saatgutbehandlung, da keine chemischen Stoffe bei der Aussaat mit in den Boden eingeführt werden. Ein weiterer Vorteil ist, es entstehen außerdem auch keine Abriebstäube. Hierbei wird dieses physikalische Verfahren angewendet, um eine Desinfektion des Saatgutes zu erreichen. Dadurch wird ein sicheres und schnelleres Auflaufen der Pflanzen bewirkt. Im Getreideanbau ist dieses Verfahren sehr gut erprobt. Im Maisanbau liegen noch relativ wenige Erfahrungen vor.

Das Ziel ist eine Erweiterung der Produktpalette. Dazu werden verschiedene Kulturen untersucht. Für die Erforschung der optimalen Behandlungstärke müssen verschiedene Parameter wie z.B. Keimfähigkeit und Triebkraft getestet werden. Die Bedeutung von heimischen Körnerleguminosen steigt aktuell immer mehr. Körnerleguminosen werden bei der Tierhaltung als eiweißreiches Futtermittel genutzt. Besonders Soja ist ein viel genutztes Eiweißfuttermittel. Im Vergleich zu einheimischen Eiweißpflanzen besitzt Soja ein höherwertiges Eiweiß. Aus diesem Grund wird es in der Hochleistungsviehwirtschaft stark nachgefragt. Der Anbau in deutschen Regionen ist bisher noch unrentabel. Aus diesem Grund wird Soja importiert. Weltweit wird zu 80% gentechnisch veränderter Soja angebaut. Die Verwendung von GVO's (Genetisch-veränderte Organismen) in der Landwirtschaft wird in Europa von der Gesellschaft abgelehnt. Um den hohen Bedarf an Soja zu substituieren,



gewinnt der Anbau heimischer Eiweißfutterpflanzen wieder an Bedeutung. Voraussetzung für die Realisierung hoher Erträge und Qualitäten ist eine optimale Pflanzengesundheit. Diese beginnt schon beim Saatgut und deren Behandlung. Gerade im ökologischen Anbau, bei dem auf chemische Pflanzenschutzmittel verzichtet wird, sind die Behandlungsmöglichkeiten um gesundes und keimfähiges Saatgut zu garantieren eher begrenzt. Das physikalische Verfahren der Elektronenbehandlung, welches für den ökologischen Anbau zugelassen ist, ist dabei eine sichere Methode, um das Saatgut von samenbürtigen Pilzen und Bakterien größtenteils zu befreien. Ein weiterer Vorteil von physikalischen Verfahren ist: während Pathogene gegen chemische Stoffe eine Resistenz schnell entwickeln können, bleibt dies bei physikalischen Verfahren aus. Außerdem entstehen keine sogenannte „Beizhöfe“ im Boden durch die eingetragenen Chemikalien.

Das Ziel dieser Arbeit ist es, eine optimale Behandlungsvariante für eine Nutzung der Elektronenbehandlung an großkörnigen Leguminosen zu erarbeiten. Aus diesem Grund werden Erbsen und Lupinen verschiedenen Behandlungsvarianten unterzogen. Anschließend werden unter Laborbedingungen Aussagen zur Keimfähigkeit, Triebkraft und der Jugendentwicklung getroffen. Durch diese Versuche sollen Einflüsse und Auswirkungen der Elektronenbehandlung auf Lupinen- und Erbsen-Kulturen erfasst und beschrieben werden. Die Elektronenbehandlung wurde hierfür auf der erprobten Anlage „WESENITZ 2“ und der neugebauten Anlage „STELLA“ durchgeführt. Die Versuche erfolgten in der Nordkorn-Saaten GmbH in Güstrow.

## **II Saatgutbehandlungen**

Die Saatgutgesundheit ist ein wichtiger Schritt für die Erzeugung eines gesunden Bestandes im Pflanzenbau. Pilze, Bakterien und auch Viren können die Pflanzen befallen und eine Ertragsminderung oder sogar einen vollständigen Ertragsausfall hervorrufen. Am Saatkorn können verschiedene samenbürtige Keime die Pflanzen infizieren. Zu diesen Krankheiten gehören Brandkrankheiten (z.B. *Tilletacaries*, *Ustilagospp.*, *Urocystisocculata*) und Streifenkrankheiten (*Drechslera graminea*), Ascochyta-Komplex und Anthracnose. Im Boden können Sporen oder Bestandteile von Pilzen Krankheiten wie z.B. und *Fusarium culmorum* oder *Septoria nodorum* hervorrufen. Diese bodenbürtigen Keime können eine Infektion verursachen. Für diese Krankheiten ist eine Saatgutbehandlung eine effektive Behandlungsmethode. Nach Hallman et al wird unter Saatgutbehandlung ein „Verfahren im chemischen Pflanzenschutz mit dem günstigem Verhältnis zwischen Aufwandmenge und Wirkungsgrad“ (Hallman et al; 2007)<sup>1</sup> verstanden. Diese Definition bezieht sich nicht auf die physikalischen und biologischen Verfahren, die auch im ökologischen Anbau verwendet werden.

Pflanzenschutzmittel können mit unterschiedlichen Methoden durch Beizen auf das Saatkorn appliziert werden. Als Beizen wird das „Aufbringen eines Pflanzenschutzmittels auf Saatgut, um es vor Schädlingen, Pilzbefall oder anderen Pflanzenkrankheiten“ (Homepage Uni Hamburg)<sup>2</sup> zu schützen, bezeichnet. Die Beizung ist ein chemisches Verfahren im Pflanzenschutz. Die folgenden Methoden der Applikation sind in der landwirtschaftlichen Praxis gebräuchlich: Feuchtbeizen, Flüssigbeizen, Schlämmeizen, Tauchbeizen, Saatgutpillierung und Saatgutinkrustierung (Hallman et al; 2007)<sup>3</sup>

---

<sup>1</sup> J. Hallman, A Quadt Hallman und A von Tiedemann; „Phytomedizin Grundwissen Bachelor“; 2007

<sup>2</sup> Homepage: <http://www.sign-lang.uni-hamburg.de/galex/konzepte/166.htm>

<sup>3</sup> Hallman, A Quadt Hallman und A von Tiedemann; „Phytomedizin Grundwissen Bachelor“; 2007



Abbildung 1 Gebeiztes Saatgut (oben) und unbehandeltes Saatgut (unten)<sup>4</sup>

Die Abb. 1 „Gebeiztes Saatgut (oben) und unbehandeltes Saatgut (unten)“ zeigt unbehandeltes und mit Beize behandeltes Saatgut. Zum Schutz der Anwender wird bei der Beizung ein Farbstoff als Signalfarbe für eine Behandlung des Saatguts verwendet. Die Feuchtbeize ist eine Flüssigformulierung aus einer oder mehreren homogenen Lösungen in direkter oder in verdünnter Anwendung. Die Flüssigbeizen können als Mehrphasenkonzentrat (feste und flüssige Zustandsformen; stabile Suspension oder Emulsion mit Wasser verdünnt) oder Suspensionskonzentrat (stabile Suspension mit Wasser) vorkommen. Die Schlämmebeizen sind Beizen in denen feinkörnige Pulver, die in hoher Konzentration in Wasser gelöst werden. Die Tauchbeizen sind ähnlich wie Schlämmebeizen. Anstatt, dass das ruhende Pulver-Wasser-Gemisch auf das Saatgut aufgetragen wird, wird bei dieser Anwendung Saat- und Pflanzengut in das Gemisch getaucht (Hallman et al; 2007)<sup>5</sup>. Die Saatgutpillierung ist die Umhüllung der Einzelsamen mit einer Pilliermasse über einzelne oder mehrere Schichten. Durch diese Umhüllung wird eine Einzelkornablage bei der Aussaat möglich.

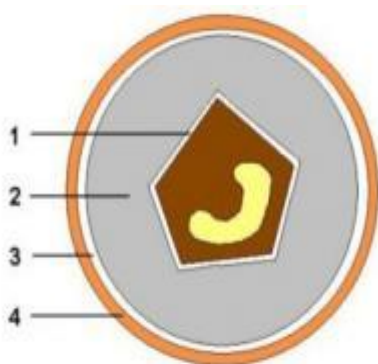


Abbildung 2 Aufbau Saatgutpille<sup>6</sup>



Abbildung 3 Pilliertes Zuckerrüben-Saatgut<sup>7</sup>

<sup>4</sup>Homepage:[http://www.bayercropscience.com.mx/bayer/cropscience/cscms.nsf/id/Saatgutqualitaet\\_CourierDE?Open&setprintmode](http://www.bayercropscience.com.mx/bayer/cropscience/cscms.nsf/id/Saatgutqualitaet_CourierDE?Open&setprintmode)

<sup>5</sup> J. Hallman, A Quadt Hallman und A von Tiedemann; „Phytomedizin Grundwissen Bachelor“; 2007

<sup>6</sup> <http://www.kws.de/aw/KWS/germany/Produkte/Zuckerruebe/Inhalte-ausserhalb-der-Struktur/~dxee/Aufbau-einer-Pille/>

Die Abb. 2 „Aufbau Saatgutpille“ zeigt den schematischen Aufbau einer Saatgutpille bei einer Zuckerrübe. Die erste Schicht soll in diesem Schema den Samen darstellen. Dieser wird von einer Flüssigbeize umgeben. Die zweite Schicht ist die sogenannte Pilliermasse. Diese besteht aus verschiedenen keimungs- und wachstumsfördernden Stoffen. Die dritte Schicht ist wieder ein Wirkstoff eines Fungizids und/oder Insektizids. Die vierte Schicht soll die Pillierung vor Abrieb bei der Aussaat schützen.<sup>8</sup> In der Abb. 3 „Pilliertes Zuckerrüben-Saatgut“ ist das Endprodukt, die fertige Pille, von verschiedenen Zuckerrüben-Züchtern zu sehen.

Die Saatgutinkrustierung ist die Zugabe von Hilfsstoffen und der Beimengung von Präparaten über mehrere Schichten. Bei der chemischen Beizung sind primäre und oftmals sekundäre Beizwirkungen zu sehen. Die primäre Beizwirkung ist die direkte Wirkung am Korn gegen die Pathogene am Korn. Die sekundäre Beizwirkung ist die Wirkung im Boden nach der Aussaat in Form eines Beizhofes um das Korn. Der Beizhof schützt das Korn vor bodenbürtigen Pathogenen.

Neben den chemischen Saatgutbehandlungsverfahren sind auch physikalische und biologische Behandlungsverfahren von Saatgut möglich. Diese sind vorrangig im ökologischen Anbau zu finden, da im ökologischen Anbau die Verwendung von chemischen Präparaten verboten ist (Vogt-Kaute et al; 2007)<sup>9</sup>.

Eine Behandlung von Saatgut mit lebenden Organismen wird als biologische Saatgutbehandlung bezeichnet. Bei dieser Art der Behandlung werden Mikroorganismen direkt auf das Saatgutkorn aufgetragen. Diese Anwendung verfolgt zwei Wirkungen: die direkte Wirkung als Antagonist/Konkurrent für Schaderreger und eine indirekte Wirkung als positiver Effekt auf das Pflanzenwachstum. Bei einer antagonistischen Wirkung des Organismus muss eine Zulassung erfolgen (Drangmeister; 2011)<sup>10</sup>.

Die dritte Gruppe von Saatgutbehandlungen sind die physikalischen Verfahren. Vorteile dieser Verfahren sind ihre unselektive Wirkung. Sie erstreckt sich auf alle Schaderreger die von der Behandlung erfasst werden. Ist eine Wirkung auf ein Pathogen nach einer physikalischen Behandlung vorhanden, können Pathogene keine bzw. schwer Resistenzen entwickeln. Außerdem können Saatgutreste bedenkenlos verwendet werden, da diese nicht mit Chemikalien oder Organismen versetzt wurden. Ein weiterer Vorteil ist, es kommt zu keinen Rückständen im Boden. Physikalische Verfahren setzen optimale Bedingungen für die

---

<sup>7</sup><http://www.gut-derenburg.de/html/zuckerrubenaussaat.html>

<sup>8</sup><http://www.kws.de/aw/KWS/germany/Produkte/Zuckerruebe/Inhalte-ausserhalb-der-Struktur/~dxe/Aufbau-einer-Pille/>

<sup>9</sup> W. Vogt-Kaute, H. Spieß, M. Jahn, F. Waldow, E. Koch, R. Wächter, K. J. Müller und K. P. Wilbois: Physikalische Verfahren zur Behandlung von Saatgut im ökologischen Landbau; 2007

<sup>10</sup> H. Drangmeister Pflanzenschutz im Ökologischen Landbau: Saatgutbehandlung; 2011

Saatgutbehandlung voraus. Parameter wie Behandlungszeit, Temperatur oder Energiedosis (je nach Verfahren) können die Keimfähigkeit des Saatgutes beeinflussen. Zu diesen Verfahren zählen die Heiß- und Warmwasserbehandlungen. Die sogenannten thermophysikalischen Verfahren gehören zu den klassischen Verfahren im Pflanzenschutz. Hierbei wird heißes (>50°C bei 10 Minuten) bis warmes (ca. 45°C bei 2 Stunden) Wasser über das Saatgut gegossen oder das Saatgut wird ins Wasser getaucht (Vogt-Kaute et al; 2007)<sup>11</sup>. Durch die höhere Wärmekapazität von Wasser als Luft, wird Wasser verwendet. Die Kombination aus Behandlungsdauer und Behandlungstemperatur ist entscheidend. Die Behandlung ist erfolgreich gegen samenbürtige Krankheiten wie Fusariosen und Flugbrände (Vogt-Kaute et al; 2007)<sup>12</sup>. Die Probleme bei dieser Behandlung sind zum einen die Handhabung großer Mengen von Saatgut und eine wirtschaftliche Rücktrocknung der Samen (Vogt-Kaute et al; 2007)<sup>13</sup>. Ein ähnliches Verfahren ist die Heißdampfbehandlung. Das Saatgut wird heißer Luft bei nahezu 100%igen relative Luftfeuchte ausgesetzt. Es wurde eine Wirkung gegen Septoria, Steinbrand, Schneeschimmel, Streifenkrankheit und Netzfleckenkrankheiten nachgewiesen (Vogt-Kaute et al; 2007)<sup>14</sup>. Seit 2005 nutzt eine Großanlage in Südschweden dieses Verfahren. Ein weiteres physikalisches Verfahren ist die Vakuum-Dampf-Behandlung. In einer Druckkammer werden spezifische atmosphärische Bedingungen mit Temperaturen zwischen 70°C bis 125°C geschaffen. Es wurden positive Wirkungen gegen Weizensteinbrand und Schwarzfäule an Möhren festgestellt. Der Nachteil dieses Verfahrens sind hohe Kosten. Bisher wird dieses Verfahren nur in der Türkei für wertvolles Saatgut von Gemüse-, Gewürz- und Arzneipflanzen eingesetzt. Die Ultraschall-Dampf-Behandlung ist ein Verfahren, dass in Dänemark entwickelt wurde. Durch die Wirkung von Ultraschall wird die Oberfläche des Korns verändert, damit heißer Dampf besser eindringen kann. Mit diesem Verfahren wurden Wirkungen gegen Steinbrand an Weizen und Dinkel festgestellt. Ein mechanisches Verfahren ist die Bürstmaschine aus Dänemark. Durch das „Wegbürsten“ werden anhaftende Sporen z.B. vom Weizensteinbrand entfernt. Der Wirkungsgrad liegt zwischen 94% bis 99% (Drangmeister; 2011)<sup>15</sup>.

---

<sup>11</sup> W. Vogt-Kaute, H. Spieß, M. Jahn, F. Waldow, E. Koch, R. Wächter, K. J. Müller und K. P. Wilbois: Physikalische Verfahren zur Behandlung von Saatgut im ökologischen Landbau; 2007

<sup>12</sup> W. Vogt-Kaute, H. Spieß, M. Jahn, F. Waldow, E. Koch, R. Wächter, K. J. Müller und K. P. Wilbois: Physikalische Verfahren zur Behandlung von Saatgut im ökologischen Landbau; 2007

<sup>13</sup> W. Vogt-Kaute, H. Spieß, M. Jahn, F. Waldow, E. Koch, R. Wächter, K. J. Müller und K. P. Wilbois: Physikalische Verfahren zur Behandlung von Saatgut im ökologischen Landbau; 2007

<sup>14</sup> W. Vogt-Kaute, H. Spieß, M. Jahn, F. Waldow, E. Koch, R. Wächter, K. J. Müller und K. P. Wilbois: Physikalische Verfahren zur Behandlung von Saatgut im ökologischen Landbau; 2007

<sup>15</sup> H. Drangmeister Pflanzenschutz im Ökologischen Landbau: Saatgutbehandlung; 2011

Bei den elektromagnetischen Verfahren gibt es zwei Möglichkeiten der Nutzung: über erzeugte Wärme und der ionisierende Effekt. Eine Mikrowellenbehandlung nutzt die Wärme zur Desinfektion von Saatgut. Bisher wurde noch keine praxistaugliche Anlage entwickelt. Der Nutzung von ionisierender Strahlung wird bei der Elektronenbehandlung genutzt. Bei der Elektronenbehandlung werden beschleunigte, niederenergetische Elektronen für die Behandlung von Saatgut eingesetzt. Die Elektronen haben einen bioziden Effekt auf die Schaderreger. Der Prozess wird exakt gesteuert, damit die Elektronen nur bis in die Keimchale eindringen und den Keimling nicht schädigen (Vogt-Kaute et al; 2007)<sup>16</sup>. Am Saatgut kann man keine äußerlichen Einflüsse sehen. Die Abb. 4 „Elektronenbehandeltes und gebeiztes Saatgut“ zeigt links elektronenbehandeltes Saatgut und rechts gebeiztes Saatgut.



Abbildung 4 Elektronenbehandeltes (links) und gebeiztes Saatgut (rechts)<sup>17</sup>

---

<sup>16</sup> W. Vogt-Kaute, H. Spieß, M. Jahn, F. Waldow, E. Koch, R. Wächter, K. J. Müller und K. P. Wilbois: Physikalische Verfahren zur Behandlung von Saatgut im ökologischen Landbau; 2007

<sup>17</sup>Homepage: <http://www.tagesspiegel.de/wissen/saatgut-mit-elektronen-gegen-krankheitserreger/8404278.html>

### III Elektronenbehandlung bei Saatgut

#### 3.1 Entwicklungsgeschichte

Die Entwicklung der Elektronenbehandlung von Saatgut entstand über mehrere Schritte bis heute zur Praxisanwendung. Im Jahr 1905 wurde die biozide Wirkung von ionisierender Strahlung auf Pilze und Bakterien nachgewiesen. Im Forschungsinstitut Manfred von Ardenne in Dresden entstanden die ersten Versuchsanlagen. Das Ziel der Entwicklung von Anlagen zur Elektronenbehandlung war die Ablösung der damals in der Praxis verwendeten Quecksilberbeizen. Durch diese Beizen kam es zunehmend zu Problemen mit Rückständen in Nahrungsmitteln und Böden (Jahn et al; 2005)<sup>18</sup> Bis zur praxisreifen Verwendung der Elektronenbehandlung wurden drei Maschinen entwickelt. Die Anlage „ELBA“ entstand im Zeitraum von 1986 bis 1991. Auf dieser Anlage wurden die biologischen und pflanzenbaulichen Grundlagen untersucht. Die Anlage hatte eine Leistung von 1t Saatgut/h. Die Abb. 5 „ELBA 50“ und die Abb. 6 „ELBA 60-1“ zeigt zwei Varianten der Anlage „ELBA“. Sie sind mit einem Scanner mit einer Spannung von 50keV(Kilo-Elektronen-Volt) oder einem 60kev ausgestattet (Weidauer; 2014)<sup>19</sup>.



Abbildung 5 „ELBA 50“<sup>20</sup>



Abbildung 6 „ELBA 60-1“<sup>21</sup>

<sup>18</sup> M. Jahn; O Röder; J. Tigges: Die Elektronenbehandlung von Getreidesaatgut; 2005

<sup>19</sup> A. Weidauer Elektronenbehandlung von Saatgut – eine bewährte Pflanzenschutzmaßnahme mit Potential; 2014

<sup>20</sup> A. Weidauer Elektronenbehandlung von Saatgut – eine bewährte Pflanzenschutzmaßnahme mit Potential; 2014

<sup>21</sup> M A. Weidauer Elektronenbehandlung von Saatgut – eine bewährte Pflanzenschutzmaßnahme



Die Anlage „WESENITZ 1“ wurde vom Fraunhofer Institut für Elektrotechnik- und Plasmatechnik entwickelt und wurde 1991 in Heimsdorf bei Dresden in Betrieb genommen. Die Leistung der „WESENITZ 1“ waren 10t/h. Die Anlage ist mit 2 Scannern ausgestattet, die eine Spannung von 60keV erreichen können. Die Abb. 7 „WESENITZ 1“ und schematischer Aufbau“ zeigt die Anlage und das Schema zeigt ihren Aufbau. Bei den Anlagen „ELBA“ und „WESENITZ 1“ erfolgte die Behandlung des Korns im Vakuum (Weidauer; 2014)<sup>22</sup>.

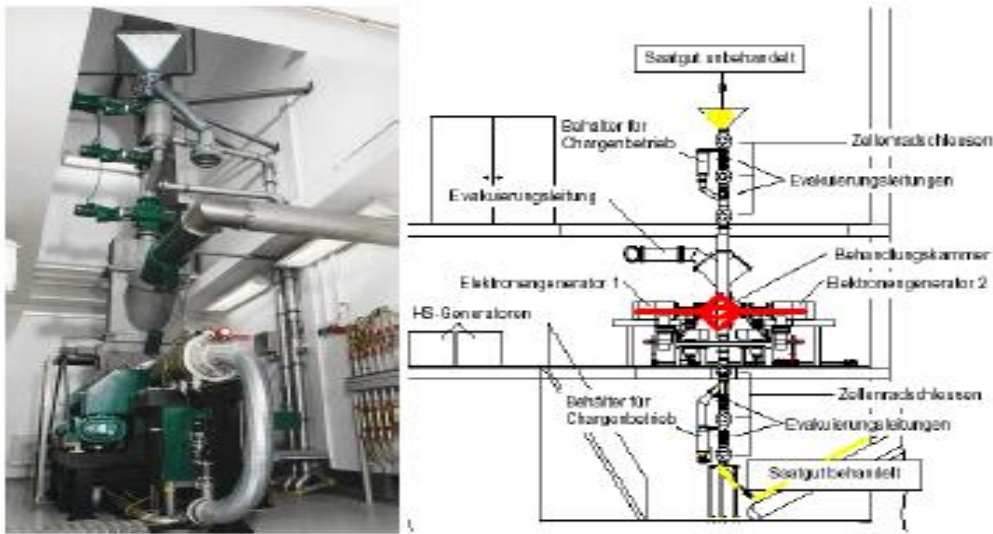


Abbildung 7 "WESENITZ 1" und schematischer Aufbau<sup>23</sup>

Mit der Entwicklung der „WESENITZ 2“ im Jahr 1997 wurde der technische Aufwand für die Vakuumerzeugung und –aufrechterhaltung vereinfacht. Die Anlage wurde in Rahmen eines Verbundforschungsprojektes zwischen der Schmidt-Seeger AG, dem Fraunhofer Institut FEP Dresden und mehreren landwirtschaftlichen Produktionsbetrieben entwickelt (Weidauer; 2014)<sup>24</sup>. Mit der Herstellung dieser Anlage wird von den Technologien „e-ventus“ und „e-pura“ gesprochen. Die „WESENITZ 2“ wurde als mobiler Auflieger entwickelt, um das Saatgut von Landwirten und Saatgut-Aufbereitern vor Ort zu behandeln. In der Abb. 8 „Schematische Darstellung der „WESENITZ 2““ sieht man den schematischen Aufbau des Aufliegers.

<sup>22</sup> A. Weidauer Elektronenbehandlung von Saatgut – eine bewährte Pflanzenschutzmaßnahme mit Potential; 2014

<sup>23</sup> A. Weidauer Elektronenbehandlung von Saatgut – eine bewährte Pflanzenschutzmaßnahme mit Potential; 2014

<sup>24</sup> A. Weidauer Elektronenbehandlung von Saatgut – eine bewährte Pflanzenschutzmaßnahme mit Potential; 2014



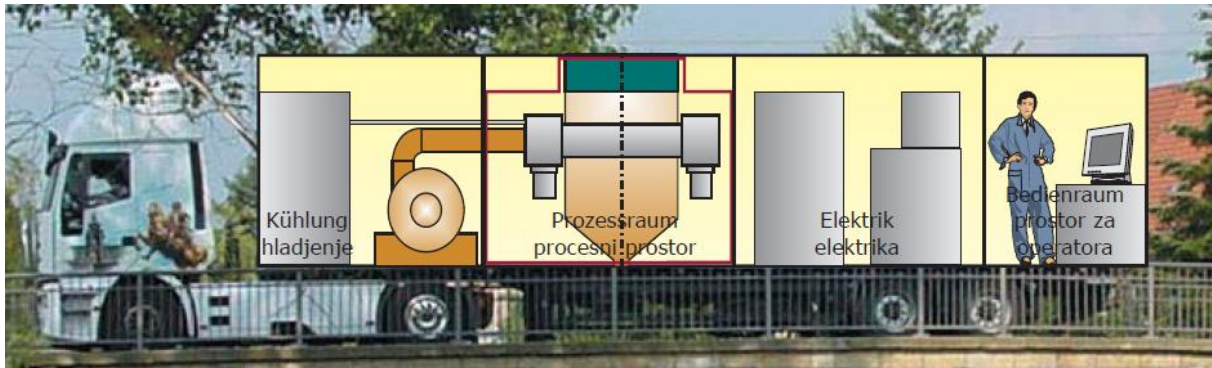


Abbildung 8 Schematische Darstellung der „WESENITZ 2“<sup>25</sup>

Oberhalb des Prozessraumes wird das Saatgut eingelassen. Im Prozessraum wird das Saatgut behandelt und fließt unterhalb des Prozessraumes hinaus. Das Saatgut kann über Förderbänder abtransportiert werden. Die Abb. 9 „WESENITZ 2“-Aufleger“ und die Abb. 10 „Prozessraum der „WESENITZ 2““ zeigen den Trailer und den Prozessraum. Im Prozessraum sind die beiden FEP-Bandstrahler die mit bis zu 145keV arbeiten können. Die Anlage kann eine Durchsatz-Leistung bis zu 30t/h erreichen (Weidauer; 2014).<sup>26</sup>



Abbildung 9 „WESENITZ 2“-Aufleger



Abbildung 10 Prozessraum der „WESENITZ 2“

Seit 2014 wurde eine weitere Konstruktion für die Elektronenbehandlung in Betrieb genommen. Die Anlage „STELLA“ ist bauähnlich der Anlage „WESENITZ 2“. Sie ist als festes Gebäude konstruiert und damit fest verbunden mit den Wegen der Aufbereitungs- und Nachbearbeitungseinrichtungen für Saatgut. Die Anlage gehört zur Nordkorn Saaten GmbH in Güstrow. Die Nordkorn Saaten GmbH vermarktet elektronenbehandeltes Saatgut unter dem

<sup>25</sup> e-ventus-Broschüre: Auf's Korn genommen – e-ventus Saatgutbeizung umweltfreundlich

<sup>26</sup> A. Weidauer Elektronenbehandlung von Saatgut – eine bewährte Pflanzenschutzmaßnahme mit Potential; 2014

Namen „E-Vita“. Die Abb. 11 „STELLA“-Gebäude“ zeigt das Gebäude der „STELLA“-Anlage und in der Abb. 12 „Prozessraum "STELLA"“ den Prozessraum.



Abbildung 11 "STELLA"-Gebäude<sup>27</sup>



Abbildung 12 Prozessraum "STELLA"<sup>28</sup>

Die Anlagen für die Elektronenbehandlung werden stetig weiterentwickelt. Die Firma Evonta-Service GmbH beschäftigt sich mit dieser Aufgabe. Die sogenannten „e-3“-Anlagen sind kleinere kompaktere Anlagen für die Elektronenbehandlung. Laut Hersteller benötigen diese Anlagen 10% weniger Platz, sind produktschonender und einfacherer in der Bedienung und der Wartung.<sup>29</sup> Die Abb. 13 „e-3“-Anlage“ die Anlage der „e-3“-Generation. In der Abb. 14 „schematische Darstellung“ ist zu sehen, dass diese Anlage nur etwas größer als eine Person ist. Es ist außerdem zu erkennen, dass diese neuen Anlagen dem Aufbau der älteren Anlagen ähneln und die Baugruppen wie z.B. die zwei Kathodensysteme vorhanden sind.



Abbildung 13 „e-3“-Anlage<sup>30</sup>



Abbildung 14 schematische Darstellung<sup>31</sup>

<sup>27</sup> R.Söffing: Erfahrungen und Ergebnisse mit der Elektronenbehandlung von Saatgut in der landwirtschaftlichen Praxis; 2014

<sup>28</sup> R.Söffing: Erfahrungen und Ergebnisse mit der Elektronenbehandlung von Saatgut in der landwirtschaftlichen Praxis; 2014

<sup>29</sup> Homepage: <http://www.e-ventus.de/Anlagen/451/>

<sup>30</sup> Homepage: <http://www.e-ventus.de/Anlagen/451/>

### 3.2 Wirkungsprinzip

Der prinzipielle Aufbau der Maschine zur Elektronenbehandlung ist vergleichbar mit einer Braunschen Röhre. An einem Wolframdraht wird eine Spannung angelegt. Durch den elektrischen Strom erwärmt sich dieser. Es wird ein Wolframdraht verwendet, da dieser sich nicht entzündet, wenn der Strom anliegt. Dabei entstehen freie Elektronen. Elektronen sind negativ-geladene Teilchen. Es entsteht eine niederenergetische Strahlung ( $<20\text{kGy}$ ). Die Dosis wird in Kilo-Gray (kGy) angegeben. Die Einheit Gray definiert die Energiedosis ionisierender Strahlung. Die Einheit bezieht sich auf die aufgenommene Energie pro kg. Dabei sind  $1\text{Gy} = 1 \text{ Joule pro kg (J/kg)}$ .

Um eine höhere Menge an Elektronen zu leiten, sind der Wolframdraht und die Kathode im Vakuum. Das Bauprinzip dieses Systems basiert auf dem Lenard-Fenster (Abb. 15 Lenard-Fenster).

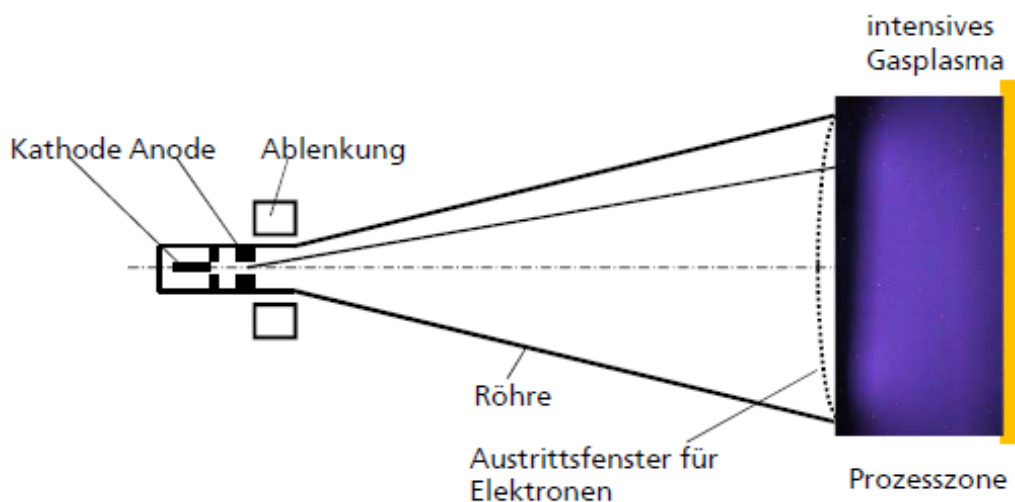


Abbildung 15 Lenard-Fenster<sup>32</sup>

Das Lenard-Fenster wurde vom deutschen Physiker Philip Lenard entwickelt. Dieses System basiert auf einer gerichteten Beschleunigung von Elektronen. In einer Glasröhre wurde eine Hochspannungsquelle an eine Kathode gelegt. Aus dieser tritt eine Strahlung die als Elektronen bezeichnet wird. Durch die Anode werden die Elektronen gerichtet beschleunigt. Die Elektronen können aus dieser Glasröhre nicht austreten und treten nur gerichtet aus (Homepage Leitphysik.de)<sup>33</sup>. Durch das Vakuum können die Elektronen nicht von anderen

<sup>31</sup>Homepage: <http://www.e-ventus.de/Anlagen/451/>

<sup>32</sup>A. Weidauer Elektronenbehandlung von Saatgut – eine bewährte Pflanzenschutzmaßnahme mit Potential; 2014

<sup>33</sup>Homepage: <http://www.leifiphysik.de/themenbereiche/klassische-atommodelle/versuche>

Teilchen aus der Luft abgelenkt werden. Für die Aufrechterhaltung des Vakuums sorgt eine Titanfolie als Abschluss. Titan wird verwendet, weil es sehr robust ist und sich nicht durch die hohen Ströme entzündet. Diese Schicht muss dünn und stabil sein. Sie wird von einem Kupferdrahtgerüst gekühlt um eine Entzündung zu verhindern. Nach dem Austritt der Elektronen aus dem Vakuum werden diese durch die in der Luft befindlichen Teilchen abgelenkt. Dadurch entsteht ein Zick-Zack-förmiger Weg der Elektronen. Wichtig für eine flächendeckende Benetzung des Saatgutes ist eine Vereinzelung der Körner. Außerdem soll durch die Vereinzelung eine Überschattung der Körner bei der Behandlung verhindert werden. Dies wird mithilfe einer speziell entwickelten Vibrationsrinne gewährleistet. Durch die Vereinzelung und den nicht linearen Verlauf ist es möglich, auch die Rückseite des Saatgutes zu behandeln. Bei jedem Aufprall auf andere Teilchen verlieren die Elektronen Energie. Somit wird die Dosis gezielt gesteuert, ist aber nicht auf jedem Punkt am Saatgut gleich. Durch die ionisierende Strahlung entsteht zusätzlich bei der Behandlung Ozon (O<sub>3</sub>). Das Ozon wandelt sich in Wasserstoffperoxid (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) um. Das H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> greift zusätzlich die Membran der Pathogene am Saatgut an (Homepage: [mppmu.mpg.de](http://mppmu.mpg.de))<sup>34</sup> Beim Aufprall der Elektronen auf andere Elektronen entsteht auch ein Teil Röntgenstrahlung. Die Abb. 15 „Querschnitt Weizenkorn“ zeigt den Querschnitt eines Weizenkorns. Die äußere braune Schicht (Pericarp) hebt sich eindeutig vom weißen Mehlkörper ab. Im Mehlkörper befindet sich der Keimling. Die Abb. 17 „Elektronenstrahl am Korn“ soll schematisch verdeutlichen, in wie weit niederenergetische Elektronen in das Korn eindringen. Es ist zu erkennen, dass die Elektronen in das Pericarp eindringen, aber das Saatgut wird nicht durchdrungen.<sup>35</sup>

---

<sup>34</sup> Homepage: [https://www.mppmu.mpg.de/~rwagner/skript/Zellschadigung\\_ionisierende.html](https://www.mppmu.mpg.de/~rwagner/skript/Zellschadigung_ionisierende.html)

<sup>35</sup> H. Dellling, A.-E. Krieger, A. M. Häring, S. Kühne, J. Jakob, P. Baufeld, F. Kloepfer: „Erarbeitung von Verfahrensbeschreibungen, Zeitbedarf und Anwendungskosten für spezielle Pflanzenschutzmaßnahmen im Ökologischen Landbau“; 2008



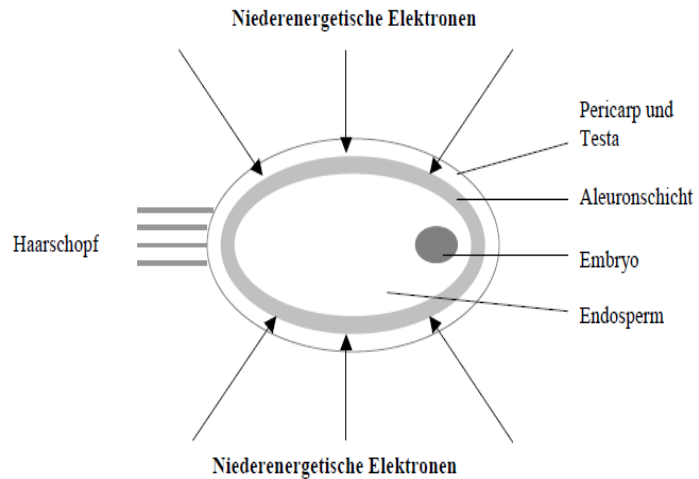
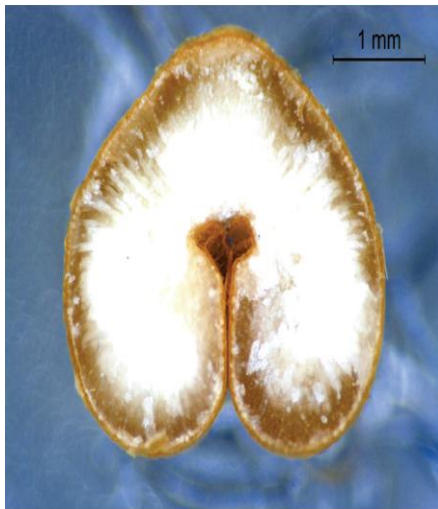


Abbildung 16 Querschnitt Weizenkorn<sup>36</sup>    Abbildung 17 Elektronenstrahlen am Korn<sup>37</sup>

Die Abb. 18 „Energieverlaufskurve“ zeigt die verschiedenen Energieniveaus. Die Energie der Elektronen steigt auf ein Optimum an. Danach sinkt die Energie stetig ab. Für die Berechnung der angelegten Spannung muss die Samenschalendicke gemessen werden. Um den Weg aus dem Vakuum und die Titanfolie zurück zu legen zu können, muss eine Mindestspannung von ca. 80keV anliegen. Um beispielsweise eine Eindringtiefe von knapp 1mm zurücklegen zu können, muss mindestens eine Beschleunigungsspannung von 300keV angelegt werden. An einem Weizenkorn wäre diese Tiefe mehr als ausreichend für eine Behandlung.

Die Abb. 19 „Dosisverteilung am Korn“ zeigt die Verteilung der Energie am Korn. Die Energie der Elektronen soll in die äußeren Schichten (Pericarp und Testa) des Korn eindringen, aber diese nicht vollkommen durchdringen. Das Saatgut wird nicht durchstrahlt.

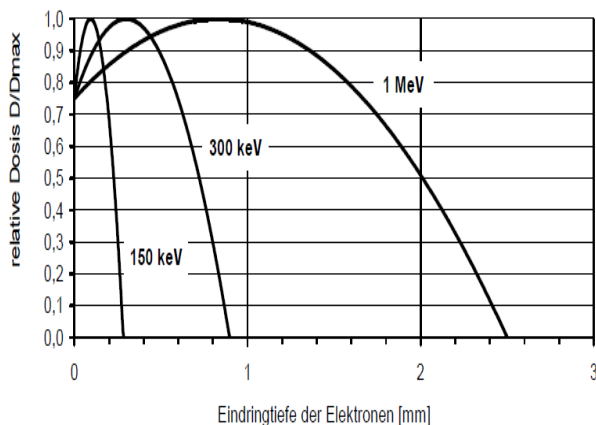


Abbildung 18 Energieverlaufskurve<sup>38</sup>

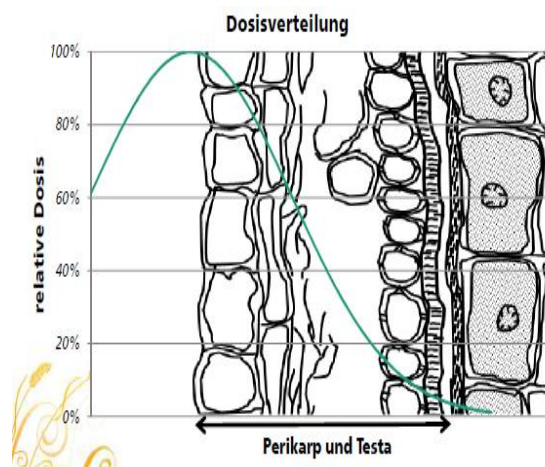


Abbildung 19 Dosisverteilung am Korn<sup>39</sup>

<sup>36</sup> R.Söffing: Erfahrungen und Ergebnisse mit der Elektronenbehandlung von Saatgut in der landwirtschaftlichen Praxis; 2014

<sup>37</sup> M. Jahn; O Röder; J. Tigges: Die Elektronenbehandlung von Getreidesaatgut; 2005

Die entstehende Strahlung ist vergleichbar mit der eines Röhrenfernsehers. Die Elektronen die auf das Pathogen treffen, bringen unter anderem Moleküle in Schwingung z.B. Moleküle der DNA. Zwischen den Nukleotiden, den Bausteinen der DNA, sind Wasserstoffbrückenbindungen. Diese Bindungen geraten in Schwingungen und werden durch die Elektronenbehandlung zerstört. Bei mehreren Bruchstellen ist die DNA irreversibel geschädigt.<sup>40</sup> Das Pathogen stirbt ab. Es werden somit alle auf und teilweise auch in der Samenschale befindliche Pathogene abgetötet. Die Dosis für die Behandlung wird so eingestellt, dass der Keimling im Saatgut nicht geschädigt wird, das heißt eine Dosis unter 12 kGy. Die Abb. 20 „Wirkung der Elektronen“ zeigt die Wirkung der niederenergetischen Elektronen. Die rechte Seite der Abbildung zeigt die direkte Wirkung, die durch die in Schwingung geratenen Moleküle entsteht: einen Bruch in der DNA, die Veränderung von Basen und die Denaturierung von Eiweißen. Die linke Seite der Abbildung zeigt die indirekte Wirkung über die Entstehung von kurzzeitigem Wasserstoffperoxid, welches die Membran der Pathogene angreift. Durch die Spaltung von Wasser entstehen freie Radikale die sich zu Ozon binden. Der Geruch von Ozon ist beim Behandlungsvorgang des Saatgutes zu vernehmen. Beide Vorgänge führen zu einer Desinfektion des Saatgutes von anhängenden Pathogenen die sich an und in dem Perikarp befinden (Delling et al; 2008)<sup>41</sup>.

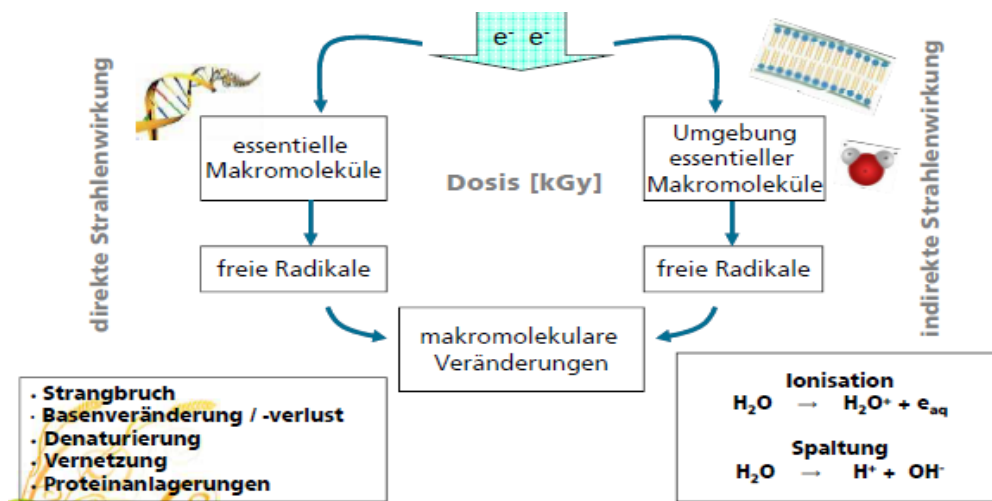


Abbildung 20 Wirkung der Elektronen<sup>42</sup>

<sup>38</sup> M. Jahn; O Röder; J. Tigges: Die Elektronenbehandlung von Getreidesaatgut; 2005

<sup>39</sup> A. Weidauer Elektronenbehandlung von Saatgut – eine bewährte Pflanzenschutzmaßnahme mit Potential; 2014

<sup>40</sup> <http://www.radioaktive-strahlung.org/radioaktivitaet/wirkung.htm>

<sup>41</sup> H. Delling, A.-E. Krieger, A. M. Häring, S. Kühne, J. Jakob, P. Baufeld, F. Kloepfer: „Erarbeitung von Verfahrensbeschreibungen, Zeitbedarf und Anwendungskosten für spezielle Pflanzenschutzmaßnahmen im Ökologischen Landbau“; 2008

<sup>42</sup>

### 3.3 Wirkung auf Pathogene

Die Abb. 21 „Elektronenbehandlung als Übersicht“ zeigt zusammenfassend die Vorgänge bei der Elektronenbehandlung. In Generatoren werden Elektronen erzeugt und treffen auf die vereinzelt Körner. Die Wirkung der Elektronen ist allseitig um das Korn. Es wird eine Desinfektion auf der gesamten Oberfläche erreicht. Die Elektronen treffen nur auf die äußere Schichten des Korns.



Abbildung 21 Elektronenbehandlung als Übersicht<sup>43</sup>

In der nachfolgenden Tabelle 1 „Sensibilität von Mikroorganismen gegenüber Elektronenbehandlung nach DIN ISO 11137“ ist die Wirkung einer Elektronenbehandlung gegenüber verschiedenen Mikroorganismen aufgezeigt. Die dort aufgeführten Mikroorganismen wurden mit einer Elektronenstrahldosis von 2,4 kGy bekämpft.

Tabelle 1 Sensibilität von Mikroorganismen gegenüber Elektronenbehandlung nach DIN ISO 11137<sup>44</sup>

| Keimart                | Vertreter                     | D <sub>10</sub> -Wert [kGy] |
|------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| Anaerobe Sporenbildner | <i>Clotridium tetani</i>      | 2,4                         |
| Aerobe Sporenbildner   | <i>Bacillus subtilis</i>      | 0,8                         |
| Bakterien              | <i>Salmonella typhimurium</i> | 0,2                         |
| Hefen                  | <i>Torulopsis candida</i>     | 0,4                         |
| Pilze                  | <i>Aspergillus niger</i>      | 0,5                         |

A. Weidauer Elektronenbehandlung von Saatgut – eine bewährte Pflanzenschutzmaßnahme mit Potential; 2014

<sup>43</sup> A. Weidauer Elektronenbehandlung von Saatgut – eine bewährte Pflanzenschutzmaßnahme mit Potential; 2014

<sup>44</sup> M. Jahn; O Röder; J. Tigges: Die Elektronenbehandlung von Getreidesaatgut; 2005

Für die Landwirtschaft und den Anbau von elektronenbehandelten Saatgut ergibt sich folgende Situation aus der Tab. 2 „Wirkungsspektrum der Elektronenbehandlung“. Durch die Elektronenbehandlung können beim Anbau der verschiedenen Kulturen samenbürtige Pathogene behandelt werden, z.B. Brände (*Tilletia caries* und *Urocystis occulta*), verschiedene Septoria-Arten und Fusariosen. Die Tabelle zeigt gute bis hervorragende Wirkungen bei samenbürtigen Krankheiten. Es kann ein wirtschaftlicher Schaden im Pflanzenbau vermieden werden und ein gesunder Bestand beim Auflaufen der Pflanzen ist gewährleistet.

**Tabelle 2 Wirkungsspektrum der Elektronenbehandlung**<sup>45</sup>

| <b>Pathogen</b>                                    | <b>Kultur</b>                                     | <b>Wirkung</b>       |
|--|---|----------------------|
| <i>Tilletia caries</i>                             | Weizen  | hervorragend         |
| <i>Urocystis occulta</i>                           | Roggen  | hervorragend         |
| <i>Fusarium spp.</i><br><i>Microdochium nivale</i> | Weizen, Roggen, Triticale                         | hervorragend         |
| <i>Septoria nodorum</i>                            | Weizen  | sehr gut             |
| <i>Drechslera graminea</i>                         | Gerste  | gut                  |
| <i>Septoria spp.</i>                               | Petersilie, Sellerie                              | gut                  |
| <i>Alternaria spp.</i>                             | Möhre, Kohl, Petersilie,<br>Anis, Kümmel, Fenchel | gut bis hervorragend |
| <i>Pseudomonas spp.</i>                            | Bohne, Koriander                                  | gut bis sehr gut     |
| <i>Xanthomonas</i>                                 | Möhre, Kohl                                       | gut bis sehr gut     |

Die Auswirkungen der Elektronenbehandlung wurden in mehrjährigen Untersuchungen von vier Weizensorten an vier verschiedenen Standorten erfasst. Diese Versuche wurden an Standorten von Züchtern im Raum Mitteleuropa durchgeführt. Ein Ergebnis dieser Versuche ist, dass die elektronenbehandelten Sorten (E-Vita) gleiche Erträge erzielten, als chemisch gebeizte Varianten. Im Mittel erzielten die E-Vita-behandelten Varianten in diesem Versuch sogar 1,3% mehr Ertrag. In diesen Versuchen wurde der Feldaufgang durch die Behandlung ebenfalls betrachtet. Nach einer Aussaat von 350 Körnern pro Quadratmeter wurden die aufgelaufenen Pflanzen pro Quadratmeter gezählt. Aus diesem Versuch ergab sich eine Grenzdifferenz für die Elektronen-behandelten Sorten von 6,8 Pflanzen. Dieses Ergebnis

<sup>45</sup>Broschüre: Fraunhofer-Institut für organische Elektronik, Elektronenstrahl- und Plasmatechnik (FEP): „Elektronenbehandlung von Saatgut: umweltfreundlich, effizient, nachhaltig“



besagt, dass ab einem höheren Aufgang von 7 Pflanzen/m<sup>2</sup>, ein signifikanter Unterschied zu den gebeizten Varianten vorliegt. Bei diesen Versuchen kann von einem positiven Effekt im Auflaufverhalten im Weizenanbau in den ersten Wochen gesprochen werden.<sup>46</sup>

Aus einer anderen Untersuchung von unbehandeltem und Elektronen-behandeltem Saatgut ist eine andere Aussage zu schließen. In einem Triebkrafttest in einer Kalttestvariante (5°C, zwei Varianten: 50% 0,2-1mm Körnung Sand(steril)- /50%Erde-Gemisch und 100% Sand) wurden jeweils zwei Sorten der Kulturen Winterroggen, Winterweizen und Wintergerste untersucht. Aus diesem Versuch ist zu erkennen, dass die unbehandelten Varianten in den jeweiligen Getreidekulturen eine schnellere Auflaufgeschwindigkeit über die Dauer des Versuches hatten, als die elektronenbehandelten Sorten. Matthes beschrieb außerdem ein vermehrtes Auftreten von Schädigungen an den jungen Pflanzen mit gestörtem Gravotropismus. Zum Ende des Versuches ist die Auflaufrate annähernd gleich (Matthes et al; 2007).<sup>47</sup>

Die Versuchsergebnisse des Fraunhofer-Instituts für organische Elektronik, Elektronenstrahl- und Plasmatechnik (FEP) zeigen ebenfalls Triebkraft- und Keimfähigkeitsuntersuchungen. In diesen Versuchen wurden unbehandelte Koriander- und Möhrensamen mit Samen nach der Elektronenbehandlung verglichen. Die Triebkraft war in beiden Kulturen bei den Elektronen-behandelten Samen höher als bei den unbehandelten Samen. Die Keimfähigkeit war einzig bei den Koriandersamen geringer, als bei den unbehandelten Samen. Das FEP zeigte außerdem in einem Versuch mit Tomatensamen, dass es nur geringe Unterschiede in der Keimungsrate über die Zeit gab, zwischen Elektronen-behandeltem Saatgut und unbehandeltem Saatgut (FEP-Broschüre)<sup>48</sup>.

---

<sup>46</sup> R.Söffing: Erfahrungen und Ergebnisse mit der Elektronenbehandlung von Saatgut in der landwirtschaftlichen Praxis; 2014

<sup>47</sup> C. Matthes; U. Geier; H. Speiß: Saatgutvitalität von elektronenbehandeltem Getreidesaatgut im Kalttest; 2007

<sup>48</sup> Broschüre: Fraunhofer-Institut für organische Elektronik, Elektronenstrahl- und Plasmatechnik (FEP): „Elektronenbehandlung von Saatgut: umweltfreundlich, effizient, nachhaltig“

## IV Anbau und Verwendung von Leguminosen

### 4.1 Erbsen (*Pisum sativum*)

Die Erbse (lat. *Pisum sativum*) gehört zu der Gattung der Schmetterlingsblütler *Leguminosae*. Die Abbildung 22 „Illustration der Erbsenpflanze“ und Abbildung 23 „Erbsen im Bestand“ zeigen das Aussehen von Erbsenpflanzen.



Abbildung 22 Illustration der Erbsenpflanze<sup>49</sup>



Abbildung 23 Erbsen im Bestand<sup>50</sup>

Die Erbse stammt ursprünglich aus Zentralasien und dem mediterranen Raum. In Vorderasien und Ägypten wurden Erbsen zuerst als Kulturpflanzen genutzt. Die Verwendung heutiger Erbsen-Sorten ist vielseitig. Es werden Sorten für die Nutzung als Saat- und Speiseerbsen, Feld- und Futtererbse, Gemüseerbse und Amylosegewinnung gezüchtet. In Deutschland werden Erbsen als Sommerung (Aussaart im Frühjahr) genutzt. In Gebieten mit milderen Wintern (z.B. Frankreich und Großbritannien) ist ein Anbau als Winterung möglich. Die Erbsenpflanze hat geringe Wasseransprüche und wächst auf fast allen Standorten. Die Anbauwürdigkeit dieser Kultur wird nur auf leichten Sandböden, schweren Auetonen und Höhenlagen über 500m problematisch. Bei der Saattbettvorbereitung sollte auf eine frühzeitige Einebnung und Lockerung unterhalb der Saattiefe geachtet werden. Dadurch wird eine gute

<sup>49</sup> Homepage: [https://de.wikipedia.org/wiki/Erbse#/media/File:Illustration\\_Pisum\\_sativum0.jpg](https://de.wikipedia.org/wiki/Erbse#/media/File:Illustration_Pisum_sativum0.jpg)

<sup>50</sup> Homepage: <http://www.natur-lexikon.com/Texte/km/001/00022-Erbse/km00022-Erbse.html>

Durchwurzelung erreicht. Die Aussattiefe liegt bei 4-6cm. Der Aussaatzeitpunkt sollte im Frühjahr möglichst früh erfolgen. Bei Temperaturen von 3-4°C kann die Aussaat erfolgen. Frostschäden können bei Temperaturen von -5°C und niedriger entstehen. Im konventionellen Anbau sollten Mengen von 60-70 Körner pro Quadratmeter ausgebracht werden. Die Ertragsleistung von Erbsen beträgt etwa 40 Dezitonnen pro Hektar. Spitzenerträge liegen bei 50 Dezitonnen pro Hektar. Der Ertrag bildet sich aus 60 Pflanzen pro Quadratmeter mit 6 Hülsen pro Pflanze in denen fünf Körner pro Hülse vorhanden sind. Die Körner sollten ein durchschnittliches Gewicht von 280g Trockenmasse erreichen. Bei der Qualität liegen die Anforderungen hauptsächlich im Rohproteingehalt. Dieser liegt bei ca. 26% für Körnerfuttererbsen. Bei Trockenspeiseerbsen wird nach anderen Kriterien beurteilt. Es wird mehr auf Gesundheit der Pflanzen, Geschmack, Kochzeit und Zustand nachdem Kochen geachtet. Bei der Fruchtfolgeplanung sollten Erbsen, auf Grund hoher Stickstoffanreicherung, als Vorfrüchte für Getreide und Winterraps genutzt werden. Diese Kultur kann auch zur Lockerung von zu engen Fruchtfolgen genutzt werden. Beim Anbau von Erbsen sollte auf lange Anbaupausen von fünf bis sechs Jahren geachtet werden (Stock et al; 1999)<sup>51</sup>. Die lange Anbaupause ist notwendig zur Vermeidung von Krankheiten die die Wirtschaftlichkeit des Anbaus vermindern. Besonders Fußkrankheiten sind Probleme im Anbau von Erbsen, wie der Ascochyta-Komplex, Fusariosen und Rhizoctonia.<sup>52</sup>

Der Ascochyta-Komplex zählt hier zu den bedeutendsten der Auflauf- und Fußkrankheiten. Die Krankheit äußert sich durch unregelmäßiges Auflaufen der Pflanzen (Keimlinge teilweise im Boden abgestorben). Außerdem sind dunkle Flecken am Keimling und Hypokotyl zu sehen. Die Krankheit ist ebenfalls durch braune Flecken an oberirdischen Pflanzenteilen zu erkennen. Der Ascochyta-Komplex wird durch verschiedene pilzliche Erreger hervorgerufen. Eine Förderung des Befalls wird durch Staunässe, verkrustete Böden und niedrige Temperaturen erzeugt. Die Auswirkungen dieser Krankheit können von einem Totalausfall an den Jungpflanzen bis zu einem verminderten Kornertrag (Berger et al 1999)<sup>53</sup> führen. Im Anbau werden Fußkrankheiten besonders durch gesundes Saatgut und Anbaupausen bekämpft. Zur Erreichung des einwandfreien Gesundheitsstatus wird eine Saatgutbehandlung vorgenommen. Im konventionellen Anbau wird eine chemische Beizung mit dem Wirkstoff Thiram durchgeführt.<sup>54</sup>

---

<sup>51</sup> H.-G. Stock und W. Diepenbrock: „Agronomische Artenpässe landwirtschaftlicher Nutzpflanzen“; 1999

<sup>52</sup> Aus PDF: „Anbauhinweise Körnererbsen“

<sup>53</sup> H. BERGER; P. CATE; E. KURTZ; B. ZWATZ: „Krankheiten, Schädlinge und Nützlinge im Eiweiß- und Ölpflanzenbau“; 1999

<sup>54</sup> Homepage: <http://www.raiffeisen.com/pflanzen/psm-manager/splitParams/4/F/f/0/041616-00>

## 4.2 Lupinen (*Lupinus luteus* L.)

Die Lupine *Lupinus luteus* L. gehört wie die Erbse zur Gattung der Schmetterlingsblütler *Leguminosae*. In der Abbildung 24 „Illustration gelber Lupine“ und Abbildung 25 „Gelbe Lupine im Bestand“ ist das Aussehen von Lupinen zu sehen.



Abbildung 24 Illustration gelber Lupine<sup>55</sup>



Abbildung 25 Gelbe Lupine im Bestand<sup>56</sup>

Ebenfalls, wie bei der Erbse, stammen Lupinen aus dem Mittelmeerraum. Die Lupine existiert in verschiedenen Kulturformen: der Gelben Lupine (*L. luteus* L.) als Körnerleguminose, der schmalblättrigen Blauen Lupine (*L. angustifolius* L.), der weißen Lupine (*L. albus* L.) und der ausdauernden Lupine (*L. polyphyllus* Lindl.). Die Andenlupine (*L. mutabilis* Sweet) wird eher als Zierpflanze genutzt. Von diesen Kulturformen besitzt die Gelbe Lupine die geringsten Anforderungen und wächst deshalb auf leichten Standorten. Bis zum Jahr 1930 wurden Lupinen nur zur Verbesserung von leichten Böden genutzt. Mit der Auslese von alkaloidarmen Formen wurde eine Verfütterung der Körner möglich. Die Gelbe Lupine besitzt eine Ertragsleistung von durchschnittlich 17,3dt/ha (Spitzenerträge: 25dt/ha). Der Ertrag ergibt sich bei Lupinen aus 70 Pflanzen pro Quadratmeter mit 2,5 Fruchtständen pro Pflanzen und 2,5 Hülsen pro Fruchtstand. In den Hülsen sollen sich 3 Körner befinden mit einem Gewicht von 135g Trockenmasse. Bei der Qualität von Gelben Lupinen sollte ein möglichst hoher Rohproteingehalt erreicht werden. Für die Fütterung und Ernährung sind Rohproteingehälter von 44% und Alkaloidgehälter von unter 0,025-0,05% wünschenswert.

<sup>55</sup>Homepage: [https://de.wikipedia.org/wiki/Lupinen#/media/File:Illustration\\_Lupinus\\_luteus0.jpg](https://de.wikipedia.org/wiki/Lupinen#/media/File:Illustration_Lupinus_luteus0.jpg)

<sup>56</sup>Homepage: <http://bibd.uni-giessen.de/gdoc/2000/uni/p000003/seit28-1.jpg>

Die Gelbe Lupine wird hauptsächlich auf leichten Standorten angebaut, auf denen sich ein Anbau von Erbsen nicht rentieren würde. Diese Kultur ist anspruchslos und trockenresistent mit einem pH-Wert-Optimum bei 4,6-6 (leicht sauer bis neutral) im Boden. Der Aussaatzeitpunkt liegt für Gelbe Lupinen um den 15. März. Die Lupine benötigt eine Mindestkeimtemperatur von 3-5°C. Bei der Aussaat wird eine Menge von 50-80 Körner pro Quadratmeter verwendet. Es werden Ablagetiefen von 2 bis 3cm genutzt. Bei der Fruchtfolgeplanung sollte ebenfalls, wie bei Erbsen, auf eine weite Fruchtfolge geachtet werden. Eine Anbaupause von vier bis sechs Jahre sollte eingehalten werden um Auflaufkrankheiten zu verhindern.

Zu den bodenbürtigen Schaderregern gehören Pilze, wie z.B. *Pythium*, *Fusarium*- oder *Rhizoctonia*-Arten. Diese Pathogene können eine Ursache für Schädigungen an Wurzeln sein. Bei einem Befall sind rötlich bis schwarze Färbung an den Wurzeln und den Pflanzen zu erkennen. Bisher können Fusarienschäden von Lupinenpflanzen toleriert werden.<sup>57</sup> Durch Züchtung sind die meisten Lupinen-Sorten unempfindlich gegenüber den meisten bodenbürtigen Pilzen. Lupinen werden dagegen mehr von samenbürtigen Pilzerkrankungen befallen. Zu den samenbürtigen Krankheiten zählt die Anthraknose lat. *Colletotrichum lupini*. Diese Krankheit äußert sich durch gelblich-braune, wie eingebrannte Flecken an den Kotyledonen. Im weiteren Wachstum können auf den Blättern dunkle Flecken mit hellem Zentrum entstehen.<sup>58</sup> Gegenüber der Anthraknose sind Bestände der Weißen und Gelben Lupinen generell anfälliger als Bestände von Blauen Lupinen. Die wichtigste Maßnahme zur Bekämpfung dieser Krankheit ist die Verwendung von anerkanntem und gebeiztem Saatgut. Der leichte Spätbefall von Anthracnose im Bestand verursacht in der Regel keine Ertragsausfälle. Jedoch ist die Verwendung dieser Körner als Saatgut nicht zu empfehlen.<sup>59</sup>

---

<sup>57</sup>Homepage:[http://www.isip.de/isip/servlet/page/deutschland/infothek/leguminosen/blau\\_lupine/auflauf\\_bzw\\_fusskrankheiten](http://www.isip.de/isip/servlet/page/deutschland/infothek/leguminosen/blau_lupine/auflauf_bzw_fusskrankheiten)

<sup>58</sup>Homepage: [http://www.journal-kulturpflanzen.de/artikel.dll/nb-0805-feiler\\_Mjc2MzA4.PDF](http://www.journal-kulturpflanzen.de/artikel.dll/nb-0805-feiler_Mjc2MzA4.PDF)

<sup>59</sup>Homepage: <http://www.saaten-union.de/index.cfm/article/1151.html>



## V Material und Methoden

### 4.1 Vorbereitungen

Das Saatgut wurde von der Nordkorn Saaten GmbH bereitgestellt. Für die Versuche werden die Kulturen Erbse (Sorte Abarth) und Lupine (Sorte Mister) verwendet. Beide Saatgutpartien sind von der LUFA Rostock aberkannte Sorten (siehe Anhang: Aberkennungsbescheide). Als Aberkennungsgrund ist bei Erbsen ein hoher Befall mit Brennfleckenkrankheit. Die Lupine wurde auf Grund geringer Keimfähigkeit (ca. 77%) aberkannt.

Die Elektronenbehandlung wurde auf den Anlagen „WESENITZ 2“ und „STELLA“ durchgeführt. Die verschiedenen Kulturen wurden nach der Trennung in geeigneten Probengrößen jeweils separat mit den gleichen Parametern behandelt. Das Saatgut für die unbehandelte Vergleichsvariante und die chemisch-behandelte Variante durchlief ebenfalls den Weg in den Anlagen, um den Fehlerfaktor der mechanischen Schäden auszuschließen.

Die Abbildung 26 „Querschnitt Lupinen-Samen“ zeigt die Samenschalendicke der Lupine. Aus der Berechnung der Samenschalendicke ergaben sich folgende Parameter für die doppelte Behandlung (Tabelle 3 Behandlungsparameter).

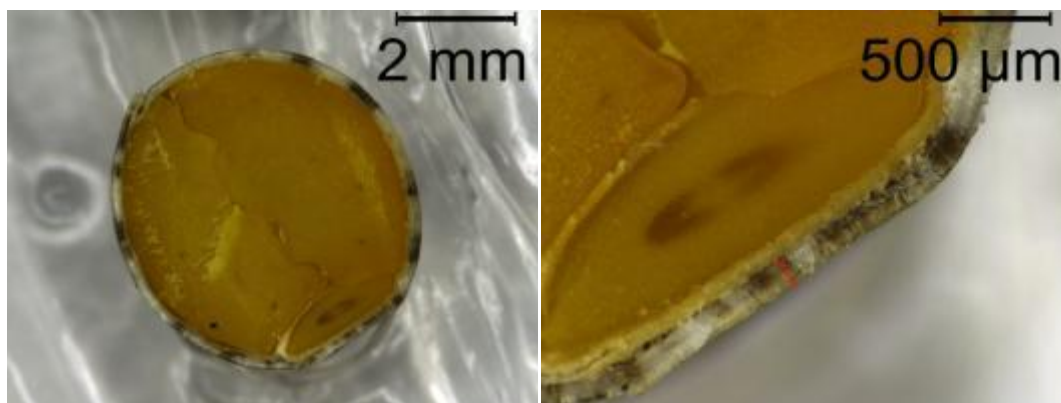


Abbildung 26 Querschnitt Lupinen-Samen

Ein Teil der Proben wurde nach der ersten Elektronenbehandlung nochmals mit einem feststehenden Parameter behandelt, der sich aus der Ermittlung der Keimchalendicke ergab. Die chemische Beizung erfolgte mit dem für Erbsen und Lupine praxisüblichen und zugelassenen Mittel Thiram nach empfohlener Aufwandmenge (Erbse: 300ml/dt; Lupine: 250ml/dt)<sup>60</sup>.

---

<sup>60</sup> Homepage: <http://www.raiffeisen.com/pflanzen/psm-manager/splitParams/4/F/f/0/041616-00>

Nach der Elektronenbehandlung erfolgten Untersuchungen zur Keimfähigkeit, der Triebkraft und der Jugendentwicklung. Die Tab. 3 „Behandlungsparameter“ zeigt die Parameter, die für die Behandlungen verwendet wurden.

**Tabelle 3 Behandlungsparameter**

| <b>Behandlung</b>      | <b>Spannung in Kilo-Elektronen-Volt [keV]</b> | <b>Stromstärke in Ampere [A]</b> |                             |
|------------------------|---|----------------------------------|-----------------------------|
| Erb0 / Lup0            | 0   | 0                                | unbehandelt                 |
| Erb chem /<br>Lup chem | 0   | 0                                | Chemische Beizung<br>Thiram |
| Erb/Lup 100 1x         | 100   | 170                              |                             |
| Erb/Lup 110 1x         | 110   | 164                              |                             |
| Erb/Lup 120 1x         | 120   | 154                              |                             |
| Erb/Lup 130 1x         | 130   | 151                              |                             |
| Erb/Lup 140 1x         | 140   | 156                              |                             |
| Erb 100 2x             | 100/105                                       | 170/170                          |                             |
| Erb 110 2x             | 110/105                                       | 164/170                          |                             |
| Erb 120 2x             | 120/105                                       | 154/170                          |                             |
| Erb 130 2x             | 130/105                                       | 151/170                          |                             |
| Erb 140 2x             | 140/105                                       | 156/170                          |                             |
| Lup 100 2x             | 100/125                                       | 170/151                          |                             |
| Lup 110 2x             | 110/125                                       | 164/151                          |                             |
| Lup 120 2x             | 120/125                                       | 154/151                          |                             |
| Lup 130 2x             | 130/125                                       | 151/151                          |                             |
| Lup 140 2x             | 140/125                                       | 156/151                          |                             |

Erb = Erbse (Sorte Abarth) Lup = Gelbe Lupine (Sorte Mister)

## 4.2 Untersuchungen der Keimfähigkeit

Als Keimfähigkeit wird „die Fähigkeit von Samen, Sporen und Zygoten und von vegetativen Zellkomplexen, wie Knollen, Zwiebeln und Brutknospen, bei zusagenden Keimungsbedingungen (z.B. Wasser, Sauerstoff, Temperatur- und Lichtverhältnisse) auszukeimen“ (Homepage Spektrum.de)<sup>61</sup> bezeichnet. Die Keimfähigkeit erfolgte in Anlehnung an die ISTA-Methode. Auf zwei feuchten Filterpapieren (200x600mm) wurden 50 Körner pro Rolle versetzt gelegt (Abbildung 27 „Samen auf Filterpapier“). Mit einem weiteren dritten feuchten Filterpapier wurden die Körner bedeckt und zusammengerollt. Pro Versuchsvariante wurden je Wiederholung 8 Rollen erstellt. Die Rollen wurden zum Schutz vor Austrocknung in Plastiktüten verpackt. Um einen Schimmelansatz zu vermeiden, wurden die Plastiktüten vorher an einigen Stellen gelocht. Die Rollen standen 7-8 Tage bei Raumtemperatur (ca. 23°C) in einem hellen Raum. Die Auszählung erfolgte nach 7-8 Tagen (je nach Geschwindigkeit der Keimung). In der Abbildung 28 „Gekeimte Lupinen-Samen“ sind die gekeimten Lupinen-Samen zum Zeitpunkt der Auszählung zu erkennen. Bei der Betrachtung der Keimlinge wurde in „Keimung“, „nicht gekeimt“ und „anormale Keimung“ unterschieden. Die Kategorien wurden für jede Keimrolle ausgezählt und damit die Keimfähigkeit bestimmt.<sup>62</sup>



Abbildung 27 Samen auf Filterpapier (eA)



Abbildung 28 Gekeimte Lupinen-Samen (eA)

<sup>61</sup> <http://www.spektrum.de/lexikon/biologie/keimfaehigkeit/35734>

<sup>62</sup> ISTA 2005



### 4.3 Untersuchungen der Triebkraft

„Triebkraft ist die Summe all derjenigen Eigenschaften, die die Aktivität und Leistungsfähigkeit von Saatgutpartien mit akzeptabler Keimfähigkeit unter verschiedenen Umwelten bestimmen.“ (ISTA Rules 2015)<sup>63</sup>. Dies bedeutet, dass die Triebkraft die Fähigkeit des Pflanzensamens ist, einen Keimling unter Stressbedingungen aus zu bilden. Durch die Triebkraft sollen erweiterte Aussagen zur Vitalität des Keimlings getroffen werden.

Die Triebkraftuntersuchung erfolgte als sogenannter Kalttest in Erde. Die Untersuchung wurde nach Vorgaben der LUFA Rostock durchgeführt (Interview Dr. König; LUFA Rostock)<sup>64</sup>. Hierfür wurde handelsübliche Gartenerde mit Quarzsand gemischt (3:1). Diese wurde in Schalen der Größe 33cm x 19,5cm x 12cm verteilt. Hierfür wurde aus den drei Wiederholungen der Keimfähigkeitsuntersuchung eine Mischprobe in einfacher Wiederholung verwendet.

In der Abbildung 29 „Samen in Erde für Triebkraftuntersuchung“ ist das Aussaatschema zu sehen. Nach der Ablage der Körner, wurden diese mit Erde bedeckt.



Abbildung 29 Samen in Erde für Triebkraftuntersuchung (eA)

In einer Ablagetiefe von ca. 3cm wurden die Samen ausgesät. Die Erdschalen wurden bei einer Temperatur von ca. 10°C für 10-14 Tagen (in Abhängigkeit vom Wachstum der Pflanzen) gelagert. Im Versuch wurden die Erdschalen für zehn Tage in einem Kühlschrank aufbewahrt. Für konstante Temperaturbedingungen wurde ein Kühlschrank verwendet. Nach dieser Zeit wurden die Schalen für vier Tage bei Raumtemperatur gelagert. Die Auszählung der Keimlinge erfolgte nach 14 Tagen. Es wurden die aufgegangenen Keimlinge gezählt.<sup>65</sup>

<sup>63</sup> ISTA Rules 2015

<sup>64</sup> Interview Dr. König; LUFA Rostock

<sup>65</sup> Quelle: Interview Dr. König; LUFA Rostock

#### 4.4 Untersuchungen der Jugendentwicklung

Der Begriff der Jugendentwicklung von Pflanzen wird bisher in der Literatur nicht genau definiert. Als Definition für die Jugendentwicklung kann man die Zeit nach der Keimung bis spätestens zur Blütenbildung bezeichnen.<sup>66</sup> Der Versuchsaufbau wurde abgewandelt nach den Vorgaben von Dr. Koch vom Julius Kühn Institut.<sup>67</sup> Als Parameter für die Jugendentwicklung wurden die Auflauftrate der ersten Tage, die Wachstumslängen in zeitlicher Hinsicht und die Trockensubstanz zum Versuchsende erfasst. Der Zeitpunkt für den Abbruch des Versuches wurde so gewählt, nach dem eine gegenseitige Beeinflussung der Pflanzen vorliegt.<sup>68</sup> Das Saatgut für die Erfassung der Jugendentwicklung war eine Mischprobe der drei Wiederholungen, wie es auch bei der Triebkraft verwendet wurde. Der Versuch wurde ebenfalls wie in der Triebkraftuntersuchung in einfacher Wiederholung durchgeführt. Die Auflauftrate wurde ab dem ersten Tag der sichtbar aufgelaufenen Pflanzen erhoben, bis zum Vorhandensein aller entwickelten Pflanzen. Die Wachstumslänge wurde ab dem Tag des Auflaufens alle zwei Tage erfasst. Von der ersten (nach Feldaufgang) bis zur letzten Messung vergingen zehn Tage. Um eine Austrocknung zu verhindern, wurden den Töpfen nach vier Tagen 100ml Wasser zugeführt. Für die Erhebung der Wachstumslänge wurden acht zufällige Pflanzen aus dem Kernbereich (keine Randpflanzen) zur Bewertung heran gezogen. Bei der Bonitur der Wachstumslängen wurde auf mögliche Krankheiten geachtet. Die Gesamtdauer des Versuches begrenzt sich auf drei Wochen. In der Abbildung 30 „Samen ohne Erdabdeckung“ und Abbildung 31 „Bedeckte Samen“ sind die Schalen bei der Aussaat zu erkennen.



Abbildung 30 Samen ohne Erdabdeckung (eA)

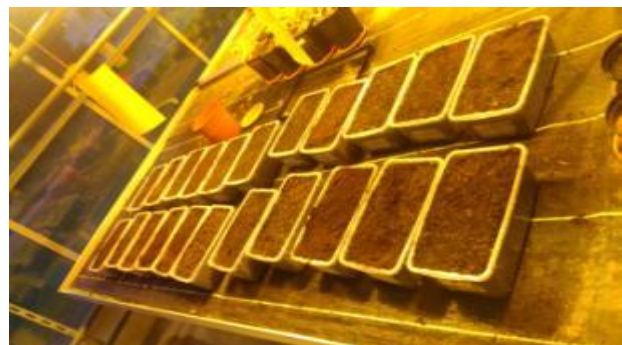


Abbildung 31 Bedeckte Samen (eA)

<sup>66</sup> Email-Schriftverkehr E.Koch

<sup>67</sup> Email-Schriftverkehr E.Koch

<sup>68</sup> Email-Schriftverkehr E.Koch

Die Abbildung 32 „Lupine zur letzten Messung (eA)“ und die Abbildung 33 „Erbsen zur letzten Messung (eA)“ zeigen einen Überblick des Versuches zur Jugendentwicklung zum Zeitpunkt des Versuchsabbruches bei den Kulturen Erbse und Lupine.



Abbildung 32 Lupine zur letzten Messung (eA)



Abbildung 33 Erbsen zur letzten Messung (eA)

Die Pflanzen befinden sich zu diesem Zeitpunkt im BBCH-Stadium 14 bei den Erbsen und im BBCH-Stadium 21 bei den Lupinen. Im Gewächshaus herrschte eine konstante Temperatur von 22°C. Die Belichtung erfolgte über Natrium-Dampflampen mit einem Lichtstrom von 90000lm. Die Belichtung erfolgte von 07:00 bis 22:00 Uhr.

Um Vergleichbarkeit zu erreichen, wurden die Feinwurzeln und Erdanhaftungen bei beiden Kulturen entfernt (Abbildung 34 Erb0 zum Versuchsende (eA) und Abbildung 35 „Lup0 zum Versuchsende (eA)“). Auf Grund der hohen Verschmutzung der Wurzeln der Erbsen (Abbildung 34 „Erb0 zum Versuchsende (eA)“), wurden die Wurzeln komplett entfernt. Der Schnitt erfolgte einheitlich unterhalb des noch anhaftenden Erbsen-Samen.

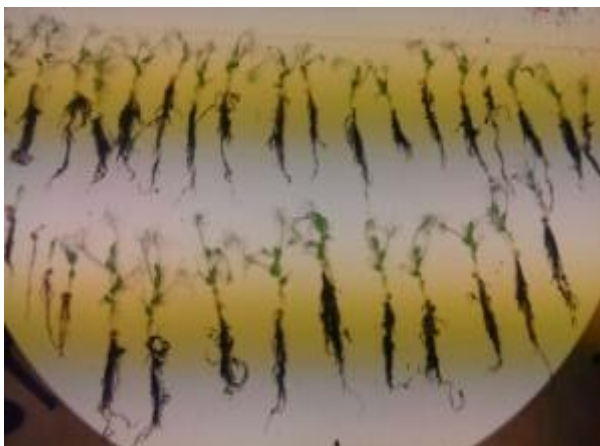


Abbildung 34 Erb0 zum Versuchsende (eA)

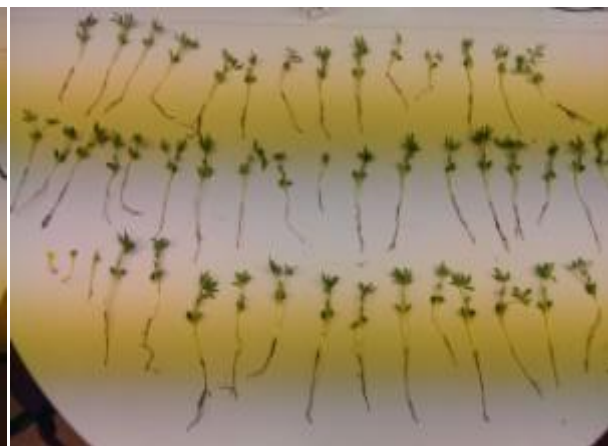


Abbildung 35 Lup0 zum Versuchsende (eA)

Bei der Bestimmung der Pflanzenmasse wurden die Pflanzen unter Wasser bestmöglich von Erde entfernt und danach gewogen. Die Bestimmung der Trockensubstanz erfolgt nach Vorgaben der VD LUFA. Als Versuchsgefäß wurden Aluminiumschalen verwendet. Die Vortrocknungsphase erfolgt für 16 Stunden bei 70°C. Danach wurde die Temperatur auf 103°C angehoben bis die Gewichtskonstanz erreicht wurde. Die Auswaage erfolgt in einem Exsikkator (nach VD LUFA<sup>69</sup>).

#### **4.5 Statistische Auswertung**

Die oben genannten Beobachtungen wurden statistisch ausgewertet. Die Daten wurden mit dem Microsoft Office Paket 2007 erfasst und verarbeitet. Die Auswertung erfolgt über die Berechnung der Deskriptiven Statistik (Mittelwert, Standardabweichung, Berechnung von Differenzen). Die Darstellung der Ergebnisse erfolgte als Säulendiagramme. Die statistische Auswertung wurde mit Hilfe des Statistikprogrammes IBM SPSS Statistics (Version 19) durchgeführt. Es wurde auf Varianzhomogenität nach Levene getestet. Es erfolgte ein paarweiser Mittelwertvergleich nach Dunnett T3. Dazu wurden die verschiedenen Behandlungen über die einfaktorielle Varianzanalyse mit dem Post-hoc-Test Student-Newmann-Keuls (S-N-K) auf signifikante Unterschiede untersucht.

---

<sup>69</sup> Nach VD Lufa

## VI Ergebnisse

### 6.1 Untersuchung der Keimfähigkeit

Die Abbildung 36 „Darstellung der Keimfähigkeiten von Erbse in Abhängigkeit von verschiedenen Behandlungsparametern (einfache Behandlung) (eA)“ zeigt die Mittelwerte der Keimfähigkeiten nach einfacher Elektronenbehandlung im Vergleich mit der unbehandelten (Erb0) und chemisch behandelten (Erb chem) Varianten. Zusätzlich ist die Standardabweichung eingefügt.

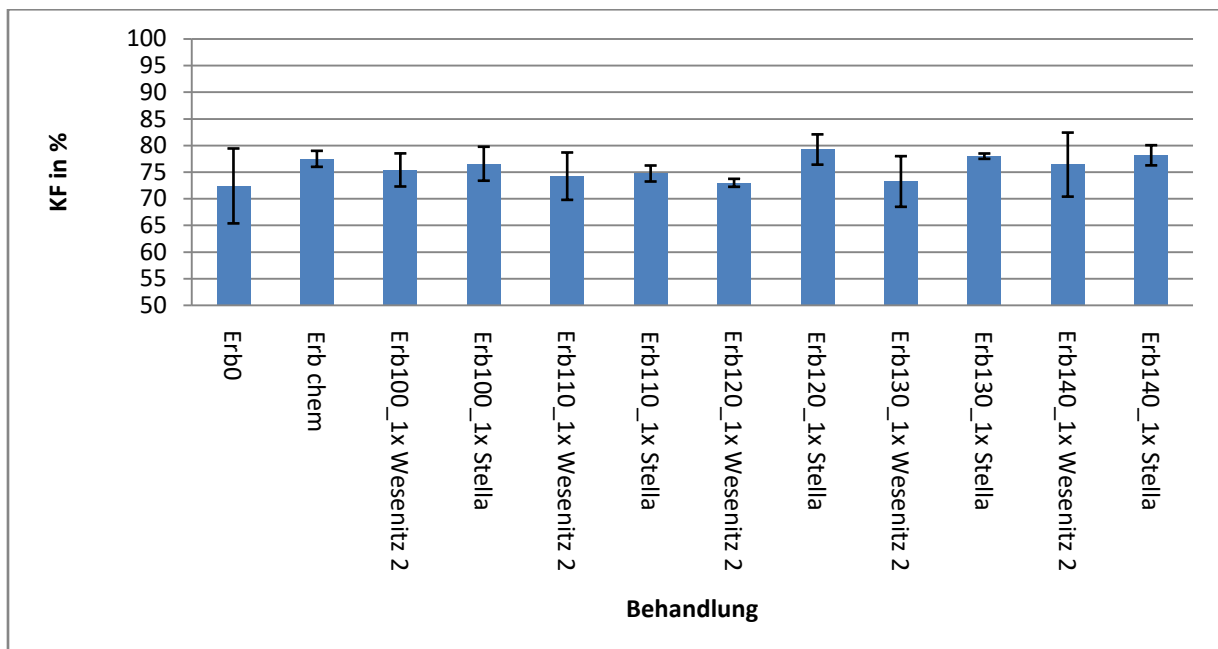


Abbildung 36 Darstellung der Keimfähigkeiten von Erbse in Abhängigkeit von verschiedenen Behandlungsparametern (einfache Behandlung) (eA)

Es ist zu erkennen, dass die Keimfähigkeit der unbehandelten Variante (Erb0) von 72% ( $\pm 7\%$ ) deutlich geringer ist, als die Keimfähigkeiten der behandelten Varianten. Weiterhin wurde bei der chemisch-gebeizten Variante (Erb chem) eine KF von 77,5% ( $\pm 1,5\%$ ) gemessen. Die höchsten Keimfähigkeiten wurden auf der STELLA bei 120keV mit durchschnittlich 79,5% ( $\pm 2,84\%$ ) gemessen. Die geringste KF wurde bei Erb130 1x WESENITZ2 mit 73,25% ( $\pm 4,75\%$ ) gemessen. Für die einfache Behandlung wurde eine Gesamtkeimfähigkeit von 75,91% gemessen. Zwischen allen Varianten sind keine statistisch signifikanten Unterschiede nach dem Test von Student-Newman-Keuls-Test (SNK-Test) festgestellt worden.



Die Abbildung 37 „Darstellung der Keimfähigkeiten von Erbse in Abhängigkeit von verschiedenen Behandlungsparametern (zweifache Behandlung) (eA)“ zeigt die Mittelwerte der Keimfähigkeiten nach zweifacher Behandlung. Die Ergebnisse der unbehandelten (Erb0) und chemischen Varianten (Erb chem) dienen als Vergleich.

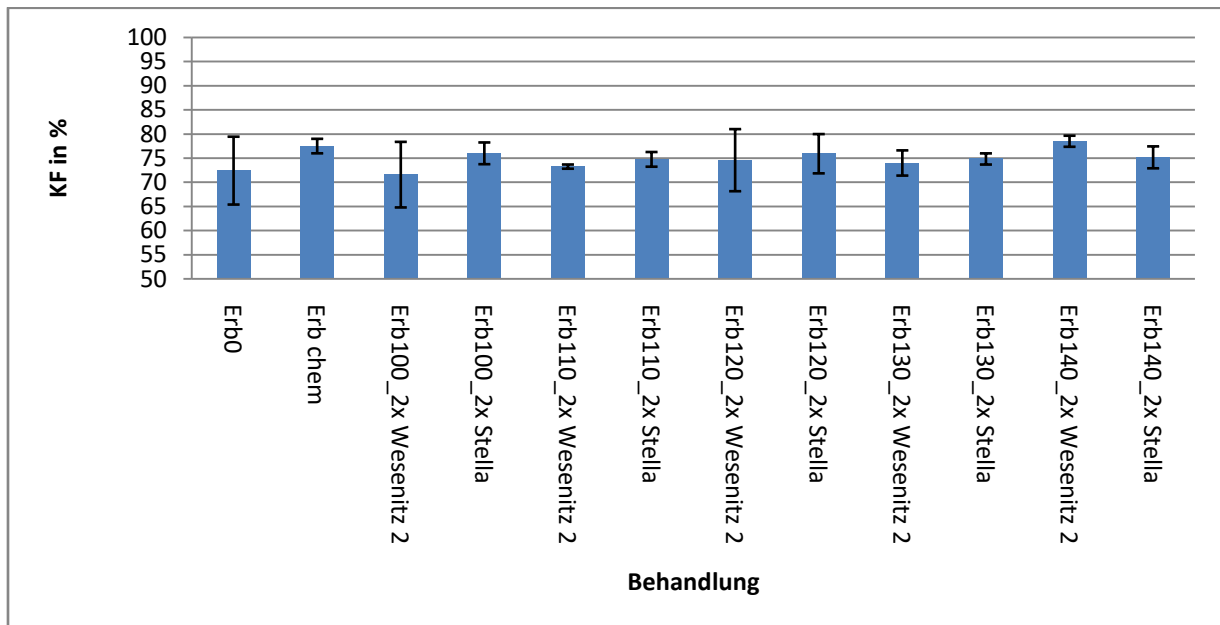


Abbildung 37 Darstellung der Keimfähigkeiten von Erbse in Abhängigkeit von verschiedenen Behandlungsparametern (zweifache Behandlung) (eA)

Die höchste Keimfähigkeit ist auf der WESENITZ 2 bei 140keV 2x mit 78,5% ( $\pm 1,15\%$ ) zu erkennen. Die geringste KF ist bei Erb100 2x WESENITZ2 mit 71,58% ( $\pm 6,79\%$ ) erfasst worden. Für die zweifache Behandlung wurde eine Gesamtkeimfähigkeit von 74,86% gemessen. Zwischen den Varianten sind keine statistisch signifikanten Unterschiede nach dem SNK-Test festgestellt worden.

Die Differenz der Gesamtkeimfähigkeiten (einfacher – zweifacher Behandlung) von einfacher und zweifacher Behandlung beträgt 1,05%. Dies besagt, dass die Gesamtkeimfähigkeit nach einfacher Behandlung höher ist, als die zweifache Behandlung. Jedoch wurden nach der einfaktoriellen Varianzanalyse keine signifikanten Unterschiede zwischen der Behandlungswiederholung festgestellt. Auch zwischen den Anlagen WESENITZ 2 und STELLA wurde bei Erbsen nach der einfaktoriellen Varianzanalyse keine signifikanten Unterschiede durch den Parameter Keimfähigkeit festgestellt.

In der Abbildung 38 „Darstellung der Keimfähigkeiten von Lupine in Abhängigkeit von verschiedenen Behandlungsparametern (einfache Behandlung) (eA)“ sind die Mittelwerte der Keimfähigkeiten der einfachen Behandlung bei der Gelbe Lupine. Die unbehandelte Variante Lup0 zeigt im Vergleich zu den anderen Varianten keine deutlichen Unterschiede.

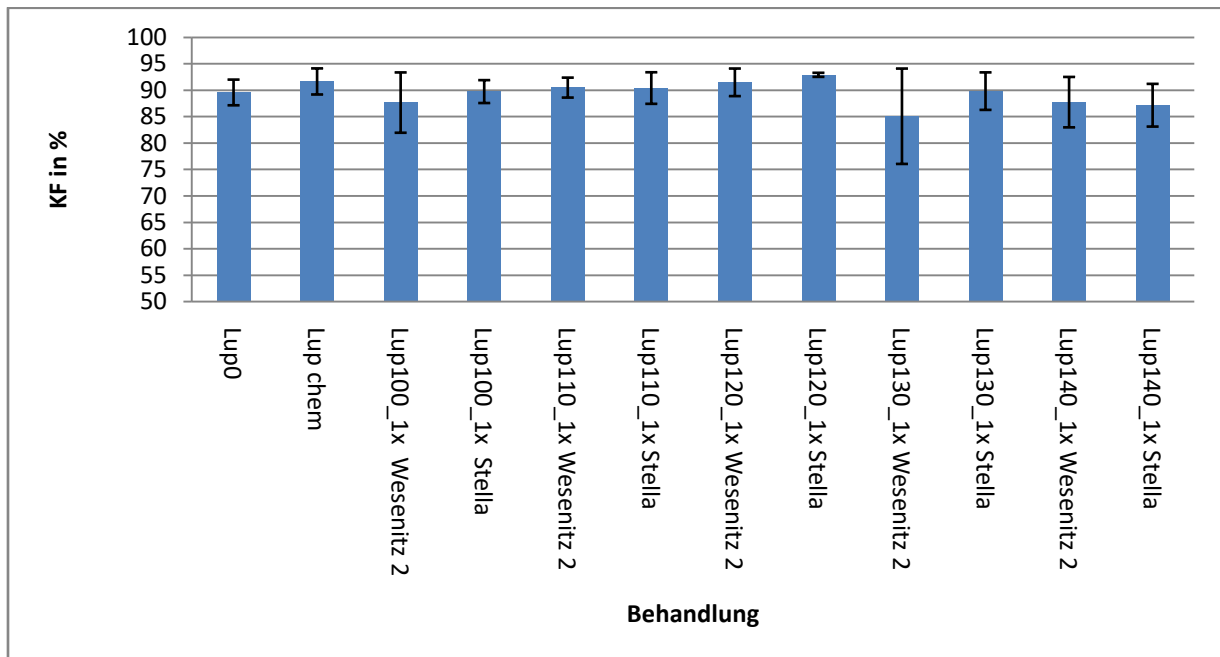


Abbildung 38 Darstellung der Keimfähigkeiten von Lupine in Abhängigkeit von verschiedenen Behandlungsparametern (einfache Behandlung) (eA)

Der Mittelwert der Keimfähigkeit von Lup0 (unbehandelt) liegt bei 89% ( $\pm 2,43\%$ ). Die chemische Variante (Lup chem) zeigt im Durchschnitt eine höhere Keimfähigkeit von 91,67% ( $\pm 2,47\%$ ). Die höchste KF ist bei 120keV mit 92,92% ( $\pm 0,38\%$ ) auf der Anlage STELLA gemessen worden. Die niedrigste KF nach einfacher Behandlung ist bei der Variante Lup130 1x WESENITZ2 gemessen worden mit 85,08% ( $\pm 9,02\%$ ). Die Gesamtkeimfähigkeit nach einfacher Behandlung beträgt 89,26%. Die statistische Analyse mit dem SNK-Test ergibt jedoch keine signifikanten Unterschiede zwischen den verschiedenen Varianten.

Die Abbildung 39 „Darstellung der Keimfähigkeiten von Lupine in Abhängigkeit von verschiedenen Behandlungsparametern (zweifache Behandlung) (eA)“ zeigt die Mittelwerte der Keimfähigkeiten nach zweifacher Behandlung bei der Kultur Lupine. Die Varianten Lup0 und Lup chem dienen als Vergleichsvarianten.

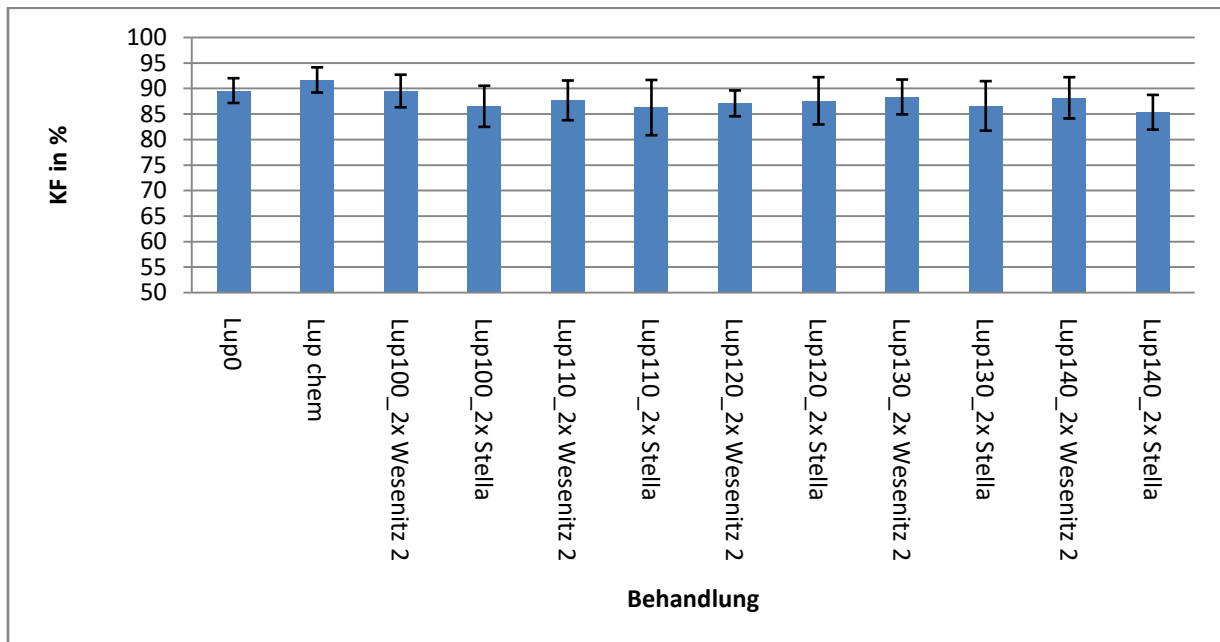


Abbildung 39 Darstellung der Keimfähigkeiten von Lupine in Abhängigkeit von verschiedenen Behandlungsparametern (zweifache Behandlung) (eA)

Die Varianten mit den höchsten gemessenen Keimfähigkeiten zeigen sich bei WESENITZ 2 bei einer Beschleunigungsspannung von 100keV mit 89,5% ( $\pm 3,19\%$ ). Im Vergleich ist diese Keimfähigkeit geringer als die Keimfähigkeit der unbehandelten Variante, aber niedriger als die KF der chemischen Variante. Die niedrigste KF ist bei Lup140 2x STELLA gemessen worden mit 85,33% ( $\pm 3,4\%$ ). Die Gesamtkeimfähigkeit nach zweifacher Behandlung beträgt 87,30%. Diese Ergebnisse der doppelten Behandlung sind geringer in der Keimfähigkeit als mit der einfachen Behandlung bei der Kultur Lupine.

Die Differenz zwischen den Gesamtkeimfähigkeiten beträgt 1,96%. Die einfaktorielle Varianzanalyse ergab, dass die Gesamtkeimfähigkeit bei Gelber Lupine nach einfacher Behandlung mit 0,057 signifikant besser ist, als die zweifache Behandlung. Die einfaktorielle Varianzanalyse, gerichtet auf den Vergleich der Maschinen zeigte keine signifikanten Unterschiede zwischen den Maschinen.



## 6.2 Untersuchung der Triebkraft

Die Abbildung 40 „Darstellung der Triebkraft von Erbse in Abhängigkeit von verschiedenen Behandlungsparametern im Vergleich mit Keimfähigkeit (eA)“ zeigt die Ergebnisse der Triebkraftuntersuchung von unbehandeltem, chemisch-gebeiztem und elektronenbehandeltem Saatgut bei Erbsen. Die Ergebnisse innerhalb einer Behandlungsvariante werden zum einen zwischen den Maschinen WESENITZ 2, STELLA verglichen und dem Mittelwert der Keimfähigkeitsuntersuchung.

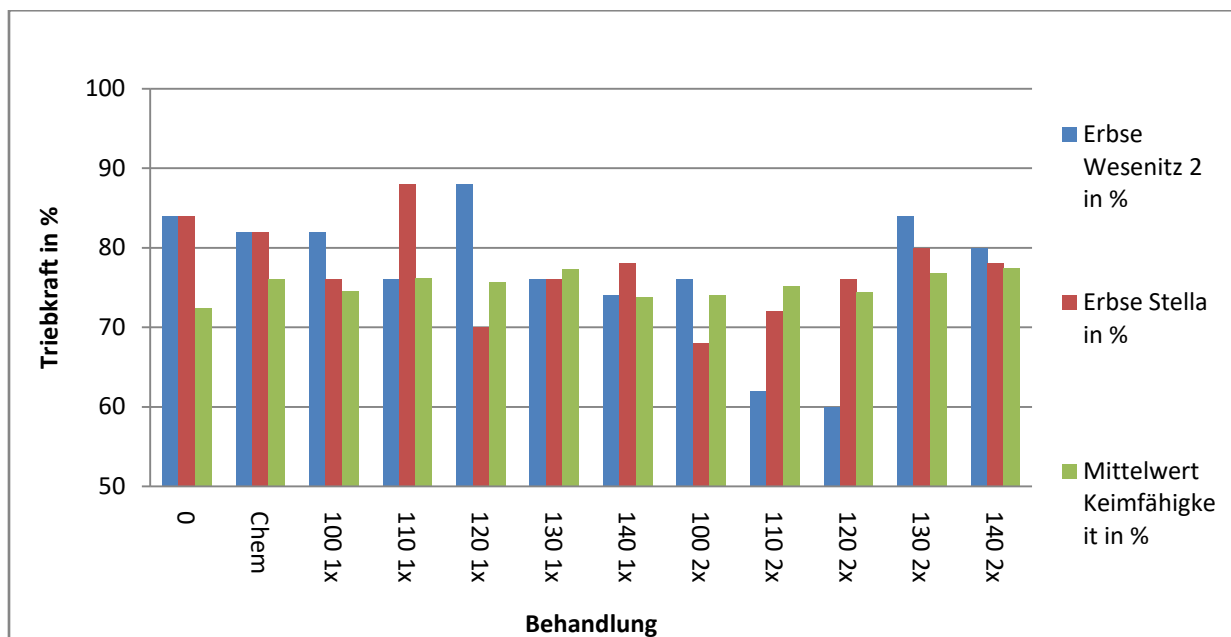


Abbildung 40 Darstellung der Triebkraft von Erbse in Abhängigkeit von verschiedenen Behandlungsparametern im Vergleich mit Keimfähigkeit (eA)

Die Triebkraft der unbehandelten Varianten (0) erreicht einen Wert von 84%. Die chemische Variante (Chem) ist geringer mit 82%. Die höchste Triebkraft wurde auf der 120 1x WESENITZ 2 und bei 110 1x STELLA mit 88% gemessen. Die niedrigste Triebkraft wurde bei der Variante 120 2x WESENITZ 2 gemessen mit 60%. Außer bei den Varianten 130 1x und 110 2x ist die Triebkraft bei Erbsen höher als die Keimfähigkeit. Für die Anlage WESENITZ 2 wurde eine Gesamttriebkraft von 75,8% berechnet. Eine höhere Gesamttriebkraft wurde bei der Anlage STELLA mit 76,2% berechnet.

In der Abbildung 41 „Darstellung der Triebkraft von Lupine in Abhängigkeit von verschiedenen Behandlungsparametern im Vergleich mit Keimfähigkeit (eA)“ sind die Ergebnisse der Triebkraftuntersuchung der Gelben Lupine zu sehen.

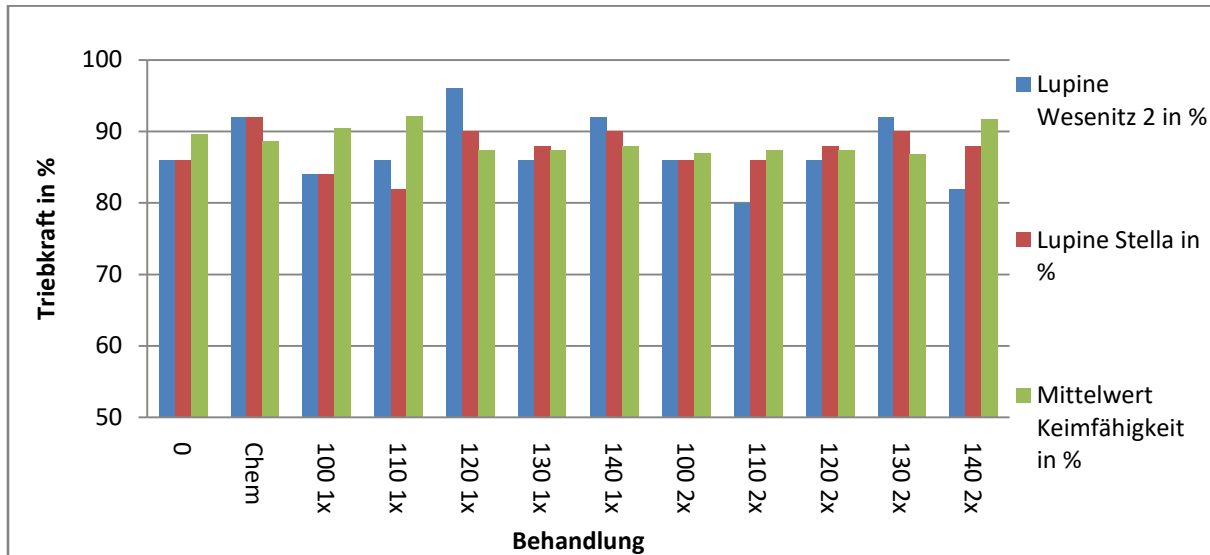


Abbildung 41 Darstellung der Triebkraft von Lupine in Abhängigkeit der verschiedenen Behandlungsparameter im Vergleich mit Keimfähigkeit (eA)

Für die Triebkraft der unbehandelten Variante (0) wurde ein Wert von 86% gemessen. Deutlich höher ist die Triebkraft bei der chemischen Variante (Chem) mit 92%. Die höchste Triebkraft wurde bei der Variante 120 1x WESENITZ 2 mit 96% gemessen. Die niedrigste Triebkraft wurde mit 80% bei der Variante 110 2x WESENITZ 2 gemessen. Für die Hälfte der Versuchsglieder ist die Triebkraft höher als die Keimfähigkeit. Für die WESENITZ 2 wurde eine Gesamttriebkraft von 87% berechnet. Die STELLA-Anlage weist eine gering höhere Gesamttriebkraft von 87,2% auf.

## 6.3 Untersuchung der Jugendentwicklung

### 6.3.1 Auflafrate

Die Abbildung 42 „Darstellung der Auflafrate der Jugendentwicklung von Erbse in Abhängigkeit von verschiedenen Behandlungsparametern (einfache Behandlung) (eA)“ zeigt die Anzahl der aufgelaufenen Erbsen in Prozent nach einer einfachen Elektronenbehandlung im Vergleich mit unbehandelten (Erb 0) und gebeizten (Erb chem) Erbsen-Saatgut.

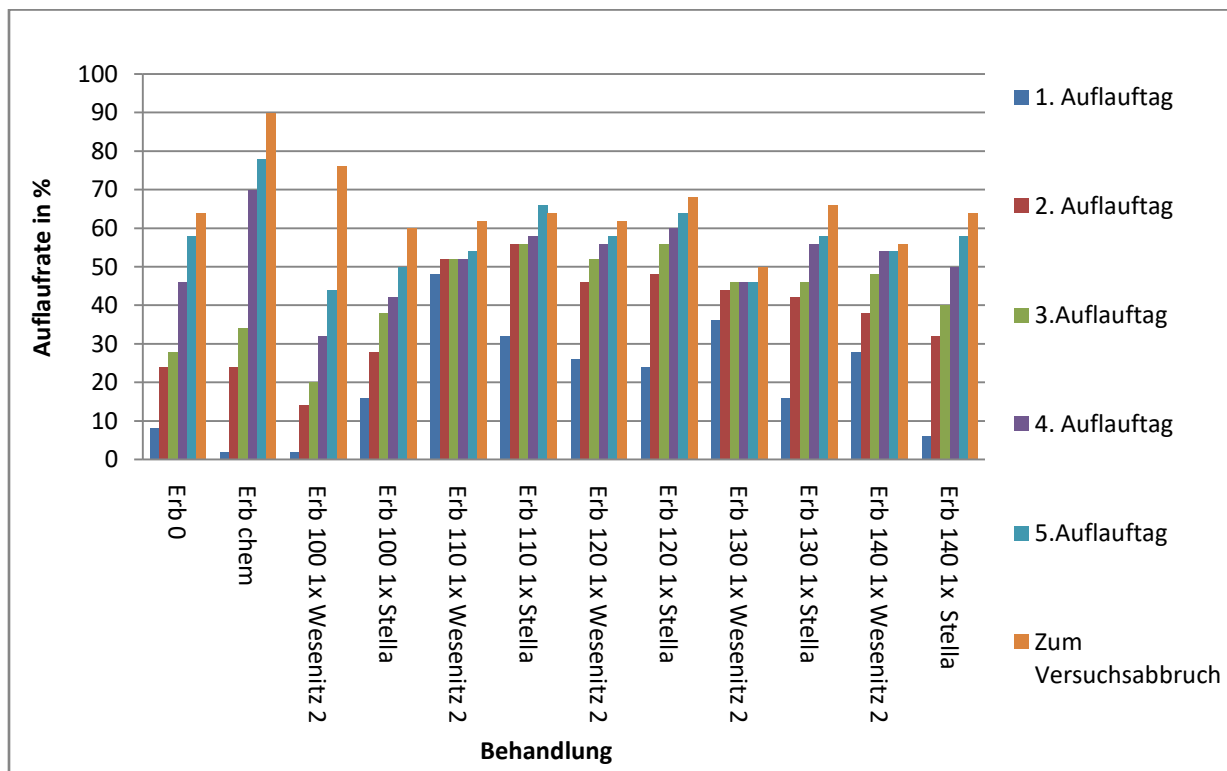


Abbildung 42 Darstellung der Auflafrate der Jugendentwicklung von Erbse in Abhängigkeit von verschiedenen Behandlungsparametern (einfache Behandlung) (eA)

Außer bei Variante Erb100 1x STELLA, ist bei allen Varianten ein Anstieg der aufgelaufenen Pflanzen je Tag zu beobachten. Am ersten Tag des Auflaufens sind die wenigstens Pflanzen mit 2% bei der chemischen (Erb chem) und bei der Variante mit einer Behandlungsstärke von 100keV auf der WESENITZ 2 (Erb 100 1x WESENITZ 2) gezählt worden. Bei allen anderen Varianten sind am ersten Tag mehr Pflanzen durch die Bodendecke gebrochen (>6% bis 48%). Trotz der anfänglich geringen Anzahl an Pflanzen am ersten Auflauftag sind bei der chemisch-gebeizten Variante sowohl beim letzten Beobachtungstag (5. Auflauftag), als auch zum Versuchsende die meisten Pflanzen erfasst worden(90%).

Durchschnittlich sind bei den Elektronen-behandelten Varianten ca. 62% der Pflanzen aufgelaufen. Die Spanne bei diesen Pflanzen beträgt 50% bis 76%. Die einfache Elektronenbehandlung bei 100keV (Erb 100 1x WESENITZ 2) auf der WESENITZ 2 ergab zum Ende des Versuches die höchste Auflauftrate mit 76%.

Die Abbildung 43 „Darstellung der Auflauftrate der Jugendentwicklung von Erbse in Abhängigkeit von verschiedenen Behandlungsparametern (zweifache Behandlung) (eA)“ zeigt die Erbgergebnisse nach der Beobachtung des Aufgangs von Erbsensaatgut nach der doppelten Behandlung einer Elektronenbehandlung im Vergleich mit einer unbehandelten (Erb 0) und einer gebeizten (Erb chem) Variante.

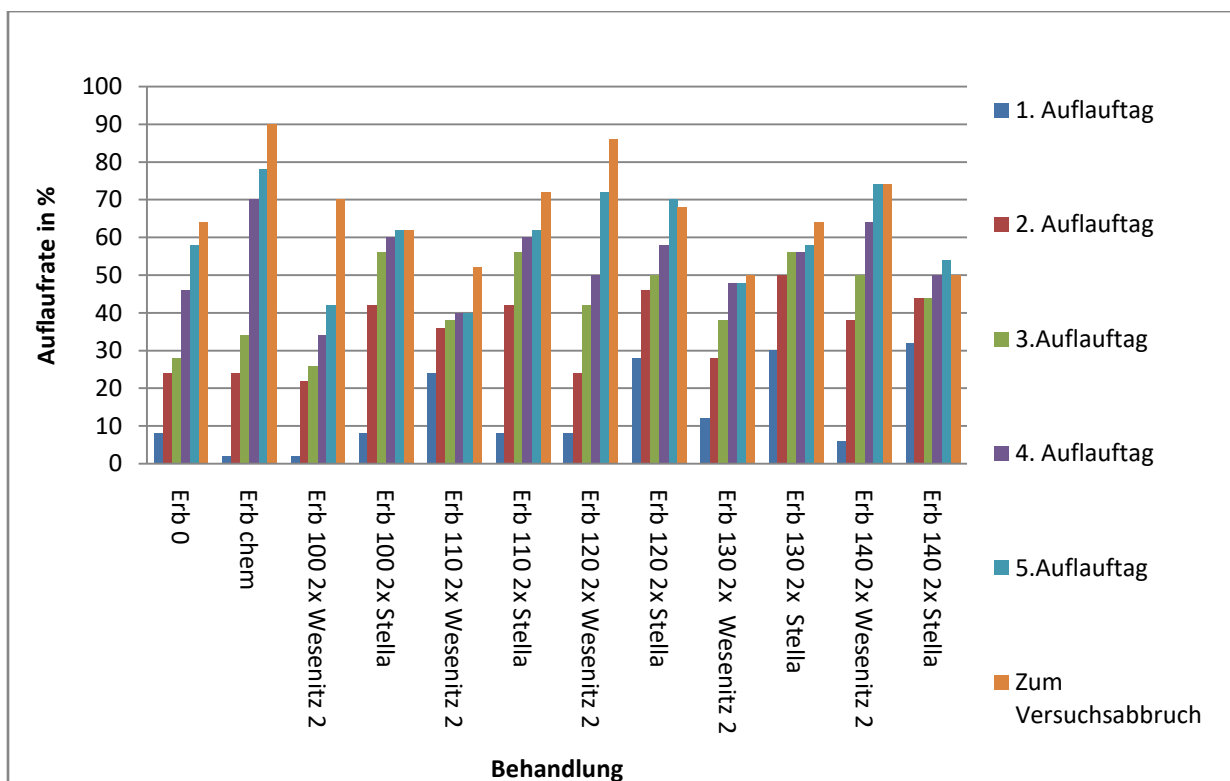


Abbildung 43 Darstellung der Auflauftrate der Jugendentwicklung von Erbse in Abhängigkeit von verschiedenen Behandlungsparametern (zweifache Behandlung) (eA)

Nach der doppelten Behandlung mit Elektronen ist ein ähnliches Ergebnis wie nach einer einfachen Behandlung sichtbar. Die Variante mit einer Behandlungsstärke von 100keV (Erb 100 2x WESENITZ 2) auf der WESENITZ 2 erreicht am ersten Auflauftag 2% aufgegangener Pflanzen, wie auch die gebeizte Variante. Bei den unbehandelten Varianten sowie bei den elektronenbehandelten Varianten wurden mehr aufgelaufene Pflanzen erfasst. Die Spanne beläuft sich hierbei von 6% bis 32% am ersten Auflauftag. Die Spanne erstreckt

sich von 50% bis 86%. Die meisten Pflanzen nach der zweifachen Elektronenbehandlung sind auf der WESENITZ 2 mit einer Behandlungstärke von 120keV (Erb 120 2x WESENTIZ 2) erfasst worden mit 86% an Pflanzen. Nach der Behandlung auf der STELLA-Anlage sind die meisten Pflanzen nach einer doppelten Elektronenbehandlung mit 110keV gezählt worden. Bei dieser Variante waren zum Versuchsabbruch 72% der ursprünglich ausgesäten Samen aufgelaufen.

Die Abbildung 44 „Darstellung der Auflaufrate der Jugendentwicklung von Lupine in Abhängigkeit von verschiedenen Behandlungsparametern (einfache Behandlung) (eA)“ zeigt die Ergebnisse der Auflaufrate nach einer einfachen Elektronenbehandlung bei Lupinen im Vergleich mit einer unbehandelten und einer gebeizten Variante.

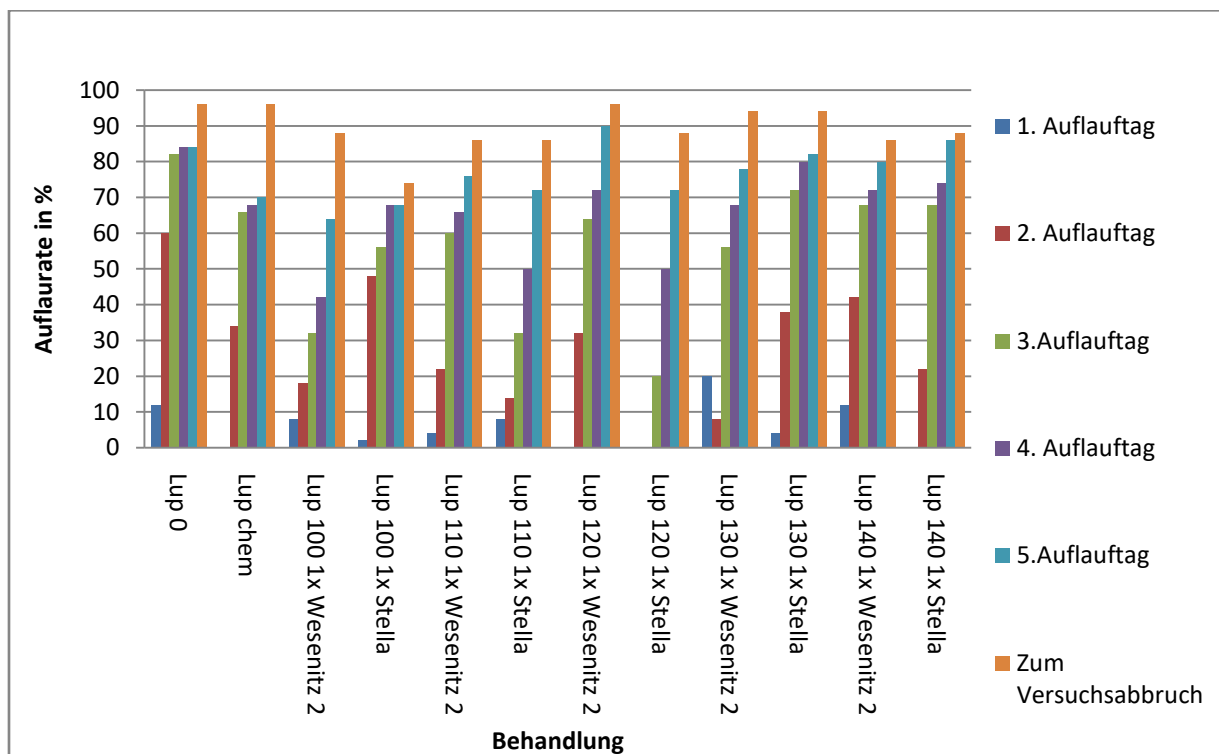


Abbildung 44 Darstellung der Auflaufrate der Jugendentwicklung von Gelber Lupine in Abhängigkeit von verschiedenen Behandlungsparametern (einfache Behandlung) (eA)

Am Tag des Feldaufganges ist bei der unbehandelten Variante eine Auflaufrate von 12% gemessen wurden. Die chemisch-bebeizte Variante (Lup chem) zeigt zu diesem Zeitpunkt keinen Feldaufgang. Die höchste Auflaufrate zum Tag des Feldaufgangs wurde bei der Variante Lup130 1x WESENITZ 2 mit 20% gemessen. Die Spanne der Aufgangsrate am ersten Auflaufstag erstreckt sich von 2% bis 20%. Im Verlauf der Tage ist bei allen Varianten

ein Anstieg der Pflanzenzahlen zu erkennen. Zum Versuchsabbruch sind die meisten gezählten Pflanzen bei der unbehandelten (Lup 0), der chemisch-gebeizten Variante (Lup chem) und der Variante Lup120 1x WESENITZ 2 mit jeweils 96% zu erkennen.

In der Abbildung 45 „Darstellung der Auflauftrate der Jugendentwicklung von Erbse in Abhängigkeit von verschiedenen Behandlungsparametern (zweifache Behandlung) (eA)“ sind die Ergebnisse der Auflauftrate der ersten Tage zu sehen von der Kultur Lupine nach einer doppelten Elektronenbehandlung im Vergleich mit der unbehandelten und chemisch-gebeizten Variante.

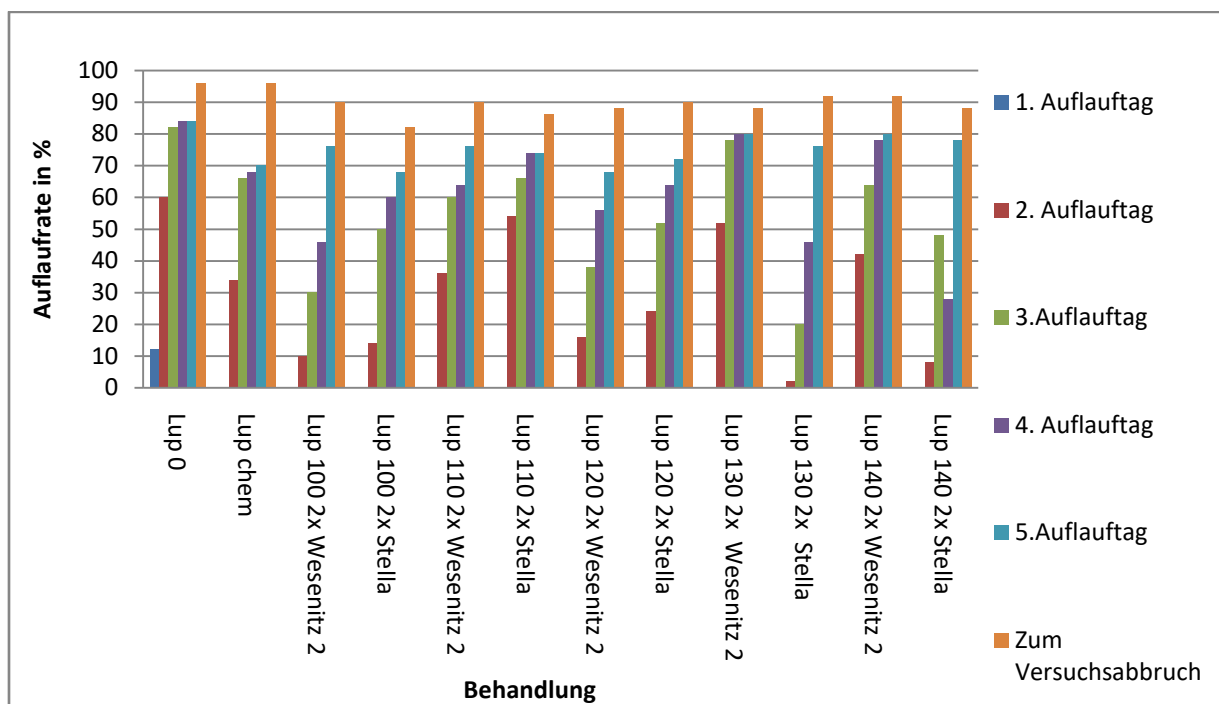


Abbildung 45 Darstellung der Auflauftrate der Jugendentwicklung von Gelber Lupine in Abhängigkeit von verschiedenen Behandlungsparametern (zweifache Behandlung) (eA)

Zum Tag des Feldaufganges ist bei keiner der verschiedenen Varianten ein Aufgang zu sehen, außer bei der unbehandelten Variante (Lup 0). Im Verlauf des Betrachtungszeitraumes stieg die Anzahl Pflanzen in allen Varianten an. Die Varianten der doppelten Elektronenbehandlung übersteigen nicht die Auflauftrate der unbehandelten und chemisch-gebeizten Varianten. Die höchste Auflauftrate nach der zweifachen Elektronenbehandlung lag bei 92% bei den Varianten Lup 130 2x STELLA und Lup 140 2x WESENITZ 2.

### 6.3.2 Wachstumslänge

Die beschreibenden Statistiken der jeweiligen Messungen für die verschiedenen Behandlungsvarianten sind im Anhang zu finden. Für die Betrachtung dieser Ergebnisse wurde die Differenz der Wachstumslängen zwischen der ersten und letzten Messung in einem Säulendiagramm für die Erbsen dargestellt (Abbildung 46 „Darstellung der Wachstumslängendifferenz zwischen erster und letzter Messung in Abhängigkeit von verschiedenen Behandlungsparametern von Erbse (eA)“). Durch diese Darstellung kann der Längenzuwachs über die Dauer des Betrachtungszeitraumes erfasst werden.

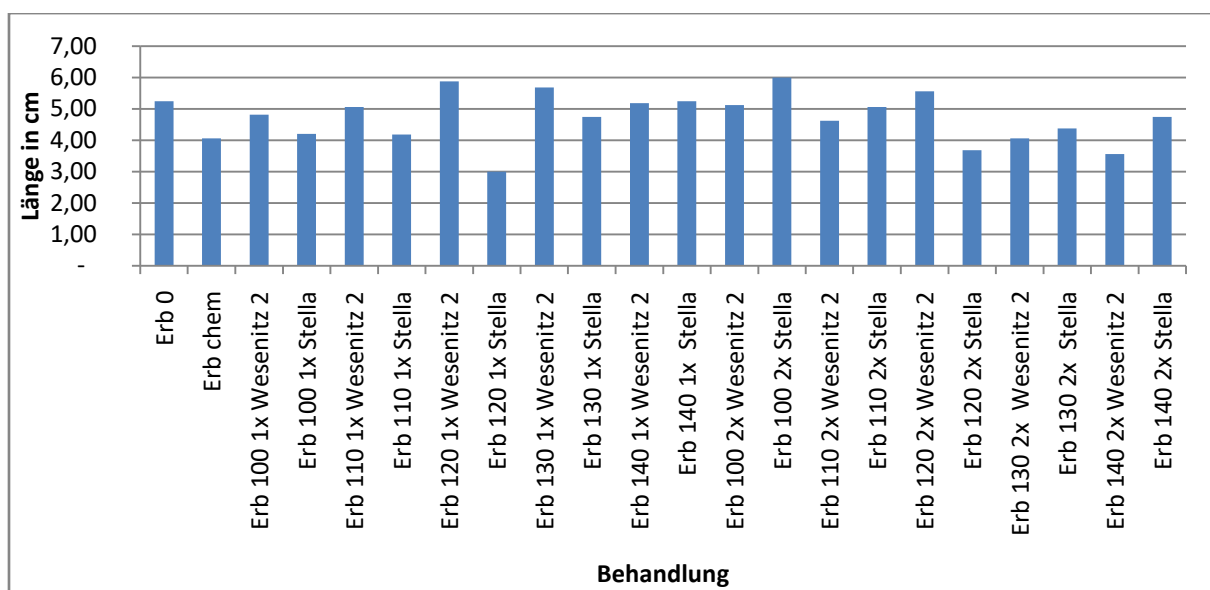


Abbildung 46 Darstellung der Wachstumslängendifferenz zwischen erster und letzter Messung in Abhängigkeit von verschiedenen Behandlungsparametern von Erbse (eA)

Die unbehandelte Variante Erb0 zeigt ein Längenzuwachs von 5,25cm über die Dauer der Messungen. Im Vergleich dazu wurde bei Erb chem ein Längenzuwachs von 4,06cm gemessen. Der höchsten Längenzuwachs wurde bei der Variante Erb 100 2x STELLA mit 6,00cm erfasst. Die Variante Erb 120 1x STELLA zeigt den geringsten Längenzuwachs mit 3,00cm. Bei dieser Variante wurde bei der ersten Messung die höchste Wachstumslänge mit 5,06cm gemessen, aber zur letzten Messung nur eine durchschnittliche Länge von 8,06cm. Bei der Betrachtung der Wachstumslängen sind bei den ersten Messungen eindeutige signifikante Unterschiede der Varianten Erb110 1x STELLA und Erb 120 1x STELLA zu den unbehandelten/chemischen Varianten durch den SNK-Test bei Erbsen festzustellen. Im Verlauf des Betrachtungszeitraumes wurden die Unterschiede geringer. Zum Zeitpunkt der letzten Messung sind keine signifikanten Unterschiede von elektronenbehandelten Varianten



zu den Vergleichsvarianten Erb0/Erb chem zu erkennen. Über den gesamten Betrachtungszeitraum sind keine pflanzlichen Krankheiten zu erkennen gewesen.

Die Abbildung 35 „Darstellung der Wachstumslängendifferenz zwischen erster und letzter Messung in Abhängigkeit von verschiedenen Behandlungsparametern von Gelber Lupine (eA)“ zeigt die Wachstumslängendifferenzen der verschiedenen Behandlungsvarianten der Gelben Lupine.

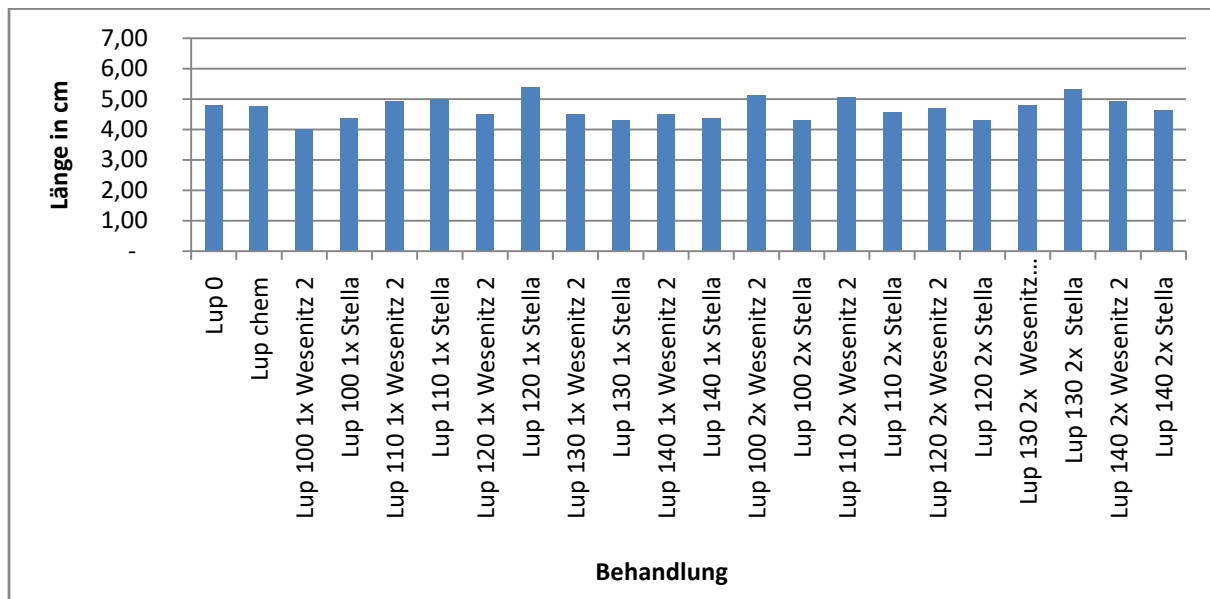


Abbildung 47 Darstellung der Wachstumslängendifferenz zwischen erster und letzter Messung in Abhängigkeit von verschiedenen Behandlungsparametern von Gelber Lupine (eA)

Bei der unbehandelte Variante Lup0 wurde ein Zuwachs von 4,81cm gemessen. Im Vergleich dazu ein etwas geringerer Zuwachs von 4,75cm bei der Lup chem gemessen. Den höchsten Zuwachs wurde bei der elektronenbehandelten Variante Lup120 1x STELLA gemessen mit 5,38cm. Der niedrigste Zuwachs wurde bei der Variante Lup100 1x WESENITZ 2 mit 4,00cm gemessen. Bei der Betrachtung auf signifikante Unterschiede kann man durch den SNK-Test bei der ersten Messung viele signifikante Unterschiede erkennen. Es sind signifikante Unterschiede zwischen der chemisch-gebeizten Varianten und den elektronenbehandelten Varianten Lup 130 1x STELLA und Lup130 2x WESENITZ 2 festgestellt worden. Bei weiteren Messzeitpunkte sind keine signifikanten Unterschiede zu erkennen zwischen den Vergleichsvarianten Lup0/Lup chem und den Varianten nach der Elektronenbehandlung. Über den gesamten Betrachtungszeitraum sind keine pflanzlichen Krankheiten beobachtet worden.

### 6.3.3 Trockensubstanzuntersuchung

Die Abbildung 48 „Darstellung der Trockensubstanz von Erbse in Abhängigkeit von verschiedenen Behandlungsparametern (einfache Behandlung) (eA)“ zeigt die Ergebnisse der Trockensubstanzuntersuchung.

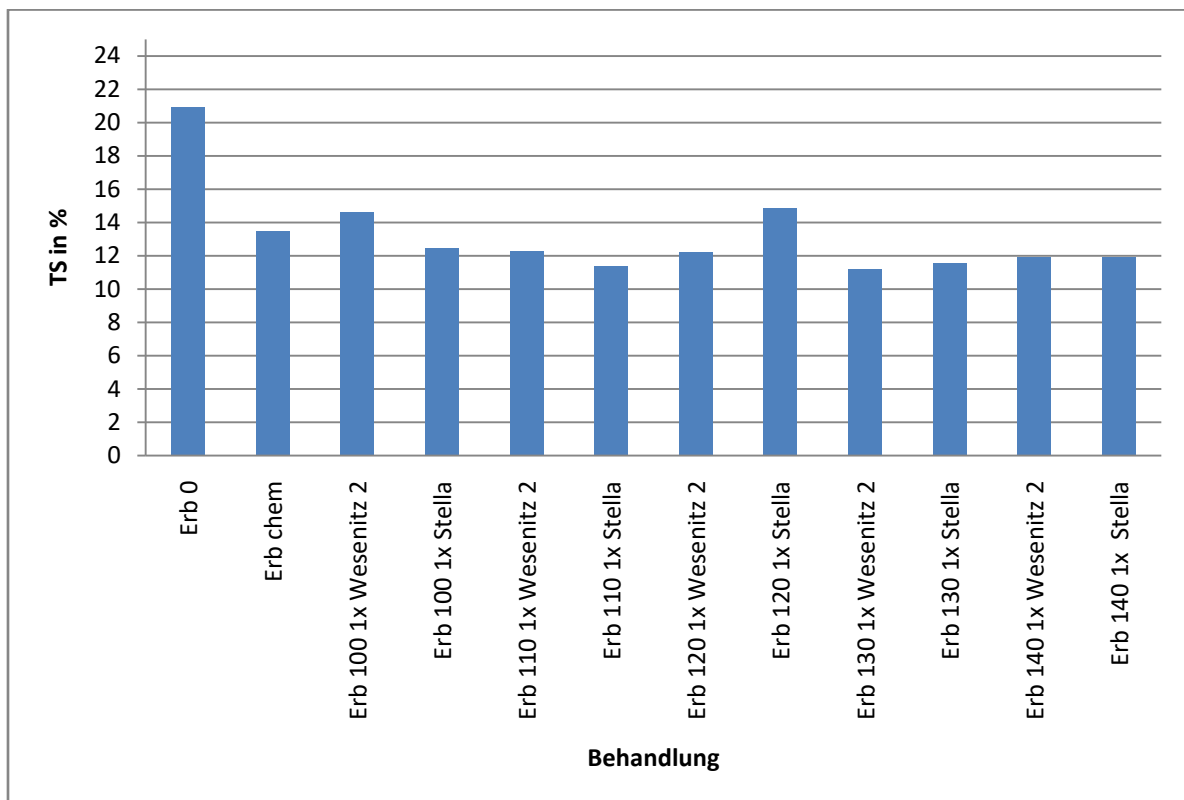
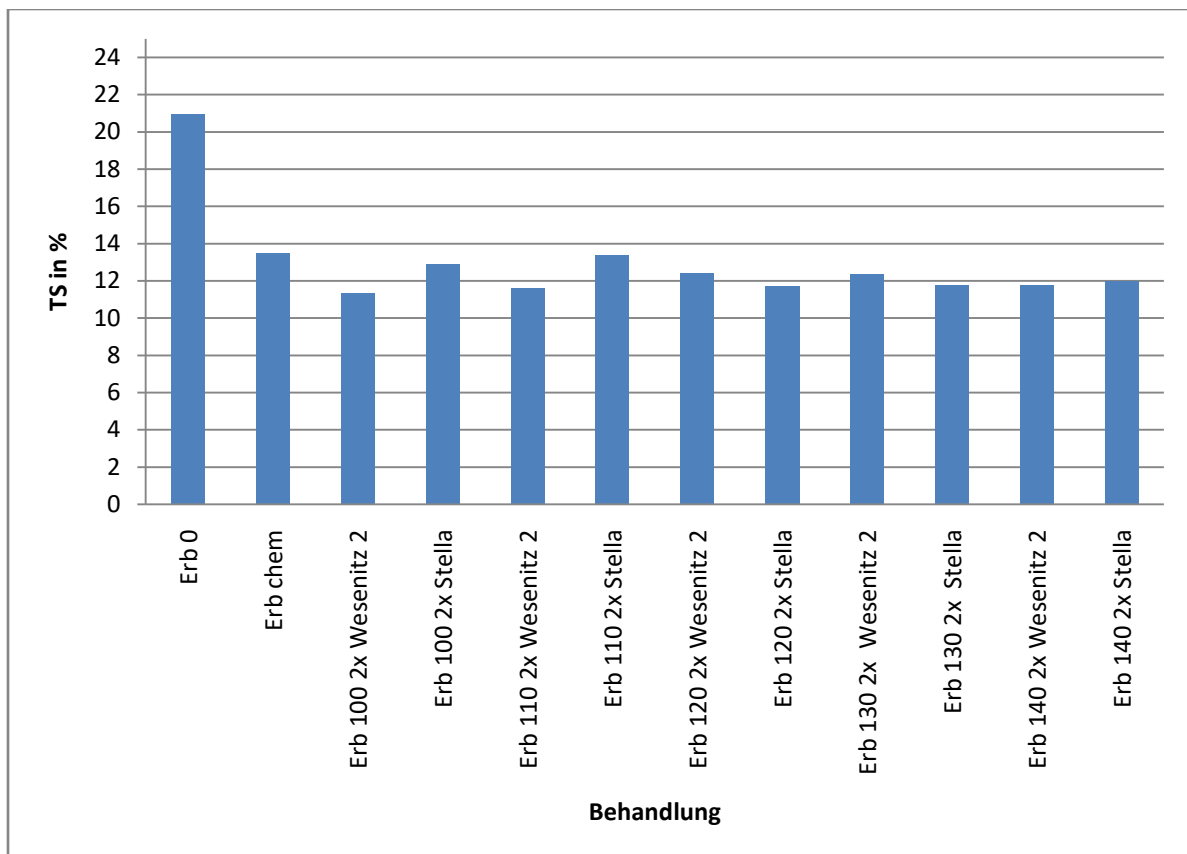


Abbildung 48 Darstellung der Trockensubstanz von Erbse in Abhängigkeit von verschiedenen Behandlungsparametern (einfache Behandlung) (eA)

Bei der unbehandelten Variante wurde die höchste TS mit 20,93% gemessen. Diese Variante ist kritisch zu beurteilen. Durch eine höhere Bearbeitung wurde ein Verlust an Blattmasse verzeichnet. Es kommt als Folge zu einer geringen Einwaage und zu einer hohen TS. Im Vergleich dazu wurden bei Erb chem nur eine TS von 13,46% erfasst, bei einer Auflauftrate von 90%. Bei den elektronenbehandelten Varianten wurde die höchste TS bei der Variante Erb120 1x STELLA erfasst mit 14,86% (Auflauftrate 62%). Die niedrigste TS wurde bei der Variante Erb130 1x WESENITZ 2 mit 11,19% (Auflauftrate 50%) gemessen.

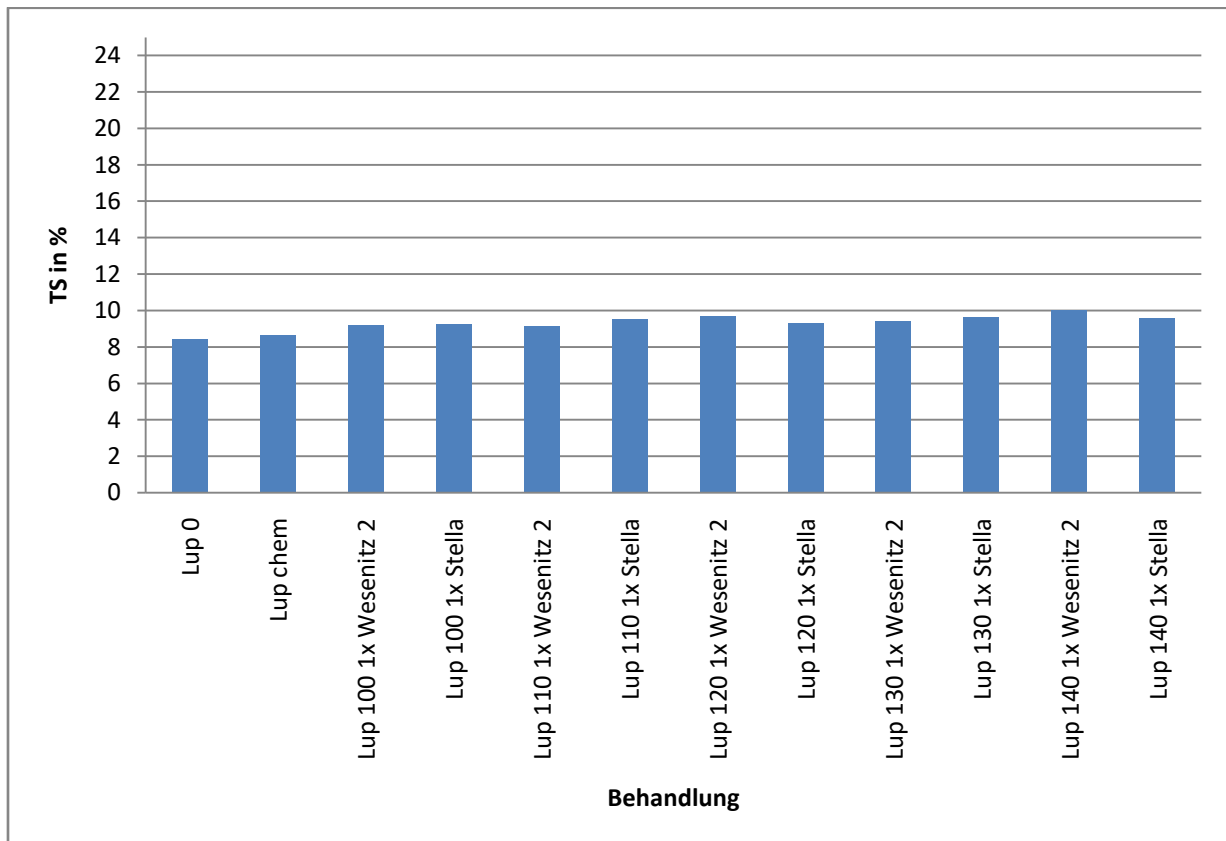
Die Abbildung 49 „Darstellung der Trockensubstanz von Erbse in Abhängigkeit von verschiedenen Behandlungsparametern (zweifache Behandlung) (eA)“ zeigt die Ergebnisse der TS-Untersuchung nach der zweifachen Elektronenbehandlung bei der Kultur Erbse. Der Vergleich erfolgt in dieser Abbildung ebenfalls mit der unbehandelten und chemischen Variante.



**Abbildung 49** Darstellung der Trockensubstanz von Erbse in Abhängigkeit von verschiedenen Behandlungsparametern (zweifache Behandlung) (eA)

Nach zweifacher Elektronen-Behandlung wurde eine maximale TS bei der Variante Erb110 2x STELLA mit 13,59% TS gemessen, bei einer Auflauftrate von 72%. Diese TS ist niedriger als die TS der unbehandelten Variante. Die Variante Erb100 2x WESENITZ 2 zeigte die niedrigste TS mit 11,36% (Auflauftrate 70%)

Die Abbildung 50 „Darstellung der Trockensubstanz von Lupine in Abhängigkeit von verschiedenen Behandlungsparametern (einfache Behandlung) (eA)“ zeigt die Ergebnisse der Trockensubstanzuntersuchung nach einfacher Elektronenbehandlung bei der Gelben Lupine im Vergleich mit einer unbehandelten (Lup0) und einer chemischen (Lup chem) Variante.



**Abbildung 50** Darstellung der Trockensubstanz von Lupine in Abhängigkeit von verschiedenen Behandlungsparametern (einfache Behandlung) (eA)

Die niedrigste Trockensubstanz ist bei der Variante Lup0 mit 8,4% (Auflaufrate 96%) gemessen worden. Die Lup chem besitzt im Vergleich eine gering höhere TS von 8,63% (Auflaufrate 96%). Die höchste TS wurde bei der Variante Lup140 1x WESENITZ 2 mit 10,00% gemessen. Bei allen elektronenbehandelten Varianten nach einfacher Behandlung bei Gelber Lupine wurde eine höhere TS gemessen, als bei den Vergleichsvarianten Lup0 und Lup chem.

Die Abbildung 51 „Darstellung der Trockensubstanz von Lupine in Abhängigkeit von verschiedenen Behandlungsparametern (zweifache Behandlung) (eA)“ zeigt die Ergebnisse der Trockensubstanzuntersuchung nach zweifacher Elektronenbehandlung bei Gelben Lupinen im Vergleich mit der unbehandelten und der chemischen Variante.

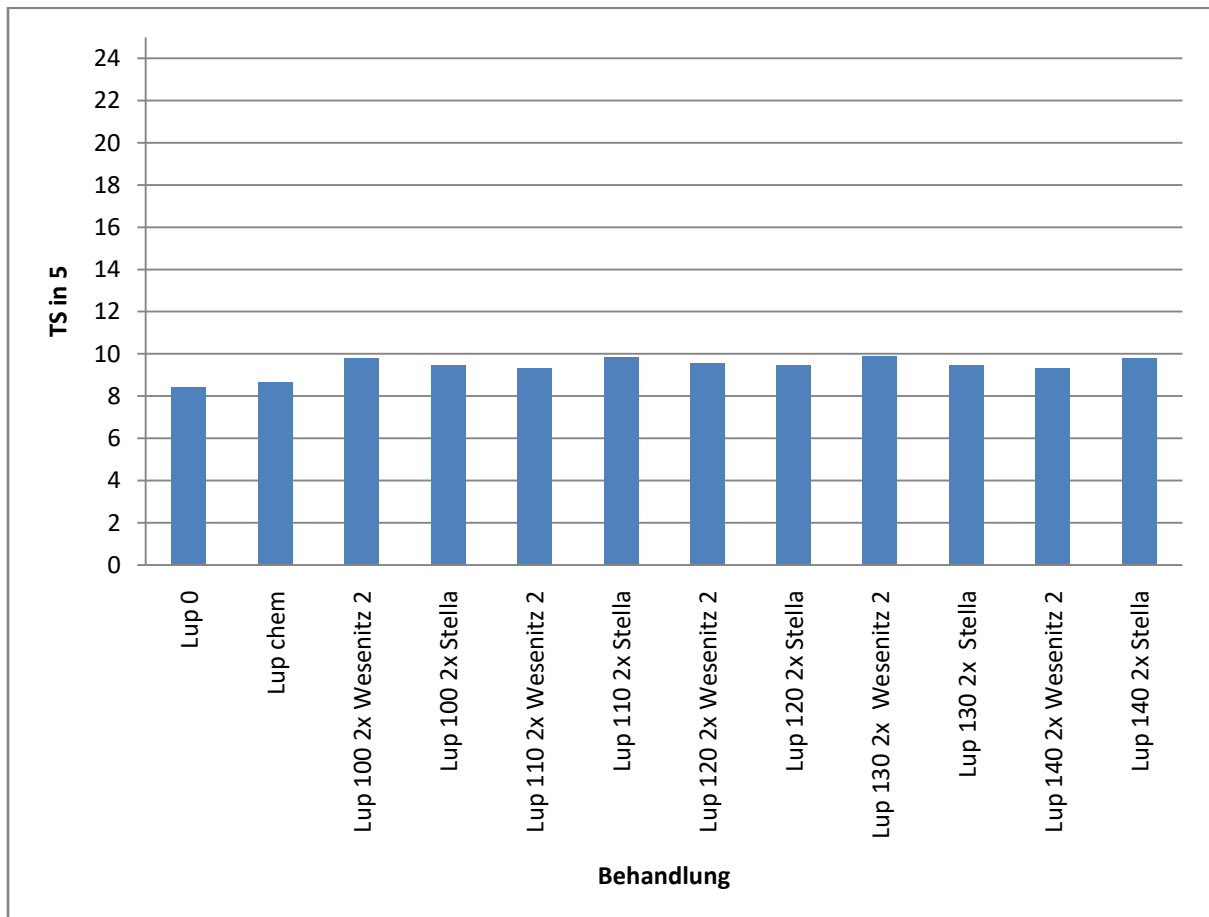


Abbildung 36 Darstellung der Trockensubstanz von Lupine in Abhängigkeit von verschiedenen Behandlungsparametern (zweifache Behandlung (eA))

Nach zweifacher Elektronenbehandlung zeigt die Variante Lup130 2x WESENITZ 2 (Auflauftrate 88%) eine höhere TS von 9,90% als im Vergleich mit der unbehandelten Varianten (8,4% TS; Auflauftrate 96%).

Bei allen elektronenbehandelten Varianten nach zweifacher Behandlung bei der Gelben Lupine wurde eine höhere TS gemessen als bei der Lup0 und Lup chem.

## VII Diskussion der Ergebnisse und Fehleranalyse

Die Elektronenbehandlung ist eine Möglichkeit zur Desinfektion von Saatgut. Die bisherigen Untersuchungen bei Getreide zeigen, dass sie eine gute Alternative zur chemischen Beizung und eine sehr gute Möglichkeit für die Produktion von ökologischem Saatgut ist. Das Spektrum der Nutzungsmöglichkeit dieser Technologie ist weit, ganz besonders im Bereich der Saatgutaufbereitung für andere Kulturen. Die wachsende Bedeutung der Körnerleguminosen, besonders in der ökologischen Landwirtschaft, macht es notwendig die Anwendung neuer Technologien für diese Kulturen zu untersuchen. Dabei müssen Grenzen und Wirkungen der Technologie auf die Kultur ausgelotet werden. Die Beeinflussung der Keimfähigkeit durch Elektronenhandlung spielt eine große Rolle. Die negative Auswirkung einer Behandlung mit einer höheren Dosis wurde unter anderem von Jahn et al (2005)<sup>70</sup> bei Getreide festgestellt. Diese Ergebnisse konnten nur bedingt bestätigt werden. Es wurde keine signifikante Beeinflussung der Keimfähigkeit durch die Elektronenbehandlung bei den Kulturen Erbse und Gelber Lupine festgestellt. Die Untersuchungen ergaben lediglich gewisse Tendenzen auf eine Beeinflussung der Keimfähigkeit. Nach der Elektronenbehandlung wurden die geringsten Keimfähigkeiten bei Erbse 71,5% (Erb100 2x WESENITZ2) und bei Lupine 85% (Lup130 1x WESENITZ2) festgestellt. Diese Keimfähigkeiten sind geringer als die Keimfähigkeiten der unbehandelten Varianten (Erb0=72%; Lup0=89%), aber nicht signifikant geringer. Bei der Triebkraftuntersuchung und bei der Untersuchung der Jugendentwicklung wurde eine Mischprobe verwendet aus den drei Wiederholungen der Keimfähigkeitsuntersuchung. Es konnte eine Mischprobe verwendet werden, da zwischen den einzelnen Wiederholungen keine signifikanten Unterschiede in der Keimfähigkeit festgestellt wurden. Bei der Betrachtung der Triebkraft und der Auflauftrate aus der Jugendentwicklung sind deutlich geringere Vitalitätsparameter gemessen worden, als im Vergleich zur unbehandelten Variante. Bei Erbsen sind bei der unbehandelten Variante Erb0 (Triebkraft=84%; Auflauftrate=64%) höhere Vitalitätsparameter beobachtet worden, als bei Varianten nach zweifacher Elektronenbehandlung (Triebkraft: Erb120 2x WESENITZ 2=60%; Auflauftrate: Erb130 2x WESENITZ 2/Erb140 2x STELLA=50%). Bei den Gelben Lupinen sind ebenfalls geringere Vitalitätsparameter nach der Elektronenbehandlung (Triebkraft: Lup110 2x WESENITZ 2=80%; Auflauftrate: Lup100 1x STELLA=74%) gemessen wurden, als die unbehandelte Variante (Triebkraft=86%; Auflauftrate=96%). Es kann von einer Beeinflussung der Elektronenbehandlung bei Überdosierung ausgegangen

---

<sup>70</sup> M. Jahn; O Röder; J. Tigges: Die Elektronenbehandlung von Getreidesaatgut; 2005

werden. Diese Ergebnisse zeigen außerdem nachteilige Ergebnisse der zweifachen Behandlung, da die geringsten Vitalitätsparameter nach der zweifachen Elektronenbehandlung gemessen wurden. Diese Aussage wird gestützt durch die Differenzen der Keimfähigkeiten. Sowohl bei der Kultur Erbse (1,05%) als auch bei den Gelben Lupinen (1,96%) sind positive Differenzen zu Gunsten der einfachen Behandlung berechnet worden. Außerdem wurde bei den Gelben Lupinen ein signifikanter Unterschied durch die einfaktorielle Varianzanalyse zwischen den Behandlungswiederholungen festgestellt. Beim Vergleich der Anlagen WESENITZ 2 und STELLA sind bei beiden Kulturen durch die einfaktorielle Varianzanalyse keine signifikanten Unterschiede zu erkennen.

Aus mehrjährigen Versuchen bei Züchtern beschrieb Söffing (2014)<sup>71</sup>, dass Getreidesorten nach einer Elektronenbehandlung einen höheren Feldaufgang als unbehandelte Varianten zeigen. Im Feldversuch wurde bei den elektronenbehandelten Varianten ein gleicher Feldaufgang gemessen, wie bei chemischen Varianten. Durch die Vitalitätsuntersuchungen (Keimfähigkeit, Triebkraft, Auflaufrate der Jugendentwicklung) wurde im vorliegenden Versuch eine höhere Vitalität bei den Varianten nach der Elektronenbehandlung gemessen. Bei den Erbsen überstiegen die Vitalitätsparameter Keimfähigkeit (Erb120 1x STELLA=79,5%), Triebkraft (Erb120 1x WESENITZ 2/ Erb110 1x STELLA =88%) und Auflaufrate (Erb100 1x WESENITZ 2=76%), die der unbehandelten (KF=72%; Triebkraft=84%; Auflaufrate=64%) und chemischen Vergleichsvariante (KF=72%; Triebkraft=82%). Die Auflaufrate der chemischen Variante ist einzig bei Erbsen höher (Erb chem:90%>76%). Bei den Gelben Lupinen zeigte sich eine gleiche Tendenz. Die höchsten Vitalitätsparameter wurden in allen Untersuchungen bei den Varianten nach der Elektronenbehandlung gemessen (KF:Lup120 1x STELLA=92,92%; Triebkraft: Lup120 1x WESENITZ 2=96%; Auflaufrate: Lup120 1x WESENITZ 2=96%). Diese Ergebnisse unterscheiden sich nicht signifikant zu den Vergleichsvarianten (0; Chem). Somit kann die Aussage von Söffing auch bei Erbsen und Lupinen bestätigt werden.

In den Versuchen des Fraunhofer-Instituts FEP wurden unbehandelte Samen von Koriander, Möhren und Tomaten mit Samen nach der Elektronenbehandlung auf Keimfähigkeit und Triebkraft verglichen. Die Triebkraft ist auch in diesen Versuchen höher als die Keimfähigkeit. Ebenso sind Keimfähigkeit und Triebkraft elektronenbehandelter Möhren-Samen höher als die der unbehandelten Variante. Bei den Koriandersamen ist die Triebkraft

---

<sup>71</sup> R.Söffing: Erfahrungen und Ergebnisse mit der Elektronenbehandlung von Saatgut in der landwirtschaftlichen Praxis; 2014



der höhere Parameter bei der elektronenbehandelten Variante (FEP-Broschüre)<sup>72</sup>. Diese Ergebnisse bestätigen die vorliegenden Ergebnisse. Die Triebkraftuntersuchung zeigt eine höhere Keimrate als im Vergleich zur Keimfähigkeit, trotz höheren Stressbedingungen. Diese Erscheinung ist zum einem mit der höheren Dauer der Untersuchungszeit (Triebkraft 10-14 Tage; Keimfähigkeit: 7-8 Tage) zu erklären. Außerdem wurde bei der Betrachtung der Keimlinge in der Triebkraftuntersuchung keine Unterscheidung von anomalen und normalen Keimlingen gemacht.

Matthes beschrieb nach einem Triebkrafttest im Kalttestverfahren, dass nach einer Elektronenbehandlung, die Auflaufgeschwindigkeit langsamer ist, als im Vergleich bei unbehandeltem Saatgut (Matthes et al; 2007)<sup>73</sup>. Diese Aussage konnte nach der Untersuchung der zeitlichen Auflaufrate in der Jugendentwicklung nicht bestätigt werden. Bei diesem Versuch sind die Untersuchungsparameter zu berücksichtigen. Der Unterschied zu dem Versuch von Matthes liegt nicht nur in der Kulturart, sondern auch in den Umgebungsparametern. Bei dem Versuch von Matthes handelt es sich um die Bestimmung der Triebkraft im Kalttestverfahren. Dies bedeutet, der Versuch lief bei kalten bis kühlen Bedingungen ab (Temperatur ca. 10°C). Die Untersuchung der Jugendentwicklung, aus der eigenen Untersuchung, fand bei warmen Temperaturen im Gewächshaus bei ca. 22°C statt. Trotzdem sind beide Versuche vergleichbar, da der zeitliche Effekt des Feldaufgangs untersucht wurde. Bei der Betrachtung der Auflaufgeschwindigkeit unter warmen Bedingungen wurde an den ersten Tagen kein eindeutiger Trend sichtbar. Bei der Kultur Erbse waren die elektronenbehandelten Varianten schneller im Aufgang gegenüber der unbehandelten Variante. Bei Gelben Lupinen ist dagegen die Anzahl der aufgelaufenen Pflanzen der unbehandelten Variante an den ersten Tagen höher, gegenüber denen der elektronenbehandelten Varianten. Die chemische Behandlung wirkt sich negativ auf die Auflaufgeschwindigkeit aus. Sowohl bei Erbsen, als auch bei Gelben Lupinen ist eine höhere Pflanzenzahl an den ersten Tagen zu beobachten nach der Elektronenbehandlung. Bei der Untersuchung der Triebkraft im Kalt-Test-Verfahren ist aus der eigenen Untersuchung ein anderes Ergebnis zu erkennen. Die höchsten elektronenbehandelten Varianten zeigen eine höhere Triebkraft als im Vergleich mit der unbehandelten Variante. Die unbehandelten Varianten (Erb0=84%; Lup0=86%) zeigen eine geringere Triebkraft als die elektronenbehandelten Varianten (Erb120 1x WESENITZ2/Erb110 1x STELLA=88%; Lup120 1x WESENITZ 2=96%). Die Ergebnisse von Matthes zeigen dagegen eine gleiche

---

<sup>72</sup> Broschüre: Fraunhofer-Institut für organische Elektronik, Elektronenstrahl- und Plasmatechnik (FEP): „Elektronenbehandlung von Saatgut: umweltfreundlich, effizient, nachhaltig“

<sup>73</sup> C. Matthes; U. Geier; H. Speiß: Saatgutvitalität von elektronenbehandeltem Getreidesaatgut im Kalttest; 2007

Triebkraft. Außerdem sind die von Matthes beschriebenen Schädigungen bei der Keimung und ein vermehrtes Auftreten von Gravitropismus weder bei der Keimfähigkeitsuntersuchung, noch in Triebkraftuntersuchung oder Jugendentwicklung festgestellt worden.

In einem weiteren Versuch vom FEP wurde die Keimungsrate von unbehandelten und elektronenbehandelten Tomatensamen verglichen. Auch in diesem Versuch ist kein Unterschied im Verlauf der Keimungsraten zwischen den Varianten zu erkennen (FEP-Broschüre)<sup>74</sup>. Diese Ergebnisse können durch die vorliegenden Untersuchungen bestätigt werden. Bei der Auflaufgeschwindigkeit bei Samen von Erbse und Gelber Lupine nach der Elektronenbehandlung sind keine Unterschiede zu der unbehandelten Variante zu erkennen.

Bei der Betrachtung der Ergebnisse der Wachstumslängen sind gegen Ende des Versuches keine Unterschiede zwischen elektronenbehandelten Varianten und den Vergleichsvarianten zu erkennen. Auch in der Trockensubstanz konnte kein Trend bei Erbsen erkannt werden. Bei den Gelben Lupinen hingegen wurde eine Trend festgestellt: nach der Elektronenbehandlung ist bei allen Varianten eine höhere Trockensubstanz gemessen worden als bei den Vergleichsvarianten. Eine Erklärung könnte ein schnellerer Alterungsprozess sein. Mit zunehmendem Alter wurde ein Anstieg der Trockensubstanz ab einem bestimmten Stadium bei Pflanzen beobachtet (Jeangros et al; 2001)<sup>75</sup>. Durch die Elektronenbehandlung könnte eine voran schreitende Entwicklung bei den Lupinen ausgelöst worden sein. Vergleicht man diese Entwicklung mit den Erbsen fällt auf, das in gleicher Untersuchungszeit die Lupinen (BBCH 23) in einen höheren BBCH-Stadium waren, als die Erbsen (BBCH 14). Diese Aussage ist sehr vage und bedarf noch weiteren Untersuchungen und Bestätigungen.

Für Folgeversuche sollte der zeitliche Durchführungsrahmen und der genaue Planungsumfang angepasst werden. Dafür wird die parallele Durchführung der Versuche empfohlen, um ähnliche Umgebungsparameter zu gewährleisten. Die Anzahl der Versuchswiederholungen sollte erhöht werden, um eine genauere und statistisch abgesicherte Aussage zu erhalten. Dies gilt für die Versuche der Triebkraft und der Jugendentwicklung.

Um genauere Einflüsse der Elektronenbehandlung auf die Keimfähigkeit erkennen zu können, sollte in Folgeversuchen unbedingt gesundes und einwandfreies Saatgut (keine aberkannten Partien) verwendet werden. Durch die hohen Standardabweichungen der Ergebnisse, z.B. bei der Kultur Erbse, lassen keine sicheren Aussagen für die Ursache dieser Schwankungen

---

<sup>74</sup> Broschüre: Fraunhofer-Institut für organische Elektronik, Elektronenstrahl- und Plasmatechnik (FEP): „Elektronenbehandlung von Saatgut: umweltfreundlich, effizient, nachhaltig“

<sup>75</sup> B. Jeangros; J. Scehovic; F.X. Schubiger; J. Lehmann; R.Daccord; Y. Arrigo: „Nährwert von Wiesenpflanzen: Trockensubstanz-, Rohprotein- und Zuckergehalte“; 2001

treffen. Die im Versuch festgestellten Beeinträchtigungen (geringe KF unter 80% bei Erbse) konnten nicht exakt bestimmt werden. Es ist nicht eindeutig, ob diese auf Grund der Krankheit (Ascochyta-Komplex) oder die Elektronenbehandlung zurück zuführen sind. Für die Sicherstellung von gleichen Behandlungsdosen nach der Elektronenbehandlung sollte vorab eine Dosimetrie durchgeführt werden. Die dann angepassten Parameter sollen gewährleisten, dass auf verschiedenen Maschinen die gleiche Behandlungsdosis auf das Saatgut gewirkt hat. Die Folgeaussagen für die allgemeine Wirkung der Elektronenbehandlung sind dadurch exakter und können statistisch besser abgesichert werden. Bei der Untersuchung von Wurzelmasse und Ausprägung der Wurzeln muss auf die Wahl des Substrates geachtet werden. Die Auswertung des Feinwurzelanteils war in diesem Versuch nicht möglich, durch einen zu hohen Anteil von Erdanhaftungen an den Wurzeln. Es ist zu empfehlen erneute Wurzeluntersuchungen in leichteren Böden (hoher Sandanteil), in Steinen oder sogar in Flüssigmedien durchzuführen. Für eine Untersuchung der Wurzel ohne Feinwurzelanteil kann diese Versuchsvorschrift bei der Kultur Lupine genutzt werden. Bei Versuchen mit Erbsen sind Erdanhaftungen an den feinen Wurzeln dieser Kultur als problematisch zu sehen. Durch die Erdanhaftungen können ebenfalls Untersuchungen zur Trockensubstanz verfälscht werden. Als Lösungsansatz könnte der Parameter der Rohasche angewendet werden. Bei einer anschließenden Verbrennung der Rückstände aus der TS-Untersuchung (bei 600°C in einem Muffelofen) verbleiben die unverbrannten Rückstände als Mineralstoffe und Erde-/Sandanteile.

Um eine genaue Aussage für die Kulturen Gelbe Lupine und Erbse treffen zu können, müssen weitere Untersuchungen mit anderen Sorten und besonders mit gesundem Material durchgeführt werden. Es konnten Tendenzen erkannt werden, bei welcher Dosis die jeweilige Behandlung der Kultur durchzuführen ist. Für die Kultur Erbse ist eine Behandlung zwischen 120keV nach einer einfachen Behandlung für die Anlage STELLA zu empfehlen. Für die Anlage WESENITZ 2 ist eine Spannung von 120keV zu empfehlen. Bei dieser Beschleunigungsspannung sind die höchsten Werte der Keimfähigkeit (79,5%) und Triebkraft (88%) gemessen worden. Bei der Kultur Lupine ist die Beschleunigungsspannung von 120keV nach einer einfachen Behandlung für beide Anlagen zu empfehlen, auf Grund der höchsten Keimfähigkeiten (92,92%) und Triebkräfte (96%). Die doppelte Elektronenbehandlung wirkte sich auf keine der beiden Kulturen optimal aus bei der Betrachtung der Vitalitätsparameter Keimfähigkeit, Triebkraft und Jugendentwicklung. Außerdem ist der zeitliche Arbeitsaufwand durch die zweifache Behandlung höher. Die

zweifache Elektronenbehandlung bringt demnach weder einen Vorteil für die Saatgutvitalität, noch einen wirtschaftlichen Nutzen. Diese Empfehlung basiert auf die in dem Versuch verwendeten Parameter. Die Parameter wurden auf Basis der Dosimetrie der WESENITZ 2 berechnet. Nach einer Dosimetrie für die Anlage STELLA muss geprüft werden, ob die Parameter übernommen werden können, um eine Dosis von 12kGy zu erreichen.

## VIII Fazit

Die Elektronenbehandlung ist eine funktionierende Alternative zur chemischen Beizung von Saatgut. Über diese Technologie kann zum einen die Keimfähigkeit sowohl aufrechterhalten werden, als auch eine Desinfektion des Saatkorns erreicht werden. Im Getreideanbau wird elektronenbehandeltes Saatgut sowohl im konventionellen, als auch im ökologischen Anbau genutzt.

Die Bedeutung von heimischen Leguminosen wie z.B. Erbsen und Lupinen steigt weiter an. Durch den hohen Preis von Soja und durch die Ablehnung von GV-Soja von der europäischen Gesellschaft, sowie durch die agrarpolitischen Maßnahmen wie das Greening, gewinnen die heimischen Leguminosen an Bedeutung. Der Anbau von heimischen Eiweißpflanzen wird dazu noch erschwert, durch die Ablehnung von chemischen Pflanzenschutzmitteln der Gesellschaft und die geringe Ertragsleistung der heimischen Kulturen.

Die Schwerpunkte des Greening und die Ablehnung von GVO, sowie des chemischen PSM sind Vorteile für neue Technologien. Die Elektronenbehandlung, als physikalisches Verfahren ist daher ideal zur Lösung dieser Probleme. Die Ausweitung dieses Verfahren ist daher eine gute Grundlage für verschiedene Untersuchungen.

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit ergaben, dass die Elektronenbehandlung von Samen der Kulturen Erbsen und Lupinen möglich ist. Bei der Untersuchung wurde jeweils eine Sorte beider Kulturen untersucht, um Richtwerte für eine praxistaugliche Behandlung vorzubereiten. Aus den Ergebnissen konnte erkannt werden, dass die Elektronenbehandlung eine Tendenz zeigt, auch bei Leguminosen die Keimfähigkeit zu beeinflussen. Diese Tendenz konnte jedoch nicht statistisch nachgewiesen werden. Lediglich erweiterte Aussagen durch Triebkraft und Auflaufrate konnte diese Tendenz nach zweifacher Behandlung aufzeigen. Die zweifache Behandlung ist für die Behandlung von Gelben Lupinen und Erbsen nicht zu empfehlen, auf Grund der hohen Tendenz der negativen Beeinflussung der Keimfähigkeit. Diese negative Beeinflussung der Keimfähigkeit der zweifachen Behandlung wurde bei den Gelben Lupinen statistisch nachgewiesen. Bei weiterer Betrachtung der Keimfähigkeit auf Unterschiede zwischen den verschiedenen Anlagen WESENITZ 2 und STELLA, konnten keine signifikanten Unterschiede erkannt werden. Durch die Analyse der Vitalitätsparameter (Keimfähigkeit, Triebkraft, Auflaufrate Jugendentwicklung) wurde festgestellt, dass Varianten nach der einfachen Elektronenbehandlung eine höhere Vitalität zeigen, als unbehandelte Varianten. Die Vitalität unterscheidet sich kaum von dem Niveau nach einer chemischen Beizung. Bei den Geschwindigkeiten beim Feldaufgang von

elektronenbehandelten Varianten wurden keine Unterschiede zu unbehandelten Varianten erkannt. Es wurde ein schnellerer Feldaufgang von Samen nach der Elektronenbehandlung nachgewiesen als im Vergleich mit chemisch-gebeizten Samen. Während der Versuchsdauer wurde keine deutliche Schädigung der Samen (sichtbar durch Gravitropismus), noch das Auftreten von Krankheiten beobachtet.

Als nachfolgende Empfehlung für weitere Untersuchungen wird geraten, die Produktpalette auf weitere Sorten zu erweitern, um eventuelle Sortenunterschiede zu berücksichtigen und eventuell diese zu erkennen für eine optimale Behandlung. Es wird dazu geraten weitere Versuche auf Vitalitätsparameter mit gesundheitlich einwandfreiem Saatgut (keine aberkannten Partien) durchzuführen, um die Ursache von Vitalitätsminderungen genau erkennen zu können. Auch die Untersuchung unter Feldbedingungen ist zu empfehlen, um zu erkennen, wie stark die Reinfektion der Bodenorganismen wie z.B. Pilze und Bakterien auf die jungen Pflanzen wirkt.

## **Selbstständigkeitserklärung**

Hiermit erkläre ich ehrenwörtlich,

1. dass die hier vorliegende Master-Thesis von mir selbstständig erstellt wurde
2. dass ich die Übernahme wörtlicher Zitate aus der Literatur, sowie der Gedanken anderer Autoren an den entsprechenden Stellen innerhalb der Arbeit gekennzeichnet habe und diese nur als Hilfe für Ausarbeitung dienen,
3. Und dass diese Arbeit in keiner Form irgendwo in einer anderen Prüfung vorliegt,

Erik Sauermilch

---

Bernburg, 16. August 2016



## **IX Quellenverzeichnis**

### **Literatur**

- H. Berger; P. Cate; E. Kurtz; B. Zwatz: „Krankheiten, Schädlinge und Nützlinge im Eiweiß- und Ölpflanzenbau“; 1999
- H. Drangmeister Pflanzenschutz im Ökologischen Landbau: Saatgutbehandlung; 2011
- J. Hallman, A. Quadt Hallman und A. von Tiedemann; „Phytomedizin Grundwissen Bachelor“; 2007
- M. Jahn; O. Röder; J. Tigges: Die Elektronenbehandlung von Getreidesaatgut; 2005
- B. Jeanneros; J. Scehovic; F.X. Schubiger; J. Lehmann; R. Daccord; Y. Arrigo: „Nährwert von Wiesenpflanzen: Trockensubstanz-, Rohprotein- und Zuckergehalte“; 2001
- C. Matthes; U. Geier; H. Speiß: Saatgutvitalität von elektronenbehandeltem Getreidesaatgut im Kalttest; 2007
- R. Söffing: Erfahrungen und Ergebnisse mit der Elektronenbehandlung von Saatgut in der landwirtschaftlichen Praxis; 2014
- H.-G. Stock und W. Diepenbrock: „Agronomische Artenpässe landwirtschaftlicher Nutzpflanzen“; 1999
- W. Vogt-Kaute, H. Spieß, M. Jahn, F. Waldow, E. Koch, R. Wächter, K. J. Müller und K. P. Wilbois: Physikalische Verfahren zur Behandlung von Saatgut im ökologischen Landbau; 2007
- A. Weidauer Elektronenbehandlung von Saatgut – eine bewährte Pflanzenschutzmaßnahme mit Potential; 2014
- Broschüre: Fraunhofer-Institut für organische Elektronik, Elektronenstrahl- und Plasmatechnik (FEP): „Elektronenbehandlung von Saatgut: umweltfreundlich, effizient, nachhaltig“
- Broschüre e-ventus: Auf´s Korn genommen – e-ventus Saatgutbeizung umweltfreundlich

### **Internet**

- <http://www.transgen.de/anbau/460.gentechnisch-veraenderte-sojabohnen-anbauflaechen-weltweit.html>
- <http://www.sign-lang.uni-hamburg.de/galex/konzepte/166.htm>
- <http://www.kws.de/aw/KWS/germany/Produkte/Zuckerruebe/Inhalte-ausserhalb-der-Struktur/~dxe/Aufbau-einer-Pille/>
- <http://www.gut-derenbourg.de/html/zuckerrubenaussaat.html>
- <http://www.kws.de/aw/KWS/germany/Produkte/Zuckerruebe/Inhalte-ausserhalb-der-Struktur/~dxe/Aufbau-einer-Pille/>
- <http://www.e-ventus.de/Anlagen/451/>
- <http://www.raiffeisen.com/pflanzen/psm-manager/splitParams/4/F/f/0/041616-00>
- <http://www.spektrum.de/lexikon/biologie/keimfaehigkeit/35734>
- <http://www.leifiphysik.de/themenbereiche/klassische-atommodelle/versuche>
- [https://www.mppmu.mpg.de/~rwagner/skript/Zellschadigung\\_ionisierende.html](https://www.mppmu.mpg.de/~rwagner/skript/Zellschadigung_ionisierende.html)
- <http://www.radioaktive-strahlung.org/radioaktivitaet/wirkung.htm>
- [http://www.isip.de/isip/servlet/page/deutschland/infothek/leguminosen/blau\\_lupine/auf\\_lauf\\_bzw\\_fusskrankheiten](http://www.isip.de/isip/servlet/page/deutschland/infothek/leguminosen/blau_lupine/auf_lauf_bzw_fusskrankheiten)

Letzter Aufruf von Homepages: 15.08.2016

## Sonstige

- ISTA Rules 2015
- Nach VD Lufa
- Email-Schriftverkehr E.Koch
- Quelle: Interview Dr. König: LUFA Rostock

## Abbildungen

- [http://www.bayercropscience.com.mx/bayer/cropscience/cscms.nsf/id/Saatgutqualitaet\\_CourierDE?Open&setprintmode](http://www.bayercropscience.com.mx/bayer/cropscience/cscms.nsf/id/Saatgutqualitaet_CourierDE?Open&setprintmode)
- A. Weidauer Elektronenbehandlung von Saatgut – eine bewährte Pflanzenschutzmaßnahme mit Potential; 2014
- <http://www.tagesspiegel.de/wissen/saatgut-mit-elektronen-gegen-krankheitserreger/8404278.html>
- e-ventus-Broschüre: Auf´s Korn genommen – e-ventus Saatgutbeizung umweltfreundlich
- R.Söffing: Erfahrungen und Ergebnisse mit der Elektronenbehandlung von Saatgut in der landwirtschaftlichen Praxis; 2014
- <http://www.e-ventus.de/Anlagen/451/>
- [https://de.wikipedia.org/wiki/Erbse#/media/File:Illustration\\_Pisum\\_sativum0.jpg](https://de.wikipedia.org/wiki/Erbse#/media/File:Illustration_Pisum_sativum0.jpg)
- [https://de.wikipedia.org/wiki/Lupinen#/media/File:Illustration\\_Lupinus\\_luteus0.jpg](https://de.wikipedia.org/wiki/Lupinen#/media/File:Illustration_Lupinus_luteus0.jpg)
- <http://www.natur-lexikon.com/Texte/km/001/00022-Erbse/km00022-Erbse.html>
- <http://bibd.uni-giessen.de/gdoc/2000/uni/p000003/seit28-1.jpg>
- [http://www.journal-kulturpflanzen.de/artikel.dll/nb-0805-feiler\\_Mjc2MzA4.PDF](http://www.journal-kulturpflanzen.de/artikel.dll/nb-0805-feiler_Mjc2MzA4.PDF)
- <http://www.saaten-union.de/index.cfm/article/1151.html>

# Anhang

## Aberkennungsbescheide

Landesamt für Landwirtschaft,  
Lebensmittelsicherheit und Fischerei  
Mecklenburg-Vorpommern  
Anerkennungsstelle für Saat- und Pflanzgut  
Tel.: (0381) 4035-437/438 Fax: (0381) 4922 665  
mail: akst-hro@lalff.mvnet.de



DE134-2217435

PRÜFUNGSBESCHEID / Duplikat  
Untersuchungs-Nr.: 14-2791

Fruchtart LUG GELBE LUPINE  
Sorte: 169 Mister  
**Partie ist NICHT anerkannt.**  
Grund: Keimfähigkeit  
Kategorie: Zertifiziertes Saatgut 1.Gen

LALLF MV, Anerkennungsstelle für Saat- und Pflanzgut  
Graf-Lippe-Straße 1 18059 Rostock

Getreide AG  
Nordkorn Saaten GmbH  
Bredentiner Weg 4a

Nettomasse der Partie 251,00 dt

18273 Güstrow

Probenahme am: 30.01.2015  
Probeneingang am: 04.02.2015  
Entscheidung am: 27.02.2015  
Rostock, den: 27.02.2015

### Ergebnis der Beschaffenheitsprüfung

| Reinheit                      |   |                      | Samen anderer Pflanzenarten/Sklerotien/Mutterkorn |                                     |  |                    |                              |  |            |   |                                    |                            |  |      |    |
|-------------------------------|---|----------------------|---|-------------------------------------|--|--------------------|------------------------------|--|------------|---|------------------------------------|----------------------------|--|------|----|
| technische<br>Reinheit<br>%   | unschäd.<br>Verunrei-<br>nungen<br>%    | andere<br>Samen<br>% | andere Samen                                      |                                     | Anzahl in der vorgeschriebenen Menge                           |                    |                              |  |            |   |                                    |                            |  |      |    |
|                               |   |                      | insge-<br>samt<br>%                               | einzelne<br>Art<br>%                |  |                    |                              |  |            |   |                                    |                            |  |      |    |
| 1                             | 2                                       | 3                    | 4   | 5                                   |  |                    |                              |  |            |   |                                    |                            |  |      |    |
| 100,0                         | 0,0                                     | 0,0                  | ****  | ****                                | Flughafer+Flug.-Bast. Stk. 0<br>Ampfer auß.kl.+Stranda. Stk. 0 |                    |                              |  |            | Seide (Körner) Stk. 0<br>andere Farbe Stk. in 100 0 |                                    |                            |  |      |    |
| Keimergebnis                  |   |                      |   |                                     |  |                    |                              |  |            |   |                                    |                            |  |      |    |
| Tetra-<br>zolum-<br>wert<br>% | Keimfähigkeit<br>insge-<br>samt 1)<br>% | Anzahl<br>der Tage   | Hartschl.<br>Samen<br>%                           | Frische<br>nicht gek.<br>Samen<br>% | Anomale<br>Keimlinge<br>%                                      | tote<br>Samen<br>% | bei Rübensamen               |  | Triebkraft | Kalttest-<br>wert                                   | Feuchtig-<br>keits-<br>gehalt<br>% | Tausend-<br>kornmasse<br>g | Anzahl Körner<br>von 100 mit<br>Grannenlänge<br>über 1/2 Kornlänge |      |    |
| 7                             | 8                                       | 9                    | 10  | 11                                  | 12   | 13                 | Einkeimig-<br>keitsgrad<br>% | Knäuel mit<br>3 u. mehr<br>Keimlingen<br>% | 14         | 15  | 16                                 | 17                         | 18   | 19   | 20 |
| ****                          | 77                                      | 8                    | ****  | ****                                | 23   | 0                  | ****                         | ****                                       | ****       | ****  | ****                               | ****                       | 143,9  | **** |    |

1) bei Leguminosen einschließlich frischer, nicht gekeimter Körner und hartschaliger Körner bis zum Höchstanteil (lt. SaatgTV)

Unters.-menge (Reinheit) g: 450 Untersuchungsmenge Besatz g: 1000  
kein Befall von Anthraknose nach Methode Feiler/Nirenberg

### ZUSAMMENSETZUNG der Partie:

Vermehr EJ Schl ha dt Angaben zur Partie  
140425 14 01 17,00 251,00 Schlag: Nr. 28/1 Silo  
LWB Holger Schuldes  
02699 Königswartha  
Summe: 251,00 dt

### VERTEILER:

Getreide AG Nordkorn Saaten GmbH 18273 Güstrow (e)  
Poznanska Hodowla Roslin Polen 61-707 Poznan  
Getreide AG Nordkorn Saaten GmbH 18273 Güstrow (e)  
Fenner Thomas 18273 Güstrow  
Vermehrer  
Abgebende Anerkennungsstelle 01683 Nossen (e)

Dieser Bescheid wurde maschinell erstellt und wird nicht unterschrieben.

Die **Gebührenberechnung** erfolgt gesondert und bezieht sich auf das Gebührenverzeichnis zur Kostenverordnung der nach Landesrecht zuständigen Stelle in der jeweils gültigen Fassung.

**Rechtsbehelfsbelehrung:** Gegen diesen Bescheid ist der Rechtsbehelf des Widerspruchs bei der Anerkennungsstelle schriftlich oder zur Niederschrift binnen eines Monats nach Zugang des Bescheides / des Untersuchungszeugnisses gegeben.

Landesamt für Landwirtschaft,  
Lebensmittelsicherheit und Fischerei  
Mecklenburg-Vorpommern  
Anerkennungsstelle für Saat- und Pflanzgut  
Tel.: (0381) 4035-437/438 Fax: (0381) 4922 665  
mail: akst-hro@lalflf.mvnet.de



DE134-2217313

PRÜFUNGSBESCHEID / Original  
Untersuchungs-Nr.: 14-2421

Fruchtart: EF FUTTERERBSE  
Sorte: 824 Abarth  
**Partie ist NICHT anerkannt.**  
Grund: Schwere Brennflecken  
Kategorie: Zertifiziertes Saatgut 1.Gen

LALLF MV, Anerkennungsstelle für Saat- und Pflanzgut  
Graf-Lippe-Straße 1 18059 Rostock

Getreide AG  
Nordkorn Saaten GmbH  
Bredentiner Weg 4a

Nettomasse der Partie: 300,00 dt

18273 Güstrow

Probenahme am: 26.11.2014  
Probeneingang am: 28.11.2014  
Entscheidung am: 08.01.2015  
Rostock, den: 08.01.2015

Ergebnis der Beschaffenheitsprüfung

| Reinheit                       |  |                      | andere Samen            |                                     | Samen anderer Pflanzenarten/Sklerotien/Mutterkorn |                    |                              |  |            |                                |                               |                       |  |      |      |
|--------------------------------|--|----------------------|-------------------------|-------------------------------------|---|--------------------|------------------------------|--|------------|--------------------------------|-------------------------------|-----------------------|--|------|------|
| technische<br>Reinheit<br>%    | unschäd.<br>Verunrei-<br>nungen<br>%         | andere<br>Samen<br>% | insge-<br>samt<br>%     | einzelne<br>Art<br>%                | Anzahl in der vorgeschriebenen Menge              |                    |                              |  |            |                                |                               |                       |  |      |      |
| 1                              | 2  | 3                    | 4                       | 5                                   | Fremde Pflanzenart. insg. Stk 0                   |                    |                              |  |            | Flughafer+Flug.-Bast. Stk. 0   |                               |                       |  |      |      |
| 100,0                          | 0,0  | 0,0                  | ****                    | ****                                | Seide (Körner) Stk. 0                             |                    |                              |  |            | Ampfer auß.kl.+Stranda. Stk. 0 |                               |                       |  |      |      |
| Keimergebnis                   |  |                      |                         |                                     |   |                    |                              |  |            |                                |                               |                       |  |      |      |
| Tetra-<br>zollum-<br>wert<br>% | Keimfähig-<br>keit<br>insge-<br>samt 1)<br>% | Anzahl<br>der Tage   | Hartschl.<br>Samen<br>% | Frische<br>nicht gek.<br>Samen<br>% | Anomale<br>Keimlinge<br>%                         | tote<br>Samen<br>% | bei Rübensamen               |  | Triebkraft | Kalttest-<br>wert              | Feuchtig-<br>keits-<br>gehalt | Tausend-<br>kornmasse | Anzahl Körner<br>von 100 mit<br>Grannenlänge<br>über 1/2 Kornlänge |      |      |
| 7                              | 8  | 9                    | 10                      | 11                                  | 12  | 13                 | Einkelmig-<br>keitsgrad<br>% | Knäuel mit<br>3 u. mehr<br>Keimlingen<br>% | 14         | 15                             | 16                            | 17                    | 18   | 19   | 20   |
| ****                           | 88   | 10                   | 0                       | 0                                   | 9   | 3                  | ****                         | ****                                       | ****       | ****                           | ****                          | ****                  | 277,0  | **** | **** |

<sup>1)</sup> bei Leguminosen einschließlich frischer, nicht gekeimter Körner und hartschaliger Körner bis zum Höchstanteil (lt. Saatg(V))

Unters.-menge (Reinheit) g: 900 Untersuchungsmenge Besatz g: 1000  
Bruchus spp. Stk.: 0 Brennflecken %: 36,3  
In der Masse zur Reinheit: 0 Stk. sortentypische Abweichungen  
Ascochyta nach ISTA 7-005

ZUSAMMENSETZUNG der Partie:  
Vermeh EJ Schl ha dt Angaben zur Partie  
200323 14 01 46,00 300,00 Schlag: Nr. 52.2  
Augziner Marktfrucht e.G.  
19399 Augzin  
Summe: 300,00 dt

VERTEILER:

|                                  |                 |     |
|----------------------------------|-----------------|-----|
| Getreide AG Nordkorn Saaten GmbH | 18273 Güstrow   | (e) |
| Limagrain GmbH                   | 31234 Edemissen | (e) |
| Getreide AG Nordkorn Saaten GmbH | 18273 Güstrow   | (e) |
| Fenner Thomas                    | 18273 Güstrow   | (e) |
| Vermehrer (e)                    |                 |     |

Dieser Bescheid wurde maschinell erstellt und wird nicht unterschrieben.

Die **Gebührenberechnung** erfolgt gesondert und bezieht sich auf das Gebührenverzeichnis zur Kostenverordnung der nach Landesrecht zuständigen Stelle in der jeweils gültigen Fassung.

**Rechtsbehelfsbelehrung:** Gegen diesen Bescheid ist der Rechtsbehelf des Widerspruchs bei der Anerkennungsstelle schriftlich oder zur Niederschrift binnen eines Monats nach Zugang des Bescheides / des Untersuchungszeugnisses gegeben.

**Datentabellen:**

**- Untersuchung der Keimfähigkeit**

| <b>Keimfähigkeit</b>            | <b>Wiederholung 1</b> | <b>Wiederholung 2</b> | <b>Wiederholung 3</b> | <b>Mittelwert</b> | <b>Standardabw.</b> |
|---------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------|---------------------|
| <b>Erb0</b>                     | 65,75                 | 79,75                 | 71,75                 | 72,42             | 7,02                |
| <b>Erb chem</b>                 | 77,5                  | 76                    | 79                    | 77,50             | 1,50                |
| <b>Erb100_1x<br/>Wesenitz 2</b> | 73,75                 | 79                    | 73,5                  | 75,42             | 3,11                |
| <b>Erb100_1x<br/>Stella</b>     | 75                    | 80,25                 | 74,5                  | 76,58             | 3,19                |
| <b>Erb110_1x<br/>Wesenitz 2</b> | 75,75                 | 77,75                 | 69,25                 | 74,25             | 4,44                |
| <b>Erb110_1x<br/>Stella</b>     | 74,75                 | 73,25                 | 76,25                 | 74,75             | 1,50                |
| <b>Erb120_1x<br/>Wesenitz 2</b> | 72,25                 | 73                    | 73,75                 | 73,00             | 0,75                |
| <b>Erb120_1x<br/>Stella</b>     | 80,5                  | 81,25                 | 76                    | 79,25             | 2,84                |
| <b>Erb130_1x<br/>Wesenitz 2</b> | 72                    | 78,5                  | 69,25                 | 73,25             | 4,75                |
| <b>Erb130_1x<br/>Stella</b>     | 78                    | 78,5                  | 77,5                  | 78,00             | 0,50                |
| <b>Erb140_1x<br/>Wesenitz 2</b> | 76,75                 | 82,25                 | 70,25                 | 76,42             | 6,01                |
| <b>Erb140_1x<br/>Stella</b>     | 76                    | 79                    | 79,5                  | 78,17             | 1,89                |
| <b>Erb100_2x<br/>Wesenitz 2</b> | 70,75                 | 78,75                 | 65,25                 | 71,58             | 6,79                |
| <b>Erb100_2x<br/>Stella</b>     | 76                    | 73,75                 | 78,25                 | 76,00             | 2,25                |
| <b>Erb110_2x<br/>Wesenitz 2</b> | 73,5                  | 72,75                 | 73,5                  | 73,25             | 0,43                |
| <b>Erb110_2x<br/>Stella</b>     | 75,5                  | 73                    | 75,75                 | 74,75             | 1,52                |
| <b>Erb120_2x<br/>Wesenitz 2</b> | 67,25                 | 77,25                 | 79,25                 | 74,58             | 6,43                |
| <b>Erb120_2x<br/>Stella</b>     | 76,75                 | 79,5                  | 71,5                  | 75,92             | 4,06                |
| <b>Erb130_2x<br/>Wesenitz 2</b> | 71                    | 75,75                 | 75,25                 | 74,00             | 2,61                |
| <b>Erb130_2x<br/>Stella</b>     | 75,5                  | 75,5                  | 73,5                  | 74,83             | 1,15                |
| <b>Erb140_2x<br/>Wesenitz 2</b> | 78,75                 | 79,5                  | 77,25                 | 78,50             | 1,15                |
| <b>Erb140_2x<br/>Stella</b>     | 77,75                 | 73,5                  | 74,25                 | 75,17             | 2,27                |
|                                 |                       |                       |                       |                   |                     |

|                                 |       |       |       |       |      |
|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|------|
| <b>Lup0</b>                     | 87,5  | 89    | 92,25 | 89,58 | 2,43 |
| <b>Lup chem</b>                 | 90    | 90,5  | 94,5  | 91,67 | 2,47 |
| <b>Lup100_1x<br/>Wesenitz 2</b> | 81,5  | 88,75 | 92,75 | 87,67 | 5,70 |
| <b>Lup100_1x<br/>Stella</b>     | 91    | 91    | 87,25 | 89,75 | 2,17 |
| <b>Lup110_1x<br/>Wesenitz 2</b> | 90,25 | 88,75 | 92,5  | 90,50 | 1,89 |
| <b>Lup110_1x<br/>Stella</b>     | 92,5  | 91,75 | 87    | 90,42 | 2,98 |
| <b>Lup120_1x<br/>Wesenitz 2</b> | 88,5  | 93,25 | 92,75 | 91,50 | 2,61 |
| <b>Lup120_1x<br/>Stella</b>     | 93,25 | 93    | 92,5  | 92,92 | 0,38 |
| <b>Lup130_1x<br/>Wesenitz 2</b> | 75,75 | 85,75 | 93,75 | 85,08 | 9,02 |
| <b>Lup130_1x<br/>Stella</b>     | 93    | 86    | 90,5  | 89,83 | 3,55 |
| <b>Lup140_1x<br/>Wesenitz 2</b> | 84,75 | 85,25 | 93,25 | 87,75 | 4,77 |
| <b>Lup140_1x<br/>Stella</b>     | 89,5  | 82,5  | 89,5  | 87,17 | 4,04 |
| <b>Lup100_2x<br/>Wesenitz 2</b> | 88,75 | 86,75 | 93    | 89,50 | 3,19 |
| <b>Lup100_2x<br/>Stella</b>     | 90,25 | 82,25 | 87    | 86,50 | 4,02 |
| <b>Lup110_2x<br/>Wesenitz 2</b> | 84    | 87,25 | 91,75 | 87,67 | 3,89 |
| <b>Lup110_2x<br/>Stella</b>     | 90,75 | 80,25 | 87,75 | 86,25 | 5,41 |
| <b>Lup120_2x<br/>Wesenitz 2</b> | 85,5  | 85,75 | 90    | 87,08 | 2,53 |
| <b>Lup120_2x<br/>Stella</b>     | 90,5  | 82,25 | 90    | 87,58 | 4,63 |
| <b>Lup130_2x<br/>Wesenitz 2</b> | 86,75 | 86    | 92,25 | 88,33 | 3,41 |
| <b>Lup130_2x<br/>Stella</b>     | 89,75 | 81    | 89    | 86,58 | 4,85 |
| <b>Lup140_2x<br/>Wesenitz 2</b> | 84,5  | 87,5  | 92,5  | 88,17 | 4,04 |
| <b>Lup140_2x<br/>Stella</b>     | 88    | 81,5  | 86,5  | 85,33 | 3,40 |

### Mehrfachvergleiche

Abhängige Variable: Erbse

|                | (I)<br>Behandlung | (J)<br>Behandlung | Mittlere<br>Differenz (I-<br>J) | Standardfehler | Signifikanz | 95%-Konfidenzintervall |            |
|----------------|-------------------|-------------------|---------------------------------|----------------|-------------|------------------------|------------|
|                |                   |                   |                                 |                |             | Untergrenze            | Obergrenze |
| Dunnett-<br>T3 | unbehandelt       | 100 1x            | -3,58333                        | 4,22279        | 1,000       | -44,6560               | 37,4893    |
|                |                   | 110 1x            | -2,08333                        | 4,23363        | 1,000       | -42,8452               | 38,6785    |
|                |                   | 120 1x            | -3,70833                        | 4,35575        | 1,000       | -41,4972               | 34,0805    |
|                |                   | 130 1x            | -3,20833                        | 4,36960        | 1,000       | -40,7135               | 34,2968    |
|                |                   | 140 1x            | -4,87500                        | 4,38657        | ,994        | -42,0452               | 32,2952    |
|                |                   | 100 2x            | -1,37500                        | 4,56394        | 1,000       | -35,7575               | 33,0075    |
|                |                   | 110 2x            | -1,58333                        | 4,08945        | 1,000       | -47,2951               | 44,1284    |
|                |                   | 120 2x            | -2,83333                        | 4,51556        | 1,000       | -37,8623               | 32,1956    |
|                |                   | 130 2x            | -2,00000                        | 4,12580        | 1,000       | -46,2800               | 42,2800    |
|                |                   | 140 2x            | -4,41667                        | 4,17499        | ,995        | -46,9682               | 38,1349    |
|                |                   | Beizung           | -5,08333                        | 4,14662        | ,982        | -48,6648               | 38,4981    |
| 100 1x         | unbehandelt       | 110 1x            | 3,58333                         | 4,22279        | 1,000       | -37,4893               | 44,6560    |
|                |                   | 120 1x            | 1,50000                         | 1,69312        | 1,000       | -5,9669                | 8,9669     |
|                |                   | 130 1x            | -,12500                         | 1,97879        | 1,000       | -9,0388                | 8,7888     |
|                |                   | 140 1x            | ,37500                          | 2,00909        | 1,000       | -8,7046                | 9,4546     |
|                |                   | 100 2x            | -1,29167                        | 2,04574        | 1,000       | -10,5739               | 7,9905     |
|                |                   | 110 2x            | 2,20833                         | 2,40262        | 1,000       | -9,1273                | 13,5440    |
|                |                   | 120 2x            | 2,00000                         | 1,29099        | ,975        | -4,3568                | 8,3568     |
|                |                   | 130 2x            | ,75000                          | 2,30940        | 1,000       | -10,0390               | 11,5390    |
|                |                   | 140 2x            | 1,58333                         | 1,40188        | 1,000       | -4,8679                | 8,0346     |
|                |                   | Beizung           | -,83333                         | 1,54065        | 1,000       | -7,6755                | 6,0088     |
|                |                   | 110 1x            | -1,50000                        | 1,46202        | 1,000       | -8,7275                | 5,7275     |
| 110 1x         | unbehandelt       | 100 1x            | 2,08333                         | 4,23363        | 1,000       | -38,6785               | 42,8452    |
|                |                   | 120 1x            | -1,50000                        | 1,69312        | 1,000       | -8,9669                | 5,9669     |
|                |                   | 130 1x            | -1,62500                        | 2,00182        | 1,000       | -10,6055               | 7,3555     |
|                |                   | 140 1x            | -1,12500                        | 2,03178        | 1,000       | -10,2670               | 8,0170     |
|                |                   | 100 2x            | -2,79167                        | 2,06803        | ,997        | -12,1314               | 6,5481     |
|                |                   | 110 2x            | ,70833                          | 2,42162        | 1,000       | -10,6486               | 12,0653    |
|                |                   | 120 2x            | ,50000                          | 1,32602        | 1,000       | -6,0672                | 7,0672     |
|                |                   | 130 2x            | -,75000                         | 2,32916        | 1,000       | -11,5681               | 10,0681    |
|                |                   | 140 2x            | ,08333                          | 1,43421        | 1,000       | -6,5535                | 6,7202     |
|                |                   | Beizung           | -2,33333                        | 1,57012        | ,990        | -9,3265                | 4,6598     |
|                |                   | 120 1x            | -3,00000                        | 1,49304        | ,841        | -10,3596               | 4,3596     |
| 120 1x         | unbehandelt       | 3,70833           | 4,35575                         | 1,000          | -34,0805    | 41,4972                |            |



|        |             |          |         |       |          |         |
|--------|-------------|----------|---------|-------|----------|---------|
|        | 100 1x      | ,12500   | 1,97879 | 1,000 | -8,7888  | 9,0388  |
|        | 110 1x      | 1,62500  | 2,00182 | 1,000 | -7,3555  | 10,6055 |
|        | 130 1x      | ,50000   | 2,27532 | 1,000 | -9,5332  | 10,5332 |
|        | 140 1x      | -1,16667 | 2,30775 | 1,000 | -11,3481 | 9,0147  |
|        | 100 2x      | 2,33333  | 2,62930 | 1,000 | -9,4729  | 14,1395 |
|        | 110 2x      | 2,12500  | 1,67550 | ,996  | -6,5388  | 10,7888 |
|        | 120 2x      | ,87500   | 2,54440 | 1,000 | -10,4804 | 12,2304 |
|        | 130 2x      | 1,70833  | 1,76236 | 1,000 | -6,8675  | 10,2842 |
|        | 140 2x      | -,70833  | 1,87463 | 1,000 | -9,3844  | 7,9677  |
|        | Beizung     | -1,37500 | 1,81056 | 1,000 | -10,3100 | 7,5600  |
| 130 1x | unbehandelt | 3,20833  | 4,36960 | 1,000 | -34,2968 | 40,7135 |
|        | 100 1x      | -,37500  | 2,00909 | 1,000 | -9,4546  | 8,7046  |
|        | 110 1x      | 1,12500  | 2,03178 | 1,000 | -8,0170  | 10,2670 |
|        | 120 1x      | -,50000  | 2,27532 | 1,000 | -10,5332 | 9,5332  |
|        | 140 1x      | -1,66667 | 2,33378 | 1,000 | -11,9582 | 8,6248  |
|        | 100 2x      | 1,83333  | 2,65217 | 1,000 | -10,0419 | 13,7085 |
|        | 110 2x      | 1,62500  | 1,71118 | 1,000 | -7,2519  | 10,5019 |
|        | 120 2x      | ,37500   | 2,56803 | 1,000 | -11,0590 | 11,8090 |
|        | 130 2x      | 1,20833  | 1,79631 | 1,000 | -7,5710  | 9,9877  |
|        | 140 2x      | -1,20833 | 1,90659 | 1,000 | -10,0693 | 7,6526  |
|        | Beizung     | -1,87500 | 1,84363 | 1,000 | -10,9887 | 7,2387  |
| 140 1x | unbehandelt | 4,87500  | 4,38657 | ,994  | -32,2952 | 42,0452 |
|        | 100 1x      | 1,29167  | 2,04574 | 1,000 | -7,9905  | 10,5739 |
|        | 110 1x      | 2,79167  | 2,06803 | ,997  | -6,5481  | 12,1314 |
|        | 120 1x      | 1,16667  | 2,30775 | 1,000 | -9,0147  | 11,3481 |
|        | 130 1x      | 1,66667  | 2,33378 | 1,000 | -8,6248  | 11,9582 |
|        | 100 2x      | 3,50000  | 2,68004 | ,998  | -8,4634  | 15,4634 |
|        | 110 2x      | 3,29167  | 1,75406 | ,886  | -5,8411  | 12,4244 |
|        | 120 2x      | 2,04167  | 2,59681 | 1,000 | -9,4921  | 13,5754 |
|        | 130 2x      | 2,87500  | 1,83721 | ,973  | -6,1497  | 11,8997 |
|        | 140 2x      | ,45833   | 1,94517 | 1,000 | -8,6270  | 9,5437  |
|        | Beizung     | -,20833  | 1,88350 | 1,000 | -9,5399  | 9,1232  |
| 100 2x | unbehandelt | 1,37500  | 4,56394 | 1,000 | -33,0075 | 35,7575 |
|        | 100 1x      | -2,20833 | 2,40262 | 1,000 | -13,5440 | 9,1273  |
|        | 110 1x      | -,70833  | 2,42162 | 1,000 | -12,0653 | 10,6486 |
|        | 120 1x      | -2,33333 | 2,62930 | 1,000 | -14,1395 | 9,4729  |
|        | 130 1x      | -1,83333 | 2,65217 | 1,000 | -13,7085 | 10,0419 |
|        | 140 1x      | -3,50000 | 2,68004 | ,998  | -15,4634 | 8,4634  |
|        | 110 2x      | -,20833  | 2,15968 | 1,000 | -11,7439 | 11,3273 |

|        |             |          |         |       |          |         |
|--------|-------------|----------|---------|-------|----------|---------|
|        | 120 2x      | -1,45833 | 2,88633 | 1,000 | -14,1931 | 11,2764 |
|        | 130 2x      | -,62500  | 2,22774 | 1,000 | -11,9955 | 10,7455 |
|        | 140 2x      | -3,04167 | 2,31758 | ,996  | -14,3364 | 8,2531  |
|        | Beizung     | -3,70833 | 2,26607 | ,957  | -15,2083 | 7,7916  |
| 110 2x | unbehandelt | 1,58333  | 4,08945 | 1,000 | -44,1284 | 47,2951 |
|        | 100 1x      | -2,00000 | 1,29099 | ,975  | -8,3568  | 4,3568  |
|        | 110 1x      | -,50000  | 1,32602 | 1,000 | -7,0672  | 6,0672  |
|        | 120 1x      | -2,12500 | 1,67550 | ,996  | -10,7888 | 6,5388  |
|        | 130 1x      | -1,62500 | 1,71118 | 1,000 | -10,5019 | 7,2519  |
|        | 140 1x      | -3,29167 | 1,75406 | ,886  | -12,4244 | 5,8411  |
|        | 100 2x      | ,20833   | 2,15968 | 1,000 | -11,3273 | 11,7439 |
|        | 120 2x      | -1,25000 | 2,05548 | 1,000 | -12,1711 | 9,6711  |
|        | 130 2x      | -,41667  | ,92571  | 1,000 | -4,6253  | 3,7919  |
|        | 140 2x      | -2,83333 | 1,12485 | ,593  | -8,1968  | 2,5301  |
|        | Beizung     | -3,50000 | 1,01448 | ,340  | -10,4394 | 3,4394  |
| 120 2x | unbehandelt | 2,83333  | 4,51556 | 1,000 | -32,1956 | 37,8623 |
|        | 100 1x      | -,75000  | 2,30940 | 1,000 | -11,5390 | 10,0390 |
|        | 110 1x      | ,75000   | 2,32916 | 1,000 | -10,0681 | 11,5681 |
|        | 120 1x      | -,87500  | 2,54440 | 1,000 | -12,2304 | 10,4804 |
|        | 130 1x      | -,37500  | 2,56803 | 1,000 | -11,8090 | 11,0590 |
|        | 140 1x      | -2,04167 | 2,59681 | 1,000 | -13,5754 | 9,4921  |
|        | 100 2x      | 1,45833  | 2,88633 | 1,000 | -11,2764 | 14,1931 |
|        | 110 2x      | 1,25000  | 2,05548 | 1,000 | -9,6711  | 12,1711 |
|        | 130 2x      | ,83333   | 2,12688 | 1,000 | -9,9319  | 11,5985 |
|        | 140 2x      | -1,58333 | 2,22080 | 1,000 | -12,2991 | 9,1324  |
|        | Beizung     | -2,25000 | 2,16699 | 1,000 | -13,1789 | 8,6789  |
| 130 2x | unbehandelt | 2,00000  | 4,12580 | 1,000 | -42,2800 | 46,2800 |
|        | 100 1x      | -1,58333 | 1,40188 | 1,000 | -8,0346  | 4,8679  |
|        | 110 1x      | -,08333  | 1,43421 | 1,000 | -6,7202  | 6,5535  |
|        | 120 1x      | -1,70833 | 1,76236 | 1,000 | -10,2842 | 6,8675  |
|        | 130 1x      | -1,20833 | 1,79631 | 1,000 | -9,9877  | 7,5710  |
|        | 140 1x      | -2,87500 | 1,83721 | ,973  | -11,8997 | 6,1497  |
|        | 100 2x      | ,62500   | 2,22774 | 1,000 | -10,7455 | 11,9955 |
|        | 110 2x      | ,41667   | ,92571  | 1,000 | -3,7919  | 4,6253  |
|        | 120 2x      | -,83333  | 2,12688 | 1,000 | -11,5985 | 9,9319  |
|        | 140 2x      | -2,41667 | 1,25056 | ,888  | -8,0263  | 3,1930  |
|        | Beizung     | -3,08333 | 1,15229 | ,539  | -9,5423  | 3,3757  |
| 140 2x | unbehandelt | 4,41667  | 4,17499 | ,995  | -38,1349 | 46,9682 |
|        | 100 1x      | ,83333   | 1,54065 | 1,000 | -6,0088  | 7,6755  |

|         |             |         |         |       |          |         |
|---------|-------------|---------|---------|-------|----------|---------|
|         | 110 1x      | 2,33333 | 1,57012 | ,990  | -4,6598  | 9,3265  |
|         | 120 1x      | ,70833  | 1,87463 | 1,000 | -7,9677  | 9,3844  |
|         | 130 1x      | 1,20833 | 1,90659 | 1,000 | -7,6526  | 10,0693 |
|         | 140 1x      | -,45833 | 1,94517 | 1,000 | -9,5437  | 8,6270  |
|         | 100 2x      | 3,04167 | 2,31758 | ,996  | -8,2531  | 14,3364 |
|         | 110 2x      | 2,83333 | 1,12485 | ,593  | -2,5301  | 8,1968  |
|         | 120 2x      | 1,58333 | 2,22080 | 1,000 | -9,1324  | 12,2991 |
|         | 130 2x      | 2,41667 | 1,25056 | ,888  | -3,1930  | 8,0263  |
|         | Beizung     | -,66667 | 1,31762 | 1,000 | -7,3751  | 6,0418  |
| Beizung | unbehandelt | 5,08333 | 4,14662 | ,982  | -38,4981 | 48,6648 |
|         | 100 1x      | 1,50000 | 1,46202 | 1,000 | -5,7275  | 8,7275  |
|         | 110 1x      | 3,00000 | 1,49304 | ,841  | -4,3596  | 10,3596 |
|         | 120 1x      | 1,37500 | 1,81056 | 1,000 | -7,5600  | 10,3100 |
|         | 130 1x      | 1,87500 | 1,84363 | 1,000 | -7,2387  | 10,9887 |
|         | 140 1x      | ,20833  | 1,88350 | 1,000 | -9,1232  | 9,5399  |
|         | 100 2x      | 3,70833 | 2,26607 | ,957  | -7,7916  | 15,2083 |
|         | 110 2x      | 3,50000 | 1,01448 | ,340  | -3,4394  | 10,4394 |
|         | 120 2x      | 2,25000 | 2,16699 | 1,000 | -8,6789  | 13,1789 |
|         | 130 2x      | 3,08333 | 1,15229 | ,539  | -3,3757  | 9,5423  |
|         | 140 2x      | ,66667  | 1,31762 | 1,000 | -6,0418  | 7,3751  |

### Mehrfachvergleiche

Abhängige Variable:Lupine

|                | (I)<br>Behandlung | (J)<br>Behandlung | Mittlere<br>Differenz (I-<br>J) | Standardfehler | Signifikanz | 95%-Konfidenzintervall |            |
|----------------|-------------------|-------------------|---------------------------------|----------------|-------------|------------------------|------------|
|                |                   |                   |                                 |                |             | Untergrenze            | Obergrenze |
| Dunnett-<br>T3 | unbehandelt       | 100 1x            | ,87500                          | 2,15936        | 1,000       | -10,0633               | 11,8133    |
|                |                   | 110 1x            | -,87500                         | 1,67218        | 1,000       | -11,8935               | 10,1435    |
|                |                   | 120 1x            | -2,62500                        | 1,59044        | ,921        | -14,3582               | 9,1082     |
|                |                   | 130 1x            | 2,12500                         | 3,05851        | 1,000       | -13,0331               | 17,2831    |
|                |                   | 140 1x            | 2,12500                         | 2,14193        | 1,000       | -8,7607                | 13,0107    |
|                |                   | 100 2x            | 1,58333                         | 2,04294        | 1,000       | -9,0498                | 12,2165    |
|                |                   | 110 2x            | 2,62500                         | 2,24173        | ,999        | -8,5885                | 13,8385    |
|                |                   | 120 2x            | 2,25000                         | 1,95718        | ,999        | -8,2432                | 12,7432    |
|                |                   | 130 2x            | 2,12500                         | 2,11255        | 1,000       | -8,6772                | 12,9272    |
|                |                   | 140 2x            | 2,83333                         | 2,05616        | ,990        | -7,8285                | 13,4952    |
|                |                   | Beizung           | -2,08333                        | 1,99826        | ,999        | -14,7976               | 10,6310    |
| 100 1x         | unbehandelt       | 110 1x            | -,87500                         | 2,15936        | 1,000       | -11,8133               | 10,0633    |
|                |                   | 120 1x            | -1,75000                        | 1,87842        | 1,000       | -10,6350               | 7,1350     |
|                |                   | 130 1x            | -3,50000                        | 1,80605        | ,871        | -12,3613               | 5,3613     |
|                |                   | 140 1x            | 1,25000                         | 3,17597        | 1,000       | -13,5366               | 16,0366    |
|                |                   | 100 2x            | ,70833                          | 2,21493        | 1,000       | -9,0819                | 10,4986    |
|                |                   | 110 2x            | 1,75000                         | 2,39951        | 1,000       | -8,8400                | 12,3400    |
|                |                   | 120 2x            | 1,37500                         | 2,13608        | 1,000       | -8,1227                | 10,8727    |
|                |                   | 130 2x            | 1,25000                         | 2,27928        | 1,000       | -8,8031                | 11,3031    |
|                |                   | 140 2x            | 1,95833                         | 2,22712        | 1,000       | -7,8802                | 11,7968    |
|                |                   | Beizung           | -2,95833                        | 2,17379        | ,992        | -14,0101               | 8,0934     |
|                |                   | 110 1x            | unbehandelt                     | 100 1x         | ,87500      | 1,67218                | 1,000      |
| 120 1x         | -1,75000          |                   |                                 | 1,18116        | ,990        | -7,0062                | 3,5062     |
| 130 1x         | 3,00000           |                   |                                 | 2,86708        | 1,000       | -11,8064               | 17,8064    |
| 140 1x         | 3,00000           |                   |                                 | 1,85835        | ,969        | -5,7667                | 11,7667    |
| 100 2x         | 2,45833           |                   |                                 | 1,74334        | ,993        | -5,6361                | 10,5528    |
| 110 2x         | 3,50000           |                   |                                 | 1,97255        | ,930        | -5,9430                | 12,9430    |
| 120 2x         | 3,12500           |                   |                                 | 1,64201        | ,895        | -4,3886                | 10,6386    |
| 130 2x         | 3,00000           |                   |                                 | 1,82441        | ,964        | -5,5672                | 11,5672    |
| 140 2x         | 3,70833           |                   |                                 | 1,75881        | ,805        | -4,4758                | 11,8925    |
| Beizung        | -1,20833          |                   |                                 | 1,69076        | 1,000       | -12,4519               | 10,0353    |

|        |             |          |         |       |          |         |
|--------|-------------|----------|---------|-------|----------|---------|
| 120 1x | unbehandelt | 2,62500  | 1,59044 | ,921  | -9,1082  | 14,3582 |
|        | 100 1x      | 3,50000  | 1,80605 | ,871  | -5,3613  | 12,3613 |
|        | 110 1x      | 1,75000  | 1,18116 | ,990  | -3,5062  | 7,0062  |
|        | 130 1x      | 4,75000  | 2,82019 | ,941  | -10,1730 | 19,6730 |
|        | 140 1x      | 4,75000  | 1,78516 | ,526  | -3,9860  | 13,4860 |
|        | 100 2x      | 4,20833  | 1,66510 | ,589  | -3,8092  | 12,2258 |
|        | 110 2x      | 5,25000  | 1,90376 | ,484  | -4,1982  | 14,6982 |
|        | 120 2x      | 4,87500  | 1,55869 | ,322  | -2,5103  | 12,2603 |
|        | 130 2x      | 4,75000  | 1,74980 | ,500  | -3,7740  | 13,2740 |
|        | 140 2x      | 5,45833  | 1,68129 | ,289  | -2,6558  | 13,5725 |
|        | Beizung     | ,54167   | 1,60997 | 1,000 | -11,4420 | 12,5254 |
| 130 1x | unbehandelt | -2,12500 | 3,05851 | 1,000 | -17,2831 | 13,0331 |
|        | 100 1x      | -1,25000 | 3,17597 | 1,000 | -16,0366 | 13,5366 |
|        | 110 1x      | -3,00000 | 2,86708 | 1,000 | -17,8064 | 11,8064 |
|        | 120 1x      | -4,75000 | 2,82019 | ,941  | -19,6730 | 10,1730 |
|        | 140 1x      | ,00000   | 3,16414 | 1,000 | -14,7696 | 14,7696 |
|        | 100 2x      | -,54167  | 3,09799 | 1,000 | -15,2374 | 14,1541 |
|        | 110 2x      | ,50000   | 3,23254 | 1,000 | -14,3826 | 15,3826 |
|        | 120 2x      | ,12500   | 3,04212 | 1,000 | -14,5398 | 14,7898 |
|        | 130 2x      | ,00000   | 3,14433 | 1,000 | -14,7435 | 14,7435 |
|        | 140 2x      | ,70833   | 3,10672 | 1,000 | -13,9949 | 15,4116 |
|        | Beizung     | -4,20833 | 3,06872 | ,993  | -19,3970 | 10,9803 |
| 140 1x | unbehandelt | -2,12500 | 2,14193 | 1,000 | -13,0107 | 8,7607  |
|        | 100 1x      | -1,25000 | 2,30654 | 1,000 | -11,4200 | 8,9200  |
|        | 110 1x      | -3,00000 | 1,85835 | ,969  | -11,7667 | 5,7667  |
|        | 120 1x      | -4,75000 | 1,78516 | ,526  | -13,4860 | 3,9860  |
|        | 130 1x      | ,00000   | 3,16414 | 1,000 | -14,7696 | 14,7696 |
|        | 100 2x      | -,54167  | 2,19793 | 1,000 | -10,2504 | 9,1671  |
|        | 110 2x      | ,50000   | 2,38383 | 1,000 | -10,0261 | 11,0261 |
|        | 120 2x      | ,12500   | 2,11845 | 1,000 | -9,2829  | 9,5329  |
|        | 130 2x      | ,00000   | 2,26277 | 1,000 | -9,9780  | 9,9780  |
|        | 140 2x      | ,70833   | 2,21022 | 1,000 | -9,0499  | 10,4666 |
|        | Beizung     | -4,20833 | 2,15647 | ,860  | -15,2103 | 6,7936  |
| 100 2x | unbehandelt | -1,58333 | 2,04294 | 1,000 | -12,2165 | 9,0498  |
|        | 100 1x      | -,70833  | 2,21493 | 1,000 | -10,4986 | 9,0819  |
|        | 110 1x      | -2,45833 | 1,74334 | ,993  | -10,5528 | 5,6361  |
|        | 120 1x      | -4,20833 | 1,66510 | ,589  | -12,2258 | 3,8092  |
|        | 130 1x      | ,54167   | 3,09799 | 1,000 | -14,1541 | 15,2374 |
|        | 140 1x      | ,54167   | 2,19793 | 1,000 | -9,1671  | 10,2504 |

|        |             |          |         |       |          |         |
|--------|-------------|----------|---------|-------|----------|---------|
|        | 110 2x      | 1,04167  | 2,29530 | 1,000 | -9,1456  | 11,2289 |
|        | 120 2x      | ,66667   | 2,01832 | 1,000 | -8,2481  | 9,5814  |
|        | 130 2x      | ,54167   | 2,16931 | 1,000 | -9,0319  | 10,1153 |
|        | 140 2x      | 1,25000  | 2,11443 | 1,000 | -8,0728  | 10,5728 |
|        | Beizung     | -3,66667 | 2,05818 | ,916  | -14,4333 | 7,0999  |
| 110 2x | unbehandelt | -2,62500 | 2,24173 | ,999  | -13,8385 | 8,5885  |
|        | 100 1x      | -1,75000 | 2,39951 | 1,000 | -12,3400 | 8,8400  |
|        | 110 1x      | -3,50000 | 1,97255 | ,930  | -12,9430 | 5,9430  |
|        | 120 1x      | -5,25000 | 1,90376 | ,484  | -14,6982 | 4,1982  |
|        | 130 1x      | -,50000  | 3,23254 | 1,000 | -15,3826 | 14,3826 |
|        | 140 1x      | -,50000  | 2,38383 | 1,000 | -11,0261 | 10,0261 |
|        | 100 2x      | -1,04167 | 2,29530 | 1,000 | -11,2289 | 9,1456  |
|        | 120 2x      | -,37500  | 2,21931 | 1,000 | -10,3069 | 9,5569  |
|        | 130 2x      | -,50000  | 2,35746 | 1,000 | -10,9211 | 9,9211  |
|        | 140 2x      | ,20833   | 2,30707 | 1,000 | -10,0216 | 10,4383 |
|        | Beizung     | -4,70833 | 2,25563 | ,805  | -16,0230 | 6,6063  |
| 120 2x | unbehandelt | -2,25000 | 1,95718 | ,999  | -12,7432 | 8,2432  |
|        | 100 1x      | -1,37500 | 2,13608 | 1,000 | -10,8727 | 8,1227  |
|        | 110 1x      | -3,12500 | 1,64201 | ,895  | -10,6386 | 4,3886  |
|        | 120 1x      | -4,87500 | 1,55869 | ,322  | -12,2603 | 2,5103  |
|        | 130 1x      | -,12500  | 3,04212 | 1,000 | -14,7898 | 14,5398 |
|        | 140 1x      | -,12500  | 2,11845 | 1,000 | -9,5329  | 9,2829  |
|        | 100 2x      | -,66667  | 2,01832 | 1,000 | -9,5814  | 8,2481  |
|        | 110 2x      | ,37500   | 2,21931 | 1,000 | -9,5569  | 10,3069 |
|        | 130 2x      | -,12500  | 2,08874 | 1,000 | -9,3834  | 9,1334  |
|        | 140 2x      | ,58333   | 2,03169 | 1,000 | -8,3954  | 9,5621  |
|        | Beizung     | -4,33333 | 1,97308 | ,750  | -14,9770 | 6,3104  |
| 130 2x | unbehandelt | -2,12500 | 2,11255 | 1,000 | -12,9272 | 8,6772  |
|        | 100 1x      | -1,25000 | 2,27928 | 1,000 | -11,3031 | 8,8031  |
|        | 110 1x      | -3,00000 | 1,82441 | ,964  | -11,5672 | 5,5672  |
|        | 120 1x      | -4,75000 | 1,74980 | ,500  | -13,2740 | 3,7740  |
|        | 130 1x      | ,00000   | 3,14433 | 1,000 | -14,7435 | 14,7435 |
|        | 140 1x      | ,00000   | 2,26277 | 1,000 | -9,9780  | 9,9780  |
|        | 100 2x      | -,54167  | 2,16931 | 1,000 | -10,1153 | 9,0319  |
|        | 110 2x      | ,50000   | 2,35746 | 1,000 | -9,9211  | 10,9211 |
|        | 120 2x      | ,12500   | 2,08874 | 1,000 | -9,1334  | 9,3834  |
|        | 140 2x      | ,70833   | 2,18176 | 1,000 | -8,9169  | 10,3336 |
|        | Beizung     | -4,20833 | 2,12729 | ,849  | -15,1316 | 6,7150  |
| 140 2x | unbehandelt | -2,83333 | 2,05616 | ,990  | -13,4952 | 7,8285  |

|         |             |          |         |       |          |         |
|---------|-------------|----------|---------|-------|----------|---------|
|         | 100 1x      | -1,95833 | 2,22712 | 1,000 | -11,7968 | 7,8802  |
|         | 110 1x      | -3,70833 | 1,75881 | ,805  | -11,8925 | 4,4758  |
|         | 120 1x      | -5,45833 | 1,68129 | ,289  | -13,5725 | 2,6558  |
|         | 130 1x      | -,70833  | 3,10672 | 1,000 | -15,4116 | 13,9949 |
|         | 140 1x      | -,70833  | 2,21022 | 1,000 | -10,4666 | 9,0499  |
|         | 100 2x      | -1,25000 | 2,11443 | 1,000 | -10,5728 | 8,0728  |
|         | 110 2x      | -,20833  | 2,30707 | 1,000 | -10,4383 | 10,0216 |
|         | 120 2x      | -,58333  | 2,03169 | 1,000 | -9,5621  | 8,3954  |
|         | 130 2x      | -,70833  | 2,18176 | 1,000 | -10,3336 | 8,9169  |
|         | Beizung     | -4,91667 | 2,07130 | ,668  | -15,7095 | 5,8762  |
| Beizung | unbehandelt | 2,08333  | 1,99826 | ,999  | -10,6310 | 14,7976 |
|         | 100 1x      | 2,95833  | 2,17379 | ,992  | -8,0934  | 14,0101 |
|         | 110 1x      | 1,20833  | 1,69076 | 1,000 | -10,0353 | 12,4519 |
|         | 120 1x      | -,54167  | 1,60997 | 1,000 | -12,5254 | 11,4420 |
|         | 130 1x      | 4,20833  | 3,06872 | ,993  | -10,9803 | 19,3970 |
|         | 140 1x      | 4,20833  | 2,15647 | ,860  | -6,7936  | 15,2103 |
|         | 100 2x      | 3,66667  | 2,05818 | ,916  | -7,0999  | 14,4333 |
|         | 110 2x      | 4,70833  | 2,25563 | ,805  | -6,6063  | 16,0230 |
|         | 120 2x      | 4,33333  | 1,97308 | ,750  | -6,3104  | 14,9770 |
|         | 130 2x      | 4,20833  | 2,12729 | ,849  | -6,7150  | 15,1316 |
|         | 140 2x      | 4,91667  | 2,07130 | ,668  | -5,8762  | 15,7095 |

## SNK-Keimfähigkeiten (Behandlung)

### ONEWAY ANOVA

| Erbse: Behandlung     | Quadratsumme | df | Mittel der Quadrate | F    | Signifikanz |
|-----------------------|--------------|----|---------------------|------|-------------|
| Zwischen den Gruppen  | 144,160      | 11 | 13,105              | ,667 | ,755        |
| Innerhalb der Gruppen | 471,833      | 24 | 19,660              |      |             |
| Gesamt                | 615,993      | 35 |                     |      |             |

### Erbse

Student-Newman-Keuls-Prozedur<sup>a</sup>

| Behandlung  | N | Untergruppe für<br>Alpha = 0.05. |
|-------------|---|----------------------------------|
|             |   | 1                                |
| 100 2x      | 3 | 71,5833                          |
| unbehandelt | 3 | 72,4167                          |
| 120 1x      | 3 | 73,0000                          |
| 130 1x      | 3 | 73,2500                          |
| 110 2x      | 3 | 73,2500                          |
| 130 2x      | 3 | 74,0000                          |
| 110 1x      | 3 | 74,2500                          |
| 120 2x      | 3 | 74,5833                          |
| 100 1x      | 3 | 75,4167                          |
| 140 1x      | 3 | 76,4167                          |
| Beizung     | 3 | 77,5000                          |
| 140 2x      | 3 | 78,5000                          |
| Signifikanz |   | ,742                             |

Die Mittelwerte für die in homogenen Untergruppen befindlichen Gruppen werden angezeigt.

a. Verwendet ein harmonisches Mittel für Stichprobengröße = 3,000.



ANOVA-Tabelle

| Lupine: Behandlung |                       |              | Quadratsumme | df | Mittel der Quadrate | F    | Signifikanz |
|--------------------|-----------------------|--------------|--------------|----|---------------------|------|-------------|
| Lupine *           | Zwischen den          | (Kombiniert) | 121,354      | 11 | 11,032              | ,605 | ,806        |
| Behandlung         | Gruppen               |              |              |    |                     |      |             |
|                    | Innerhalb der Gruppen |              | 437,333      | 24 | 18,222              |      |             |
|                    | Insgesamt             |              | 558,688      | 35 |                     |      |             |

## Lupine

Student-Newman-Keuls-Prozedur<sup>a</sup>

| Behandlung  | N | Untergruppe für<br>Alpha = 0.05. |
|-------------|---|----------------------------------|
|             |   | 1                                |
| 130 1x      | 3 | 85,0833                          |
| 120 2x      | 3 | 87,0833                          |
| 100 1x      | 3 | 87,6667                          |
| 110 2x      | 3 | 87,6667                          |
| 140 1x      | 3 | 87,7500                          |
| 140 2x      | 3 | 88,1667                          |
| 130 2x      | 3 | 88,3333                          |
| 100 2x      | 3 | 89,5000                          |
| unbehandelt | 3 | 89,5833                          |
| 110 1x      | 3 | 90,5000                          |
| 120 1x      | 3 | 91,5000                          |
| Beizung     | 3 | 91,6667                          |
| Signifikanz |   | ,755                             |

Die Mittelwerte für die in homogenen Untergruppen befindlichen Gruppen werden angezeigt.

a. Verwendet ein harmonisches Mittel für Stichprobengröße = 3,000.

- **Einfaktorielle Varianzanalyse Keimfähigkeiten**

**ONEWAY ANOVA**

Erbse: Maschinen

|                       | Quadratsumme | df | Mittel der Quadrate | F     | Signifikanz |
|-----------------------|--------------|----|---------------------|-------|-------------|
| Zwischen den Gruppen  | 56,089       | 2  | 28,045              | 2,223 | ,117        |
| Innerhalb der Gruppen | 794,756      | 63 | 12,615              |       |             |
| Gesamt                | 850,846      | 65 |                     |       |             |

**ONEWAY ANOVA**

Lupine: Maschine

|                       | Quadratsumme | df | Mittel der Quadrate | F    | Signifikanz |
|-----------------------|--------------|----|---------------------|------|-------------|
| Zwischen den Gruppen  | 30,142       | 2  | 15,071              | ,974 | ,383        |
| Innerhalb der Gruppen | 974,979      | 63 | 15,476              |      |             |
| Gesamt                | 1005,121     | 65 |                     |      |             |

**ONEWAY ANOVA**

Erbse: Behandlungswiederholung

|                       | Quadratsumme | df | Mittel der Quadrate | F     | Signifikanz |
|-----------------------|--------------|----|---------------------|-------|-------------|
| Zwischen den Gruppen  | 16,537       | 1  | 16,537              | 1,387 | ,244        |
| Innerhalb der Gruppen | 691,396      | 58 | 11,921              |       |             |
| Gesamt                | 707,933      | 59 |                     |       |             |

**ONEWAY ANOVA**

Lupine: Behandlungswiederholung

|                       | Quadratsumme | df | Mittel der Quadrate | F     | Signifikanz |
|-----------------------|--------------|----|---------------------|-------|-------------|
| Zwischen den Gruppen  | 57,526       | 1  | 57,526              | 3,761 | ,057        |
| Innerhalb der Gruppen | 887,110      | 58 | 15,295              |       |             |
| Gesamt                | 944,636      | 59 |                     |       |             |

- **Untersuchung der Triebkraft**

|               | <b>Erbse WESENITZ<br/>2 in %</b> | <b>Erbse STELLA in<br/>%</b> |
|---------------|----------------------------------|------------------------------|
| <b>0</b>      | 84                               | 84                           |
| <b>Chem</b>   | 82                               | 82                           |
| <b>100 1x</b> | 82                               | 76                           |
| <b>110 1x</b> | 76                               | 88                           |
| <b>120 1x</b> | 88                               | 70                           |
| <b>130 1x</b> | 76                               | 76                           |
| <b>140 1x</b> | 74                               | 78                           |
| <b>100 2x</b> | 76                               | 68                           |
| <b>110 2x</b> | 62                               | 72                           |
| <b>120 2x</b> | 60                               | 76                           |
| <b>130 2x</b> | 84                               | 80                           |
| <b>140 2x</b> | 80                               | 78                           |

|               | <b>Lupine WESENITZ 2<br/>in %</b> | <b>Lupine STELLA in %</b> |
|---------------|-----------------------------------|---------------------------|
| <b>0</b>      | 86                                | 86                        |
| <b>Chem</b>   | 92                                | 92                        |
| <b>100 1x</b> | 84                                | 84                        |
| <b>110 1x</b> | 86                                | 82                        |
| <b>120 1x</b> | 96                                | 90                        |
| <b>130 1x</b> | 86                                | 88                        |
| <b>140 1x</b> | 92                                | 90                        |
| <b>100 2x</b> | 86                                | 86                        |
| <b>110 2x</b> | 80                                | 86                        |
| <b>120 2x</b> | 86                                | 88                        |
| <b>130 2x</b> | 92                                | 90                        |
| <b>140 2x</b> | 82                                | 88                        |

## Untersuchung der Auflafrate

| Jugendentwicklung<br>In % | 1.<br>Auflauftag | 2.<br>Auflauftag | 3.Auflauftag | 4.<br>Auflauftag | 5.Auflauftag | Zum<br>Versuchsabbruch |
|---------------------------|------------------|------------------|--------------|------------------|--------------|------------------------|
| Erb 0                     | 8                | 24               | 28           | 46               | 58           | 64                     |
| Erb chem                  | 2                | 24               | 34           | 70               | 78           | 90                     |
| Erb 100 1x Wesenitz<br>2  | 2                | 14               | 20           | 32               | 44           | 76                     |
| Erb 100 1x Stella         | 16               | 28               | 38           | 42               | 50           | 60                     |
| Erb 110 1x Wesenitz<br>2  | 48               | 52               | 52           | 52               | 54           | 62                     |
| Erb 110 1x Stella         | 32               | 56               | 56           | 58               | 66           | 64                     |
| Erb 120 1x Wesenitz<br>2  | 26               | 46               | 52           | 56               | 58           | 62                     |
| Erb 120 1x Stella         | 24               | 48               | 56           | 60               | 64           | 68                     |
| Erb 130 1x Wesenitz<br>2  | 36               | 44               | 46           | 46               | 46           | 50                     |
| Erb 130 1x Stella         | 16               | 42               | 46           | 56               | 58           | 66                     |
| Erb 140 1x Wesenitz<br>2  | 28               | 38               | 48           | 54               | 54           | 56                     |
| Erb 140 1x Stella         | 6                | 32               | 40           | 50               | 58           | 64                     |
| Erb 100 2x Wesenitz<br>2  | 2                | 22               | 26           | 34               | 42           | 70                     |
| Erb 100 2x Stella         | 8                | 42               | 56           | 60               | 62           | 62                     |
| Erb 110 2x Wesenitz<br>2  | 24               | 36               | 38           | 40               | 40           | 52                     |
| Erb 110 2x Stella         | 8                | 42               | 56           | 60               | 62           | 72                     |
| Erb 120 2x Wesenitz<br>2  | 8                | 24               | 42           | 50               | 72           | 86                     |
| Erb 120 2x Stella         | 28               | 46               | 50           | 58               | 70           | 68                     |
| Erb 130 2x Wesenitz<br>2  | 12               | 28               | 38           | 48               | 48           | 50                     |
| Erb 130 2x Stella         | 30               | 50               | 56           | 56               | 58           | 64                     |
| Erb 140 2x Wesenitz<br>2  | 6                | 38               | 50           | 64               | 74           | 74                     |
| Erb 140 2x Stella         | 32               | 44               | 44           | 50               | 54           | 50                     |
| Lup 0                     | 12               | 60               | 82           | 84               | 84           | 96                     |
| Lup chem                  | 0                | 34               | 66           | 68               | 70           | 96                     |
| Lup 100 1x Wesenitz<br>2  | 8                | 18               | 32           | 42               | 64           | 88                     |
| Lup 100 1x Stella         | 2                | 48               | 56           | 68               | 68           | 74                     |

|                                  |    |    |    |    |    |    |
|----------------------------------|----|----|----|----|----|----|
| <b>Lup 110 1x Wesenitz<br/>2</b> | 4  | 22 | 60 | 66 | 76 | 86 |
| <b>Lup 110 1x Stella</b>         | 8  | 14 | 32 | 50 | 72 | 86 |
| <b>Lup 120 1x Wesenitz<br/>2</b> | 0  | 32 | 64 | 72 | 90 | 96 |
| <b>Lup 120 1x Stella</b>         | 0  | 0  | 20 | 50 | 72 | 88 |
| <b>Lup 130 1x Wesenitz<br/>2</b> | 20 | 8  | 56 | 68 | 78 | 94 |
| <b>Lup 130 1x Stella</b>         | 4  | 38 | 72 | 80 | 82 | 94 |
| <b>Lup 140 1x Wesenitz<br/>2</b> | 12 | 42 | 68 | 72 | 80 | 86 |
| <b>Lup 140 1x Stella</b>         | 0  | 22 | 68 | 74 | 86 | 88 |
| <b>Lup 100 2x Wesenitz<br/>2</b> | 0  | 10 | 30 | 46 | 76 | 90 |
| <b>Lup 100 2x Stella</b>         | 0  | 14 | 50 | 60 | 68 | 82 |
| <b>Lup 110 2x Wesenitz<br/>2</b> | 0  | 36 | 60 | 64 | 76 | 90 |
| <b>Lup 110 2x Stella</b>         | 0  | 54 | 66 | 74 | 74 | 86 |
| <b>Lup 120 2x Wesenitz<br/>2</b> | 0  | 16 | 38 | 56 | 68 | 88 |
| <b>Lup 120 2x Stella</b>         | 0  | 24 | 52 | 64 | 72 | 90 |
| <b>Lup 130 2x Wesenitz<br/>2</b> | 0  | 52 | 78 | 80 | 80 | 88 |
| <b>Lup 130 2x Stella</b>         | 0  | 2  | 20 | 46 | 76 | 92 |
| <b>Lup 140 2x Wesenitz<br/>2</b> | 0  | 42 | 64 | 78 | 80 | 92 |
| <b>Lup 140 2x Stella</b>         | 0  | 8  | 48 | 28 | 78 | 88 |

- **Trockensubstanzuntersuchung**

|                              | <b>Einzelpflanzengewicht in g</b> | <b>Auflauftrate in %</b> |
|------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| <b>Erb 0</b>                 | 0,19196875                        | 64                       |
| <b>Erb chem</b>              | 0,15544444                        | 90                       |
| <b>Erb 100 1x Wesenitz 2</b> | 0,15510526                        | 76                       |
| <b>Erb 100 1x Stella</b>     | 0,1512                            | 60                       |
| <b>Erb 110 1x Wesenitz 2</b> | 0,16416129                        | 62                       |
| <b>Erb 110 1x Stella</b>     | 0,16496875                        | 64                       |
| <b>Erb 120 1x Wesenitz 2</b> | 0,17041935                        | 62                       |
| <b>Erb 120 1x Stella</b>     | 0,14476471                        | 68                       |
| <b>Erb 130 1x Wesenitz 2</b> | 0,16028                           | 50                       |
| <b>Erb 130 1x Stella</b>     | 0,16269697                        | 66                       |
| <b>Erb 140 1x Wesenitz 2</b> | 0,16964286                        | 56                       |
| <b>Erb 140 1x Stella</b>     | 0,14940625                        | 64                       |
| <b>Erb 100 2x Wesenitz 2</b> | 0,14965714                        | 70                       |
| <b>Erb 100 2x Stella</b>     | 0,14619355                        | 62                       |
| <b>Erb 110 2x Wesenitz 2</b> | 0,15096154                        | 52                       |
| <b>Erb 110 2x Stella</b>     | 0,16863889                        | 72                       |
| <b>Erb 120 2x Wesenitz 2</b> | 0,14123256                        | 86                       |
| <b>Erb 120 2x Stella</b>     | 0,14629412                        | 68                       |
| <b>Erb 130 2x Wesenitz 2</b> | 0,14936                           | 50                       |
| <b>Erb 130 2x Stella</b>     | 0,14959375                        | 64                       |
| <b>Erb 140 2x Wesenitz 2</b> | 0,14978378                        | 74                       |
| <b>Erb 140 2x Stella</b>     | 0,16584                           | 50                       |
| <b>Lup 0</b>                 | 0,113125                          | 96                       |
| <b>Lup chem</b>              | 0,10666667                        | 96                       |
| <b>Lup 100 1x Wesenitz 2</b> | 0,10477273                        | 88                       |
| <b>Lup 100 1x Stella</b>     | 0,11135135                        | 74                       |
| <b>Lup 110 1x Wesenitz 2</b> | 0,11                              | 86                       |
| <b>Lup 110 1x Stella</b>     | 0,10232558                        | 86                       |
| <b>Lup 120 1x Wesenitz 2</b> | 0,11145833                        | 96                       |
| <b>Lup 120 1x Stella</b>     | 0,10704545                        | 88                       |
| <b>Lup 130 1x Wesenitz 2</b> | 0,10893617                        | 94                       |
| <b>Lup 130 1x Stella</b>     | 0,11                              | 94                       |
| <b>Lup 140 1x Wesenitz 2</b> | 0,10953488                        | 86                       |
| <b>Lup 140 1x Stella</b>     | 0,10931818                        | 88                       |
| <b>Lup 100 2x Wesenitz 2</b> | 0,10511111                        | 90                       |
| <b>Lup 100 2x Stella</b>     | 0,10731707                        | 82                       |
| <b>Lup 110 2x Wesenitz 2</b> | 0,10733333                        | 90                       |
| <b>Lup 110 2x Stella</b>     | 0,1127907                         | 86                       |
| <b>Lup 120 2x Wesenitz 2</b> | 0,10477273                        | 88                       |
| <b>Lup 120 2x Stella</b>     | 0,10933333                        | 90                       |
| <b>Lup 130 2x Wesenitz 2</b> | 0,11454545                        | 88                       |
| <b>Lup 130 2x Stella</b>     | 0,1026087                         | 92                       |
| <b>Lup 140 2x Wesenitz 2</b> | 0,11108696                        | 92                       |
| <b>Lup 140 2x Stella</b>     | 0,11113636                        | 88                       |

- Beschreibende Statistik Wachstumslängen

ONEWAY deskriptive Statistiken

|             | N  | Mittelwert | Standardabweichung | Standardfehler | 95%-Konfidenzintervall für den Mittelwert |            | Minimum | Maximum |
|-------------|----|------------|--------------------|----------------|---|------------|---------|---------|
|             |    |            |                    |                | Untergrenze                               | Obergrenze |         |         |
|             |    |            |                    |                |   |            |         |         |
| Messung 1   | 8  | 3,19       | ,923               | ,326           | 2,42                                      | 3,96       | 2       | 5       |
| ErbChem     | 8  | 3,06       | ,417               | ,148           | 2,71                                      | 3,41       | 3       | 4       |
| Erb1001xWes | 8  | 2,38       | ,518               | ,183           | 1,94                                      | 2,81       | 2       | 3       |
| Erb1101xWes | 8  | 4,69       | ,259               | ,091           | 4,47                                      | 4,90       | 5       | 5       |
| Erb1201xWes | 8  | 3,75       | ,598               | ,211           | 3,25                                      | 4,25       | 3       | 5       |
| Erb1301xWes | 8  | 4,13       | ,231               | ,082           | 3,93                                      | 4,32       | 4       | 5       |
| Erb1401xWes | 8  | 4,50       | ,802               | ,283           | 3,83                                      | 5,17       | 4       | 6       |
| Erb1002xWes | 8  | 3,31       | ,594               | ,210           | 2,82                                      | 3,81       | 3       | 5       |
| Erb1102xWes | 8  | 4,06       | ,496               | ,175           | 3,65                                      | 4,48       | 3       | 5       |
| Erb1202xWes | 8  | 2,75       | ,267               | ,094           | 2,53                                      | 2,97       | 3       | 3       |
| Erb1302xWes | 8  | 2,81       | ,651               | ,230           | 2,27                                      | 3,36       | 2       | 4       |
| Erb1402xWes | 8  | 3,06       | ,623               | ,220           | 2,54                                      | 3,58       | 3       | 5       |
| Erb1001xST  | 7  | 4,36       | 1,029              | ,389           | 3,41                                      | 5,31       | 4       | 7       |
| Erb1101xST  | 8  | 5,06       | 1,720              | ,608           | 3,62                                      | 6,50       | 3       | 9       |
| Erb1201xST  | 8  | 5,06       | 1,084              | ,383           | 4,16                                      | 5,97       | 4       | 7       |
| Erb1301xST  | 8  | 3,75       | 1,035              | ,366           | 2,88                                      | 4,62       | 3       | 6       |
| Erb1401xST  | 8  | 2,88       | ,835               | ,295           | 2,18                                      | 3,57       | 2       | 4       |
| Erb1002xST  | 8  | 3,56       | 1,084              | ,383           | 2,66                                      | 4,47       | 2       | 5       |
| Erb1102xST  | 8  | 3,38       | 1,026              | ,363           | 2,52                                      | 4,23       | 2       | 5       |
| Erb1202xST  | 8  | 3,75       | ,926               | ,327           | 2,98                                      | 4,52       | 3       | 5       |
| Erb1302xST  | 8  | 4,13       | 1,026              | ,363           | 3,27                                      | 4,98       | 3       | 7       |
| Erb1402xST  | 8  | 3,13       | ,744               | ,263           | 2,50                                      | 3,75       | 2       | 4       |
| Gesamt      | 17 | 3,67       | 1,082              | ,082           | 3,50                                      | 3,83       | 2       | 9       |
|             | 5  |            |                    |                |   |            |         |         |
| Messung 2   | 8  | 5,00       | 1,414              | ,500           | 3,82                                      | 6,18       | 3       | 8       |
| ErbChem     | 8  | 4,75       | ,926               | ,327           | 3,98                                      | 5,52       | 4       | 7       |
| Erb1001xWes | 8  | 4,06       | 1,178              | ,417           | 3,08                                      | 5,05       | 3       | 7       |
| Erb1101xWes | 8  | 6,06       | ,563               | ,199           | 5,59                                      | 6,53       | 5       | 7       |
| Erb1201xWes | 8  | 5,38       | ,791               | ,280           | 4,71                                      | 6,04       | 4       | 7       |
| Erb1301xWes | 8  | 6,19       | ,458               | ,162           | 5,80                                      | 6,57       | 6       | 7       |
| Erb1401xWes | 8  | 5,63       | ,518               | ,183           | 5,19                                      | 6,06       | 5       | 7       |

|              |    |      |       |      |      |      |   |   |
|--------------|----|------|-------|------|------|------|---|---|
| Erb1002xWes  | 8  | 4,75 | ,707  | ,250 | 4,16 | 5,34 | 4 | 6 |
| Erb1102xWes  | 8  | 5,06 | 1,348 | ,477 | 3,94 | 6,19 | 2 | 6 |
| Erb1202xWes  | 8  | 3,94 | ,863  | ,305 | 3,22 | 4,66 | 3 | 5 |
| Erb1302xWes  | 8  | 3,75 | 1,512 | ,535 | 2,49 | 5,01 | 2 | 6 |
| Erb1402xWes  | 8  | 3,88 | ,354  | ,125 | 3,58 | 4,17 | 4 | 5 |
| Erb1001xST   | 8  | 4,88 | ,991  | ,350 | 4,05 | 5,70 | 4 | 7 |
| Erb1101xST   | 8  | 5,81 | 1,335 | ,472 | 4,70 | 6,93 | 4 | 8 |
| Erb1201xST   | 8  | 5,81 | ,458  | ,162 | 5,43 | 6,20 | 5 | 7 |
| Erb1301xST   | 8  | 4,44 | 1,148 | ,406 | 3,48 | 5,40 | 4 | 7 |
| Erb1401xST   | 8  | 4,88 | 1,026 | ,363 | 4,02 | 5,73 | 3 | 7 |
| Erb1002xST   | 8  | 5,38 | ,694  | ,245 | 4,79 | 5,96 | 5 | 6 |
| Erb1102xST   | 8  | 4,25 | 1,254 | ,443 | 3,20 | 5,30 | 3 | 7 |
| Erb1202xST   | 8  | 3,94 | 1,294 | ,457 | 2,86 | 5,02 | 2 | 6 |
| Erb1302xST   | 8  | 5,56 | ,776  | ,274 | 4,91 | 6,21 | 5 | 7 |
| Erb1402xST   | 8  | 5,00 | ,756  | ,267 | 4,37 | 5,63 | 4 | 6 |
| Gesamt       | 17 | 4,93 | 1,180 | ,089 | 4,75 | 5,10 | 2 | 8 |
|              | 6  |      |       |      |      |      |   |   |
| Messung Erb0 | 8  | 5,56 | 1,374 | ,486 | 4,41 | 6,71 | 4 | 8 |
| 3 ErbChem    | 8  | 5,13 | ,641  | ,227 | 4,59 | 5,66 | 5 | 6 |
| Erb1001xWes  | 8  | 4,38 | 1,330 | ,470 | 3,26 | 5,49 | 3 | 7 |
| Erb1101xWes  | 8  | 6,75 | ,267  | ,094 | 6,53 | 6,97 | 7 | 7 |
| Erb1201xWes  | 8  | 6,13 | 1,275 | ,451 | 5,06 | 7,19 | 4 | 8 |
| Erb1301xWes  | 8  | 6,50 | ,598  | ,211 | 6,00 | 7,00 | 6 | 8 |
| Erb1401xWes  | 8  | 6,19 | 1,033 | ,365 | 5,32 | 7,05 | 5 | 8 |
| Erb1002xWes  | 8  | 5,13 | ,916  | ,324 | 4,36 | 5,89 | 4 | 7 |
| Erb1102xWes  | 8  | 5,88 | 1,458 | ,515 | 4,66 | 7,09 | 3 | 8 |
| Erb1202xWes  | 8  | 4,63 | ,991  | ,350 | 3,80 | 5,45 | 3 | 6 |
| Erb1302xWes  | 8  | 5,13 | 1,188 | ,420 | 4,13 | 6,12 | 3 | 7 |
| Erb1402xWes  | 8  | 4,38 | ,791  | ,280 | 3,71 | 5,04 | 3 | 5 |
| Erb1001xST   | 8  | 4,44 | 1,148 | ,406 | 3,48 | 5,40 | 3 | 6 |
| Erb1101xST   | 8  | 6,38 | 1,506 | ,532 | 5,12 | 7,63 | 5 | 9 |
| Erb1201xST   | 8  | 6,00 | ,707  | ,250 | 5,41 | 6,59 | 5 | 7 |
| Erb1301xST   | 8  | 5,19 | 1,193 | ,422 | 4,19 | 6,19 | 4 | 8 |
| Erb1401xST   | 8  | 5,13 | ,991  | ,350 | 4,30 | 5,95 | 3 | 6 |
| Erb1002xST   | 8  | 6,38 | ,354  | ,125 | 6,08 | 6,67 | 6 | 7 |
| Erb1102xST   | 8  | 5,06 | ,863  | ,305 | 4,34 | 5,78 | 4 | 6 |
| Erb1202xST   | 8  | 4,88 | 1,094 | ,387 | 3,96 | 5,79 | 4 | 7 |
| Erb1302xST   | 8  | 5,88 | 1,506 | ,532 | 4,62 | 7,13 | 3 | 9 |
| Erb1402xST   | 8  | 5,31 | 1,413 | ,499 | 4,13 | 6,49 | 4 | 9 |
| Gesamt       | 17 | 5,47 | 1,245 | ,094 | 5,29 | 5,66 | 3 | 9 |
|              | 6  |      |       |      |      |      |   |   |



|              |    |      |       |      |      |      |   |    |
|--------------|----|------|-------|------|------|------|---|----|
| Messung Erb0 | 8  | 6,25 | 1,753 | ,620 | 4,78 | 7,72 | 4 | 9  |
| 4 ErbChem    | 8  | 6,13 | 1,433 | ,507 | 4,93 | 7,32 | 4 | 8  |
| Erb1001xWes  | 8  | 4,88 | 1,664 | ,588 | 3,48 | 6,27 | 3 | 7  |
| Erb1101xWes  | 8  | 6,69 | ,843  | ,298 | 5,98 | 7,39 | 5 | 8  |
| Erb1201xWes  | 8  | 7,81 | 1,100 | ,389 | 6,89 | 8,73 | 7 | 9  |
| Erb1301xWes  | 8  | 7,38 | ,876  | ,310 | 6,64 | 8,11 | 6 | 8  |
| Erb1401xWes  | 8  | 6,50 | 1,389 | ,491 | 5,34 | 7,66 | 5 | 9  |
| Erb1002xWes  | 8  | 5,81 | ,799  | ,282 | 5,14 | 6,48 | 5 | 7  |
| Erb1102xWes  | 8  | 6,69 | 1,557 | ,550 | 5,39 | 7,99 | 4 | 9  |
| Erb1202xWes  | 8  | 6,25 | ,886  | ,313 | 5,51 | 6,99 | 6 | 8  |
| Erb1302xWes  | 8  | 5,19 | 1,731 | ,612 | 3,74 | 6,63 | 3 | 8  |
| Erb1402xWes  | 8  | 6,06 | ,980  | ,346 | 5,24 | 6,88 | 5 | 8  |
| Erb1001xST   | 8  | 5,94 | 1,860 | ,658 | 4,38 | 7,49 | 3 | 8  |
| Erb1101xST   | 8  | 6,88 | 1,246 | ,441 | 5,83 | 7,92 | 5 | 9  |
| Erb1201xST   | 8  | 6,38 | ,694  | ,245 | 5,79 | 6,96 | 5 | 7  |
| Erb1301xST   | 8  | 6,31 | 1,387 | ,490 | 5,15 | 7,47 | 5 | 9  |
| Erb1401xST   | 8  | 5,94 | ,678  | ,240 | 5,37 | 6,50 | 5 | 7  |
| Erb1002xST   | 8  | 6,75 | 1,225 | ,433 | 5,73 | 7,77 | 5 | 9  |
| Erb1102xST   | 8  | 7,29 | 1,426 | ,504 | 6,10 | 8,48 | 6 | 9  |
| Erb1202xST   | 8  | 5,13 | 1,061 | ,375 | 4,24 | 6,01 | 4 | 7  |
| Erb1302xST   | 8  | 6,81 | ,530  | ,187 | 6,37 | 7,26 | 7 | 8  |
| Erb1402xST   | 8  | 6,00 | ,886  | ,313 | 5,26 | 6,74 | 5 | 8  |
| Gesamt       | 17 | 6,32 | 1,362 | ,103 | 6,12 | 6,52 | 3 | 9  |
|              | 6  |      |       |      |      |      |   |    |
| Messung Erb0 | 8  | 7,88 | 1,788 | ,632 | 6,38 | 9,37 | 5 | 11 |
| 5 ErbChem    | 8  | 7,13 | 1,458 | ,515 | 5,91 | 8,34 | 5 | 9  |
| Erb1001xWes  | 8  | 5,75 | 1,512 | ,535 | 4,49 | 7,01 | 4 | 8  |
| Erb1101xWes  | 8  | 8,38 | ,582  | ,206 | 7,89 | 8,86 | 8 | 10 |
| Erb1201xWes  | 8  | 7,81 | ,458  | ,162 | 7,43 | 8,20 | 7 | 9  |
| Erb1301xWes  | 8  | 8,13 | ,641  | ,227 | 7,59 | 8,66 | 7 | 9  |
| Erb1401xWes  | 8  | 7,81 | 1,193 | ,422 | 6,81 | 8,81 | 7 | 10 |
| Erb1002xWes  | 8  | 6,75 | ,756  | ,267 | 6,12 | 7,38 | 6 | 8  |
| Erb1102xWes  | 8  | 7,75 | 2,104 | ,744 | 5,99 | 9,51 | 3 | 10 |
| Erb1202xWes  | 8  | 7,13 | ,518  | ,183 | 6,69 | 7,56 | 7 | 8  |
| Erb1302xWes  | 8  | 6,88 | ,876  | ,310 | 6,14 | 7,61 | 6 | 9  |
| Erb1402xWes  | 8  | 6,63 | 1,275 | ,451 | 5,56 | 7,69 | 6 | 10 |
| Erb1001xST   | 8  | 7,81 | 1,387 | ,490 | 6,65 | 8,97 | 5 | 10 |
| Erb1101xST   | 8  | 7,38 | 1,356 | ,479 | 6,24 | 8,51 | 6 | 10 |
| Erb1201xST   | 8  | 8,13 | 1,061 | ,375 | 7,24 | 9,01 | 7 | 11 |
| Erb1301xST   | 8  | 7,06 | 1,348 | ,477 | 5,94 | 8,19 | 6 | 10 |
| Erb1401xST   | 8  | 7,31 | 1,100 | ,389 | 6,39 | 8,23 | 7 | 10 |

|              |    |      |       |      |      |       |   |    |
|--------------|----|------|-------|------|------|-------|---|----|
| Erb1002xST   | 8  | 7,88 | ,694  | ,245 | 7,29 | 8,46  | 7 | 9  |
| Erb1102xST   | 8  | 7,38 | 1,941 | ,686 | 5,75 | 9,00  | 4 | 11 |
| Erb1202xST   | 8  | 6,88 | 1,157 | ,409 | 5,91 | 7,84  | 5 | 9  |
| Erb1302xST   | 8  | 7,25 | ,886  | ,313 | 6,51 | 7,99  | 6 | 9  |
| Erb1402xST   | 8  | 6,94 | 1,321 | ,467 | 5,83 | 8,04  | 6 | 10 |
| Gesamt       | 17 | 7,36 | 1,307 | ,098 | 7,17 | 7,56  | 3 | 11 |
|              | 6  |      |       |      |      |       |   |    |
| Messung Erb0 | 8  | 8,44 | 2,008 | ,710 | 6,76 | 10,12 | 7 | 13 |
| 6 ErbChem    | 8  | 7,13 | 1,458 | ,515 | 5,91 | 8,34  | 5 | 9  |
| Erb1001xWes  | 8  | 7,19 | 1,668 | ,590 | 5,79 | 8,58  | 4 | 9  |
| Erb1101xWes  | 8  | 9,75 | ,707  | ,250 | 9,16 | 10,34 | 9 | 11 |
| Erb1201xWes  | 8  | 9,63 | 1,246 | ,441 | 8,58 | 10,67 | 8 | 12 |
| Erb1301xWes  | 8  | 9,81 | 1,580 | ,559 | 8,49 | 11,13 | 8 | 12 |
| Erb1401xWes  | 8  | 9,69 | 1,811 | ,640 | 8,17 | 11,20 | 7 | 12 |
| Erb1002xWes  | 8  | 8,44 | 1,613 | ,570 | 7,09 | 9,79  | 7 | 12 |
| Erb1102xWes  | 8  | 8,69 | 1,850 | ,654 | 7,14 | 10,23 | 5 | 11 |
| Erb1202xWes  | 8  | 8,31 | ,704  | ,249 | 7,72 | 8,90  | 8 | 10 |
| Erb1302xWes  | 8  | 6,88 | ,876  | ,310 | 6,14 | 7,61  | 6 | 9  |
| Erb1402xWes  | 8  | 6,63 | 1,275 | ,451 | 5,56 | 7,69  | 6 | 10 |
| Erb1001xST   | 8  | 8,56 | 1,545 | ,546 | 7,27 | 9,85  | 7 | 11 |
| Erb1101xST   | 8  | 9,25 | 1,927 | ,681 | 7,64 | 10,86 | 7 | 13 |
| Erb1201xST   | 8  | 8,06 | 2,583 | ,913 | 5,90 | 10,22 | 3 | 12 |
| Erb1301xST   | 8  | 8,50 | 1,711 | ,605 | 7,07 | 9,93  | 6 | 12 |
| Erb1401xST   | 8  | 8,13 | 2,083 | ,736 | 6,38 | 9,87  | 6 | 13 |
| Erb1002xST   | 8  | 9,56 | 1,450 | ,513 | 8,35 | 10,77 | 8 | 13 |
| Erb1102xST   | 8  | 8,44 | 1,425 | ,504 | 7,25 | 9,63  | 8 | 12 |
| Erb1202xST   | 8  | 7,44 | ,729  | ,258 | 6,83 | 8,05  | 6 | 8  |
| Erb1302xST   | 8  | 8,50 | 1,035 | ,366 | 7,63 | 9,37  | 6 | 9  |
| Erb1402xST   | 8  | 7,88 | ,954  | ,337 | 7,08 | 8,67  | 7 | 10 |
| Gesamt       | 17 | 8,40 | 1,724 | ,130 | 8,15 | 8,66  | 3 | 13 |
|              | 6  |      |       |      |      |       |   |    |

ONEWAY deskriptive Statistiken

|             | N   | Mittelwert | Standardabweichung | Standardfehler | 95%-Konfidenzintervall für den Mittelwert |            | Minimum | Maximum |
|-------------|-----|------------|--------------------|----------------|---|------------|---------|---------|
|             |     |            |                    |                | Untergrenze                               | Obergrenze |         |         |
|             |     |            |                    |                |   |            |         |         |
| Messung 1   |     |            |                    |                |   |            |         |         |
| Lup0        | 8   | 2,31       | ,594               | ,210           | 1,82                                      | 2,81       | 1       | 3       |
| LupChem     | 8   | 1,75       | ,598               | ,211           | 1,25                                      | 2,25       | 1       | 3       |
| Lup1001xWes | 8   | 2,13       | ,582               | ,206           | 1,64                                      | 2,61       | 1       | 3       |
| Lup1101xWes | 8   | 2,44       | ,678               | ,240           | 1,87                                      | 3,00       | 2       | 4       |
| Lup1201xWes | 8   | 2,25       | ,463               | ,164           | 1,86                                      | 2,64       | 2       | 3       |
| Lup1301xWes | 8   | 1,88       | ,354               | ,125           | 1,58                                      | 2,17       | 2       | 3       |
| Lup1401xWes | 8   | 2,31       | ,458               | ,162           | 1,93                                      | 2,70       | 2       | 3       |
| Lup1002xWes | 8   | 1,63       | ,641               | ,227           | 1,09                                      | 2,16       | 1       | 3       |
| Lup1102xWes | 8   | 2,13       | ,582               | ,206           | 1,64                                      | 2,61       | 1       | 3       |
| Lup1202xWes | 8   | 2,19       | ,530               | ,187           | 1,74                                      | 2,63       | 1       | 3       |
| Lup1302xWes | 8   | 2,63       | ,354               | ,125           | 2,33                                      | 2,92       | 2       | 3       |
| Lup1402xWes | 8   | 2,25       | ,378               | ,134           | 1,93                                      | 2,57       | 2       | 3       |
| Lup1001xST  | 8   | 2,25       | ,378               | ,134           | 1,93                                      | 2,57       | 2       | 3       |
| Lup1101xST  | 8   | 1,75       | ,267               | ,094           | 1,53                                      | 1,97       | 2       | 2       |
| Lup1201xST  | 8   | 1,44       | ,177               | ,063           | 1,29                                      | 1,59       | 1       | 2       |
| Lup1301xST  | 8   | 2,69       | ,259               | ,091           | 2,47                                      | 2,90       | 3       | 3       |
| Lup1401xST  | 8   | 2,25       | ,463               | ,164           | 1,86                                      | 2,64       | 2       | 3       |
| Lup1002xST  | 8   | 2,25       | ,267               | ,094           | 2,03                                      | 2,47       | 2       | 3       |
| Lup1102xST  | 8   | 2,38       | ,443               | ,157           | 2,00                                      | 2,75       | 2       | 3       |
| Lup1202xST  | 8   | 2,31       | ,458               | ,162           | 1,93                                      | 2,70       | 2       | 3       |
| Lup1302xST  | 8   | 1,31       | ,458               | ,162           | ,93                                       | 1,70       | 1       | 2       |
| Lup1402xST  | 8   | 2,13       | ,354               | ,125           | 1,83                                      | 2,42       | 2       | 3       |
| Gesamt      | 176 | 2,12       | ,555               | ,042           | 2,04                                      | 2,20       | 1       | 4       |
| Messung 2   |     |            |                    |                |   |            |         |         |
| Lup0        | 8   | 3,50       | ,463               | ,164           | 3,11                                      | 3,89       | 3       | 4       |
| LupChem     | 8   | 3,63       | ,582               | ,206           | 3,14                                      | 4,11       | 3       | 5       |
| Lup1001xWes | 8   | 3,06       | 1,425              | ,504           | 1,87                                      | 4,25       | 2       | 5       |
| Lup1101xWes | 8   | 4,00       | 1,581              | ,559           | 2,68                                      | 5,32       | 3       | 7       |
| Lup1201xWes | 8   | 3,50       | ,535               | ,189           | 3,05                                      | 3,95       | 3       | 4       |
| Lup1301xWes | 8   | 3,06       | ,563               | ,199           | 2,59                                      | 3,53       | 3       | 4       |
| Lup1401xWes | 8   | 3,94       | ,563               | ,199           | 3,47                                      | 4,41       | 3       | 5       |

|              |   |      |        |       |       |       |   |    |
|--------------|---|------|--------|-------|-------|-------|---|----|
| Lup1002xWes  | 8 | 2,94 | ,776   | ,274  | 2,29  | 3,59  | 2 | 4  |
| Lup1102xWes  | 8 | 3,50 | ,756   | ,267  | 2,87  | 4,13  | 3 | 5  |
| Lup1202xWes  | 8 | 2,88 | ,231   | ,082  | 2,68  | 3,07  | 3 | 3  |
| Lup1302xWes  | 8 | 4,00 | ,463   | ,164  | 3,61  | 4,39  | 4 | 5  |
| Lup1402xWes  | 8 | 3,31 | ,594   | ,210  | 2,82  | 3,81  | 3 | 4  |
| Lup1001xST   | 8 | 4,06 | ,417   | ,148  | 3,71  | 4,41  | 4 | 5  |
| Lup1101xST   | 8 | 3,00 | ,378   | ,134  | 2,68  | 3,32  | 3 | 4  |
| Lup1201xST   | 8 | 2,81 | ,458   | ,162  | 2,43  | 3,20  | 2 | 4  |
| Lup1301xST   | 8 | 4,19 | ,651   | ,230  | 3,64  | 4,73  | 4 | 5  |
| Lup1401xST   | 8 | 3,44 | ,563   | ,199  | 2,97  | 3,91  | 3 | 5  |
| Lup1002xST   | 8 | 2,88 | ,582   | ,206  | 2,39  | 3,36  | 2 | 4  |
| Lup1102xST   | 8 | 3,63 | ,518   | ,183  | 3,19  | 4,06  | 3 | 4  |
| Lup1202xST   | 8 | 6,81 | 11,013 | 3,894 | -2,39 | 16,02 | 2 | 34 |
| Lup1302xST   | 8 | 2,38 | ,443   | ,157  | 2,00  | 2,75  | 2 | 3  |
| Lup1402xST   | 8 | 3,38 | ,916   | ,324  | 2,61  | 4,14  | 2 | 5  |
| Gesamt       | 1 | 3,54 | 2,451  | ,185  | 3,18  | 3,90  | 2 | 34 |
|              | 7 |      |        |       |       |       |   |    |
|              | 6 |      |        |       |       |       |   |    |
| Messung Lup0 | 8 | 6,38 | ,443   | ,157  | 6,00  | 6,75  | 6 | 7  |
| 3 LupChem    | 8 | 5,69 | 1,193  | ,422  | 4,69  | 6,69  | 5 | 8  |
| Lup1001xWes  | 8 | 4,94 | 1,084  | ,383  | 4,03  | 5,84  | 4 | 7  |
| Lup1101xWes  | 8 | 6,69 | 1,033  | ,365  | 5,82  | 7,55  | 6 | 9  |
| Lup1201xWes  | 8 | 6,63 | ,694   | ,245  | 6,04  | 7,21  | 5 | 7  |
| Lup1301xWes  | 8 | 5,81 | ,530   | ,188  | 5,37  | 6,26  | 5 | 7  |
| Lup1401xWes  | 8 | 6,13 | ,354   | ,125  | 5,83  | 6,42  | 6 | 7  |
| Lup1002xWes  | 8 | 4,94 | 1,348  | ,477  | 3,81  | 6,06  | 3 | 7  |
| Lup1102xWes  | 8 | 6,00 | 1,134  | ,401  | 5,05  | 6,95  | 4 | 7  |
| Lup1202xWes  | 8 | 5,75 | ,802   | ,283  | 5,08  | 6,42  | 5 | 7  |
| Lup1302xWes  | 8 | 6,31 | ,884   | ,313  | 5,57  | 7,05  | 5 | 8  |
| Lup1402xWes  | 8 | 6,38 | 1,302  | ,460  | 5,29  | 7,46  | 5 | 9  |
| Lup1001xST   | 8 | 6,50 | ,756   | ,267  | 5,87  | 7,13  | 6 | 8  |
| Lup1101xST   | 8 | 5,75 | ,845   | ,299  | 5,04  | 6,46  | 4 | 7  |
| Lup1201xST   | 8 | 5,56 | ,776   | ,274  | 4,91  | 6,21  | 4 | 7  |
| Lup1301xST   | 8 | 6,56 | ,678   | ,240  | 6,00  | 7,13  | 5 | 7  |
| Lup1401xST   | 8 | 5,88 | ,582   | ,206  | 5,39  | 6,36  | 5 | 7  |
| Lup1002xST   | 8 | 5,88 | 1,061  | ,375  | 4,99  | 6,76  | 5 | 7  |
| Lup1102xST   | 8 | 6,50 | ,756   | ,267  | 5,87  | 7,13  | 6 | 8  |
| Lup1202xST   | 8 | 5,94 | 1,522  | ,538  | 4,66  | 7,21  | 4 | 8  |
| Lup1302xST   | 8 | 5,25 | ,535   | ,189  | 4,80  | 5,70  | 5 | 6  |
| Lup1402xST   | 8 | 5,81 | 1,132  | ,400  | 4,87  | 6,76  | 4 | 8  |

|   |              |   |      |       |      |      |      |   |    |
|---|--------------|---|------|-------|------|------|------|---|----|
|   | Gesamt       | 1 | 5,97 | 1,008 | ,076 | 5,82 | 6,12 | 3 | 9  |
|   |              | 7 |      |       |      |      |      |   |    |
|   |              | 6 |      |       |      |      |      |   |    |
|   | Messung Lup0 | 8 | 6,50 | ,378  | ,134 | 6,18 | 6,82 | 6 | 7  |
| 4 | LupChem      | 8 | 6,25 | 1,000 | ,354 | 5,41 | 7,09 | 5 | 8  |
|   | Lup1001xWes  | 8 | 5,69 | 1,252 | ,443 | 4,64 | 6,73 | 4 | 7  |
|   | Lup1101xWes  | 8 | 6,81 | 1,033 | ,365 | 5,95 | 7,68 | 6 | 9  |
|   | Lup1201xWes  | 8 | 6,63 | 1,126 | ,398 | 5,68 | 7,57 | 5 | 8  |
|   | Lup1301xWes  | 8 | 6,13 | ,518  | ,183 | 5,69 | 6,56 | 6 | 7  |
|   | Lup1401xWes  | 8 | 6,50 | 1,000 | ,354 | 5,66 | 7,34 | 5 | 8  |
|   | Lup1002xWes  | 8 | 6,00 | ,964  | ,341 | 5,19 | 6,81 | 5 | 7  |
|   | Lup1102xWes  | 8 | 6,56 | 1,208 | ,427 | 5,55 | 7,57 | 5 | 8  |
|   | Lup1202xWes  | 8 | 5,56 | 1,321 | ,467 | 4,46 | 6,67 | 4 | 7  |
|   | Lup1302xWes  | 8 | 6,94 | ,623  | ,220 | 6,42 | 7,46 | 6 | 8  |
|   | Lup1402xWes  | 8 | 7,13 | 1,126 | ,398 | 6,18 | 8,07 | 6 | 10 |
|   | Lup1001xST   | 8 | 6,94 | ,563  | ,199 | 6,47 | 7,41 | 6 | 8  |
|   | Lup1101xST   | 8 | 5,63 | ,876  | ,310 | 4,89 | 6,36 | 4 | 7  |
|   | Lup1201xST   | 8 | 5,94 | ,623  | ,220 | 5,42 | 6,46 | 5 | 7  |
|   | Lup1301xST   | 8 | 6,69 | ,530  | ,187 | 6,24 | 7,13 | 6 | 7  |
|   | Lup1401xST   | 8 | 6,25 | ,655  | ,231 | 5,70 | 6,80 | 5 | 7  |
|   | Lup1002xST   | 8 | 6,44 | ,863  | ,305 | 5,72 | 7,16 | 5 | 7  |
|   | Lup1102xST   | 8 | 6,94 | ,678  | ,240 | 6,37 | 7,50 | 6 | 8  |
|   | Lup1202xST   | 8 | 6,38 | 1,217 | ,430 | 5,36 | 7,39 | 5 | 8  |
|   | Lup1302xST   | 8 | 5,50 | ,756  | ,267 | 4,87 | 6,13 | 4 | 7  |
|   | Lup1402xST   | 8 | 6,25 | ,964  | ,341 | 5,44 | 7,06 | 5 | 8  |
|   | Gesamt       | 1 | 6,35 | ,979  | ,074 | 6,20 | 6,49 | 4 | 10 |
|   |              | 7 |      |       |      |      |      |   |    |
|   |              | 6 |      |       |      |      |      |   |    |
|   | Messung Lup0 | 8 | 6,94 | ,496  | ,175 | 6,52 | 7,35 | 6 | 8  |
| 5 | LupChem      | 8 | 6,81 | ,843  | ,298 | 6,11 | 7,52 | 6 | 9  |
|   | Lup1001xWes  | 8 | 5,94 | 1,237 | ,438 | 4,90 | 6,97 | 4 | 8  |
|   | Lup1101xWes  | 8 | 7,31 | ,530  | ,187 | 6,87 | 7,76 | 7 | 8  |
|   | Lup1201xWes  | 8 | 6,81 | ,651  | ,230 | 6,27 | 7,36 | 6 | 8  |
|   | Lup1301xWes  | 8 | 6,63 | ,443  | ,157 | 6,25 | 7,00 | 6 | 8  |
|   | Lup1401xWes  | 8 | 6,75 | ,267  | ,094 | 6,53 | 6,97 | 7 | 7  |
|   | Lup1002xWes  | 8 | 6,69 | ,372  | ,132 | 6,38 | 7,00 | 6 | 7  |
|   | Lup1102xWes  | 8 | 7,25 | ,964  | ,341 | 6,44 | 8,06 | 6 | 9  |
|   | Lup1202xWes  | 8 | 6,81 | ,843  | ,298 | 6,11 | 7,52 | 6 | 8  |
|   | Lup1302xWes  | 8 | 7,50 | ,267  | ,094 | 7,28 | 7,72 | 7 | 8  |
|   | Lup1402xWes  | 8 | 6,81 | ,843  | ,298 | 6,11 | 7,52 | 6 | 9  |
|   | Lup1001xST   | 8 | 6,50 | ,926  | ,327 | 5,73 | 7,27 | 5 | 8  |

|              |   |      |       |      |      |      |   |    |
|--------------|---|------|-------|------|------|------|---|----|
| Lup1101xST   | 8 | 6,63 | ,744  | ,263 | 6,00 | 7,25 | 5 | 7  |
| Lup1201xST   | 8 | 6,38 | ,744  | ,263 | 5,75 | 7,00 | 6 | 8  |
| Lup1301xST   | 8 | 6,63 | ,443  | ,157 | 6,25 | 7,00 | 6 | 7  |
| Lup1401xST   | 8 | 6,63 | ,354  | ,125 | 6,33 | 6,92 | 6 | 7  |
| Lup1002xST   | 8 | 6,75 | ,267  | ,094 | 6,53 | 6,97 | 7 | 7  |
| Lup1102xST   | 8 | 7,38 | ,582  | ,206 | 6,89 | 7,86 | 6 | 8  |
| Lup1202xST   | 8 | 7,06 | ,980  | ,346 | 6,24 | 7,88 | 6 | 8  |
| Lup1302xST   | 8 | 6,06 | ,563  | ,199 | 5,59 | 6,53 | 5 | 7  |
| Lup1402xST   | 8 | 7,00 | ,756  | ,267 | 6,37 | 7,63 | 6 | 8  |
| Gesamt       | 1 | 6,78 | ,751  | ,057 | 6,67 | 6,90 | 4 | 9  |
|              | 7 |      |       |      |      |      |   |    |
|              | 6 |      |       |      |      |      |   |    |
| Messung Lup0 | 8 | 7,13 | ,443  | ,157 | 6,75 | 7,50 | 7 | 8  |
| 6 LupChem    | 8 | 6,50 | ,598  | ,211 | 6,00 | 7,00 | 6 | 8  |
| Lup1001xWes  | 8 | 6,13 | ,791  | ,280 | 5,46 | 6,79 | 5 | 7  |
| Lup1101xWes  | 8 | 7,38 | 1,217 | ,430 | 6,36 | 8,39 | 6 | 10 |
| Lup1201xWes  | 8 | 6,75 | ,707  | ,250 | 6,16 | 7,34 | 6 | 8  |
| Lup1301xWes  | 8 | 6,38 | ,354  | ,125 | 6,08 | 6,67 | 6 | 7  |
| Lup1401xWes  | 8 | 6,81 | ,458  | ,162 | 6,43 | 7,20 | 6 | 8  |
| Lup1002xWes  | 8 | 6,75 | ,463  | ,164 | 6,36 | 7,14 | 6 | 8  |
| Lup1102xWes  | 8 | 7,19 | ,961  | ,340 | 6,38 | 7,99 | 5 | 8  |
| Lup1202xWes  | 8 | 6,88 | ,443  | ,157 | 6,50 | 7,25 | 7 | 8  |
| Lup1302xWes  | 8 | 7,44 | ,320  | ,113 | 7,17 | 7,71 | 7 | 8  |
| Lup1402xWes  | 8 | 7,19 | ,594  | ,210 | 6,69 | 7,68 | 6 | 8  |
| Lup1001xST   | 8 | 6,63 | ,876  | ,310 | 5,89 | 7,36 | 5 | 8  |
| Lup1101xST   | 8 | 6,75 | ,463  | ,164 | 6,36 | 7,14 | 6 | 8  |
| Lup1201xST   | 8 | 6,81 | ,704  | ,249 | 6,22 | 7,40 | 6 | 8  |
| Lup1301xST   | 8 | 7,00 | ,535  | ,189 | 6,55 | 7,45 | 6 | 8  |
| Lup1401xST   | 8 | 6,63 | ,354  | ,125 | 6,33 | 6,92 | 6 | 7  |
| Lup1002xST   | 8 | 6,56 | ,563  | ,199 | 6,09 | 7,03 | 6 | 8  |
| Lup1102xST   | 8 | 6,94 | ,678  | ,240 | 6,37 | 7,50 | 6 | 8  |
| Lup1202xST   | 8 | 6,63 | ,641  | ,227 | 6,09 | 7,16 | 6 | 8  |
| Lup1302xST   | 8 | 6,63 | ,582  | ,206 | 6,14 | 7,11 | 6 | 8  |
| Lup1402xST   | 8 | 6,75 | ,707  | ,250 | 6,16 | 7,34 | 6 | 8  |
| Gesamt       | 1 | 6,81 | ,682  | ,051 | 6,71 | 6,91 | 5 | 10 |
|              | 7 |      |       |      |      |      |   |    |
|              | 6 |      |       |      |      |      |   |    |

- SNK-Test Wachtstumslängen

ONEWAY ANOVA

| Erbse    |                       | Quadratsumme | df  | Mittel der Quadrate | F     | Signifikanz |
|----------|-----------------------|--------------|-----|---------------------|-------|-------------|
| Messung1 | Zwischen den Gruppen  | 95,900       | 21  | 4,567               | 6,482 | ,000        |
|          | Innerhalb der Gruppen | 107,795      | 153 | ,705                |       |             |
|          | Gesamt                | 203,694      | 174 |                     |       |             |
| Messung2 | Zwischen den Gruppen  | 93,852       | 21  | 4,469               | 4,598 | ,000        |
|          | Innerhalb der Gruppen | 149,688      | 154 | ,972                |       |             |
|          | Gesamt                | 243,540      | 175 |                     |       |             |
| Messung3 | Zwischen den Gruppen  | 89,420       | 21  | 4,258               | 3,604 | ,000        |
|          | Innerhalb der Gruppen | 181,938      | 154 | 1,181               |       |             |
|          | Gesamt                | 271,358      | 175 |                     |       |             |
| Messung4 | Zwischen den Gruppen  | 87,064       | 21  | 4,146               | 2,689 | ,000        |
|          | Innerhalb der Gruppen | 237,416      | 154 | 1,542               |       |             |
|          | Gesamt                | 324,480      | 175 |                     |       |             |
| Messung5 | Zwischen den Gruppen  | 62,915       | 21  | 2,996               | 1,957 | ,011        |
|          | Innerhalb der Gruppen | 235,813      | 154 | 1,531               |       |             |
|          | Gesamt                | 298,727      | 175 |                     |       |             |
| Messung6 | Zwischen den Gruppen  | 153,233      | 21  | 7,297               | 3,065 | ,000        |
|          | Innerhalb der Gruppen | 366,625      | 154 | 2,381               |       |             |
|          | Gesamt                | 519,858      | 175 |                     |       |             |

**Messung1**

|  |             | N | Untergruppe für Alpha = 0.05. |      |      |      |      |   |  |
|--|-------------|---|-------------------------------|------|------|------|------|---|--|
| Variante                                     |             |   | 1                             | 2    | 3    | 4    | 5    | 6 |  |
| Student-Newman-Keuls-Prozedur <sup>a,b</sup> | Erb1001xWes | 8 | 2,38                          |      |      |      |      |   |  |
|  | Erb1202xWes | 8 | 2,75                          | 2,75 |      |      |      |   |  |
|  | Erb1302xWes | 8 | 2,81                          | 2,81 |      |      |      |   |  |
|  | Erb1401xST  | 8 | 2,88                          | 2,88 |      |      |      |   |  |
|  | ErbChem     | 8 | 3,06                          | 3,06 | 3,06 |      |      |   |  |
|  | Erb1402xWes | 8 | 3,06                          | 3,06 | 3,06 |      |      |   |  |
|  | Erb1402xST  | 8 | 3,13                          | 3,13 | 3,13 |      |      |   |  |
|  | Erb0        | 8 | 3,19                          | 3,19 | 3,19 |      |      |   |  |
|  | Erb1002xWes | 8 | 3,31                          | 3,31 | 3,31 | 3,31 |      |   |  |
|  | Erb1102xST  | 8 | 3,38                          | 3,38 | 3,38 | 3,38 |      |   |  |
|  | Erb1002xST  | 8 | 3,56                          | 3,56 | 3,56 | 3,56 |      |   |  |
|  | Erb1201xWes | 8 | 3,75                          | 3,75 | 3,75 | 3,75 | 3,75 |   |  |
|  | Erb1301xST  | 8 | 3,75                          | 3,75 | 3,75 | 3,75 | 3,75 |   |  |
|  | Erb1202xST  | 8 | 3,75                          | 3,75 | 3,75 | 3,75 | 3,75 |   |  |
|  | Erb1102xWes | 8 |                               | 4,06 | 4,06 | 4,06 | 4,06 |   |  |
|  | Erb1301xWes | 8 |                               | 4,13 | 4,13 | 4,13 | 4,13 |   |  |
|  | Erb1302xST  | 8 |                               | 4,13 | 4,13 | 4,13 | 4,13 |   |  |
|  | Erb1001xST  | 7 |                               |      | 4,36 | 4,36 | 4,36 |   |  |
|  | Erb1401xWes | 8 |                               |      | 4,50 | 4,50 | 4,50 |   |  |
|  | Erb1101xWes | 8 |                               |      |      | 4,69 | 4,69 |   |  |
| Erb1101xST                                   | 8           |   |                               |      |      | 5,06 |      |   |  |
| Erb1201xST                                   | 8           |   |                               |      |      | 5,06 |      |   |  |
| Signifikanz                                  |             |   | ,075                          | ,093 | ,055 | ,058 | ,076 |   |  |



Messung2

|  |             | Untergruppe für Alpha = 0.05. |      |      |      |      |      |      |
|--|-------------|-------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| Variante                                   | N           | 1                             | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    |      |
| Student-Newman-Keuls-Prozedur <sup>a</sup> | Erb1302xWes | 8                             | 3,75 |      |      |      |      |      |
|  | Erb1402xWes | 8                             | 3,88 | 3,88 |      |      |      |      |
|  | Erb1202xWes | 8                             | 3,94 | 3,94 | 3,94 |      |      |      |
|  | Erb1202xST  | 8                             | 3,94 | 3,94 | 3,94 |      |      |      |
|  | Erb1001xWes | 8                             | 4,06 | 4,06 | 4,06 |      |      |      |
|  | Erb1102xST  | 8                             | 4,25 | 4,25 | 4,25 | 4,25 |      |      |
|  | Erb1301xST  | 8                             | 4,44 | 4,44 | 4,44 | 4,44 | 4,44 |      |
|  | ErbChem     | 8                             | 4,75 | 4,75 | 4,75 | 4,75 | 4,75 | 4,75 |
|  | Erb1002xWes | 8                             | 4,75 | 4,75 | 4,75 | 4,75 | 4,75 | 4,75 |
|  | Erb1001xST  | 8                             | 4,88 | 4,88 | 4,88 | 4,88 | 4,88 | 4,88 |
|  | Erb1401xST  | 8                             | 4,88 | 4,88 | 4,88 | 4,88 | 4,88 | 4,88 |
|  | Erb0        | 8                             | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
|  | Erb1402xST  | 8                             | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 5,00 |
|  | Erb1102xWes | 8                             | 5,06 | 5,06 | 5,06 | 5,06 | 5,06 | 5,06 |
|  | Erb1201xWes | 8                             | 5,38 | 5,38 | 5,38 | 5,38 | 5,38 | 5,38 |
|  | Erb1002xST  | 8                             | 5,38 | 5,38 | 5,38 | 5,38 | 5,38 | 5,38 |
|  | Erb1302xST  | 8                             |      | 5,56 | 5,56 | 5,56 | 5,56 | 5,56 |
|  | Erb1401xWes | 8                             |      |      | 5,63 | 5,63 | 5,63 | 5,63 |
|  | Erb1101xST  | 8                             |      |      |      | 5,81 | 5,81 | 5,81 |
|  | Erb1201xST  | 8                             |      |      |      | 5,81 | 5,81 | 5,81 |
| Erb1101xWes                                | 8           |                               |      |      |      | 6,06 | 6,06 |      |
| Erb1301xWes                                | 8           |                               |      |      |      |      | 6,19 |      |
| Signifikanz                                |             | ,085                          | ,060 | ,060 | ,108 | ,077 | ,201 |      |

Messung3

|  |             | N | Untergruppe für Alpha = 0.05. |      |      |   |
|--|-------------|---|-------------------------------|------|------|---|
| Variante                                   |             |   | 1                             | 2    | 3    | 4 |
| Student-Newman-Keuls-Prozedur <sup>a</sup> | Erb1001xWes | 8 | 4,38                          |      |      |   |
|  | Erb1402xWes | 8 | 4,38                          |      |      |   |
|  | Erb1001xST  | 8 | 4,44                          |      |      |   |
|  | Erb1202xWes | 8 | 4,63                          | 4,63 |      |   |
|  | Erb1202xST  | 8 | 4,88                          | 4,88 | 4,88 |   |
|  | Erb1102xST  | 8 | 5,06                          | 5,06 | 5,06 |   |
|  | ErbChem     | 8 | 5,13                          | 5,13 | 5,13 |   |
|  | Erb1002xWes | 8 | 5,13                          | 5,13 | 5,13 |   |
|  | Erb1302xWes | 8 | 5,13                          | 5,13 | 5,13 |   |
|  | Erb1401xST  | 8 | 5,13                          | 5,13 | 5,13 |   |
|  | Erb1301xST  | 8 | 5,19                          | 5,19 | 5,19 |   |
|  | Erb1402xST  | 8 | 5,31                          | 5,31 | 5,31 |   |
|  | Erb0        | 8 | 5,56                          | 5,56 | 5,56 |   |
|  | Erb1102xWes | 8 | 5,88                          | 5,88 | 5,88 |   |
|  | Erb1302xST  | 8 | 5,88                          | 5,88 | 5,88 |   |
|  | Erb1201xST  | 8 | 6,00                          | 6,00 | 6,00 |   |
|  | Erb1201xWes | 8 | 6,13                          | 6,13 | 6,13 |   |
|  | Erb1401xWes | 8 | 6,19                          | 6,19 | 6,19 |   |
|  | Erb1101xST  | 8 |                               | 6,38 | 6,38 |   |
|  | Erb1002xST  | 8 |                               | 6,38 | 6,38 |   |
| Erb1301xWes                                | 8           |   | 6,50                          | 6,50 |      |   |
| Erb1101xWes                                | 8           |   |                               | 6,75 |      |   |
| Signifikanz                                |             |   | ,093                          | ,067 | ,067 |   |

Messung4

|  |             | N | Untergruppe für Alpha = 0.05. |      |      |      |
|--|-------------|---|-------------------------------|------|------|------|
| Variante                                       |             |   | 1                             | 2    | 3    | 4    |
| Student-Newman-Keuls-<br>Prozedur <sup>a</sup> | Erb1001xWes | 8 | 4,88                          |      |      |      |
|  | Erb1202xST  | 8 | 5,13                          | 5,13 |      |      |
|  | Erb1302xWes | 8 | 5,19                          | 5,19 | 5,19 |      |
|  | Erb1002xWes | 8 | 5,81                          | 5,81 | 5,81 | 5,81 |
|  | Erb1001xST  | 8 | 5,94                          | 5,94 | 5,94 | 5,94 |
|  | Erb1401xST  | 8 | 5,94                          | 5,94 | 5,94 | 5,94 |
|  | Erb1402xST  | 8 | 6,00                          | 6,00 | 6,00 | 6,00 |
|  | Erb1402xWes | 8 | 6,06                          | 6,06 | 6,06 | 6,06 |
|  | ErbChem     | 8 | 6,13                          | 6,13 | 6,13 | 6,13 |
|  | Erb0        | 8 | 6,25                          | 6,25 | 6,25 | 6,25 |
|  | Erb1202xWes | 8 | 6,25                          | 6,25 | 6,25 | 6,25 |
|  | Erb1301xST  | 8 | 6,31                          | 6,31 | 6,31 | 6,31 |
|  | Erb1201xST  | 8 | 6,38                          | 6,38 | 6,38 | 6,38 |
|  | Erb1401xWes | 8 | 6,50                          | 6,50 | 6,50 | 6,50 |
|  | Erb1101xWes | 8 | 6,69                          | 6,69 | 6,69 | 6,69 |
|  | Erb1102xWes | 8 | 6,69                          | 6,69 | 6,69 | 6,69 |
|  | Erb1002xST  | 8 | 6,75                          | 6,75 | 6,75 | 6,75 |
|  | Erb1302xST  | 8 | 6,81                          | 6,81 | 6,81 | 6,81 |
|  | Erb1101xST  | 8 | 6,88                          | 6,88 | 6,88 | 6,88 |
|  | Erb1102xST  | 8 |                               | 7,29 | 7,29 | 7,29 |
| Erb1301xWes                                    | 8           |   |                               | 7,38 | 7,38 |      |
| Erb1201xWes                                    | 8           |   |                               |      | 7,81 |      |
| Signifikanz                                    |             |   | ,136                          | ,066 | ,059 | ,136 |

Messung5

|  | Variante    | N | Untergruppe für Alpha = 0.05. |      |
|--|-------------|---|-------------------------------|------|
|  |             |   | 1                             | 2    |
| Student-Newman-Keuls-<br>Prozedur <sup>a</sup> | Erb1001xWes | 8 | 5,75                          |      |
|  | Erb1402xWes | 8 | 6,63                          | 6,63 |
|  | Erb1002xWes | 8 | 6,75                          | 6,75 |
|  | Erb1302xWes | 8 | 6,88                          | 6,88 |
|  | Erb1202xST  | 8 | 6,88                          | 6,88 |
|  | Erb1402xST  | 8 | 6,94                          | 6,94 |
|  | Erb1301xST  | 8 | 7,06                          | 7,06 |
|  | ErbChem     | 8 | 7,13                          | 7,13 |
|  | Erb1202xWes | 8 | 7,13                          | 7,13 |
|  | Erb1302xST  | 8 | 7,25                          | 7,25 |
|  | Erb1401xST  | 8 | 7,31                          | 7,31 |
|  | Erb1101xST  | 8 | 7,38                          | 7,38 |
|  | Erb1102xST  | 8 | 7,38                          | 7,38 |
|  | Erb1102xWes | 8 | 7,75                          | 7,75 |
|  | Erb1201xWes | 8 | 7,81                          | 7,81 |
|  | Erb1401xWes | 8 | 7,81                          | 7,81 |
|  | Erb1001xST  | 8 | 7,81                          | 7,81 |
|  | Erb0        | 8 | 7,88                          | 7,88 |
|  | Erb1002xST  | 8 | 7,88                          | 7,88 |
|  | Erb1301xWes | 8 |                               | 8,13 |
| Erb1201xST                                     | 8           |   | 8,13                          |      |
| Erb1101xWes                                    | 8           |   | 8,38                          |      |
| Signifikanz                                    |             |   | ,076                          | ,367 |

Messung6

|  |             | N | Untergruppe für Alpha = 0.05. |      |      |
|--|-------------|---|-------------------------------|------|------|
| Variante                                   |             |   | 1                             | 2    | 3    |
| Student-Newman-Keuls-Prozedur <sup>a</sup> | Erb1402xWes | 8 | 6,63                          |      |      |
|  | Erb1302xWes | 8 | 6,88                          | 6,88 |      |
|  | ErbChem     | 8 | 7,13                          | 7,13 | 7,13 |
|  | Erb1001xWes | 8 | 7,19                          | 7,19 | 7,19 |
|  | Erb1202xST  | 8 | 7,44                          | 7,44 | 7,44 |
|  | Erb1402xST  | 8 | 7,88                          | 7,88 | 7,88 |
|  | Erb1201xST  | 8 | 8,06                          | 8,06 | 8,06 |
|  | Erb1401xST  | 8 | 8,13                          | 8,13 | 8,13 |
|  | Erb1202xWes | 8 | 8,31                          | 8,31 | 8,31 |
|  | Erb0        | 8 | 8,44                          | 8,44 | 8,44 |
|  | Erb1002xWes | 8 | 8,44                          | 8,44 | 8,44 |
|  | Erb1102xST  | 8 | 8,44                          | 8,44 | 8,44 |
|  | Erb1301xST  | 8 | 8,50                          | 8,50 | 8,50 |
|  | Erb1302xST  | 8 | 8,50                          | 8,50 | 8,50 |
|  | Erb1001xST  | 8 | 8,56                          | 8,56 | 8,56 |
|  | Erb1102xWes | 8 | 8,69                          | 8,69 | 8,69 |
|  | Erb1101xST  | 8 | 9,25                          | 9,25 | 9,25 |
|  | Erb1002xST  | 8 |                               | 9,56 | 9,56 |
|  | Erb1201xWes | 8 |                               |      | 9,63 |
|  | Erb1401xWes | 8 |                               |      | 9,69 |
| Erb1101xWes                                | 8           |   |                               | 9,75 |      |
| Erb1301xWes                                | 8           |   |                               | 9,81 |      |
| Signifikanz                                |             |   | ,070                          | ,055 | ,072 |

**ONEWAY ANOVA**

| Lupine   |                       | Quadratsumme | df  | Mittel der Quadrate | F     | Signifikanz |
|----------|-----------------------|--------------|-----|---------------------|-------|-------------|
| Messung1 | Zwischen den Gruppen  | 21,119       | 21  | 1,006               | 4,711 | ,000        |
|          | Innerhalb der Gruppen | 32,875       | 154 | ,213                |       |             |
|          | Gesamt                | 53,994       | 175 |                     |       |             |
| Messung2 | Zwischen den Gruppen  | 127,784      | 21  | 6,085               | 1,014 | ,450        |
|          | Innerhalb der Gruppen | 923,938      | 154 | 6,000               |       |             |
|          | Gesamt                | 1051,722     | 175 |                     |       |             |
| Messung3 | Zwischen den Gruppen  | 43,108       | 21  | 2,053               | 2,347 | ,002        |
|          | Innerhalb der Gruppen | 134,688      | 154 | ,875                |       |             |
|          | Gesamt                | 177,795      | 175 |                     |       |             |
| Messung4 | Zwischen den Gruppen  | 38,545       | 21  | 1,835               | 2,186 | ,004        |
|          | Innerhalb der Gruppen | 129,313      | 154 | ,840                |       |             |
|          | Gesamt                | 167,858      | 175 |                     |       |             |
| Messung5 | Zwischen den Gruppen  | 24,858       | 21  | 1,184               | 2,465 | ,001        |
|          | Innerhalb der Gruppen | 73,938       | 154 | ,480                |       |             |
|          | Gesamt                | 98,795       | 175 |                     |       |             |
| Messung6 | Zwischen den Gruppen  | 16,967       | 21  | ,808                | 1,932 | ,012        |
|          | Innerhalb der Gruppen | 64,406       | 154 | ,418                |       |             |
|          | Gesamt                | 81,374       | 175 |                     |       |             |

**Messung1**

|  |             | N | Untergruppe für Alpha = 0.05. |      |      |      |
|--|-------------|---|-------------------------------|------|------|------|
|  |             |   | 1                             | 2    | 3    | 4    |
| Student-Newman-Keuls-<br>Prozedur <sup>a</sup> | Lup1302xST  | 8 | 1,31                          |      |      |      |
|  | Lup1201xST  | 8 | 1,44                          | 1,44 |      |      |
|  | Lup1002xWes | 8 | 1,63                          | 1,63 | 1,63 |      |
|  | LupChem     | 8 | 1,75                          | 1,75 | 1,75 |      |
|  | Lup1101xST  | 8 | 1,75                          | 1,75 | 1,75 |      |
|  | Lup1301xWes | 8 | 1,88                          | 1,88 | 1,88 | 1,88 |
|  | Lup1001xWes | 8 |                               | 2,13 | 2,13 | 2,13 |
|  | Lup1102xWes | 8 |                               | 2,13 | 2,13 | 2,13 |
|  | Lup1402xST  | 8 |                               | 2,13 | 2,13 | 2,13 |
|  | Lup1202xWes | 8 |                               |      | 2,19 | 2,19 |
|  | Lup1201xWes | 8 |                               |      | 2,25 | 2,25 |
|  | Lup1402xWes | 8 |                               |      | 2,25 | 2,25 |
|  | Lup1001xST  | 8 |                               |      | 2,25 | 2,25 |
|  | Lup1401xST  | 8 |                               |      | 2,25 | 2,25 |
|  | Lup1002xST  | 8 |                               |      | 2,25 | 2,25 |
|  | Lup0        | 8 |                               |      | 2,31 | 2,31 |
|  | Lup1401xWes | 8 |                               |      | 2,31 | 2,31 |
|  | Lup1202xST  | 8 |                               |      | 2,31 | 2,31 |
|  | Lup1102xST  | 8 |                               |      | 2,38 | 2,38 |
|  | Lup1101xWes | 8 |                               |      | 2,44 | 2,44 |
| Lup1302xWes                                    | 8           |   |                               |      | 2,63 |      |
| Lup1301xST                                     | 8           |   |                               |      | 2,69 |      |
| Signifikanz                                    |             |   | ,151                          | ,065 | ,055 | ,050 |

## Messung2

|  | Variante    | N | Untergruppe für Alpha<br>= 0.05. |      |
|--|-------------|---|----------------------------------|------|
|  |             |   | 1                                |      |
| Student-Newman-Keuls-Prozedur <sup>a</sup> | Lup1302xST  | 8 |                                  | 2,38 |
|  | Lup1201xST  | 8 |                                  | 2,81 |
|  | Lup1202xWes | 8 |                                  | 2,88 |
|  | Lup1002xST  | 8 |                                  | 2,88 |
|  | Lup1002xWes | 8 |                                  | 2,94 |
|  | Lup1101xST  | 8 |                                  | 3,00 |
|  | Lup1001xWes | 8 |                                  | 3,06 |
|  | Lup1301xWes | 8 |                                  | 3,06 |
|  | Lup1402xWes | 8 |                                  | 3,31 |
|  | Lup1402xST  | 8 |                                  | 3,38 |
|  | Lup1401xST  | 8 |                                  | 3,44 |
|  | Lup0        | 8 |                                  | 3,50 |
|  | Lup1201xWes | 8 |                                  | 3,50 |
|  | Lup1102xWes | 8 |                                  | 3,50 |
|  | LupChem     | 8 |                                  | 3,63 |
|  | Lup1102xST  | 8 |                                  | 3,63 |
|  | Lup1401xWes | 8 |                                  | 3,94 |
|  | Lup1101xWes | 8 |                                  | 4,00 |
|  | Lup1302xWes | 8 |                                  | 4,00 |
|  | Lup1001xST  | 8 |                                  | 4,06 |
| Lup1301xST                                 | 8           |   | 4,19                             |      |
| Lup1202xST                                 | 8           |   | 6,81                             |      |
| Signifikanz                                |             |   |                                  | ,056 |

### Messung3



|  | Variante    | N    | Untergruppe für Alpha = 0.05. |      |
|--|-------------|------|-------------------------------|------|
|  |             |      | 1                             | 2    |
| Student-Newman-Keuls-<br>Prozedur <sup>a</sup> | Lup1001xWes | 8    | 4,94                          |      |
|  | Lup1002xWes | 8    | 4,94                          |      |
|  | Lup1302xST  | 8    | 5,25                          | 5,25 |
|  | Lup1201xST  | 8    | 5,56                          | 5,56 |
|  | LupChem     | 8    | 5,69                          | 5,69 |
|  | Lup1202xWes | 8    | 5,75                          | 5,75 |
|  | Lup1101xST  | 8    | 5,75                          | 5,75 |
|  | Lup1301xWes | 8    | 5,81                          | 5,81 |
|  | Lup1402xST  | 8    | 5,81                          | 5,81 |
|  | Lup1401xST  | 8    | 5,88                          | 5,88 |
|  | Lup1002xST  | 8    | 5,88                          | 5,88 |
|  | Lup1202xST  | 8    | 5,94                          | 5,94 |
|  | Lup1102xWes | 8    | 6,00                          | 6,00 |
|  | Lup1401xWes | 8    | 6,13                          | 6,13 |
|  | Lup1302xWes | 8    | 6,31                          | 6,31 |
|  | Lup0        | 8    | 6,38                          | 6,38 |
|  | Lup1402xWes | 8    | 6,38                          | 6,38 |
|  | Lup1001xST  | 8    | 6,50                          | 6,50 |
|  | Lup1102xST  | 8    | 6,50                          | 6,50 |
|  | Lup1301xST  | 8    | 6,56                          | 6,56 |
| Lup1201xWes                                    | 8           | 6,63 | 6,63                          |      |
| Lup1101xWes                                    | 8           |      | 6,69                          |      |
| Signifikanz                                    |             |      | ,054                          | ,208 |

#### Messung4

|  | Variante    | N | Untergruppe für<br>Alpha = 0.05. |
|--|-------------|---|----------------------------------|
|  |             |   | 1                                |
| Student-Newman-Keuls-<br>Prozedur <sup>a</sup> | Lup1302xST  | 8 | 5,50                             |
|  | Lup1202xWes | 8 | 5,56                             |
|  | Lup1101xST  | 8 | 5,63                             |
|  | Lup1001xWes | 8 | 5,69                             |
|  | Lup1201xST  | 8 | 5,94                             |
|  | Lup1002xWes | 8 | 6,00                             |
|  | Lup1301xWes | 8 | 6,13                             |
|  | LupChem     | 8 | 6,25                             |
|  | Lup1401xST  | 8 | 6,25                             |
|  | Lup1402xST  | 8 | 6,25                             |
|  | Lup1202xST  | 8 | 6,38                             |
|  | Lup1002xST  | 8 | 6,44                             |
|  | Lup0        | 8 | 6,50                             |
|  | Lup1401xWes | 8 | 6,50                             |
|  | Lup1102xWes | 8 | 6,56                             |
|  | Lup1201xWes | 8 | 6,63                             |
|  | Lup1301xST  | 8 | 6,69                             |
|  | Lup1101xWes | 8 | 6,81                             |
|  | Lup1302xWes | 8 | 6,94                             |
|  | Lup1001xST  | 8 | 6,94                             |
|  | Lup1102xST  | 8 | 6,94                             |
|  | Lup1402xWes | 8 | 7,13                             |
|  | Signifikanz |   |                                  |

#### Messung5

|  | Variante    | N | Untergruppe für Alpha = 0.05. |      |      |
|--|-------------|---|-------------------------------|------|------|
|  |             |   | 1                             | 2    | 3    |
| Student-Newman-Keuls-<br>Prozedur <sup>a</sup> | Lup1001xWes | 8 | 5,94                          |      |      |
|  | Lup1302xST  | 8 | 6,06                          | 6,06 |      |
|  | Lup1201xST  | 8 | 6,38                          | 6,38 | 6,38 |
|  | Lup1001xST  | 8 | 6,50                          | 6,50 | 6,50 |
|  | Lup1301xWes | 8 | 6,63                          | 6,63 | 6,63 |
|  | Lup1101xST  | 8 | 6,63                          | 6,63 | 6,63 |
|  | Lup1301xST  | 8 | 6,63                          | 6,63 | 6,63 |
|  | Lup1401xST  | 8 | 6,63                          | 6,63 | 6,63 |
|  | Lup1002xWes | 8 | 6,69                          | 6,69 | 6,69 |
|  | Lup1401xWes | 8 | 6,75                          | 6,75 | 6,75 |
|  | Lup1002xST  | 8 | 6,75                          | 6,75 | 6,75 |
|  | LupChem     | 8 | 6,81                          | 6,81 | 6,81 |
|  | Lup1201xWes | 8 | 6,81                          | 6,81 | 6,81 |
|  | Lup1202xWes | 8 | 6,81                          | 6,81 | 6,81 |
|  | Lup1402xWes | 8 | 6,81                          | 6,81 | 6,81 |
|  | Lup0        | 8 | 6,94                          | 6,94 | 6,94 |
|  | Lup1402xST  | 8 | 7,00                          | 7,00 | 7,00 |
|  | Lup1202xST  | 8 | 7,06                          | 7,06 | 7,06 |
|  | Lup1102xWes | 8 |                               | 7,25 | 7,25 |
|  | Lup1101xWes | 8 |                               |      | 7,31 |
| Lup1102xST                                     | 8           |   |                               | 7,38 |      |
| Lup1302xWes                                    | 8           |   |                               | 7,50 |      |
| Signifikanz                                    |             |   | ,117                          | ,071 | ,137 |

### Messung6

|  | Variante    | N | Untergruppe für Alpha = 0.05. |      |
|--|-------------|---|-------------------------------|------|
|  |             |   | 1                             | 2    |
| Student-Newman-Keuls-<br>Prozedur <sup>a</sup> | Lup1001xWes | 8 | 6,13                          |      |
|  | Lup1301xWes | 8 | 6,38                          | 6,38 |
|  | LupChem     | 8 | 6,50                          | 6,50 |
|  | Lup1002xST  | 8 | 6,56                          | 6,56 |
|  | Lup1001xST  | 8 | 6,63                          | 6,63 |
|  | Lup1401xST  | 8 | 6,63                          | 6,63 |
|  | Lup1202xST  | 8 | 6,63                          | 6,63 |
|  | Lup1302xST  | 8 | 6,63                          | 6,63 |
|  | Lup1201xWes | 8 | 6,75                          | 6,75 |
|  | Lup1002xWes | 8 | 6,75                          | 6,75 |
|  | Lup1101xST  | 8 | 6,75                          | 6,75 |
|  | Lup1402xST  | 8 | 6,75                          | 6,75 |
|  | Lup1401xWes | 8 | 6,81                          | 6,81 |
|  | Lup1201xST  | 8 | 6,81                          | 6,81 |
|  | Lup1202xWes | 8 | 6,88                          | 6,88 |
|  | Lup1102xST  | 8 | 6,94                          | 6,94 |
|  | Lup1301xST  | 8 | 7,00                          | 7,00 |
|  | Lup0        | 8 | 7,13                          | 7,13 |
|  | Lup1102xWes | 8 | 7,19                          | 7,19 |
|  | Lup1402xWes | 8 | 7,19                          | 7,19 |
| Lup1101xWes                                    | 8           |   | 7,38                          |      |
| Lup1302xWes                                    | 8           |   | 7,44                          |      |
| Signifikanz                                    |             |   | ,124                          | ,133 |