Universität für Bodenkultur Wien

Die Wirksamkeit einer Heißdampfbehandlung gegen *Alternaria spp*. und *Septoria apiicola* bei Karotten- und Selleriesaatgut

MASTERARBEIT

zur Erlangung des akademischen Grades

einer Diplomingeneurin

an der Universität für Bodenkultur Wien

vorgelegt von

Karin Steinböck

betreut von

Ao.Univ.Prof.Dipl.-Ing. Dr.nat.techn. Siegrid Steinkellner

(BOKU – Institut für Pflanzenschutz)

Wien, November 2011

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich allen danken, die mich unterstützt haben bei der Erstellung meiner Masterarbeit.

An erster Stelle möchte ich meiner Betreuerin Frau *Dr. Siegrid Steinkellner* danken, die eine ganz wunderbare Betreuerin war und immer ein offenes Ohr für meine Anliegen hatte. Sie hat mir geholfen, diese Arbeit in einem für mich machbaren Tempo zu schreiben und diente mir mit vielen Ratschlägen aus ihrer Erfahrung.

Ganz besonders möchte ich mich bei meiner Familie bedanken, ohne deren tatkräftige Hilfe ich es nicht in dieser kurzen Zeit geschafft hätte, meine Arbeit fertig zu stellen. Besonderer Dank gebührt meinen *Eltern* und *Großeltern* und auch meinen Schwestern *Andrea* und *Birgit*, denn ich wusste meine Tochter *Maria* sicher behütet bei ihnen, während ich meine Untersuchungen im Labor gemacht habe.

Meinem Freund *Markus*, dem Vater meiner Tochter, möchte ich ebenfalls danken, dass er mich immer motiviert hat weiter zu machen, wenn wieder einmal gar nichts ging und Verständnis gezeigt hat für viele einsame Abende, an denen ich an meiner Arbeit schreiben musste. Auch unserer Tochter *Maria* möchte ich danken – sie hat mir gezeigt wie wunderbar es ist Mutter zu sein, und sie hat mich angespornt, mein Studium zügig zu beenden, um mich wieder voll ihr widmen zu können.

Zuletzt möchte ich auch noch meinen *Studienkolleginnen* und *–kollegen* danken, die mir mit ihren Erfahrungen geholfen haben und auch hin und wieder auf meine Tochter aufgepasst haben, damit ich meine Versuche durchführen konnte.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis I
Tabellenverzeichnis III
Zusammenfassung IV
Abstract V
1 Einleitung und Forschungsfragen 8
2 Stand der Wissenschaft 9
2.1 Historisches zur Saatgutbehandlung 9
2.2 Chemische Saatgutbehandlung 11
2.3 Physikalische Saatgutbehandlung 14
2.3.1 Elektronenbehandlung 14
2.3.2 Warm- und Heißwasserbehandlung 17
2.3.3 Heißdampfbehandlung 18
2.4 Internationale Vereinigung für Saatgutprüfung (ISTA) 21
2.5 Krankheiten an Karotte und Sellerie 22
2.5.1 *Alternaria spp*. (Dürrfleckenkrankheit) 22
2.5.2 Schwarzfäule der Karotte 25
2.5.3 *Septoria apiicola* (Blattfleckenkrankheit des Selleries) 26
3 Material und Methoden 29
3.1 Sorten 29
3.1.1 Sortenbeschreibung Karotte (*Daucus carota*) 29
3.1.2 Sortenbeschreibung Sellerie (*Apium graveolens*) 29
3.2 Tausendkorngewicht 30
3.3 Dampfbehandlung 30
3.3.1 Gerät 31
3.3.2 Funktionsprinzip 32
3.3.3 Behandlungsablauf 33
3.3.4 Varianten der Behandlung 33
3.4 Keimprüfung Karotte 34
3.5 Keimprüfung Sellerie 35
3.6 Gesundheitsprüfung Karotte 36
3.7 Gesundheitsprüfung Sellerie 37
3.7.1 Mikroskopische Kontrolle 37
3.7.2 Zählkammer Thoma neu 37

3.7.3 Versuchsanlage 39
3.8 Statistische Auswertung 40
4 Ergebnisse 41
4.1 Tausendkorngewicht 41
4.2 Keimprüfung Karotte 43
4.3 Keimprüfung Sellerie 44
4.4 Gesundheitsprüfung Karotte 46
4.5 Gesundheitsprüfung Sellerie 53
5 Diskussion 55
5.1 Keimprüfung 55
5.2 Gesundheitsprüfung 57
5.3 Empfehlungen für Verbesserungen am Heißluftbehandlungsgerät 60
5.4 Fazit 61
6 Literaturverzeichnis 63

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Durchschnittliches Tausendkorngewicht Karottensamen (in g). 41
Tab. 2: Durchschnittliches Tausendkorngewicht Selleriesamen (in g). 42
Tab. 3: Wirkungsgrad der Behandlung im Vergleich mit dem *Alternaria spp*. Befall vor der Behandlung. 52
Tab. 4: *Septoriabefall* der Sorte Slowenien (n=200). 53
Tab. 5: *Septoriabefall* der Sorte Lathom Self Blanching (n=200). 54

Zusammenfassung

Die EU-Richtlinie 2092/91 des Rates besagt, dass nur Saatgut aus ökologischem Landbau für die Produktion von Biogemüse verwendet werden darf. Das bringt Probleme für viele heimische Gemüseproduzenten, da es im ökologischen Landbau nur begrenzte Mengen an entsprechendem Saatgut gibt und hier die Bekämpfungsmaßnahmen für saatgutübertragbare Krankheiten eingeschränkt sind. Die chemische Saatgutbehandlung ist im ökologischen Landbau verboten, daher wurden Forschungen bezüglich Alternativen stark forciert. Zum einen wurden Saatgutbehandlungsverfahren wieder erprobt, die es bereits lange vor Einführung chemischer Wirkstoffe gab (Heißwasser-, Heißdampfbehandlung) und zum anderen wurden neue Methoden erforscht (Elektronenbehandlung, Einsatz von Mikroorganismen und Pflanzenstärkungsstoffen). In dieser Arbeit sind physikalische Saatgutbehandlungsmethoden, im Besonderen die Heißdampfbehandlung, Gegenstand der Untersuchung. Das Ziel der Arbeit war es, geeignete Behandlungsparameter für Karotten- und Selleriesaatgut zu finden und auf Basis eines selbstgebauten Heißdampfgerätes zu testen. Die Aufgabenstellung war eine Optimierung der Temperatur- und Zeiteinstellungen, ohne die Keimfähigkeit zu beeinträchtigen aber gleichzeitig die samenbürtigen Pathogene (im Speziellen *Alternaria spp.* bei Karotte und *Septoria apiicola* bei Sellerie) zu eliminieren. Das behandelte Saatgut wurde einer Keim- und Gesundheitsprüfung nach den ISTA Kriterien unterzogen. Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass bei Karotte die erfolgreichsten Behandlungsparameter 67 °C für 90 s waren. Hier wurde der beste Erfolg gegen *Alternaria* erzielt ohne die Keimfähigkeit zu beeinträchtigen. Bei Sellerie wurde die Keimfähigkeit durch steigende Temperaturen bei einer Sorte beeinträchtigt, jedoch wurde bei der anderen Sorte kein Unterschied festgestellt. Die geringste Anzahl an *Septoria* Sporen wurde bei 65 °C für 90 s und 65 °C für 120 s gefunden.

Das Fazit der Untersuchung ist, dass die Heißdampfbehandlung eine sehr wirksame physikalische Saatgutbehandlungsmethode ist, wenn Augenmerk auf die Auswahl der geeigneten Behandlungsparameter gelegt wird, um die Keimfähigkeit zu erhalten.

Abstract

According to the Council Directive 2092/91 it is necessary to use seed only from organic farming. That causes problems for many organic vegetable producers because there is only a limited scale of seed available. Furthermore the control measures for seed-borne diseases are limited. As chemical seed treatment is forbidden, there is a need for alternative seed-treatment methods. On one hand there was research work for the reuse of seed treatment methods which exist since a long time, even before chemical substances had been developed (e.g. hotwater-treatment, hot-air treatment). On the other hand there was research done for new methods (e.g. electron-beam method, use of microorganisms, agents of natural origin). In this research study the physical methods are specified, in particular the hot-air-treatment, which was part of the examination. The aim of the study was to find optimized treatment parameters for carrot and celery seed and to test them with a self-made hot-air-treatment device. A challenge was to choose the right temperature and time parameters which do not affect the germination rate of the seed and kill all the seed-borne pathogens (especially *Alternaria spp.* on carrot and *Septoria apiicola* on celery). After the treatment the seed had to pass a germination and health test, following the ISTA rules. To summarize the most successful parameters for carrot seed were 67 °C for 90 s. This treatment showed the highest success against *Alternaria* without negative influence to the germination rate. On celery the fewest *Septoria* spores were found after a treatment with 65 °C for 90 s and 65 °C for 120 s. However, depending on the cultivar, increasing temperatures had a negative effect on the germination rate.

The conclusion of the study is that hot-air treatment is an efficient physical seed treatment method, if attention is paid to the correct treatment parameters, for keeping a good germination rate.

1 Einleitung und Forschungsfragen

Die Nachfrage nach biologischem Saatgut steigt stetig, jedoch gibt es nur ein begrenztes Angebot an biologischem Gemüsesaatgut. Die Saatgutgesundheit hat eine große Bedeutung bei der Produktion von gesunden Pflanzen. Im ökologischen Landbau ist gesundes Saatgut besonders wichtig, da der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln begrenzt ist und viele Krankheiten bereits am Samen vorhanden sind. Die konventionelle Saatgutbeizung mit chemischen Mitteln ist im Biolandbau nicht erlaubt, daher muss auf Alternativen zurückgegriffen werden. Neben chemischen Methoden gibt es die physikalischen Methoden (Elektronenbehandlung, Heißwasser-, Heißdampfbehandlung) und biologische Methoden wie Einsatz von Pflanzenstärkungsmitteln, Mikroorganismen oder Resistenzinduktoren.

In der vorliegenden Arbeit wird eine Heißdampfbehandlung mit einem selbstgebautem Dampfbehandlungsgerät beschrieben. Gegenstand der Untersuchung war Karotten- und Selleriesaatgut. Das Dampfbehandlungsgerät und das Testsaatgut wurden vom Verein Arche Noah aus Schiltern zur Verfügung gestellt. Gemeinsam wurden folgende Forschungsfragen ausgearbeitet:

Forschungsfrage 1: Gibt es einen Zusammenhang zwischen dem Tausendkorngewicht einer Sorte (Samen der Hauptdolde und Nebendolde) und der Keimrate?

Forschungsfrage 2: Welche Kombination von Zeit und Temperatur ist für die Dampfbehandlung von Karotten- bzw. Selleriesaatgut geeignet, ohne die Keimfähigkeit zu beeinträchtigen?

Forschungsfrage 3: Welche Kombination von Zeit und Temperatur ist für die Dampfbehandlung von Karotten- bzw. Selleriesaatgut geeignet, um eine maximale Pathogenfreiheit der Samen zu erreichen?

2 Stand der Wissenschaft

2.1 Historisches zur Saatgutbehandlung

Die Grundlage für den Übergang von Sammlern und Jägern zur Sesshaftwerdung des Menschen bildeten erste Kenntnisse über Ackerbau und Viehzucht. Um viele Menschen ernähren zu können, war es wichtig gesunde Pflanzen zu kultivieren und möglichst viel Ertrag zu gewährleisten (REINMUTH, 1965). Die Asche von Menschenopfern, die auf das Korn gestreut wurde, sollte eine reiche Ernte sichern, wie frühe Überlieferungen von Naturvölkern berichten. Später wurde ein materialistischer Zugang zum Pflanzenbau gewählt, denn die ersten Agronomen forschten mit dem Ansatz, dass man den Ertrag steigern kann in dem man das Saatgut mit chemischen Mitteln behandelt (BUTTRESS und DENNIS, 1947). Das Wissen um Krankheiten und deren Beeinflussung auf den Ertrag der landwirtschaftlichen Nutzpflanzen hat sich erst langsam im Laufe der Zeit entwickelt. Aus der Geschichte geht hervor, dass im Gebiet des Fruchtbaren Halbmondes (Mesopotamien, Kleinasien), der Wiege der Landwirtschaft, bereits erste Symptome von Krankheiten beschrieben wurden. Auch aus anderen Ursprungsgebieten der Landwirtschaft wie z.B. Indien und China gibt es solche Nachweise. So wurde im alten Ägypten bereits Getreidebrandbefall erwähnt und aus China sind Überlieferungen über Bekämpfungsmaßnahmen gegen Schadorganismen bekannt (REINMUTH, 1965).

Zur Römerzeit wurde das Saatgut gebeizt in dem es mit einem Absud von Zypressenblättern und Urin oder Wasser behandelt wurde (BUTTRESS und DENNIS, 1947). Im Mittelalter hingegen wurde dem bis dahin erworbenen Wissen über Pflanzenschutz nur wenig hinzugefügt. Die Kenntnisse der Phytopathologie wurden erst in der Neuzeit wieder erweitert. Meilensteine waren unter anderem die Erfindung des Mikroskops, das bis dato Unsichtbares sichtbar machte, und die Entdeckung der pflanzlichen Zelle (REINMUTH, 1965).

Versuche zur Saatgutbehandlung wurden 1628 von Bacon in seinem Werk Sylva Sylvarum beschrieben. In den Versuchen wurde Weizensaatgut mit verschiedenen Mitteln gebeizt. Die Varianten waren zu drei Viertel Wasser und einem Viertel Mist (Kuh-, Pferde- oder Schweinemist). Andere Varianten enthielten Asche, Kalk oder Meersalz. In dieser Zeit wurden auch die Grundlagen der heutigen Düngung geschaffen und die Forschung nach dem universellen Salz forciert, das alle Pflanzen zum Wachsen bringt und vor Krankheiten schützt. So beschrieb der englische Agronom Jethro Tull um 1660

beispielsweise Salzlauge zum Beizen des Getreidesaatgutes gegen Brandkrankheiten (BUTTRESS und DENNIS, 1947). Die Wirkung von Salz als alleiniges Beizmittel wurde jedoch bereits damals angezweifelt, und auch 170 Jahre später schreibt LENGERKE (1831), dass Salz allein kein zuverlässiges Brandzerstörungsmittel ist. Salzlauge wurde später mit Arsen gemischt um eine höhere Wirkung gegen Getreidebrand zu erreichen. Mit dieser Mischung erzielte man gute Erfolge gegen Getreidebrand, es gab jedoch Bedenken hinsichtlich der Giftigkeit von Arsen. Das Getreide wurde daher vor der Aussaat gekalkt um überschüssiges Arsenwasser aufzusaugen, bevor es in die Hautporen der Säer eindringen konnte (BUTTRESS und DENNIS, 1947).

Der berühmte Alchemist Johann Rudolph Glauber leistete einen großen Beitrag zur Weiterentwicklung der Kenntnisse in der Landwirtschaft in dem er feststellte, dass nicht der Mist sondern das darin enthaltene Salz die Fruchtbarkeit und das Wachstum der Pflanzen fördert. Besonders Salpeter pries er als Mittel für die Samenbeize an, damit die Pflanzen gut wachsen und gedeihen können (GLAUBER, 1653). Auch das von ihm entdeckte Natriumsulfat („Glaubersalz“) hat er in Versuchen zur Bekämpfung von samenbürtigen Getreidekrankheiten eingesetzt (BÖRNER, 2009).

In den folgenden Jahrhunderten wurden viele Substanzen hinsichtlich ihrer Wirksamkeit gegen Krankheiten getestet. Vor allem den Getreidebrand wollte man bereits am Samen bekämpfen. Ein sehr wirksames Brandbekämpfungsmittel war das Kupfersulfat (Blaustein, Kupfervitriol). Eine Anleitung zur Beizung der Samen mit Kupfersulfat aus dem Jahre 1815 sah vor, dass das Kupfersulfat mit Wasser zum Kochen gebracht und dann noch heiß über das Getreide (Weizen) geleert werden musste. Das Getreide wurde dann so lange umgeschaufelt, bis das Wasser aufgenommen war. Allerdings wusste man bereits damals, dass das Kupfersulfat zwar den Brand bekämpft aber auch nachteilig auf die Keimfähigkeit wirkt (LENGERKE, 1831).

2.2 Chemische Saatgutbehandlung

Die chemische Saatgutbehandlung wird auch als „Beizung“ bezeichnet. HUBERT (1965) definiert „Beizung“ ganz allgemein als die Behandlung von Saat- und Pflanzgut gegen anhaftende oder eingedrungene Bakterien und Pilze und zählt somit auch nicht-chemische Saatgutbehandlungsmethoden dazu. Saatgutinkrustierung ist ein Teil des chemischen Beizvorganges unter der die vorbeugende, gleichmäßige Behandlung von angefeuchtetem Saatgut mit Insektiziden, als Schutz gegen Schädlinge, verstanden wird (HUBERT, 1965).

Den Beginn der chemischen Saatgutbehandlung läutete 1859 Julius Kühn ein, in dem er eine marktfähige Kupfersulfatbeize entwickelte. Das Kupfersulfat wurde lange Zeit erfolgreich als Beizmittel eingesetzt, jedoch wurde auch nach anderen Alternativen gesucht, da es durch das Kupfersulfat zu Schädigungen am Keimling kam.

1882 kam das erste Fungizid, die von Pierre Millardet entwickelte „Bordeaux-Brühe“, zum Einsatz. Hier wurde das Kupfersulfat nicht zum Samenbeizen verwendet, sondern im Verhältnis 1:1:100 mit Kalk und Wasser gemischt auf die Weinreben gesprüht um sie vor dem Erreger des Mehltaus zu schützen (KRISHNAMURTHY, 2002).

1890 wurden erstmals Quecksilberchloridlösungen zur Bekämpfung von Krankheiten eingesetzt. Die erste behandelte Kultur war die Kartoffel und später wurde auch Getreide erfolgreich mit Quecksilberchlorid behandelt. 1892 wurde Salicylsäure zur Verwendung als Beizmittel erforscht, konnte sich aus Kostengründen aber nicht durchsetzen. Die Erfahrungen mit Salicylsäure und Quecksilberchlorid bildeten die Anfänge der Organoquecksilberverbindungen. Ab 1895 wurde Formaldehyd lange Zeit zur Saatgutdesinfektion eingesetzt, dieses führte aber, wie Kupfersulfat, zu massiven Keimschäden bei Getreidesaatgut. Die Ursache für diese Keimschäden führte WESENBERG (1938) darauf zurück, dass Kupfersulfat und Formaldehyd mit dem Eiweiß des Saatgutes in Fällung gehen und dadurch der Keimling geschädigt wird. Organoquecksilberverbindungen fehlt eine solche Eigenschaft, wie Wesenberg in seinen Versuchen mit Getreide und Hülsenfrüchten aufzeigen konnte (WESENBERG, 1938). Formaldehyd wurde als Beizmittel von den stark bakterizid wirkenden, aber auch giftigen Organoquecksilber-Beizen abgelöst (MARTIN, 1967).

1914 wurde schließlich eine marktreife Organoquecksilberbeize mit einem Quecksilbergehalt von 18 % unter dem Namen „USPULUN“ von Bayer AG eingeführt. Ab diesem Zeitpunkt lag nach MARTIN (1967) die Forschung und Entwicklung dieser Beizen in kommerzieller Hand, es wurden daher nur wenige Arbeiten veröffentlicht.

Die organischen Quecksilberbeizen waren lange Zeit im Einsatz und zeigten gute Wirkung gegen Pathogene. Aufgrund der Toxizität von Quecksilber kam es in der Vergangenheit jedoch zu schweren Zwischenfällen; z.B. die Quecksilbervergiftungs-Epidemie in den 50er Jahren in Japan, die als Minamata Krankheit bezeichnet wurde. Ausgelöst wurde die Krankheit durch Quecksilber verseuchte Industrieabwässer. In den 70er Jahren kam es zu Massenvergiftungen im Irak, ausgelöst durch den Verzehr von Brot aus quecksilbergebeiztem Getreide. Quecksilber kann sich in Form von Methylquecksilber in der Nahrungskette anreichern, vor allem in Fisch. Auch in Wild (Fasanen, Feldhasen, Wildenten), das gebeiztes Getreide gefressen hatte, wurden hohe Quecksilberkonzentrationen gefunden. Quecksilberhaltige Beizen wurden 1982, ausgehend von Deutschland, verboten (DIEHL, 2000).

Weitere Entwicklungen der Beizmittel führten zu dem quecksilberfreien Hexachlorbenzol (HCB), das im Boden rund um den Samen einen „Beizhof“ bildet. HCB zählt zu den systemisch wirksamen Fungiziden, d.h. die fungiziden Stoffe wirken nicht nur am Korn sondern auch noch in den Wurzeln und den oberirdischen Teilen der Pflanze (DUBEN, 1988). Es kam vor allem gegen den Weizensteinbrand, aber auch als Desinfektionsmittel bei der Getreidelagerung zum Einsatz. Durch seine lipophilen Eigenschaften akkumuliert HCB besonders in Fettgeweben und wurde sogar in der Muttermilch nachgewiesen. Es führt in Studien zu Tumoren bei Mäusen, Ratten und Hamstern; beim Mensch ist eine kanzerogene Wirkung nicht ausgeschlossen. Der Einsatz von Hexachlorbenzol als Pflanzenschutzmittel ist EG-weit seit 1981 verboten (FIEDLER et al., 1995). Da es aber noch nicht weltweit verboten ist, wurde es bei der Stockholmer Konvention 2001 in die Liste der 12 toxischen Stoffe aufgenommen. Der Einsatz dieser Stoffe sollte dadurch stark reglementiert werden, bis hin zu einem Verbot (RICHTER und STEINHÄUSER, 2001). Seit 2004 ist die Konvention in Kraft. Pflanzenschutzmittel, zu denen auch Beizmittel gehören, bergen durch unsachgemäße Ausbringung, Akkumulation und Verlagerung (z.B. ins Grundwasser) ein großes Risiko für Lebewesen und vor allem für die Umwelt. Die Zulassung

erlangt ein neuer Wirkstoff nur, wenn er die zur Zulassung notwendigen Kriterien erfüllt, was aber nicht ausschließt, dass er nicht umweltgefährdend sein kann (KARNER et al., 2004).

Aktuell werden als fungizide Beizmittel für Karotten- und Selleriesaatgut die Wirkstoffe Thiram und Maxim XL eingesetzt (Deutsches Pflanzenschutzmittelverzeichnis, Stand 7.11.2011). In Österreich hat die Beizung von Karotten- und Selleriesaatgut durch die geringen Mengen und die hohen Zulassungskosten eines Wirkstoffes wenig Bedeutung, daher wird das gebeizte Saatgut aus Deutschland oder Holland zugekauft (persönliche Mitteilung AGES, 7.11.2011). Zudem hat in Österreich nur der Wirkstoff Maxim XL eine Zulassung (Österreichisches Pflanzenschutzmittelregister, Stand 7.11.2011). Durch die EU-Verordnung 1107/2009, über das Inverkehrbringen von Pflanzenschutzmitteln, ist jedoch festgelegt, dass Saatgut innerhalb der EU verkehrsfähig ist, auch wenn es mit Wirkstoffen behandelt wurde, die im Absatzland nicht zugelassen sind. Der verwendete Wirkstoff muss allerdings in dem Land, in dem gebeizt wurde, zugelassen sein. Damit wird die Möglichkeit von Saatgutimporten von Deutschland nach Österreich gewährleistet.

2.3 Physikalische Saatgutbehandlung

2.3.1 Elektronenbehandlung

Die Elektronenbehandlung ist eine physikalische Beizmethode, die sich der bioziden Wirkung niederenergetischer Elektronen bedient. In Deutschland ist ihr Einsatz auch im Biolandbau erlaubt (RÖDER et al., 2009). In Österreich gilt im Biolandbau die EU-Verordnung 834/2007, die besagt, dass die Verwendung von ionisierender Strahlung zur Behandlung ökologischer/biologischer Lebens- oder Futtermittel oder deren Ausgangsstoffen verboten ist.

Die Anfänge der Nutzung von Strahlung für die Sterilisation und erste Forschungen wie ionisierende, elektromagnetische Wellen eingesetzt werden können, gehen bis ins Jahr 1905 zurück. Praxisreif wurde die Elektronenbehandlung dann 1947 in Form von Hochenergie-Elektronen, die für Sterilisation von medizinischen Geräten eingesetzt wurden (JAHN et al., 2005).

In den 1980er Jahren wurde in Deutschland intensiv geforscht, wie Elektronen auch für Saatgutbehandlung eingesetzt werden können. Ein Patent über ein Verfahren zur Elektronenbehandlung von Saatgut wurde 1994 angemeldet (EP 0513135B1). Das Verfahren wird als e-ventus® Technologie bezeichnet und läuft wie folgt ab: Nachdem das zu behandelnde Saatgut gereinigt und von eventuellen Metallteilen befreit wurde, wird es vereinzelt und aufgefächert. Der so entstehende Saatgutstrom passiert beim Fließen ein Elektronenfeld, das von 2 Elektronengeneratoren erzeugt wird. Die Elektronengeneratoren funktionieren nach dem Prinzip der Fernsehbildröhre. Anders als beim Fernseher erzeugen sie kein Bild, sondern werden auf den Saatgutstrom gerichtet. Die Elektronen umlagern jedes Korn des Saatgutstroms und dringen in die oberste Samenschale ein. Durch das Auftreffen der Elektronen auf der Schale werden Molekülverbindungen zerstört und die Pathogene auf der Samenoberfläche abgetötet. Die Eindringtiefe in die Samenschale kann in einem Bereich zwischen 10 µm und 200 µm liegen und wird mit der Energiedosis gesteuert. Diese liegt zwischen 1 kGy und 15 kGy (1 Kilogray = 10^6 Ws/kg). Es entsteht durch die relativ geringe Energie von max. 70 kV keine Radioaktivität und auch der Embryo wird hierbei nicht beeinträchtigt (JAHN et al., 2005 und GOLDSTEIN, 1998).

Die Elektronenbestrahlung, die zur Sterilisation von Lebensmitteln eingesetzt wird, arbeitet mit Energien über 500 eV (Elektronenvolt) und ist daher zu Elektronen-Behandlung nicht vorgesehen, da sie den Keimling zerstören würde (RÖDER und SCHRÖDER, 1998).

Erste Versuche mit elektronenbehandeltem Getreide wurden 1991 durchgeführt. Zur Ermittlung der richtigen Energiedosis für die Behandlung wurden verschiedene Energiestärken getestet. Die Energiestärke muss im mittleren Bereich liegen, denn zu geringe Energiedosen zeigten keine ausreichend fungizide Wirkung und zu hohe Energiedosen führten zu phänotypischen Veränderungen an den Pflanzen. Das Verfahren wurde als unbedenklich eingestuft (BURTH et al., 1991).

Nach Erfahrungen mit Getreidesaatgut wurde die Eignung der Behandlung auch für Gemüsesaatgut bewiesen, insbesondere für Doldenblütler (Karotte, Sellerie, Anis…). Das Verfahren musste optimiert werden, da die Samenschalendicke und -größe natürlich unterschiedlich zu Getreide ist. Die Reichweite der Behandlung umfasst Brandkrankheiten beim Getreide, aber auch Auflaufkrankheiten wie *Septoria spp*. und *Alternaria spp*. bei Sellerie und Karotte. Durch die Elektronenbehandlung ist kein Beizhof im Boden, der den Samen nachträglich schützt, jedoch wurde in den Versuchen keine Beeinträchtigung durch bodenbürtige Krankheitserreger nachgewiesen (RÖDER et al., 2009).

Das e-ventus® Verfahren wird, in Form einer mobilen Elektronenbehandlungsanlage, seit 1998 in Deutschland praktisch angewendet. Die Anlage funktioniert mit Starkstrom und ist in einem geschlossenen Container untergebracht, der mittels LKW transportiert werden kann. Eine wesentliche Neuerung ist die Behandlung an Atmosphärendruck, die wesentlich energieeffizienter ist als die ursprüngliche fixe Anlage, die mit Hochvakuum gearbeitet hat (TIGGES et al., 2002).

Die Vorteile der Elektronenbehandlung liegen in der Einsparung chemischer Wirkstoffe und somit in der Anwendersicherheit. Zudem werden die Gewässer und der Boden vor chemischer Verseuchung geschont. Weiters können Restsaatgutmengen der Verfütterung zugeführt werden, was bei chemisch gebeiztem Saatgut nicht möglich ist. Ein weiterer großer Vorteil ist, dass keine Resistenzen bei Pathogenen auftreten, da die Behandlung nur eine Sterilisation der Kornoberfläche ist (RÖDER und SCHRÖDER, 1998).

Eine Expertenrunde zum Thema Pflanzenschutz im Ökologischen Landbau bewertete die Saatgutbehandlung mit Elektronen, mit Vorbehalten, positiv. Als Unsicherheiten wurden die Akzeptanz des Verfahrens genannt und die problematische Vereinbarkeit mit den Grundsätzen des Biolandbaus (ANONYMUS, 1999b). Weiters liegen noch keine Langzeitversuche vor, um mögliche genetische Mutationen am Saatgut auszuschließen (LINDNER, 1999).

Hinsichtlich der Unbedenklichkeit der Strahlung meint GOLDSTEIN (1998), dass zwar keine Elektronen in das Innere des Saatkornes dringen, wohl aber Röntgenstrahlen (in abgeschwächter Form). Diese entstehen durch die Abbremsung, wenn das Elektron auf der Samenoberfläche auftrifft. Das Arbeitspersonal braucht eine Sicherheitszone von 5 mm Blei oder 25 cm Beton zur Abschirmung der Röntgenstrahlen. LINDNER (1992) meinte, dass die Elektronenbehandlungsanlage nicht dem Strahlenschutz unterliegt und in der Anlage durch einen Stahlmantel ein Austreten der Strahlung verhindert wird.

Eine Beeinträchtigung des Saatgutes durch Strahlung kann nicht ausgeschlossen werden, denn in Untersuchungen von LINDNER (1992) wurden in Modellversuchen phänotypische Änderungen festgestellt. Das geprüfte Getreide wies gestauchten oder ungerichteten Wuchs und Spaltung der Blattspreite an den Koleoptilen auf. Weitere Bedenken liegen hinsichtlich der Wirkung von subletalen Dosen der ionisierenden Strahlen auf die Mikroflora der Samenumgebung vor. Bei überlebenden Mikroorganismen kann es zu Genmutationen kommen, was zu erhöhter Virulenz und Anomalien von physiologischen Prozessen führen kann (LINDNER, 1992). Bei einer Untersuchung an elektronenbehandelten Kartoffeln kam es zu Veränderungen bei der Sortenechtheit. Bei Weizen trat eine langsamere Auflaufgeschwindigkeit auf, allerdings wurde die Triebkraft am Versuchsende davon nicht beeinträchtigt. Weiters zeigten Weizen- und Roggenpflanzen zum Teil gestörten Gravitropismus (4-5x höher als normal). Diese Phänomene wirken qualitätsmindernd, da die Saatgutvitalität beeinträchtigt wird. Bei Weizen und Gerste war ein verschobenes Blatt-Wurzel Verhältnis zu beobachten, was einer Veränderung des Phänotyps gleichkommt. MATTHES (2007) hegt daher Zweifel an der Unbedenklichkeit der Elektronenbehandlung, die anscheinend nicht auf die Samenoberfläche beschränkt ist. Er hält weitere Untersuchungen für notwendig.

2.3.2 Warm- und Heißwasserbehandlung

Die Heißwasserbehandlung ist eine Methode der Saatgutbehandlung bei der durch Einwirkung von Wärme und Feuchtigkeit Erreger an der Oberfläche oder im Inneren des Samens vernichtet werden. Wichtig ist es, die Funktionsfähigkeit der Samen dabei nicht zu beeinträchtigen. Mit der optimalen Behandlungszeit und –temperatur soll der Befall soweit wie möglich reduziert werden und die bestmögliche Triebkraft der Samen erhalten werden (JAHN, 2002). Im Allgemeinen versteht man unter Heißwasserbehandlung eine Behandlung bei Temperaturen über 50 °C über einen kurzen Zeitraum (10 min). Von Warmwasserbehandlung spricht man bei Temperaturen um 45 °C und längerer Behandlungsdauer (30 min). Die Bedeutung der Heißwasserbehandlung ist durch die Entwicklung der chemischen Beizung stark zurückgegangen. Lediglich im Biolandbau hat sie sich bis heute bewährt (VOGT-KAUTE et al., 2007).

Die Anfänge der thermischen Behandlung von Saatgut machte Jensen 1882. Er setzte Kartoffeln für 4 Stunden einem Strom warmer Luft aus (40 °C) um die Erreger der Kraut- und Knollenfäule abzutöten. 1887 machte er erfolgreiche Versuche zur Haferbrandbekämpfung, in dem er die Samen zuerst in kaltem Wasser vorquellen ließ, und dann eine Heißwasserbehandlung anschloss (MARTIN, 1967). Die Vorquellung des Saatgutes macht die Samen empfindlicher gegen Hitze, dadurch reichen geringere Temperaturen um gewisse Erreger abzutöten (JAHN, 2002).

In einer Studie über alternative Saatgutbehandlungen im ökologischen Gemüsebau wurden Methoden wie Heißwasserbehandlung, Elektronenbehandlung und biologische Verfahren getestet. Die Heißwasserbehandlung zeigte eine gute Wirksamkeit gegen samenbürtige Krankheiten bei Karotten, Kohl, Sellerie, Petersilie und Feldsalat. Eine Behandlungstemperatur von 50 °C für 30 min erreichte bei Karotten einen Wirkungsgrad von mehr als 90 % gegen *Alternaria*. Eine Erhöhung der Temperatur auf 53 °C für 10 min brachte eine höhere Wirkung, aber bei Behandlungszeiten über 10 min stiegen die Keimschäden rasch an. Für die Bekämpfung von *Septoria* ist eine Erhöhung der Temperatur bei kürzerer Behandlungsdauer geeignet. Die Behandlung von Sellerie mit 53 °C für 10 min erreichte einen Wirkungsgrad von über 60 % gegen *S. apiicola* (JAHN, 2002). Die Sporenanzahl von S. *apiicola* am Selleriesaatgut wurde durch die Behandlung signifikant reduziert (NEGA et al., 2003).

In einer weiteren Studie zeigte die Warmwasserbehandlung mit 42 °C für 30 min bei Fusarium infiziertem Weizen und auch bei Schneeschimmel infiziertem Weizen eine Aufgangssteigerung der Pflanzen (JAHN et al., 2006).

Die Vorteile der Heißwasserbehandlung liegen in der geringen Umweltbelastung und den niedrigen Kosten der Behandlung. Gleichzeitig kann auch ein breites Wirkungsspektrum gegen samenbürtige Pathogene erreicht werden. Weitere Vorteile des Verfahrens liegen darin, dass keine gesonderte behördliche Zulassung notwendig ist und somit ein rascher Einsatz auch im Biolandbau möglich ist. Das Restsaatgut kann zudem bedenkenlos der Verfütterung bzw. Vermarktung zugeführt werden.
Leider hat die Heißwasserbehandlung den Nachteil, dass das Saatgut rückgetrocknet werden muss, was mit Kosten und Energieeinsatz verbunden ist. Die Samenschale läuft durch die Behandlung Gefahr verletzt zu werden und wichtige wasserlösliche Nährstoffe können ausgewaschen werden. Das Verfahren ist nicht zur Gänze standardisierbar, da die Behandlungsparameter an die jeweilige Saatgutqualität angepasst werden müssen. Trotzdem könnte die Heißwasserbehandlung auch im konventionellen Landbau an Bedeutung gewinnen, im Hinblick auf das Verbot von bestimmten Wirkstoffen bei der chemischen Beizung (JAHN, 2002; NEga, 2003; VOGT-KAUTE et al., 2007).

2.3.3 Heißdampfbehandlung

Die Heißdampfbehandlung ist eine physikalische Methode um pilzliche Schaderreger auf der Samenoberfläche zu eliminieren (GROOT et al., 2006). Die Heißdampfbehandlung ist überall dort einsetzbar, wo die Pathogene eine geringere Temperaturtoleranz haben als das Saatgut selbst (FORSBERG, 2004).

Die Verwendung von Heißdampf zur Saatgutbehandlung geht ebenso auf Jensen (1888) zurück, wie die weiter oben erwähnte Heißwasserbehandlung. Jensen (1888) bekämpfte damit erfolgreich den Haferflugbrand, allerdings auf Kosten der Keimfähigkeit. In den 1920er Jahren gab es zahlreiche Versuche zu einer Hitzebehandlung mit Getreide- und Baumwollsaatgut. Jedoch wurde die umständliche Handhabung der Behandlung kritisch erwähnt, da das Saatgut über einen längeren Zeitraum (bis zu drei Tagen) Temperaturen von 95 °C - 100 °C ausgesetzt wurde. Das Saatgut wurde davor lange getrocknet, um

Keimschäden zu vermeiden. Erst Mitte der 1940er Jahre wurde die Idee der thermischen Behandlung wieder aufgegriffen und in Form von Wasserdampf als Mittelweg zwischen Hitze- und Heißwasserbehandlung gewählt. 1948 wurden erfolgreiche Versuche zur Saatgutdesinfektion von Getreide gemacht und auch andere Pflanzenteile (z.B. Zwiebeln) behandelt. Als zu Beginn der 1960er Jahre billige chemische Wirkstoffe zur Saatgutdesinfektion den Markt eroberten, wurden thermische Verfahren vernachlässigt. Erst Mitte der 1990er Jahre wurde auf dem Gebiet der thermischen Saatgutbehandlung, vor allem im Bereich der Heißdampfbehandlung, wieder intensiv geforscht. Man wollte eine günstige und effektive Alternative zur chemischen Behandlung haben (MILLER und MCWHORTER, 1948; FORSBERG, 2004).

Bereits 1948 wurde vorgeschlagen ein Gerät für die Heißdampfbehandlung zu entwickeln, bei dem die Samen auf einem Förderband in ein Tunnelsystem gelangen, in dem die Bedampfung stattfindet. Die Samen sollten nach der Behandlung so lange bedampft werden, bis der Feuchtigkeitsgehalt der Umgebungsluft und der Feuchtigkeitsgehalt der Samen ausgewogen ist, um die Rücktrocknung zu ersparen (MILLER und MCWHORTER, 1948).

Das Konzept von Miller und McWhorter (1948) wurde von FORSBERG et al. (2002) aufgegriffen und umgesetzt. Die entwickelte Anlage arbeitet in zwei Phasen: einer Heizphase, wo die Samen für eine bestimmte Zeit einer bestimmten Temperatur und Luftfeuchte ausgesetzt werden und einer anschließenden Kühlphase wo die Samen wieder abgekühlt werden, um sie keimfähig zu halten und die für eine Lagerung nötige Feuchtigkeit zu erreichen. In der Heizphase werden die zu behandelnden Samen in einer Kammer auf einem Netz oder einer perforierten Platte platziert. Durch die Kammer fließt ständig ein Strom warmer Dampf-Luft im Kreis, der durch das Netz die Samen passiert. In der Kühlphase werden die Samen in eine andere, der ersten ähnlichen, Kammer verbracht wo sie wieder auf einem durchlässigen Netz ruhen und von unten oder oben von kühler, trockener Luft umströmt werden. Wichtige Parameter der Behandlung sind Temperatur, Luftfeuchte, Luftfluss, Behandlungs- und Kühlzeit, die präzise gesteuert werden können (FORSBERG, 2004).

Von der Anlage wurden 3 unterschiedliche Varianten gebaut. Bei der ersten Variante wird das Saatgut von oben mit einem Dampf-Luft-Gemisch beströmt, was sich für

dünnere Schichten von Saatgut eignet (1 cm). Bei der zweiten Variante wird das Saatgut von unten von Dampf-Luft durchströmt und dabei aufgewirbelt, damit können dickere Samenschichten behandelt werden (15 - 20 cm). Die beiden Varianten sind für kleinere Saatgutmengen geeignet, die in mehrere Chargen aufgeteilt sind. Eine dritte Variante ist für ungeteilte größere Saatgutmengen entwickelt worden, da hier das Saatgut kontinuierlich durch ein Rohrsystem fließt, wo es bedampft wird (FORSBERG, 2004).

Diese Anlage wurde in Schweden in Übereinstimmung mit der EU-Direktive 66/402/EEC zertifiziert. Sie wird unter dem Namen „ThermoSeed™“ geführt (ANONYMUS, 2011).

Das ThermoSeed™ Verfahren wird seit 2002 in Schweden erfolgreich bei Getreidesaatgut angewendet, aber auch für Gemüsesamen ist ein Einsatz denkbar. In einer Studie über den Einsatz des Verfahrens für Gemüsesaatgut wurde Karotten- und Spinatsaatgut erfolgreich behandelt. Der *Alternaria*-Befall des Karottensaatgutes wurde von 80 % auf 10 % reduziert, ohne die Keimfähigkeit zu beeinträchtigen (FORSBERG und SANCHEZ-SAVA, 2009)

In der Schweiz wurde ein Gerät für die Heißdampfbehandlung bei Gemüsesaatgut, mit einem ähnlichen Prinzip wie ThermoSeed™, entwickelt. Ein handelsüblicher Dampftapetenablöser dient als Dampfquelle, Pressluft wird von einer Pumpe erzeugt und ein Bypassventil ermöglicht eine konstante Einhaltung der Temperatur des Dampf-Luft-Gemisches. Das Saatgut wird unter einen Trichter gelegt, der mittels eines Mischrohres mit Löchern mit der Dampfquelle verbunden ist. Durch das Mischrohr kann Umgebungsluft angesaugt werden, was die Temperaturstabilität des Luft-Dampfgemisches gewährleistet. Bei Karottensamen waren bereits nach einer Applikationsdauer von 30 s mit 65 °C Erfolge feststellbar, nach 120 s war die Keimfähigkeit noch nicht beeinträchtigt. Die ideale Behandlungszeit schien jedoch 90 s zu sein, da hier alle Pilze abgetötet waren (HELLER und RAZAVI, 2007; HELLER, 2009).

Die Heißdampfbehandlung hat den Vorteil, dass die Keimfähigkeit nicht so leicht geschädigt wird wie bei der Heißwasserbehandlung. Die Samen nehmen 10 – 20 Mal weniger Wasser auf als bei der Heißwasserbehandlung und man kann eine große Menge Saatgut auf einmal behandeln. Durch präzise Einstellungen am Gerät können unterschiedliche Samenchargen individuell bedampft werden und müssen nach der

Behandlung nicht rückgetrocknet werden (McWHORTER und MILLER, 1944; FORSBERG et al., 2002; GROOT et al., 2008). Ein Nachteil der Behandlung ist, dass die Hitzetoleranz von Saatgut von vielen Einflüssen abhängt (Wetter- und Erntebedingungen, vorherige Lagerbedingungen). Man kann daher nicht davon ausgehen, dass für jede Charge von Samen, auch wenn es sich um die gleiche Sorte handelt, die gleichen Parameter bei der Behandlung gelten. Es ist daher notwendig vor jedem Behandlungsvorgang Proben der Charge zu ziehen und Hitzetoleranzen zu ermitteln, damit die Behandlung individuell durchgeführt wird, um die Keimfähigkeit zu gewährleisteten (FORSBERG, 2004).

2.4 Internationale Vereinigung für Saatgutprüfung (ISTA)

Die ISTA ist eine „unabhängige internationale wissenschaftlich technische Vereinigung zur Entwicklung und Validierung von Methoden für die Probenahme und Untersuchung von Saatgut, zur Sicherung der Qualität…, zur Ausstellung internationaler Zertifikate über Saatgutpartien,…sowie der Förderung der Saatgutforschung“ (LEIST, 2002, os).

Die ISTA besteht aus privaten und wissenschaftlichen Mitgliedern, sowie Laboratorien. Die ISTA-zertifizierten Labore werden alle 3 Jahre erneut zertifiziert um die hohe Qualitätsanforderung zu gewährleisten. Erfüllt ein Labor grundlegende Anforderungen der ISTA nicht, dürfen keine ISTA-Zertifikate mehr vergeben werden (LEIST, 2002).

Wichtigstes Regelwerk der ISTA ist das Handbuch „ISTA International Rules for Seed Testing“. Darin werden alle Methoden und Prozeduren für die Untersuchung von Saatgut erläutert. Das Handbuch wird auf der jährlichen ISTA Konferenz an die neuesten Erkenntnisse adaptiert (ISTA, 2011).

2.5 Krankheiten an Karotte und Sellerie

2.5.1 Alternaria spp. (Dürrfleckenkrankheit)

Die bedeutendste Blattkrankheit der Karotte ist die Dürrfleckenkrankheit, die von *A. dauci* ausgelöst wird. Sie führt weltweit zu erheblichen wirtschaftlichen Einbußen und zu Ertragsverlusten von 40 % - 99 % (BOEDO et al., 2010). Ertragsverluste treten besonders bei frühem Befall mit dem Erreger auf (CRÜGER, 2002).

Es gibt mehr als 60 verschiedene Arten der Gattung *Alternaria* (ANONYMUS, 1999a). In der vorliegenden Arbeit wurde bei den Karottensamen ein Befall mit *A. dauci* und *A. raphani* (Abb. 1) festgestellt. *Alternaria* Arten ernähren sich hauptsächlich saprophytisch und beziehen ihre Energie aus abgestorbener organischer Substanz. Manche Arten haben es jedoch geschafft pathogene Bedeutung zu erlangen, indem sie durch einen breiten Wirtskreis verschiedene Krankheiten an Feldfrüchten verursachen, was zu Ertragseinbußen führt. Sie verursachen einen schlechten Pflanzenaufgang und führen zu einer Verminderung der Bestandesdichte (THOMMA, 2003).

Die Gattung *Alternaria* wurde anhand der Art *A*. *alternata* 1817 entdeckt. Das charakteristische Merkmal des Pilzes sind die großen, mehrzelligen, bräunlichen Konidien. Die Konidien sind kegelförmig, mit einem langen Schnabel am schmalen Ende und Längs- und Quersepten. Sie treten in Ketten oder einzeln auf. Weltweit wurden über 100 *Alternaria* Arten beschrieben, die einen sehr breiten Wirtskreis befallen. *A. alternata* hat allein über 100 Wirtspflanzen. Im Vergleich zu *A. alternata* sind die *A. dauci* Sporen (Abb. 1, links) braun gefärbt, sehr groß und glatt und besitzen mehrere Querwände mit Einschnürungen. Sie stammen von einem Konidienträger, der nur eine einzige Spore bildet und sind zwischen 26 und 135 µm lang und 1 – 29 µm breit. Die *A. raphani* Sporen (Abb. 1, rechts) sind ebenfalls braun, aber kleiner und runder als die *A. dauci* Sporen und sehr verschieden in Form und Größe. Sie sind zwischen 70 und 115 µm lang und 14 – 35 µm breit. Die bräunliche Färbung der Konidien wird durch das Pigment Melanin verursacht. Melanin schützt die Spore indirekt vor UV-Strahlung und negativen Umwelteinflüssen. Im Zusammenhang mit der Virulenz wird eine direkte Funktion des Melanins vermutet, das bei der Ausbildung des Appressoriums zur Penetration der Wirtspflanze eine Rolle spielt (ANONYMUS, 1999a, THOMMA, 2003).

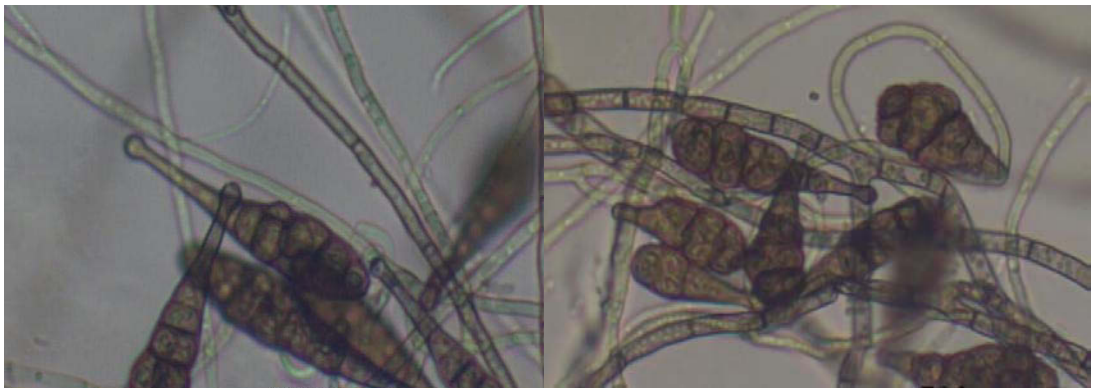

Abb. 1: Konidien von *Alternaria* dauci (links) und Alternaria *raphani* (rechts).

Infektionsvorgang und Gegenmaßnahmen

Alternaria Arten sind Pathogene, die durch Blattläsionen eine langsame Zerstörung des Wirtsgewebes verursachen, indem sie die Photosyntheseleistung vermindern. Ideale Infektionsbedingungen sind besonders Temperaturen um 28 °C und hohe Luftfeuchte. Es sind keine sexuellen oder überwinternden Sporen von *Alternaria* bekannt, der Pilz kann aber als Myzel oder Spore an Ernteresten oder auf Samen überdauern. Die Sporen können auch mit dem Wind verbreitet werden. Konidien keimen auf dem Wirtsgewebe mit Keimschläuchen aus und penetrieren die Zellwände durch die Produktion von Pflanzentoxinen, die gewebeauflösend wirken. Erste Symptome sind 8-10 Tage nach der Infektion sichtbar, in Form von kleinen grünlich-braunen Läsionen am Blatt. Es kommt meist zu Schäden am Laub, aber auch Möhrenkörper („Möhrenschwärze“) und Keimling können betroffen sein. Die älteren Blätter werden zuerst infiziert, die Läsionen werden im Laufe der Zeit größer und das infizierte Gewebe wird dunkel und vertrocknet, die Blattspitzen werden grau. Nach der Blüte ist der Pilz dann in der Blütenhülle und infiziert wieder den Samen. Das Wasser- und Nährstoffsystem der Wirtspflanze wird nicht beeinträchtigt. Der Pilz befällt gestresste und dadurch in der Abwehr geschwächte Pflanzen. Manche Wirtspflanzen haben aber auch Verteidigungsstrategien gegen eine Infektion entwickelt, in dem sie z.B. Jasmonate (Pflanzenhormon) als Gegenwehr einsetzen. (ANONYMUS, 1999a; CRÜGER, 2002; THOMMA, 2003; FARRAR et al., 2004).

Um den Infektionsdruck zu mildern werden 3-jährige Anbaupausen empfohlen, und der Anbau von widerstandsfähigen Sorten. Nach PRYOR et al. (2003) geht eine *A. dauci*

Infektion nicht so sehr von Beikräutern in der Umgebung eines Karottenfeldes aus, sondern viel mehr von Ernteresten am Karottenfeld selbst. Außerdem beeinflusst die Bodenfeuchte die Sporulation und das Überleben des Pilzes, je feuchter der Boden - desto weniger Sporen werden gebildet. In trockenem Boden wurden junge Karottenpflanzen bis zu 5 Wochen lang infiziert, in überflutetem Boden nur bis zu 3 Wochen. *A. dauci* bleibt an den Ernteresten bis zu 4 Monate nach der Karottenernte infektiös. Unerlässlich sind daher Bodenbearbeitungsmaßnahmen wie unterpflügen von Ernteresten (BEDLAN, 1999; PRYOR et al. 2003).

Alternaria spp. als Mykotoxinbildner

Mykotoxine sind Pilzgifte, die unter anderem auch von *Alternaria* Arten produziert werden. *Alternaria spp*. kann mehr als 30 verschiedene Mykotoxine bilden. Die am weitesten verbreitete und wichtigste toxinbildende Art ist *A. alternata*, deren Gifte in Getreide, Gemüse und Obst zu finden sind. Die Kontamination von Getreide erfolgt meist nur wenn die Restfeuchte im Korn vor der Ernte aufgrund von Schlechtwetterperioden hoch ist. Obst und Gemüse kann durch den hohen Wassergehalt immer kontaminiert werden. Die wichtigsten Toxine von *A. alternata* sind AOH (Alternariol) und AME (Alternariolmethylether), Altenuen, Tenuazonsäure und Altertoxin. Sie stehen in Zusammenhang mit der Entstehung von Speiseröhrenkrebs. AOH zeigt bei Mäusen fetotoxische Wirkung. AOH und AME wirken zytotoxisch, zeigen starke synergetische Effekte und bewirken mutagene Veränderungen und DNA Schäden bei Ratten. Eine akute Toxizität liegt jedoch nicht vor. *Alternaria* Toxine stehen auch in Zusammenhang mit allergischen Reaktionen bei Menschen und lösen etwa allergischen Schnupfen, Haut- und Nagelinfektionen aus. Weitaus gefährlicher ist ihre Wirkung in Zusammenhang mit immunologischen Krankheiten wie Asthma oder Krebs.

Es gibt noch keine gesetzlichen Obergrenzen über den Gehalt von *Alternaria* Mykotoxinen in der Nahrung. Die Möglichkeiten einer direkten Aufnahme durch den Menschen über die Nahrung sind begrenzt, aber Pilze der Gattung *Alternaria* sind ubiquitär, d.h. sie kommen nicht nur auf Lebensmitteln vor, sondern auch in Böden, Tapeten und Textilien (SCHEBB, N., 2005; BHAT et al., 2010; LAWRENCE, 2010).

2.5.2 Schwarzfäule der Karotte

Eine andere wichtige Krankheit, die weltweit in Karottenanbaugebieten auftritt, ist die Schwarzfäule der Karotte. Auslöser der Krankheit ist der Pilz *Alternaria radicina*. Beschrieben wurde die Krankheit erstmals 1888. Sie trat damals in Nordeuropa häufig an Karotten auf (FARRAR et al., 2004).

A. radicina bildet asexuelle, einzelne Konidien, die manchmal auch in Ketten vorkommen. Die Konidien sind dunkel gefärbt und meist von oliv-brauner Farbe. Sie sind 50 x 10-25 µm groß und septiert. Karotten sind primäre Wirtspflanzen von *A. radicina*. Der Pilz wurde aber auch an anderen Doldenblütler wie Petersilie, Sellerie, Dille und Fenchel nachgewiesen (FARRAR et al., 2004).

Typische Symptome der Schwarzfäule sind trockene, dunkle und eingesunkene Läsionen am Rübenkörper der Karotte. Das Rindengewebe der Karotte verrottet und die Wurzeln werden schwarz. Der Pilz kann auch am Laub auftreten und verursacht dort ein ähnliches Schadbild wie die Möhrenschwärze. Die Photosyntheseleistung wird vermindert, was sich auf den Ertrag auswirkt. Der größte wirtschaftliche Schaden durch *A. radicina* entsteht jedoch, wenn der Pilz im Kühllager auftritt, wo sich die Läsionen rasch von Karotte zu Karotte verbreiten (PRYOR et al., 1998; BEDLAN, 1999; CRÜGER, 2002; FARRAR et aL, 2004).

Infektionsvorgang und Gegenmaßnahmen

A. radicina ist eine samenbürtige Krankheit und der Infektionszyklus beginnt oft mit verseuchtem Saatgut. Die Sporen können aber auch über Wind oder Wasser verbreitet werden und überleben an Ernteresten. Die Konidien können im Boden bis zu 8 Jahre überdauern. Der Pilz befällt auch die Dolden der Karotte, wo die Samen betroffen sind. Bei besonders starkem Befall werden die Dolden nekrotisch und produzieren keine Samen mehr. Bei idealen Bedingungen infiziert der Pilz die Pflanze in jedem Stadium. Besonders gefährdet ist die Pflanze jedoch im Erntestadium, wo eine Infektion dann vor allem an der Basis der Laubstiele auftritt. Dort entsteht ein Fäulnisring rund um das obere Ende des Rübenkörpers, und die mechanische Ernte wird erschwert, weil das Laub während des Erntevorganges vom Rübenkörper der Karotte wegbricht. Im Kühllager kann der Pilz noch bei Temperaturen von -0,6 °C und hoher Luftfeuchte die Karotten infizieren. Die Bekämpfung des Pilzes am Feld erfolgt mit

Fungiziden. Vor der Lagerung reduziert auch eine Heißwasserbehandlung den Befall im Kühllager. Fruchtfolge und tiefe Bodenbearbeitung sind unerlässliche Maßnahmen gegen *A. radicina*, am wichtigsten ist jedoch die Verwendung von gesundem Saatgut (FARRAR et al., 2004).

2.5.3 Septoria apiicola (Blattfleckenkrankheit des Selleries)

Septoria apiicola ist die die wichtigste Blattkrankheit des Selleries. Ertragseinbußen bis zu 80 % sind möglich. Ertragsverluste treten auf durch Verlust von Assimilationsfläche, ausgelöst durch die Blattläsionen. Dies führt zu einem geringeren Knollengewicht (oft nur 20 dag schwere Knollen) und damit zu wirtschaftlichen Verlusten (BEDLAN et al., 1992; BOUNDS und HAUSBECK, 2007).

Septoria wurde erstmals 1884 von Saccardo, einem italienischen Botaniker, beschrieben. *Septoria* Arten kommen in den verschiedensten Regionen vor und sind weltweit verbreitet. Die Angaben über die Anzahl der Arten reichen von 1000 – 2000 Arten. Alle Arten sind parasitisch und verursachen typische Blattflecken. Die Sporen verbreiten sich mit Wassertropfen aus dem Sporenlager (Pyknidium) und sind sehr zahlreich. In einem Pyknidium sind zwischen 1.400 – 5.500 Sporen enthalten. Auf einer einzigen Blattläsion können durchschnittlich 56 Pyknidien vorkommen, was zu einer sehr hohen Anzahl an Sporen führt, daher lässt sich die rasche Ausbreitung im Bestand nachvollziehen. Die Pynidien sind das Sporenlager für die Konidiosporen, die bei Wasserkontakt des Samenkornes aus dem Pyknidium strömen. Bei *S. apiicola* sind die Pyknidien zwischen 65 – 195 µm groß. Die Pyknosporen (Abb. 2) sind 20 -50 µm lang und 1,5 – 2,5 µm breit; sie sind fadenförmig, mehrzellig und hell, die 3 – 4 Querwände sind oft schwer erkennbar (BEDLAN et al. 1992; ANONYMUS, 1999a; PHILLIPS, 1997; SELCUK et al., 2009).

Abb. 2: Pyknosporen von *Septoria apiicola*.

Infektion

Der Pilz kann an Pflanzenresten 9 Monate im Boden überdauern und wird entweder über das Saatgut oder über verseuchte Jungpflanzen in den Bestand gebracht. Er braucht ein Optimum an Temperatur zwischen 15 °C und 21 °C. Ideal für einen Befall sind feucht-warme Witterungsverhältnisse. Die Krankheit bricht nur an wenigen Samen aus, verbreitet sich dann aber rasch im ganzen Bestand und führt zu massiven Ertragsverlusten. Bei Knollen- und Stangensellerie tritt der Pilz ab Ende Juni auf. Am Samenkorn ist *S. apiicola* sichtbar, durch die Pyknidien, die in der Samenschale sitzen. Sobald die birnenförmigen Pyknidien mit Wasser benetzt werden, entlassen sie die Sporen (Konidien) und verbreiten sich im Bestand. Auch durch Kulturmaßnahmen verbreitet sich der Pilz. Bereits 10 Konidien pro Wassertropfen reichen, um Läsionen auszulösen. Besonders bei Bestandesschluss findet der Pilz durch die höhere Luftfeuchtigkeit gute Entwicklungsbedingungen vor. Der Pilz dringt in ein Blatt direkt durch die Epidermis oder durch die Stomata ein und verursacht unterschiedlich große, rundliche, bräunliche Läsionen (Punkte oder Flecken) auf der Pflanze. *Septoria* kann alle oberirdischen Teile von Sellerie befallen. Zuerst werden die älteren Blätter befallen, bevorzugt bei kühl-nassem Wetter. Sind die Blätter stark befallen, dann vergilben sie und fallen ab. (BEDLAN et al. 1992; PHILLIPS, 1997; BEDLAN, 1999; ANONYMUS, 2001; CRÜGER, 2002).

Gegenmaßnahmen

Da der Pilz samenübertragbar ist, wird eine Saatgutbeizung mit Thiram (in Österreich nicht zugelassen) empfohlen, aber auch eine nachträgliche Feldbehandlung mit fungiziden Wirkstoffen, wie Kupferhydroxid oder Metiram, ist möglich. Als Bodenbearbeitungsmaßnahme werden 3-5 jährige Anbaupausen und unterpflügen von befallenem Sellerielaub empfohlen bzw. eine Entfernung von befallenen Pflanzenresten vom Feld. Eine Volldüngung ist vorteilhaft um die Pflanzen optimal mit Nährstoffen zu versorgen und so Stress und Krankheitsanfälligkeit zu mindern. Die Sortenwahl ist wichtig um von vornherein einen krankheitstoleranten Pflanzenbestand zu haben. Die Ausbreitung im Bestand ist eher von den günstigen Wetterbedingungen abhängig, als von der Höhe der Erstinfektionsrate, d.h. Pflanzenschutzmaßnahmen sollten je nach Wetterlage ergriffen werden (BEDLAN et al. 1992; BEDLAN, 1999; ANONYMUS, 2001; CRÜGER, 2002).

In Österreich zugelassene Fungizide gegen *Alternaria* und *Septoria*

Derzeit sind folgende zugelassene Wirkstoffe von ausgewählten fungiziden Pflanzenschutzmitteln bei Karotte und Sellerie gegen die in der vorliegenden Arbeit behandelten Krankheiten im Einsatz (Pflanzenschutzmittelregister AGES, Stand: 13.10.2011).

Auszug aus dem Pflanzenschutzmittelregister der AGES (Stand: 13.10.2011):

Wirkstoff	**Kultur**	**Einsatzgebiet**	**Gefahrenbezeichnung**
Tebuconazol	Karotte	*Alternaria, Möhrenschwärze, Septoria*	Umweltgefährlich, und Gesundheitschädlich
Azoxystrobin	Karotte und Sellerie	*Septoria*	Umweltgefährlich
Azoxystrobin + Difenoconazol	Karotte	*Möhrenschwärze*	Umweltgefährlich, Reizend

3 Material und Methoden

3.1 Sorten

Das im Versuch verwendete biologische Saatgut stammt vom Verein Arche Noah. Untersucht wurden 2 Karottensorten (Mrkva Žuta und Mrkva Kratka Rana) und 2 Selleriesorten (Slowenien und Lathom Self Blanching). Das Saatgut stammt aus dem Erntejahr 2010. Die Selleriesorte Lathom Self Blanching wurde 2004 geerntet.

3.1.1 Sortenbeschreibung Karotte (*Daucus carota*)

Mrkva Žuta ist eine gelbe Karotte mit einer Länge von 15-22 cm und einem Durchmesser von 3-5 cm. Ihre Formen sind variabel und ihr Geschmack sehr mild. Die Selektion erfolgt auf lang-spitz-schlank. Die Sorte stammt aus Zagreb und ist seit 1997 im Sortiment der Arche Noah.

Die Sorte Mrkva Kratka Rana wird auch Kurze Frühe Karotte genannt und stammt ebenfalls aus Zagreb. Sie ist phänotypisch orange und kurz, hat eine kegelige Form und läuft am Ende stumpf zu. Mrkva Kratka Rana wird zwischen 12 und 15 cm lang und hat einen Durchmesser von 5-6 cm Durchmesser. Ihr Geschmack ist eher herb und scharf im Abgang.

3.1.2 Sortenbeschreibung Sellerie (*Apium graveolens*)

Knollensellerie

Die Sorte Slowenien besitzt eine ausgeprägte konische Form mit glatter Schale. Die Knolle zeigt starke Bewurzelung mit einem tiefen Wurzelansatz. Der Knollendurchmesser liegt zwischen 9,5 und 11 cm; die Knollenhöhe beträgt 8-9 cm. Bei kleinen Knollen ist der Sprosspol (oberes Ende) oft regelmäßig konisch zulaufend. Die Sorte stammt aus Slowenien.

Bleichsellerie

Lathom Self Blanching ist eine zugelassene Handelssorte in der EU, mit Ursprung in Suffolk (GB). Die Samen brauchen ausreichend Humus und Wärme und werden Anfang April gesät. Die Pflanzen sind selbstbleichend (SUANJAK, 2011). Die Pflanze hat einen mit-

telgroßen Habitus. Die Blätter sind gelbgrün, glänzend und haben gezähnte Fiederblättchen. Der Blattstiel ist cremefarben und kurz (RICHARDSON, 2011).

3.2 Tausendkorngewicht

Die Samen wurden händisch ausgezählt und anschließend gewogen, um das Tausendkorngewicht zu bestimmen. Es wurden 3 mal 1000 Samen gezählt, abgewogen und dann der Mittelwert errechnet.

In Abb. 3 ist die Größenordnung der Samen von Sellerie (links) und Karotte (Mitte) im Vergleich zu einem Streichholzkopf dargestellt. Die Karottensamen sind ca. 3 mm groß. Die Selleriesamen sind ca. 1 mm groß und meist als mehrsamiges Fruchtgebilde vorhanden, bei dem bis zu 3 Samen miteinander verbunden sind. Für die Ermittlung des Tausendkorngewichtes wurden die Samen getrennt. Die Karottensamen wurden zusätzlich in Samen der Hauptdolde und Samen der Nebendolde einer Sorte unterteilt.

Abb. 3: Größe der Samen: Sellerie (rechts), Karotte (mitte) im Vergleich zu einem Streichholz (rechts).

3.3 Dampfbehandlung

Nach Ermittlung des Tausendkorngewichtes wurden die Samen mit dem Dampfbehandlungsgerät bedampft. Dieses Gerät wurde für den Verein Arche Noah von SUANJAK und KAJTNA (2010) basierend auf einem Modell von W. Heller von der Schweizer Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil ACW modifiziert.

3.3.1 Gerät

Das Dampfbehandlungsgerät (Abb. 4) besteht aus einer großen Pflanzenuntertasse (a) auf der ein Trichter (b) mit verstellbaren Kunststoffrohren (c) sitzt. Die Pflanzenuntertasse hat einen Abfluss für das kondensierte Wasser. Der Trichter ist mittels Schlauch (d) mit einem Dampf produzierenden Kanister (handelsüblicher Dampftapetenablöser) (e) verbunden. In den Trichter führt ein Temperaturfühler (f), wodurch der Temperaturverlauf des Behandlungsvorganges verfolgt werden kann. Die Regelung der Luftzufuhr und somit der Behandlungstemperatur erfolgt über ein Rohrsystem mit verstellbaren Luftlöchern (g). Das Saatgut wird unter dem Trichter auf einem Metallsieb positioniert.

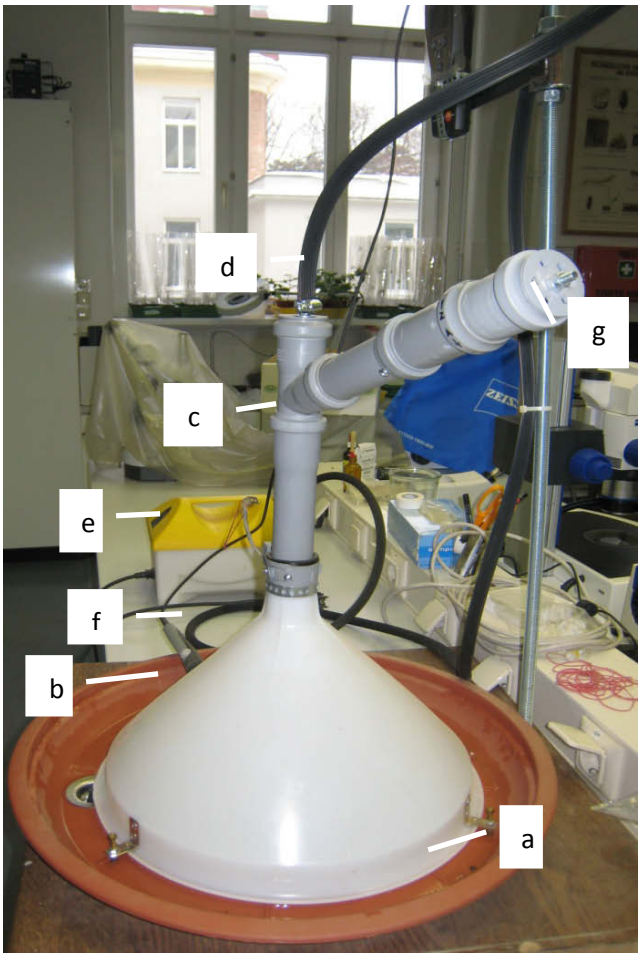

Abb. 4: Dampfbehandlungsgerät. Pflanzenuntertasse (a), Kunststofftrichter (b), Kunststoffrohr (c), Verbindungsschläuche zur Dampfquelle (d), Dampfquelle (e), Temperaturfühler (f), seitliches Kunststoffrohr mit Bohrlöchern (g).

3.3.2 Funktionsprinzip

Der Dampftapetenablöser (e) wird mittels Kabel an den Strom angeschlossen. Im Inneren sorgen Heizspiralen für eine Erwärmung des Wassers, bis Dampf entsteht. Der 3,5 m lange Schlauch wurde von dem ursprünglichen Tapetenablöser (Abb. 5) getrennt und von oben in einem Kunststoffrohr fixiert (d). Er bildet die Grundlage für die Bedampfung. Der Dampf strömt durch das Rohr nach unten und trifft auf die Samen, die auf dem Metallsieb auf einem Filterpapier liegen (Abb. 6).

Die Temperatur des Dampfes wird mit einem Temperaturfühler der Firma Testo (testo 110) gemessen, der durch ein kleines Loch im Trichter direkt ins Innere desselben geführt wird. Kurz nach der Schlauch-Rohr Verbindung zweigt vom Rohr noch ein zweites Kunststoffrohr (g) seitlich ab. Dieses hat zwei Arten von Perforierungen zur Regulation der Dampftemperatur. Am Ende des Seitenrohres befindet sich eine Scheibe mit Löchern, mit der die Feinregulierung der Dampftemperatur durch Verschieben justiert werden kann. Unweit vom Ende des Seitenrohres befinden sich Löcher, die gegeneinander verschoben werden können, um die Luftzufuhr zu verringern oder zu erhöhen.

Abb. 5: Noch nicht modifizierter Dampftapetenablöser

Abb. 6: Position der Samen unter dem Trichter

3.3.3 Behandlungsablauf

Die Dampfquelle wurde mit Wasser befüllt und an den Stromkreis angeschlossen. Nachdem der Dampf zu strömen begonnen hat, wurde anhand des Temperaturfühlers festgestellt, wann die benötigte Temperatur im Inneren des Trichters erreicht war. Danach wurde mit den Regelventilen am seitlichen Kunststoffrohr die Luftzufuhr so lange justiert, bis die Temperatur konstant blieb. Das Saatgut wurde auf Filterpapier (Abb. 7) (Vliesscheiben für Kannenfilter, Calgonit, Durchmesser 200 mm) verteilt und auf das Metallsieb gelegt.

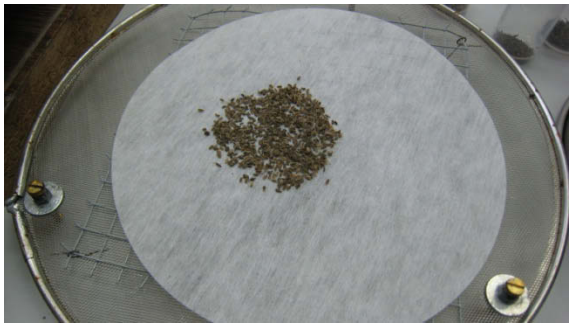

Abb. 7: Filter mit Karottensamen

Danach wurde der Trichter kurz angehoben um das Sieb zu positionieren. Dabei fiel die Temperatur im Inneren, pendelte sich aber nach kurzer Zeit auf die gewünschte Temperatur ein. Die Zeitmessung begann mit Anheben des Trichters. Der Zeitraum des Temperaturabfalls wurde in die Behandlungszeit inkludiert. Nach Ablauf der Zeit wurde das Saatgut wieder aus dem Trichter genommen und auf den Vliesscheiben zum Trocknen bei Raumtemperatur aufgelegt.

3.3.4 Varianten der Behandlung

Basierend auf ersten Erfahrungen von HELLER (2008) wurden für die Karotten- und Selleriesamen als Ausgangsparameter 65 °C für 90 s gewählt. Weiters wurde das Saatgut mit 65 °C für 120 s und 67 °C für 90 s behandelt.

Nach Abschluss des Behandlungsvorganges wurde das Saatgut in sterile Papiersäckchen abgefüllt und nach HELLER (2008) für mindestens 24 Stunden im Trockenschrank bei 30°C rückgetrocknet.

Das getrocknete Saatgut wurde in weiterer Folge einer Keimprüfung und Gesundheitsprüfung nach den Vorgaben der Internationalen Vereinigung für Saatgutprüfung (ISTA) unterzogen.

3.4 Keimprüfung Karotte

Die Keimprüfung des Karottensaatgutes wurde nach den Vorgaben der ISTA durchgeführt. Die Keimung erfolgte in handelsüblichen 1 Liter Plastikschalen mit Deckel (Rechteckdose weiß, 136 x 183 x 64 mm, Deckel transparent, Verpackungszentrum Graz) (Abb. 8), auf einem Faltenfilter (110 mm x 2 m, Schleicher & Schuell) mit 50 Doppelfalten. Um den Faltenfilter wurde noch ein Streifen Filterpapier gelegt, um die Feuchtigkeit besser zu halten.

Abb. 8: Keimprüfung Karotte

In jeder Schale wurden 100 Samen ausgelegt, je 2 in einer Falte, mit 4 Wiederholungen. Insgesamt wurden 400 Samen pro Temperatur/Zeit Variante des behandelten Saatgutes getestet. Zusätzlich wurde noch eine Kontrollgruppe mit unbehandelten Samen angelegt.

Pro Plastikschale wurden einmalig 60 ml destilliertes Wasser hinzugegeben. Die Samen wurden im Klimaschrank unter kontrollierten Bedingungen für 14 Tage gekeimt. Die Keimung erfolgte bei 20 °C und alternierender Beleuchtung mit 12 h Licht und 12 h Dunkelheit. Nach 7 Tagen erfolgte eine Erstauszählung der Keimlinge. Die Keimlinge wurden entfernt und die Schale für weitere 7 Tage in den Klimaschrank gestellt. Danach erfolgte die Auswertung der restlichen Samen.

Es wurde anhand der ISTA Kriterien bei den ungekeimten Samen unterschieden nach harten Samen (können kein Wasser aufnehmen), frischen Samen (keimen nicht, aber

können sich noch zu einem Keimling entwickeln und toten Samen, die weder hart noch frisch sind (ISTA, 2011).

Weiters wurden die Keimlinge in normale und anormale eingeteilt. Als normal gilt ein Keimling dann, wenn alle wichtigen Teile gut entwickelt und gesund sind. Anormale Keimlinge sind beschädigt, deformiert oder angefault und entwickeln sich unter normalen Umständen nicht zu einer gesunden Pflanze (ISTA, 2011).

3.5 Keimprüfung Sellerie

Für die Keimversuche wurden die Samen im mehrsamigen Fruchtgebilde belassen. Wenn pro Fruchtgebilde mehr als 1 Keimling gewachsen ist, wurde nur 1 Individuum gezählt (ISTA, 2011). Die Keimprüfung für Sellerie erfolgte analog zu Karotte. Um die Samen anzukeimen wurden Faltenfilter (110 mm x 2 m, Schleicher & Schuell) mit 50 Doppelfalten verwendet. Die Faltenfilter wurden in handelsüblichen 1 Liter Plastikschalen mit Deckel platziert (Rechteckdose weiß, 136 x 183 x 64 mm, Deckel transparent, Verpackungszentrum Graz). Zur Gewährleistung einer gleichmäßigen Feuchtigkeit in der Plastikschale wurde um den Faltenfilter noch ein Streifen Filterpapier gelegt.

Pro Schale wurden 100 Samen, je 2 in einer Doppelfalte, gekeimt. Insgesamt wurden 400 Samen pro Temperatur/Zeit Variante angelegt. Zusätzlich wurde eine Kontrollgruppe mit unbehandelten Samen mitgeführt.

In jede Plastikschale wurde einmalig 60 ml destilliertes Wasser gegeben, das mit einer 0,2 %igen Kaliumnitrat-Lösung versetzt war. Die Zugabe von Kaliumnitrat ist notwendig um die Dormanz der Samen zu brechen. Die Samen wurden bei 20 °C und alternierender Beleuchtung (12 h hell, 12 h dunkel) im Klimaschrank gekeimt. Eine Erstauszählung erfolgte nach 10 Tagen, wobei die gekeimten Samen entfernt wurden. Die Endauszählung fand nach 21 Tagen statt.

Auch bei Sellerie fanden die Bestimmungen der ISTA (2011) Anwendung. Es wurde nach harten, frischen, toten Samen und normalen und anormalen Keimlingen unterschieden.

3.6 Gesundheitsprüfung Karotte

Nach erfolgter Keimprüfung wurde eine Gesundheitsprüfung durchgeführt. Das Ziel war es, die Höhe des Befalls der Samen mit *Alternaria spp.* festzustellen. Unterschieden wurde auch nach der Unterart (*A. dauci, A. raphani*). Zusammengefasst wurde das Ergebnis unter *Alternaria spp.* Eine unbehandelte Kontrollgruppe wurde ebenfalls angelegt um den Wirkungsgrad der Behandlung zu bestimmen (ANONYMOUS, 1999a).

Die *Alternaria spp.*-Bestimmung wurde nach der Malzagarmethode in Petrischalen durchgeführt (ANONYMOUS, 1999a). Malzagar wurde bereitet aus 1000 ml destilliertem Wasser mit 20 g Agarpulver und 10 g Malzextrakt. Die Mischung wurde autoklaviert (121 °C, 20 min) und noch warm (mit 55°C) in sterile Petrischalen gegossen. Sobald der Malzagar ausgehärtet war, wurden die Schalen steril verpackt und bis zur weiteren Verwendung bei Raumtemperatur gelagert.

In einer Malzagar-Petrischale wurden mittels Pinzette 10 Samen platziert. Um das Kontaminationsrisiko möglichst gering zu halten, wurde die Pinzette nach je 10 Samen in 70%igen Alkohol getaucht und abgeflammt. Die Petrischalen wurden anschließend mit einem Nescofilm-Streifen verschlossen, beschriftet und für 7 Tage bei 20°C in Dunkelheit kultiviert.

Je Temperatur/Zeit Variante wurden 20 Petrischalen angelegt (je 200 Samen) und 20 Petrischalen mit den unbehandelten Kontrollsamen.

Nach 7 Tagen erfolgte eine visuelle Kontrolle der Petrischalen. Waren die Samen visuell erkennbar befallen, wurde eine Untersuchung mit dem Mikroskop (ZEISS Primostar) durchgeführt, um die Pathogene zu bestimmen. In Abb. 9 sind links stark befallene Karottensamen der unbehandelten Kontrolle zu sehen und rechts eine behandelte Variante.

Abb. 9: Stark befallene Karottensamen (links) im Vergleich zu weniger stark befallenen Samen (rechts)

3.7 Gesundheitsprüfung Sellerie

Bei der Gesundheitsprüfung für das Selleriesaatgut wurde Augenmerk auf den Befall mit *Septoria* apiicola gelegt. Für die Gesundheitsprüfung der Selleriesamen wurden zwei Methoden angewendet. Einerseits die mikroskopische Kontrolle der Samen auf Vorhandensein von Pyknidien (ANONYMUS, 1999a) und andererseits wurde eine Zählkammer verwendet, bei der die Anzahl der *Septoria*-Sporen bestimmt wurde (NEGA et al., 2003).

3.7.1 Mikroskopische Kontrolle

Für die mikroskopische Kontrolle (Wild M8, Heerbrugg) wurden für jede Temperatur/Zeit Variante und die Kontrolle je 200 Samen auf sichtbare Pyknidien untersucht. Waren Pyknidien am Korn sichtbar, wurde dieses als befallen eingestuft.

3.7.2 Zählkammer Thoma neu

Die Thoma neu Kammer (Abb. 10), auch als Neubauer-Zählkammer bezeichnet, wird verwendet, um Zellen zu zählen (insbesondere Leukozyten und Erythrozyten des Blutes), aber auch für andere Mikroorganismen und Pilzsporen, wie im vorliegenden Fall. Es wird die Teilchenanzahl pro Volumeneinheit einer Flüssigkeit ermittelt (LABOROPTIK, 2011). Die Auszählung erfolgte mit dem Mikroskop (NIKON Optiphot T2).

Abb. 10: Zählkammer Thoma neu

Aufbau

In Abb. 11 ist der Aufbau der Thomakammer dargestellt. Die Kammer besteht aus Spezialglas in der Größe eines Objektträgers. Links und rechts außen befinden sich Beschriftungsfelder. Der eigentliche Untersuchungsteil ist in der Mitte zu sehen. 2 Zählnetze sind das Herzstück der Zählkammer, diese können eine bestimmte Menge an Flüssigkeit aufnehmen, der Rest rinnt über die Längsrillen ab. Sie sind mit freiem Auge fast nicht zu erkennen, sichtbar werden sie erst unter dem Mikroskop. Ein speziell geschliffenes Deckglas wird über den Mittelteil gelegt, dieses liegt an den Außenstegen auf und erlaubt einen definierten Abstand zwischen Zählnetz und Deckglas. Die zu untersuchende Flüssigkeit wird auf die beiden Netze pipettiert und dann das Deckglas aufgesetzt.

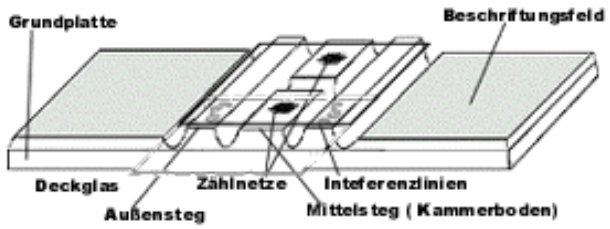

Abb. 11: Aufbau der Zählkammer (http://www.lo-laboroptik.de/deutsch/info/info.html#u9) 24.5.2011

Ein Zählnetz (1 mm^2) (Abb. 12) besteht aus 16 Großquadraten (0,04 mm^2), welche in 16 Kleinquadrate (0,025 mm^2) unterteilt sind. Alle Sporen die innerhalb und am Rand eines Großquadrates liegen, werden gezählt und in die Berechnung miteinbezogen. Um Doppelzählungen an Grenzlinien zu vermeiden werden von einem Kleinquadrat immer nur 2 Linien gezählt, z.B. die linke und obere oder die rechte und untere Linie.

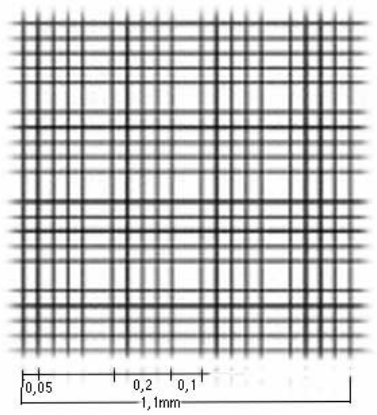

Abb. 12: Zählnetz http://www.laborwissen.de/old_hp/fachbereiche/hama/methoden/thoma_neu.php (24.5.2011)

3.7.3 Versuchsanlage

Je 200 Samen der behandelten Varianten (65 °C/90 s, 65 °C/120 s, 67 °C/90 s), sowie der unbehandelten Varianten der Selleriesorten Slowenien und Lathom Self Blanching wurden in einen Eppendorf Tube gefüllt und 3 Tage bei 19 °C in Dunkelheit aufbewahrt.

Nach 3 Tagen wurden die Tubes mit je 2 ml destilliertem und sterilisiertem Wasser aufgefüllt und für 30 s geschüttelt. Nach 30 min wurden sie erneut geschüttelt. Dadurch sollten die Pyknidien die *Septoria apiicola* Sporen freigeben. Anschließend wurde ein Tropfen der Suspension auf das Zählnetz pipettiert und das Deckglas aufgesetzt. Dann erfolgte die Auszählung der im Netz vorhandenen Sporen. In Abb. 13 ist das Zählnetz mit den langgestreckten hellen *Septoria* Sporen abgebildet. In diesem Fall sind 4 Sporen abgebildet, gezählt werden jedoch nur die 3, die im Raster liegen. Die 4. Spore rechts oben liegt nicht mehr im 4x4 Kästchen Raster. Ausgezählt wurden alle 16 Großquadrate, mit 8 Wiederholungen, da die Anzahl der Sporen sehr gering war. Die Auszählung erfolgte mäanderförmig, d.h. die 1. Reihe von links nach rechts, die 2. Reihe von rechts nach links, usw. Damit wird die Fehleranfälligkeit beim Zählen reduziert, da das Objekt nicht so oft bewegt werden muss.

Abb. 13: *Septoria* spp. Sporen im Zählnetz

Für die Berechnung der Sporen pro ml gilt folgende Formel:

ausgezählte Sporen / (ausgezählte Fläche x Kammertiefe x 1) = Sporen pro Milliliter

3.8 Statistische Auswertung

Die statistische Analyse der Daten erfolgte mit dem Programm Statgraphics. Es wurden Mittelwert und Standardabweichung bestimmt und eine Varianzanalyse durchgeführt. Der Mittelwertvergleich wurde anhand eines LSD Test durchgeführt. Die Standardabweichung diente als Grundlage für die Ermittlung der Fehlerindikatoren in den Diagrammen.

4 Ergebnisse

4.1 Tausendkorngewicht

Karotte

In Tab. 1 sind die Mittelwerte der Tausendkorngewichte der Haupt- und Nebendoldensamen der beiden Karottensorten Mrkva Žuta und Mrkva Kratka Rana dargestellt.

Für die Sorte Mrkva Žuta wurde bei den Hauptdoldensamen ein Tausendkorngewicht (TKG) von 1,491 g ermittelt, das um das 1,8 fache höher war, als das TKG der Nebendoldensamen. Die Samen der Nebendolde von Mrkva Žuta hatten ein TKG von 0,796 g.

Das TKG der zweiten Karottensorte Mrkva Kratka Rana betrug bei den Hauptdoldensamen 0,976 g. Die Nebendoldensamen wiesen ein TKG von 0,756 g auf. Im Vergleich zeigte sich, dass das TKG der Hauptdoldensamen um das 1,29 fache höher als das TKG der Nebendoldensamen. Hier war der Unterschied zwischen Hauptdoldensamen und Nebendoldensamen geringer als bei Mrkva Žuta.

Die statistische Analyse zeigte, dass es signifikante Unterschiede beim Tausendkorngewicht gab (LSD, p=0,000; F=187,61). Das TKG der Nebendoldensamen beider Sorten unterschied sich nicht, jedoch war das TKG der Nebendoldensamen beider Sorten signifikant geringer als das TKG der Hauptdoldensamen. Das TKG der Hauptdoldensamen beider Sorten war signifikant unterschiedlich.

Tab. 1: Durchschnittliches Tausendkorngewicht Karottensamen (in g).

Sorte	**Mrkva Žuta**		**Mrkva Kratka Rana**	
	Hauptdolde	Nebendolde	Hauptdolde	Nebendolde
TKG	**1,491 a**	**0,796 c**	**0,976 b**	**0,756 c**

Sellerie

Bei Sellerie betrug das TKG der Sorte Slowenien 0,320 g und das TKG der Sorte Lathom Self-Blanching lag bei 0,286 g (Tab. 2).

In der statistische Analyse zeigten sich signifikante Unterschiede beim TKG (LSD,p=0,039; F=9,16).

Tab. 2: Durchschnittliches Tausendkorngewicht Selleriesamen (in g).

Sorte	Slowenien	Lathom Self Blanching
TKG	0,320 a	0,286 b

4.2 Keimprüfung Karotte

Die Keimfähigkeit von Karottensamen der Sorte Mrkva Žuta wird in Abb. 14 dargestellt (nach Hauptdoldensamen HD und Nebendoldensamen ND unterschieden). Bei den Samen der Hauptdolde lag die Keimfähigkeit im Bereich von 72 % - 76,5 %. Die Keimfähigkeit von Samen der Nebendolde lag signifikant darunter, im Bereich von 33,5 % - 40,25 % (p=0,000; F=288,97). Die behandelten Varianten zeigten jedoch keine signifikanten Unterschiede zur jeweiligen unbehandelten Kontrollvariante.

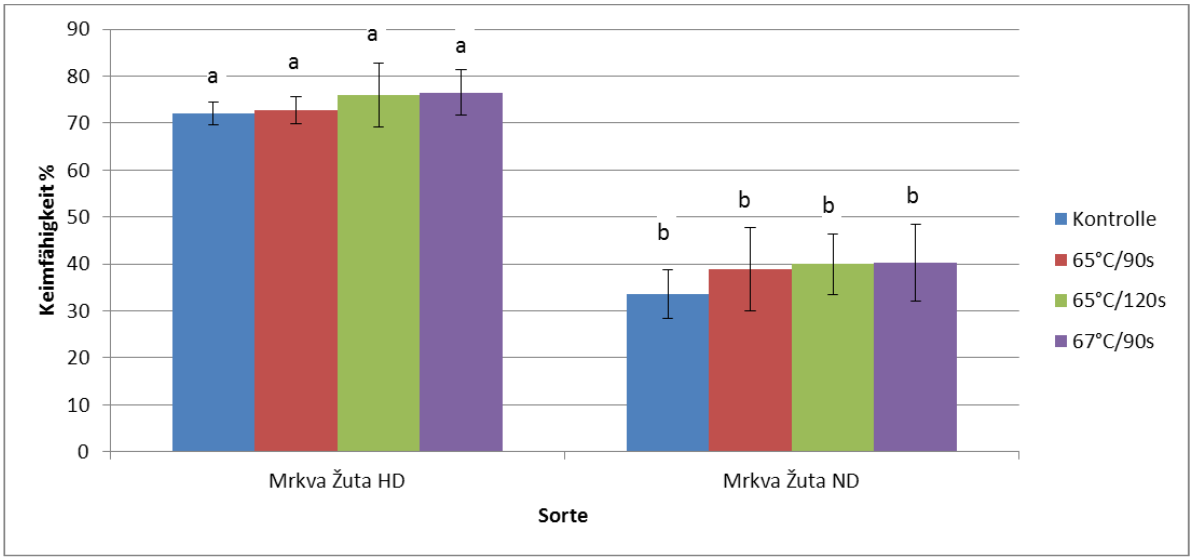

Abb. 14: Keimfähigkeit (in %) der Karottensorte Mrkva Žuta (HD=Samen der Hauptdolde, ND=Samen der Nebendolde). Säulen innerhalb einer Gruppe mit unterschiedlichen Buchstaben unterscheiden sich signifikant (LSD, HD: p =0,441; F=0,96; ND: p=0,544; F=0,75).

Die Keimfähigkeit der Haupt- und Nebendoldensamen der Sorte Mrkva Kratka Rana ist in Abb. 15 dargestellt. Die Keimfähigkeit der Hauptdoldensamen lag im Bereich von 82,75 % - 89,5 % und war signifikant höher als die Keimfähigkeit der Nebendoldensamen, die sich zwischen 77,75 % und 84,25 % bewegte (p=0,008; F=8,21). Die behandelten Samen unterschieden sich aber weder bei den Hauptdoldensamen (p=0,293; F=1,39) noch bei den Nebendoldensamen (p=0,058; F=3,29) von der jeweiligen unbehandelten Kontrollvariante.

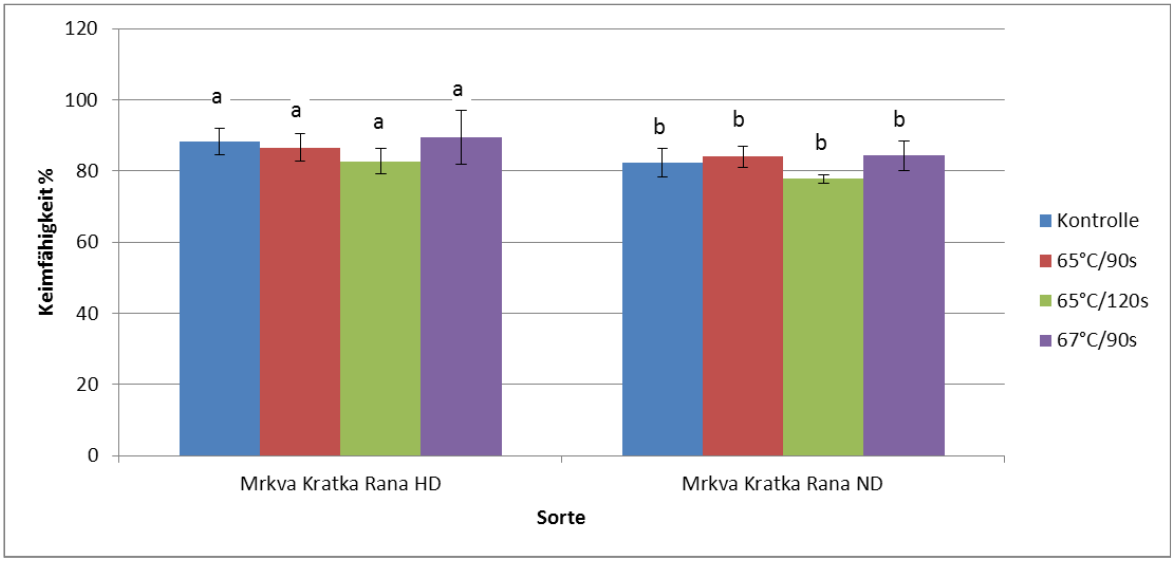

Abb. 15: Keimfähigkeit (in %) der Karottensorte Mrkva Kratka Rana. HD=Samen der Hauptdolde, ND=Samen der Nebendolde. Säulen innerhalb einer Gruppe mit unterschiedlichen Buchstaben unterscheiden sich signifikant (LSD, HD: p =0,293; F= 1,39; ND: p=0,058; F=3,29).

4.3 Keimprüfung Sellerie

Die Ergebnisse der Keimprüfung der getesteten Selleriesorten sind in Abb. 16 dargestellt. Auffallend ist, dass bei beiden Sorten die unbehandelte Kontrollvariante die höchste Keimfähigkeit aufweist.

Bei der Sorte Slowenien hatte die unbehandelte Kontrolle die höchste Keimfähigkeit (79,75 %), gefolgt von Variante 65 °C/90 s (76,5 %). Beide Varianten waren statistisch gleich, unterschieden sich aber von Variante 65 °C/120 s und 67 °C/90 s. Variante 65 °C/120 s hatte eine signifikant höhere Keimfähigkeit (69,5 %) als Variante 67 °C/90 s (64,5 %) (p=0,000; F=21,02).

Die Sorte Lathom Self Blanching zeigte bei der Keimfähigkeit signifikante Unterschiede zwischen der unbehandelten Kontrolle und den behandelten Varianten. Die Keimfähigkeit der unbehandelten Kontrolle (76,75 %) war signifikant höher als die Keimfähigkeit aller behandelten Varianten (59,5 % - 65,75 %) (p=0,007; F=6,71).

Die Keimfähigkeit beider Sorten verglichen zeigt, dass die Sorte Slowenien (64,5 % - 79,75%) eine signifikant höhere Keimfähigkeit hatte, als die Sorte Lathom Self Blanching (59,5 % - 76,75 %) (p=0,022; F=5,79).

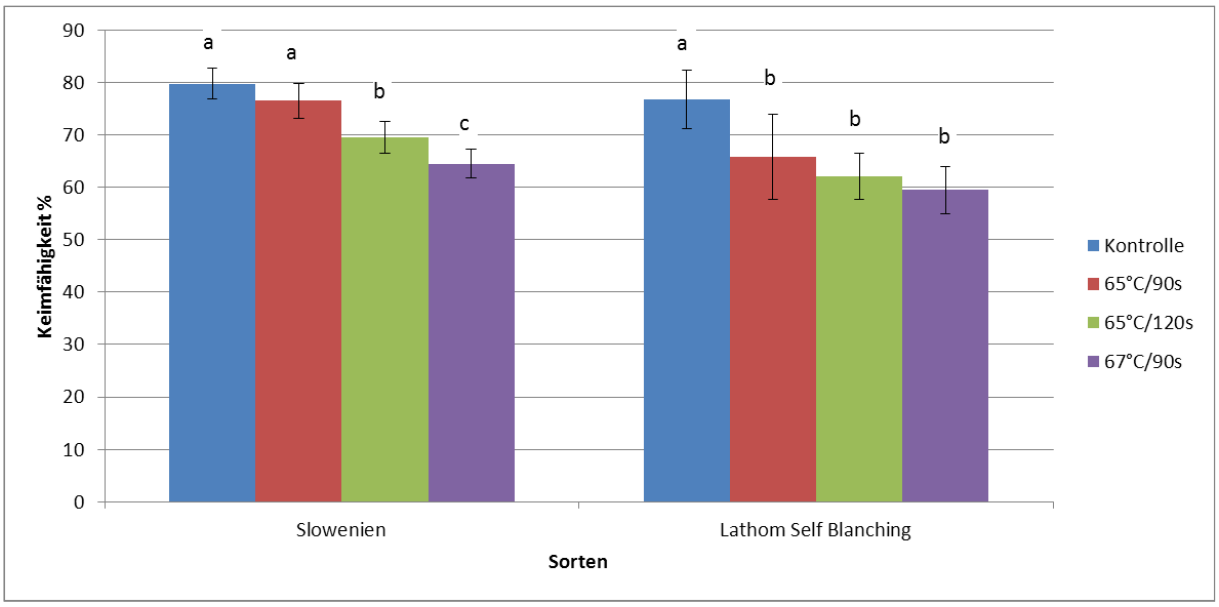

Abb. 16: Keimfähigkeit (in %) der Selleriesorten Slowenien und Lathom Self Blanching. Säulen innerhalb einer Gruppe mit unterschiedlichen Buchstaben unterscheiden sich signifikant (LSD, Slowenien: p =0,000; F=21,02; Lathom Self Blanching: p=0,007; F=6,71).

4.4 Gesundheitsprüfung Karotte

Gesundheitsprüfung der Sorte Mrkva Žuta

Die Ergebnisse der Gesundheitsprüfung der **Hauptdoldensamen** der Karottensorte Mrkva Žuta sind in Abb. 17 dargestellt. Neben *Alternaria spp.* wiesen die Samen auch bakterielle Kontamination auf. Unter dem Begriff „andere" Krankheiten wurden Aspergillus, Fusarium, Penicillium und Rhizopus zusammengefasst Unter „unbekannt" angeführte Erreger wurden jene zusammengefasst, die aufgrund fehlender Sporulationsstrukturen nicht näher bestimmt werden konnten.

Die Auswertung der Samen der Hauptdolde zeigte, dass nur 1 % der Kontrollgruppensamen **gesund** war. Durch die Temperaturbehandlung zeigte sich ein deutlich höherer Anteil gesunder Samen: Variante 67 °C/90 s wies 79 % gesunde Samen auf, Variante 65 °C/90 s 65 % gesunde Samen und bei Variante 65 °C/120 s waren 56,5 % der Samen befallsfrei. Statistisch gesehen zeigten alle behandelten Varianten signifikant mehr gesunde Samen als die Kontrollvariante. Der höchste Wert wurde bei Variante 67 °C/90 s erreicht (p=0,000; F=101,89).

Die unbehandelte Kontrollgruppe zeigte den höchsten ***Alternaria spp***.-Befall (95 %). In den behandelten Varianten ging der *Alternaria spp*. Befall der Samen signifikant zurück: Bei Variante 65 °C/90 s waren 7 % befallen, bei Variante 65 °C/120 s nur 2 % und bei Variante 67 °C/90 s waren nur mehr 1 % der Samen befallen (p=0,000; F=683,54).

In der unbehandelten Kontrollvariante zeigten die Samen keinerlei **bakteriellen Befall.** Bei den behandelten Varianten waren 15,5 % - 22 % der Samen bakteriell befallen. Statistisch unterschieden sich die behandelten Varianten untereinander nicht, jedoch war die Kontrollvariante signifikant weniger befallen (p=0,003; F=8,10).

Andere Pilzkrankheiten (Fusarium, Aspergillus, Penicillium, Rhizopus) traten in geringem Ausmaß auf. Die meisten befallenen Samen konnten bei Variante 65 °C/120 s (16 %) und Variante 65 °C/90 s (12 %) nachgewiesen werden. Statistisch waren beide Varianten gleich und hatten signifikant mehr befallene Samen als die Kontrollvariante (2,5 %) und Variante 67 °C/90 s (2 %) (p=0,011; F=5,80).

Die **unbekannten**, nicht näher bestimmten Pilzkrankheiten zeigten keinen statistischen Unterschied. Der Befall war mit einem Höchstwert von 3,5 % befallenen Samen bei Variante 65 °C/120 s sehr gering (p=0,328; F=1,27).

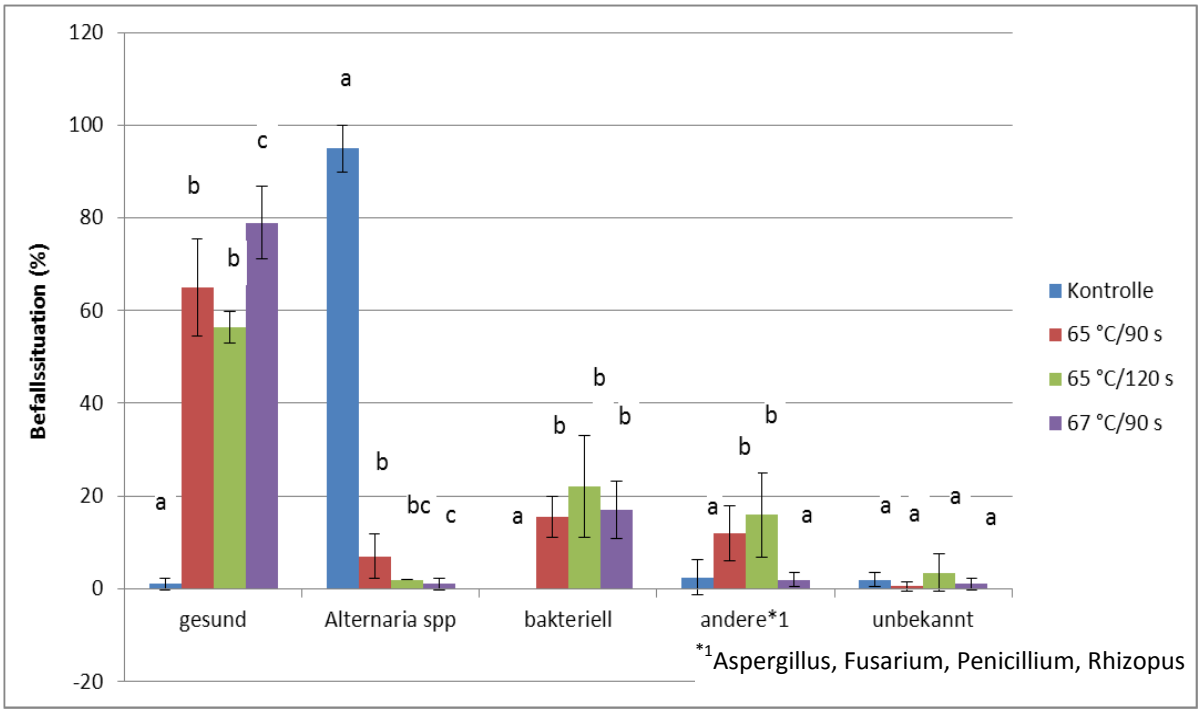

Abb. 17: Befallssituation (in %) der Karottensorte Mrkva Žuta Hauptdoldensamen (n=200). Säulen innerhalb einer Gruppe mit unterschiedlichen Buchstaben unterscheiden sich signifikant (LSD, gesund: p=0,000; F=101,89; *Alternaria spp.*: p=0,000; F=683,54; bakteriell: p=0,003; F=8,10; andere: p=0,011; F= 5,80; unbekannt: p=0,328; F=1,27)

Die Ergebnisse der Gesundheitsprüfung der **Nebendoldensamen** der Karottensorte Mrkva Žuta sind in Abb. 18 dargestellt. In der Kontrollgruppe waren nur 0,5 % der Samen **gesund**, während bei den behandelten Varianten der Anteil gesunder Samen signifikant höher war. Bei Variante 65 °C/90 s lag der Anteil gesunder Samen (39,5 %) signifikant höher als bei der Kontrolle. Die Varianten 67 °C/90 s und 65 °C/120 s hatten den höchsten Anteil an gesunden Samen (69 % und 70 %) und übertrafen die anderen Varianten signifikant (p=0,000; F=104,34).

Die unbehandelte Kontrollvariante wies mit 97,5 % befallenen Samen den höchsten ***Alternaria spp***. Befall auf. In allen behandelten Varianten war ein signifikanter Erfolg der Behandlung erkennbar: Hier lag der Anteil an *Alternaria spp*. befallenen Samen nur mehr zwischen 2,5 % und 5 % (p=0,000; F=1.039,24).

Die unbehandelte Kontrollvariante zeigte den geringsten **bakteriellen** Befall (5 %). Der Befall der behandelten Varianten lag signifikant höher als bei der Kontrolle, mit 14 % - 24,5 % befallenen Samen. Variante 65 °C/90 s zeigte den signifikant höchsten bakteriellen Befall (24,5 %). Die Varianten 65 °C/120 s und 67 °C/90 s lagen statistisch zwischen der unbehandelten Kontrollvariante und Variante 65 °C/90 s (p=0,006; F= 6,92).

Der höchste Anteil an **anderen Pilzkrankheiten** (Fusarium, Aspergillus, Penicillium, Rhizopus) trat bei Variante 65 °C/90 s auf (28,5 %). Variante 65 °C/120 s und die unbehandelte Kontrollvariante hatten signifikant weniger befallene Samen (3,5 % und 4,5 %) und Variante 67 °C/90 s zeigte keinen Befall (p=0,002; F=9,73).

In der Gruppe der **unbekannten**, nicht näher bestimmten **Pilzkrankheiten** wurde nur ein geringer Befall festgestellt. Hier unterschieden sich die behandelten Varianten nicht signifikant von der unbehandelten Variante (p=0,133; F=2,27).

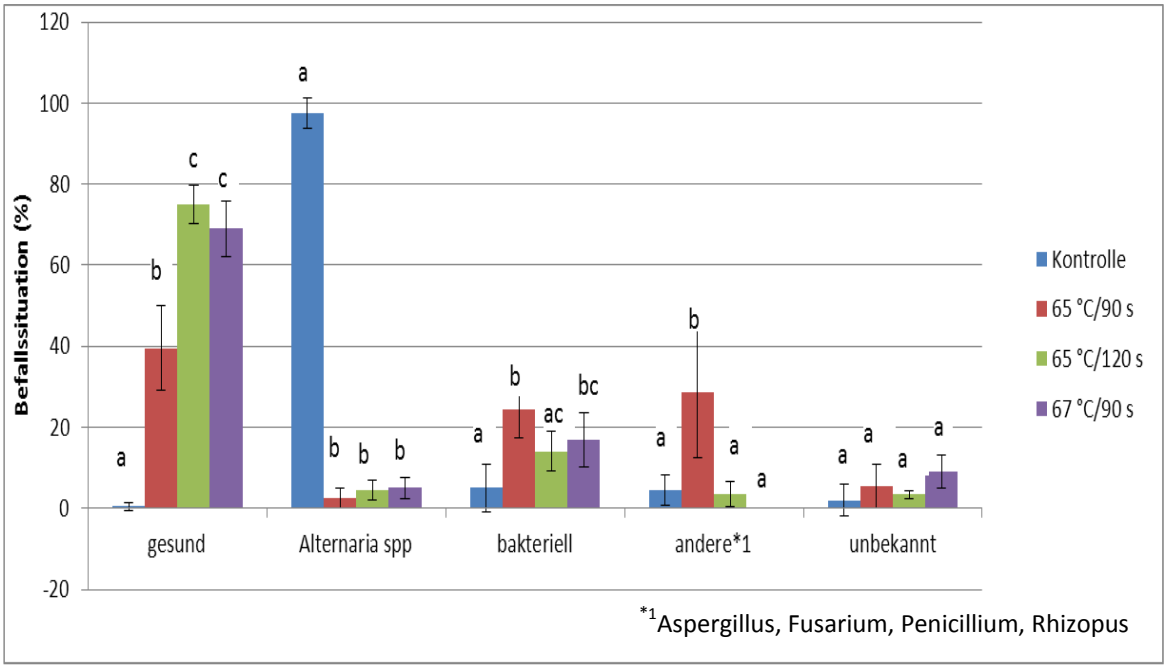

Abb. 18: Befallssituation (in %) der Karottensorte Mrkva Žuta Nebendoldensamen (n=200). Säulen innerhalb einer Gruppe mit unterschiedlichen Buchstaben unterscheiden sich signifikant (LSD, gesund: p=0,000; F=104,34; *Alternaria spp.*: p=0,000; F=1.039,24; bakteriell: p=0,006; F=6,92; andere: p=0,002; F= 9,73; unbekannt: p=0,133; F=2,27)

Gesundheitsprüfung der Sorte Mrkva Kratka Rana

Die Ergebnisse der Gesundheitsprüfung der **Hauptdoldensamen** der Karottensorte Mrkva Kratka Rana werden in Abb. 19 gezeigt. Bei der unbehandelten Kontrollvariante waren nur 0,5 % der Samen **gesund**. Der Anteil gesunder Samen war in den behandelten Varianten signifikant höher: Bei Variante 65 °C/120 s waren 93,5 % der Samen gesund, gefolgt von Variante 67 °C/90 s (90 %) und Variante 65 °C/90 s (87,5 %) (p=0,000; F=574,74).

Bei der unbehandelten Kontrollvariante waren 94,5 % der Samen mit ***Alternaria spp***. befallen. Hier zeigte sich ein signifikant höherer Befall im Vergleich zu allen behandelten Varianten. Die behandelten Varianten hatten 0,5 % - 5,5 % befallene Samen und unterschieden sich statistisch nur von der unbehandelten Kontrollvariante, die signifikant höher befallen war (p=0,000; F=740,23).

Den höchsten **bakteriellen** Befall der Samen wies Variante 67 °C/90 s (7,5 %) auf. Sie unterschied sich somit signifikant von den anderen behandelten Varianten, deren Befall geringer war (3 % und 5,5 %). Die unbehandelte Kontrollvariante zeigte keinen bakteriellen Befall (p=0,004; F=7,64).

Die Höhe des Befalls mit **anderen Pilzkrankheiten** (Fusarium, Aspergillus, Penicillium, Rhizopus) unterschied sich statistisch nicht voneinander (p=0,680; F=0,51).

In der Gruppe der **unbekannten**, nicht näher bestimmten **Pilzkrankheiten** zeigten sich ebenfalls keine statistischen Unterschiede (p=0,081; F=2,86).

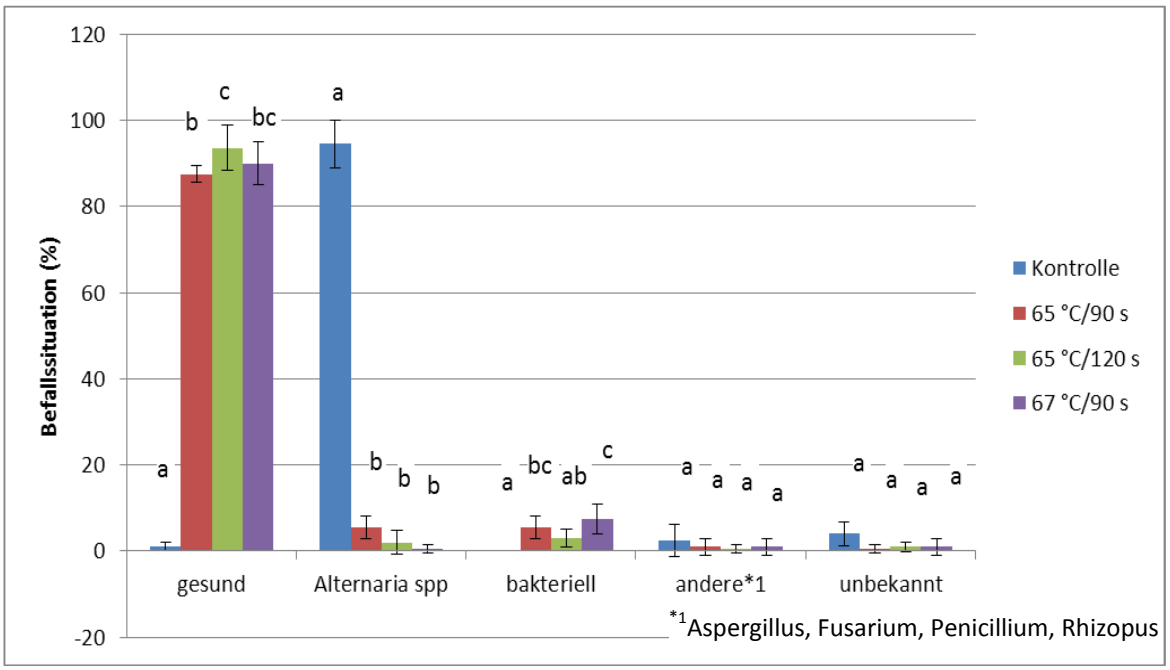

Abb. 19: Befallssituation (in %) der Karottensorte Mrkva Kratka Rana Hauptdoldensamen (n=200). Säulen innerhalb einer Gruppe mit unterschiedlichen Buchstaben unterscheiden sich signifikant (LSD, gesund: p=0,000; F=574,74; *Alternaria spp*.: p=0,000; F=740,23; bakteriell: p=0,004; F=7,64; andere: p=0,680; F= 0,51; unbekannt: p=0,081; F=2,86)

Die Ergebnisse der Gesundheitsprüfung der **Nebendoldensamen** der Karottensorte Mrkva Kratka Rana sind in Abb. 20 ersichtlich. Die unbehandelte Kontrollvariante wies keine **gesunden** Samen auf und unterschied sich signifikant von allen behandelten Varianten. Der Erfolg der Behandlung spiegelte sich in der Anzahl gesunder Samen in den behandelten Varianten wieder, der zwischen 81,5 % bei Variante 65 °C/120 s und 94,5 % bei Variante 67 °C/90 s lag (p=0,000; F=417,71).

Die Samen der unbehandelten Kontrollgruppe wiesen einen ***Alternaria spp.*** Befall von 95,5 % auf. Bei Variante 65 °C/120 s traten hingegen keine *Alternaria spp*. befallenen Samen auf. Die Varianten 65 °C/90 s und 67 °C/90 s zeigten 1 % - 1,5 % befallene Samen. Alle behandelten Varianten unterschieden sich signifikant von der unbehandelten Kontrollvariante (p=0,000; F=4.136,92).

Bakterielle Kontaminationen traten in geringem Ausmaß auf. Variante 65 °C/90 s wies die höchsten Kontamination (13,5 %) auf und unterschied sich signifikant von den anderen behandelten Varianten (jeweils 3,5 % kontaminierte Samen) und der unbehandelten Kontrollvariante (4 % kontaminierte Samen) (p=0,001; F=11,99).

Andere Krankheiten (Fusarium, Aspergillus, Penicillium, Rhizopus) traten ebenfalls in geringem Maß auf. Hier zeigte Variante 65 °C/120 s den höchsten Befall (14 %) und unterschied sich signifikant von den anderen Varianten und der unbehandelten Kontrollvariante, deren Befall nur zwischen 0,5 % und 3 % lag (p=0,018; F=11,19).

In der Gruppe der **unbekannten**, nicht näher bestimmten Pilzkrankheiten wies nur ein geringer Anteil der Samen Befall auf. Den höchsten Befall zeigten die Samen der unbehandelten Kontrollvariante (4 %). Bei Variante 67 °C/90 s zeigte sich gar kein Befall und der Befall der übrigen Varianten lag zwischen 1 % und 2 % (p=0,02; F=5,00).

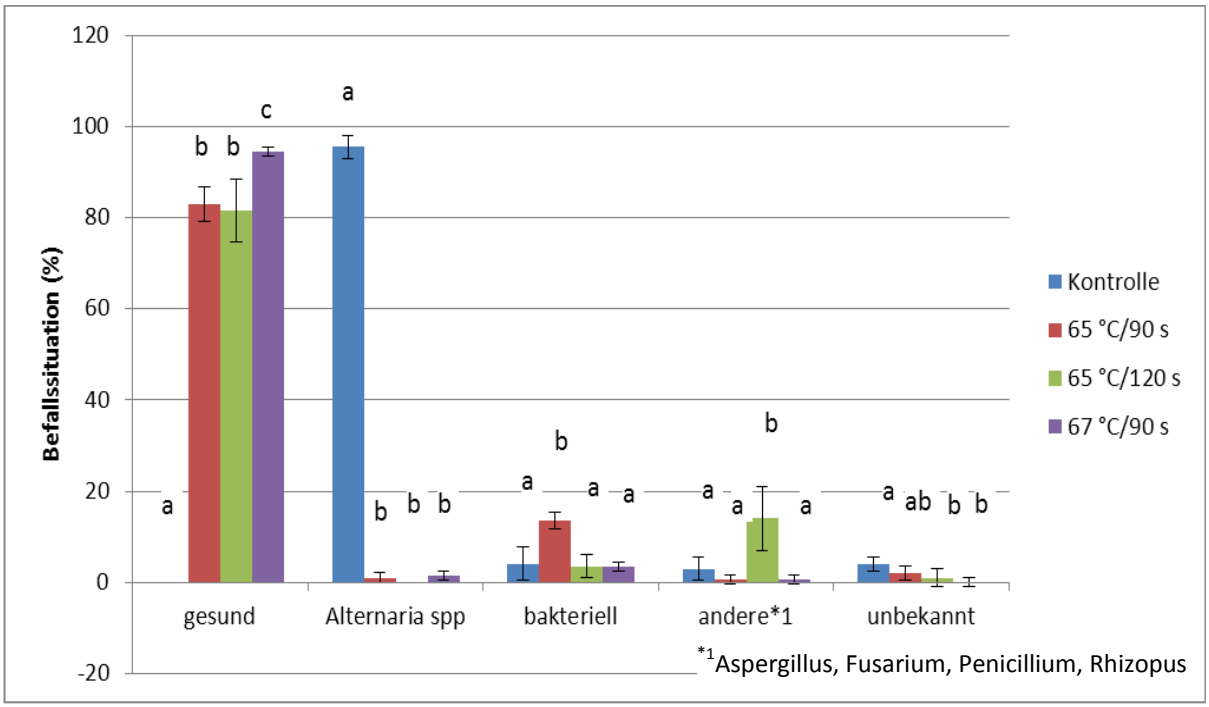

Abb. 20: Befallssituation (in %) der Karottensorte Mrkva Kratka Rana Nebendoldensamen (n=200). Säulen innerhalb einer Gruppe mit unterschiedlichen Buchstaben unterscheiden sich signifikant (LSD, gesund: p=0,000; F=417,71; *Alternaria spp.*: p=0,000; F=4.136,92; bakteriell: p=0,001; F=11,99; andere: p=0,001; F=11,19; unbekannt: p=0,018; F=5,00)

Wirkungsgrad der Heißdampfbehandlung gegen *Alternaria* spp.

Der Wirkungsgrad der Heißdampfbehandlung gegen *Alternaria spp.* ist in Tab. 3 dargestellt. Bei allen behandelten Varianten beider Karottensorten liegt der Wirkungsgrad bei über 90 %. Bei Sorte Mrkva Kratka Rana wurde der *Alternaria Befall* mit Behandlungsvariante 65 °C/120 sogar um 100 % reduziert.

Tab. 3: Wirkungsgrad der Behandlung im Vergleich mit dem *Alternaria spp*. Befall vor der Behandlung.

Karottensorte	*Alternaria spp.* Befall der unbehandelten Kontrollvariante	behandelte Varianten	Wirkungsgrad Behandlung
Mrkva Žuta Hauptdoldensamen	90 %	65 °C/90 s	93 %
		65 °C/120 s	98 %
		67 °C/90 s	99 %
Mrkva Žuta Nebendoldensamen	89 %	65 °C/90 s	98 %
		65 °C/120 s	96 %
		67 °C/90 s	95 %
Mrkva Kratka Rana Hauptdoldensamen	92 %	65 °C/90 s	95 %
		65 °C/120 s	98 %
		67 °C/90 s	99,5 %
Mrkva Kratka Rana Nebendoldensamen	97 %	65 °C/90 s	99 %
		65 °C/120 s	100 %
		67 °C/90 s	98,5 %

4.5 Gesundheitsprüfung Sellerie

Gesundheitsprüfung der Selleriesorte Slowenien

Die Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchung und der Thomakammer-Zählung der Selleriesorte Slowenien sind in Tab. 4 dargestellt.

Bei der mikroskopischen Untersuchung zeigten sich die meisten befallenen Samen (70 %) bei der unbehandelten Kontrollvariante. Bei Variante 65 ° C/120 s traten noch an 50 % der Samen Pyknidien auf, und bei Varianten 67 °C/90 s an 47 % der Samen. Den geringsten Befall wies Variante 65 °C/90 s auf (41 %).

Die Auswertung der *Septoria* Sporen/ml mit der Thomakammer zeigte große Unterschiede zwischen den Varianten. Die unbehandelte Kontrollvariante wies mit 641 Sporen/ml die höchste Anzahl an Sporen und Variante 65 °C/90s die geringste Anzahl an Sporen (254 Sporen/ml) auf. Bei Variante 67 °C/90 s traten 508 Sporen/ml auf, gefolgt von Variante 65 °C/120 s mit 441 Sporen/ml.

Tab. 4: *Septoriabefall* der Sorte Slowenien (n=200).

	mikroskopische Auswertung	**Auswertung mittels Thomakammer**
	Samen mit Pyknidien (%)	**Sporen/ml**
Kontrolle	**70**	**641**
65 °C/90 s	**41**	**254**
65 °C/120 s	**50**	**441**
67 °C/90 s	**47**	**508**

Gesundheitsprüfung der Selleriesorte Lathom Self Blanching

Die Ergebnisse der Gesundheitsprüfung der Selleriesorte Lathom Self Blanching sind in Tab. 5 ersichtlich. Der höchste Anteil an befallenen Samen trat bei der unbehandelten Kontrollvariante auf (24 %). Die Varianten 65 °C/90 s und 65 °C/120 s wiesen mit jeweils 8 % befallenen Samen den geringsten Befall auf. Bei Variante 67 °C/90 s traten an 18 % der Samen Pyknidien auf.

Bei der Zählkammer-Untersuchung wies Variante 67 °C/90 s die höchste Anzahl an Sporen auf (31 Sporen/ml), gefolgt von der unbehandelten Kontrollgruppe

(27 Sporen/ml). Variante 65 °C/90 s zeigte 20 Sporen/ml und die geringste Anzahl an Sporen wies Variante 65 °C/120 s auf (8 Sporen/ml).

Tab. 5: *Septoriabefall* der Sorte Lathom Self Blanching (n=200).

	mikroskopische Auswertung	**Auswertung mittels Thomakammer**
	Samen mit Pyknidien (%)	**Sporen/ml**
Kontrolle	**24**	**27**
65 °C/90 s	**8**	**20**
65 °C/120 s	**8**	**8**
67 °C/90 s	**18**	**31**

Die statistische Auswertung der Gesundheitsprüfung der beiden Selleriesorten Slowenien und Lathom Self Blanching ergab keine signifikanten Unterschiede zwischen den Sorten (p=0,585; F=0,66).

Die unterschiedlichen Behandlungsvarianten der Selleriesorte Slowenien zeigten keine signifikanten Unterschiede zur unbehandelten Kontrolle (p=0,178; F=1,93). Auch die Sorte Lathom Self Blanching wies keine signifikanten Unterschiede bei den Behandlungsvarianten auf (p=0,112; F=2,47).

5 Diskussion

Um eine Verbesserung der Saatgutqualität im biologischen Landbau zu erreichen wurde ein Heißdampfbehandlungsgerät untersucht. Das Saatgut wurde einer Dampfbehandlung unterzogen und anschließend wurden eine Keimprüfung und eine Gesundheitsprüfung nach den ISTA-Kriterien durchgeführt.

5.1 Keimprüfung

Das verwendete **Karottensaatgut** beider Sorten zeigte nach der Heißdampfbehandlung keine Keimverluste zwischen behandelten Varianten und der unbehandelten Kontrollvariante. HELLER und RAZAVI (2007) geben als Parameter für Karottensaatgut 65 °C für 90 s an. Jedoch zeigte sich bei den vorliegenden Untersuchungen, dass das Saatgut auch 67 °C für 90 s ohne Triebkraftverlust erträgt. Denn selbst die Variante mit der höchsten Temperatur (67 °C/90 s) führte zu keiner Verminderung der Keimfähigkeit. Im vorliegenden Versuch lag die Sorte Mrkva Kratka Rana mit 86,5 % Keimfähigkeit nach der Behandlung mit 65 °C für 90 s im Bereich der Ergebnisse von HELLER und RAZAVI (2007), die mit den gleichen Behandlungsparametern eine Keimfähigkeit von 85 % (unbehandelte Kontrolle 80 %) erzielten.

Die Keimraten unterschieden sich zwar nicht bei den unbehandelten Kontrollvarianten und den behandelten Varianten, aber sehr wohl bei unterschiedlich großen Samen (Haupt- und Nebendoldensamen). Die unterschiedlichen Samengrößen wurden über das TKG definiert. Das TKG der Karottensorten lag in einem Bereich von 0,976 g - 1,491 g bei Hauptdoldensamen und 0,756 g - 0,796 g bei Nebendoldensamen. Die Ergebnisse fallen somit in die Bandbreite der in der Literatur erwähnten TKG von PELZMANN (2004), der das TKG von Karottensamen bei 1 g ansiedelt und KRUG et al. (2002), die die Spannbreite nach oben und unten größer ziehen mit 0,8 g – 2,4 g.

Bei der Karottensorte Mrkva Žuta hatten die Samen der Hauptdolde ein signifikant höheres TKG (1,491 g) und eine signifikant höhere Keimfähigkeit (74 %) als die Samen der Nebendolde die nur rund die Hälfte des TKG (0,796 g) und der Keimfähigkeit (38 %) hatten. Auch bei der Karottensorte Mrkva Kratka Rana lagen die Samen der Hauptdolde mit einem TKG von 0,976 g und einer Keimfähigkeit von 87 % signifikant vor den Samen der Nebendolde (TKG 0,756 g, Keimfähigkeit 84 %). Unterschiedliche Keimkraft bei

unterschiedlichen Samengrößen stellte auch PANAYOTOV (2010) fest, der die Karottensamen nach Samen der ersten, zweiten und dritten Dolde unterschied. Die ersten Dolden waren die Samen mit dem größten TKG und der höchsten Keimrate und die dritten Dolden die Samen mit dem geringsten TKG und der niedrigsten Keimrate. Die zweiten Dolden lagen dazwischen.

Es wäre daher günstig auch künftig bei der Ernte der Karottensamen nach Samen der Hauptdolde und Samen der Nebendolde zu unterscheiden, da die Keimfähigkeit unterschiedlich ist. PANAYOTOV (2010) empfiehlt ebenfalls nach Qualitätsklassen getrennt zu ernten, um die Vorteile der jeweiligen Samenposition an der Dolde auszunützen. So hatten Samen der ersten Dolde eine bessere Säqualität, dafür zeigten Samen der zweiten Dolde einen uniformeren Aufgang.

Das **Selleriesaatgut**, im Besonderen die Sorte Lathom Self Blanching aus der Ernte 2004, reagierte mit einem Triebkraftverlust auf die Heißdampfbehandlung. Die Keimfähigkeit der Selleriesorte Slowenien mit einem TKG von 0,320 g liegt bei 64,5 % - 79,75 % und die Sorte Lathom Self Blanching mit einem TKG von 0,286 g bei 59,5 % - 76,75 %. Bei PELZMANN (2004) wird das TKG von Sellerie mit 0,5 g angegeben; KRUG et al. (2002) weiten die Angaben aus auf 0,25 g – 0,8 g. Die im Versuch verwendeten Sorten passen zu den Angaben von KRUG et al. (2002).

Die vorgeschriebene Mindestkeimfähigkeit von 70 % lt. Saatgutverkehrsgesetz (Richtlinie 2002/55/EG) wurde nur bei den unbehandelten Kontrollvarianten und Variante 65 °C/90 s bei der Sorte Slowenien erreicht. Die Sorte Lathom Self Blanching, geerntet 2004, schneidet im Vergleich schlechter ab, als die Sorte Slowenien. Die Keimfähigkeit war gering, obwohl dem Keimwasser zur Brechung der Dormanz Kaliumnitrat beigesetzt worden ist (ISTA, 2011). Daher liegt möglicherweise ein Grund dafür am Alter der Samen. KRETSCHMER (1998) schreibt, dass die Keimfähigkeit von Selleriesamen 3-6 Jahre erhalten bleibt, wenn das Saatgut unter Luftabschluss bei 10 % Restfeuchte gelagert wird. HELLER (2011) gibt den Hinweis, dass die Samen nicht älter als 1-2 Jahre sein sollten, da die Triebkraft mit zunehmendem Alter sinkt und es bei älteren Selleriesamen leichter zu Schäden bei der Dampfbehandlung kommt (HELLER, 2011).

Im vorliegenden Versuch wurde unbehandeltes Karotten- und Selleriesaatgut verwendet, denn HELLER (2008) meint diesbezüglich, dass das Saatgut vor einer Behandlung mit Heißdampf noch keine andere (chemische oder thermische) Behandlung erfahren haben darf, da sonst der Keimling durch die Mehrbelastung dauerhaft geschädigt werden würde.

5.2 Gesundheitsprüfung

Die Gesundheitsprüfung des Saatgutes erfolgte zur Feststellung einer Infektion mit *Alternaria spp.* bei Karotte und *Septoria apiicola* bei Sellerie.

Die Behandlung mit Heißdampf führte bei allen Varianten der beiden Karottensorten zu einer maßgeblichen Verringerung der *Alternaria spp*. Kontamination. Der Wirkungsgrad der Behandlung liegt bei beiden Karottensorten bei allen Varianten über 90 %. Bei der Sorte Mrkva Kratka Rana bei Variante 65 °C/120 s sogar bei 100 %.

In Versuchen von HELLER und RAZAVI (2007) mit Karottensaatgut liegt eine ähnlich gute Wirkung der Heißdampfbehandlung vor: nach 90 s Behandlungszeit bei 65 °C waren alle Pilze abgetötet. Welche Pilze untersucht wurden ist nicht definiert. In den Versuchen mit Heißluft von JAHN et al. (2004) mit Karottensaatgut wurde ebenfalls ein guter Effekt gegen *Alternaria* erzielt. Die unbehandelte Kontrollgruppe war zu 80 % mit *A. dauci* befallen, und zu 30 % mit *A. radicina*; nach der Behandlung mit Heißluft sank der Befall. Die genauen Behandlungsparameter wurden nicht veröffentlicht. In der aktuellen Untersuchung wurde bei den Hauptdoldensamen der Karottensorte Mrkva Kratka Rana der *Alternaria spp*. Befall von 97,5 % auf 2,5 % reduziert. Dieses Resultat schneidet besser ab als das der Studie von KOCH et al. (2009), wo die Heißdampfbehandlung den *Alternaria* –Befall von 80 % auf 10 % reduzierte.

In einer Untersuchung von SCHMITT et al. (2006) konnte bei allen physikalischen Methoden (Heißwasser-, Heißluft-, Elektronenbehandlung) der Anteil an gesunden Samen von 10 % bei der Kontrolle auf 65 % gesteigert werden. Auch in der vorliegenden Untersuchung wurde erreicht, dass durch die Behandlung mit Heißdampf der Anteil der gesunden Samen, der zwischen 0 % - 1 % lag, auf bis zu 94,5 % gesteigert wurde.

Bei der bakteriellen Kontamination in der vorliegenden Untersuchung ist auffällig, dass die bakterielle Kontamination beider Karottensorten am niedrigsten ist in der unbehandelten Kontrollvariante und bei den behandelten Varianten ansteigt. Dies lässt darauf schließen, dass eine massive *Alternaria* Kontamination, wie es bei der Kontrolle der Fall ist, eine Detektion der bakteriellen Kontamination verhindert.

Der Befall mit Fusarium, Aspergillus, Penicillium und Rhizopus wurde unter „andere" Krankheiten zusammengefasst und keine Arten bestimmt, da sie nicht Gegenstand der Untersuchung waren und nur in geringem Ausmaß vorkamen. Ebenso wie die „unbekannten" Krankheiten, die nicht näher bestimmt wurden und auch nur einen geringen Prozentsatz der Kontamination verursachten.

Es besteht ein Zusammenhang zwischen TKG und Krankheitsanfälligkeit bzw. Saatgutqualität. Größere Körner tendieren eher dazu widerstandsfähig und befallsfrei zu sein, als kleinere Körner und Kümmerkörner. Daher gibt es bei Weizensaatgut die Möglichkeit einer Samengrößensortierung mittels eines Siebapparates, der von vornherein kleinere Samen ausscheidet und so die Saatgutqualität erhöht (KÖPKE, 1998). In der vorliegenden Arbeit trifft diese Feststellung bei der Karottensorte Mrkva Žuta nicht zu, da die leichteren Nebendoldensamen zwischen 0,5 % - 75 % gesunde Samen und die schwereren Hauptdoldensamen im gleichen Bereich liegen (1 % - 79 % gesunde Samen), je nach Behandlungsvariante. Auch bei den unbehandelten Kontrollvarianten bewegt sich der Anteil gesunder Samen zwischen 0 % und 1 %, irrelevant ob Samen der Hauptdolde oder den Nebendolde.

Das Selleriesaatgut wurde auf den Erreger *Septoria apiicola* untersucht. Die Gesundheitsprüfung für Sellerie erfolgte mit zwei unterschiedlichen Methoden. Das Vorhandensein von Pyknidien von *S. apiicola* kann mittels mikroskopischer Untersuchung am Samenkorn bestimmt werden, es gibt jedoch keine vorgeschriebene Methode zur Bestimmung seitens der ISTA (ANONYMUS, 1999a). Eine andere Methode, mit der Sporenanzahlen ermittelt werden können, ist eine Thomakammerbestimmung (NEGA et al., 2003). In der vorliegenden Arbeit wurden beide Methoden durchgeführt. Um die Ergebnisse zu sichern, wäre bei weiteren Untersuchungen günstig aus den behandelten Samen auch Jungpflanzen zu ziehen, die anschließend auf Befall mit *Septoria* untersucht

werden, da mit den derzeitigen Methoden keine gesicherten Aussagen über eine Reduzierung der Infektiösität von *Septoria* am Samen getroffen werden können.

Bei einer Untersuchung zur Heißwasserbehandlung von Selleriesaatgut wurde die Methode der Thomakammer-Zählung der Septoriasporen durchgeführt. Die Anzahl der *Septoria*-Pyknidien blieb durch die Behandlung unverändert, aber die Anzahl der Sporen hat sich signifikant verringert (NEGA et al., 2003). In der vorliegenden Untersuchung waren bei der unbehandelten Kontrollvariante 70 % der Samen der Selleriesorte Slowenien und 24 % der Samen der Selleriesorte Lathom Self Blanching mit Pyknidien befallen. In allen behandelten Varianten war der Befall deutlich geringer. Im Vergleich dazu waren bei der Sporenzählung mittels Zählkammer ebenfalls die meisten Sporen in der unbehandelten Kontrollvariante: 641 Sporen/ml bei der Sorte Slowenien und 27 Sporen/ml bei der Sorte Lathom Self Blanching.

Die Anzahl der Sporen in den Pyknidien von *Septoria apiicola* und *Septoria petroselini* wurde bei einer Heißdampfbehandlung signifikant reduziert, da durch die Hitzeeinwirkung die Konidien quellen und die Sporen freisetzen. Der Erfolg der Behandlung wurde an gezogenen Pflanzen verifiziert, die um 37 % weniger Befall zeigten und einen höheren Ertrag hatten (AMEIN et al. und JAHN et al., 2006). In der vorliegenden Untersuchung wurde die Sporenanzahl nur am Saatgut ermittelt und es wird für weitere Untersuchungen empfohlen ebenfalls den Erfolg der Behandlung an den Jungpflanzen zu messen.

Die gewählte Behandlungstemperatur hatte bei allen Sellerie-Varianten einen negativen Einfluss auf die Keimung. Die höchste Keimrate hatte bei beiden Sorten jeweils die unbehandelte Kontrollvariante und Variante 65 °C/90 s bei der Sorte Slowenien, die eine Keimfähigkeit von 76,5 % erreichte. Alle anderen Varianten beider Sorten lagen unter der geforderten Mindestkeimfähigkeit. Da die Heißluftbehandlung die Keimfähigkeit beeinträchtigt hat, könnte man als Alternative auch das *S. apiicola* befallene Saatgut erst 1 Jahr nach der Ernte verwenden, da LICHTENHAHN et al. (1999) zur direkten Bekämpfung von *Septoria* eine Überlagerung des Selleriesaatgutes empfehlen, weil der Pilz nach einem Jahr den Großteil seines Infektionspotentials verliert. Das Saatgut wird bei Arche Noah in luftdicht abgeschlossenen Säcken gelagert, in einem Raum mit einer maximalen

Luftfeuchte von 60 %. Der Raum ist nicht klimatisiert und die Temperaturen schwanken zwischen 10 – 20 °C, je nach Jahreszeit.

5.3 Empfehlungen für Verbesserungen am Heißluftbehandlungsgerät

Das im vorliegenden Versuch verwendete Heißluftbehandlungsgerät (Abb. 21), das angelehnt an das Gerät von HELLER (2011) gebaut wurde, zeigt im direkten Vergleich einige Unterschiede. Ein augenscheinlicher Unterschied ist die Dampfquelle: Heller verwendete einen Teekessel und das vorliegende Gerät wurde an einen Dampftapetenablöser angeschlossen. Ein weiterer, weitaus wichtigerer Unterschied ist das Kunststoffrohr, das die Dampfquelle mit dem Trichter verbindet. Das vorliegende Gerät hat nicht nur ein senkrechtes Rohr, sondern noch ein zweites, das im 45 ° Winkel abzweigt und mit den Belüftungslöchern versehen ist. Das Gerät von HELLER (2011) hingegen hat nur ein Rohr, das direkt mit Belüftungslöchern versehen ist, ohne seitliches Abzweigungsrohr. Möglicherweise macht genau diese Änderung die ungleiche Verteilung des Dampfes im vorliegenden Experiment aus. Dadurch, dass die Luft seitlich angesaugt wird, entsteht ein Luftstrom in eine Richtung und es wird nicht gesamte vorhandene Bedampfungsfläche genützt, sondern nur ein ca. 7 cm großen Kreis. Durch eine Anpassung der Dampfführungsrichtung ließe sich hier eventuell eine bessere Ausnutzung der vorhandenen Fläche erzielen.

Abb. 21: Links das im Versuch verwendete Dampfbehandlungsgerät. Rechts das Original von Heller (Heller, 2011)

Ein Schwachpunkt des verwendeten Gerätes ist die Positionierung des Temperaturfühlers am Gerät. Die temperaturempfindliche Spitze des Fühlers wird durch eine Öffnung ins Innere des Trichters gesteckt. Innen hängt sie lose und hat einen gewissen Bewegungsspielraum. Sobald der Fühler das Sieb, auf dem die Samen positioniert werden, berührt, tritt eine unerwünschte Schwankung der Temperaturwerte auf. Durch das Heben des Trichters kam es zu einem kurzzeitigen Temperaturabfall, der sich jedoch nach durchschnittlich 30 s wieder auf die Ausgangstemperatur einpendelte. Die Behandlungstemperatur in der vorliegenden Arbeit hat sich rascher eingependelt, als bei FORSBERG et al. (2002), wo es 40 s – 60 s dauerte, bis Temperatur und Luftfeuchte konstant blieben. Je nach Qualität des Fühlers dauert es einige Zeit, bis wieder die gewünschte Temperatur erreicht wird. Die Dauer des Einpendelns wird von der Höhe des Temperaturabfalls aber auch von der Qualität des Temperaturfühlers bestimmt. Es ist daher wichtig einen qualitativ hochwertigen Fühler zu verwenden, der in der Lage ist sich nach einem Temperaturabfall rasch wieder einzupendeln.

Maßgeblich zu einer erfolgreichen Behandlung des Saatgutes ist auch die ausreichende Wasserfüllung des Kanisters der Dampfquelle. Der Kanister fasst 4 l Wasser und es kann ca. eine Stunde Saatgut bedampft werden, bevor das Wasser im Kanister verdampft ist. Dann steigt die Temperatur unter dem Trichter jedoch rasch an und es kann zu Schädigungen der Keimfähigkeit des Saatgutes kommen, wenn das Wasser im Kanister nicht umgehend nachgefüllt wird.

5.4 Fazit

Gesundes Saatgut liefert die Grundlage für gesunde Pflanzen. Gängige Methoden um gesundes Saatgut zu erzeugen sind die chemische Beizung, Heißwasserbehandlung und Elektronenbehandlung. Im biologischen Gemüsebau sind einige dieser Methoden nicht erlaubt bzw. teuer. Eine einfach durchzuführende und umweltschonende Methode ist die Heißdampfbehandlung. Die Keimfähigkeit des Karottensaatgutes wurde durch die Behandlung nicht beeinflusst, beim Selleriesaatgut traten jedoch bei höheren Temperaturen und Behandlungszeiten Keimschäden auf. Die Ergebnisse zeigen, dass das Dampfbehandlungsgerät eine gute Effizienz bei der Bekämpfung samenbürtiger Erreger der Karotte aufweist, ohne die Keimfähigkeit zu schädigen. Der Krankheitsdruck durch

Alternaria sp. konnte beim Karottensaatgut um 90 % reduziert werden. Hier zeigten alle Temperatur/Zeit-Varianten eine signifikante Reduzierung des Befalls. Das Dampfbehandlungsgerät eignet sich gut für die Behandlung von kleinen Mengen an Saatgut und es ist einfach in der Handhabung. Es ist jedoch notwendig die Behandlungsparameter auf das jeweilige Saatgut abzustimmen, um die volle Keimfähigkeit zu gewährleisten. Besonders für kleine, biologisch wirtschaftende Unternehmen kann die Heißdampfbehandlung von Saatgut eine wirksame Alternative bieten, um den Befall mit samenbürtigen Erregern zu reduzieren.

6 Literaturverzeichnis

AMEIN, T.; WIKSTRÖM, M.; SCHMITT, A.; VAN DER WOLF, J.; GROOT, S.; FORSBERG, G.; WERNER, S.; KRAUTHAUSEN, H.J.; KROMPHARDT, C.; JAHN, M.; WRIGHT, S.A.I. (2004): Non-chemical methods of seed treatment for control of seed-borne pathogens on vegetables. In: Andreasen, C. B.; Elsgaard, L.; Sondergaard, L.; Hansen, G. (Hrsg): European Joint Organic Congress. Odense, Dänemark, 412-413.

ANONYMUS (1999a): Sonderausgabe Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer, Samenübertragbare Pilze, 250.

ANONYMUS (1999b): Pflanzenschutz im Ökologischen Landbau – Probleme und Lösungsansätze. Berichte der BBA 50, Braunschweig, 76.

ANONYMUS (2001): Guidelines on good plant protection practice. Bulletin OEPP/EPPO (31), 257-287.

ANONYMUS (2011): European Commission Environment – LIFE Programme , LIFE03/ENV/S/000600, http://ec.europa.eu/environment/life/countries/sweden.html (12.10.2011).

BHAT, R.; RAI, R.V.; KARIM, A.A. (2010): Mykotoxins in food and feed: Present status and future concerns. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety (9), 57-81.

BEDLAN, G.; KAHRER, A.; SCHÖNBOCK, H. (1992): Wichtige Krankheiten und Schädlinge im Gemüsebau. Bundesanstalt für Pflanzenschutz (Hrsg.), Wien, 208.

BEDLAN, G. (1999): Gemüsekrankheiten. Österreichischer Agrarverlag, Klosterneuburg, 237.

BOEDO, C.; BERRUYER, R.; LECOMTE, M.; BERSIHAND, S.; BRIARD, M.; LECLERC, V.; SIMONEAU, P.; POUPARD, P. (2010): Evaluation of different methods for the characterization of carrot resistance to the alternaria leaft blight pathogen (*Alternaria dauci)* revealed two qualitatively different resistances. Plant Pathology 59. 368-375.

BOUNDS, R.S.; HAUSBECK, M.K. (2007): Comparing disease predictors and fungizide programs for late blight management in celery. Plant Disease 91, 532-538.

BÖRNER, H. (2009): Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, 706.

BURTH, U.; GABER, K.; JAHN, M.; LINDNER, K.; MOTTE, G.; PANZER, S.; PFLAUMBAUM, J.; SCHOLZE, F. (1991): Behandlung von Saatgut mittels Elektronen – Ein neues Verfahren zur Bekämpfung samenbürtiger Schaderreger an Winterweizen. Nachrichtenblatt Deutscher Pflanzenschutzdienst 43 (3), 41-45.

BUTTRESS, F.A.; DENNIS, R. (1947): The early history of cereal seed treatment. Agricultural History 21 (2), Agricultural History Society, 93-111.

CRÜGER, G. (2002): Pflanzenschutz im Gemüsebau. 4. Aufl., Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 318.

DIEHL, J.F. (2000): Chemie in Lebensmitteln. Rückstände, Verunreinigungen, Inhalts- und Zusatzstoffe. Wiley-VCH Verlag GmbH, Weinheim, 332.

DUBEN, J.; SCHMITZ, M.H.; WALDHAUER, W. (1988): Die Entwicklung des Beizkonzeptes, dargestellt am Beispiel von Saatgutbehandlungsmitteln seit 1914. Gesunde Pflanzen 40 (8), 319-326.

FARRAR, J.; PRYOR, B.; DAVIS, M. (2004): Alternaria diseases of carrot. Plant Disease 88 (8), 776-783.

FIEDLER, H.; HUB, M.; WILLNER, S.; HUTZINGER, O. (1995): Stoffbericht Hexachlorbenzol (HCB). Handbuch Altlasten und Grundwasserschadensfälle, 1. Auflage, Landesanstalt für Umweltschutz, Karlsruhe, 150.

FORSBERG, G.; ANDERSSON, S.; JOHNSSON, L. (2002): Evaluation of hot, humid air seed treatment in thin layers and fluidized beds for seed pathogen sanitation. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz 109 (4), 357-370.

FORSBERG, G. (2004): Control of cereal seed-borne diseases by hot humid air seed treatment. Doctoral Thesis, Uppsala, Sweden, 49.

FORSBERG, G.; SANCHEZ-SAVA, V. (2009): ThermoSeed treatment – a novel disinfection technology for vegetable seeds. In: British Crop Protection Council (Hrsg): Seed Produc-

tion and Treatment in a Changing environment, BCPC Symposium Proceedings 83, UK, 1-6.

GLAUBER, J. (1653): Miraculum Mundi oder Ausführliche Beschreibung der wunderbaren Natur/Art und Eigenschaft des großmächtigen Sujecti von dem alten Menstruum Universale, Prag, 366.

GOLDSTEIN, W. (1999): Strahlensicherheit der Behandlung mit niederenergetischen Elektronen. Berichte der BBA 50, Braunschweig, 53-54.

GROOT, S.P.C.; BIRNBAUM, Y.; ROP, N.; JALINK, H.; FORSBERG, G. KROMPHARDT, C.; WERNER, S.; KOCH, E. (2006): Effect of seed maturity on sensitivity of seeds towards physical sanitation treatments. Seed Science & Technology 34, 403-413.

GROOT, S.P.C.; BIRNBAUM, Y.; KROMPHARD, C.; FORSBERG, G.; ROP, N.; WERNER, S. (2008): Effect of the activation of germination processes on the sensitivity of seeds towards physical sanitation treatments. Seed Science & Technology 36, 609-620.

HELLER, W.; RAZAVI, E. (2007): Mit Dampf zu gesundem Gemüse-Saatgut?. Der Gemüsebau 5, 10-11.

HELLER, W. (2008): Dampfdesinfektion für Gemüsesaatgut. Publikation Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil, 6.

HELLER, W. (2009): Desinfektion von Gemüsesamen mit belüftetem Dampf. In: Mayer, J.; Alföldi, T.; Leiber, F.; Dubois, D.; Fried, P.; Heckendorn, F.; Hillmann, E.; Klocke, P.; Lüscher, A.; Riedel, S.; Stolze, M.; Strasser, F.; van der Heijden, M. und Willer, H. (Hrsg.), Beiträge zur 10. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Verlag Dr. Köster, Berlin, 137-140.

HELLER, W. (2011): persönliche Mitteilung (11.1.2011)

HUBERT, K. (1969): Geschichte der Phytopathologie. Phytopathologie und Pflanzenschutz, Bd 1., Akademie-Verlag, Berlin, 378.

JAHN, M. (2002): Saatgutbehandlung im ökologischen Landbau. Forschungsreport Verbraucherschutz, Ernährung, Landwirtschaft (1), 12-15.

JAHN, M.; KROMPHARDT, C.; FORSBERG, G.; WERNER, S.; WIKSTRÖM, M.; TINIVELLA, F.; GROOT, S.; ROP, N. (2004): Control of seed-borne pathogens on vegetables by physical seed treatment methods. In: Lammerts van Bueren, E.; Ranganathan, R.; Sorensen, N. (Hrsg): Proceedings of the First World Conference on Organic Seed, Rome, 177.

JAHN, M.; RÖDER, O.; TIGGES, J. (2005): Die Elektronenbehandlung von Getreidesaatgut – Zusammenfassende Wertung der Freilandergebnisse. Mitteilungen der BBA 399, 7-61.

JAHN, M.; WALDOW, F.; KÖNIG, D. KOCH, E.; WÄCHTER, R.; WEIHRAUCH, B. (2006): Entwicklung und Darstellung von Strategieoptionen zur Behandlung von Saatgut im ökologischen Landbau. In: Bundesprogramm ökologischer Landbau http://forschung.oekolandbau.de, BÖL-Bericht-ID 15734, 38.

KARNER, S.; KLADE, M.; KLINGSPIEGL, M.; STREBEL, H.; VORBACH, S. (2004): INNOVAZID. Innovative Dienstleistungskonzepte im Pflanzenschutz. Endbericht. Institut für Innovations- und Umweltmanagement. Interuniversitäres Forschungszentrum, Graz, 188.

KÖPKE, U. (1998): Saatgutbürtige Krankheiten im Ökologischen Landbau. Berichte der BBA 50, 55-62.

KRETSCHMER (1998): Das Saatgutportrait: Sellerie (Apium graveolens). Gemüse 11, 652.

KRISHNAMURTHY, K. (2002): Pioneers in scientific discoveries. Mittal Publications, India, 611.

KRUG, H.; LIEBIG, P.; STÜTZEL, H. (2002): Gemüseproduktion. Ein Lehr- und Nachschlagewerk für Studium und Praxis. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 464.

LAWRENCE, C.; MITCHELL; T.; CRAVEN, K.; YANGRAE, C.; CRAMER, R.; KIM; K. (2008): At death´s door: *Alternaria* pathogenicity mechanisms. Plant Pathology 24 (2), 101-111.

LEIST, N. (2002): Der ISTA Akkreditierungs Standard; der weltweit einheitliche Weg zur Qualität. In: VDLUFA (Hrsg): Ressourcenschutz und Produktsicherheit - Qualitätssicherung in der Landwirtschaft, Kongreßband 58, 728-735.

LENGERKE, A. (1831): Darstellung der landwirthschaft in den grossherzothümern Mecklenburg, Verlag der Gebrüder Bornträger, Königsberg, 440.

LICHTENHAHN, M.; KOLLER, M.; BERGE, P. (1999): Krankheits- und Schädlingsregulierung im Biogemüsebau. Forschungsinstitut für biologischen Landbau (Hrsg), Frick, 1-12.

LINDNER, K. (1992): Untersuchungen zur phytosanitären Wirkung einer Behandlung von Winterweizensaatgut mit niederenergetischen Elektronen. Dissertation Humboldt-Universität zu Berlin, 127.

LINDNER, K. (1999): Elektronenbehandlung – eine Alternative zur Bekämpfung samenbürtiger Krankheiten im ökologischen Landbau? In: Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (Hrsg), Erstes Fachgespräch am 18. Juni 1998 in Kleinmachnow, Berichte der BBA 50, Braunschweig, 41-76.

MARTIN, H. (1967) Die wissenschaftlichen Grundlagen des Pflanzenschutzes. Verlag Chemie GmbH, Weinheim, 696.

MATTHES, C.; GEIER, U.; SPIEß, H. (2007): Saatgutvitalität von elektronenbehandeltem Getreidesaatgut im Kalttest. In: Zikeli, S.; Claupein, W.; Dabbert, S.; Kaufmann, B.; Müller, T.; Valle Zárate, A. (Hrsg): 9. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Universität Hohenheim, Stuttgart, 365-368.

MCWORTHER, F.P.; MILLER, P.W. (1944): The Application of vapor heat as a practical means of disinfecting seeds. Phytopathology 34, 934-937.

MILLER, P.W.; MCWORTHER, F.P. (1948): The use of vapor-heat as a practical means of disinfecting seeds. Phytopathology 38 (2), 89-101.

NEGA, E.; ULRICH, R.; WERNER, S.; JAHN, M. (2003): Hot water treatment of vegetable seed – an alternative seed treatment method to control seed borne pathogens in organic farming. Journal of Plant Diseases and Protection 110 (3), 220-234.

PANAYOTOV, N. (2010): Heterogeneity of carrot seeds depending on their position on the mother plant, Folia Horticulturae 22 (1), 25-30.

PELZMANN, H. (2004): Gemüsebau Praxis im Freiland und unter Folien. 6. Auflage, Österreichischer Agrarverlag Druck- und Verlagsges.m.b.H Nfg. KG, Leopoldsdorf, 200.

PHILLIPS, P.A. (1997): Late blight of celery (Septoria apiicola): Timing fungicides based on its biology as predicted by in-field weather stations. Lompoc Row Crop Pest Management Project "IPM Information Series" (Hrsg.) (6), 7.

PRYOR, B.M.; DAVIS, R.M.; GILBERTSON, R.L. (1998): Detection of soilborne *Alternaria radicina* and its occurrence in California carrot fields. Plant Disease 82, 891-895.

PRYOR, B.M.; STRANDBERG, J.O.; DAVIS, R.M.; NUNEZ, J.J.; GILBERTSON, R.L. (2002): Survival and persistence of *Alternaria dauci* in carrot cropping systems. Plant Disease 86 (10), 1115-1122.

REINMUTH, E. (1969): Geschichte der Phytopathologie. In: Klinkowski, M.; Mühle, E.; Reinmuth E. (Hrsg): Phytopathologie und Pflanzenschutz, Bd 1., Akademie-Verlag, Berlin, 606.

RICHARDSON, B. (2011): The Food and Environment Research Agency, UK, persönliche Mitteilung, 8.9.2011.

RICHTER, S.; STEINHÄUSER, K.; FIEDLER, K. (2001): Globaler Vertrag zur Regelung von POP`s: Die Stockholmer Konvention. Zeitschrift für Umweltchemie und Ökotoxikologie 13 (1), 39-44.

RÖDER, O.; JAHN, M.; SCHRÖDER, T.; STAHL, M.; KOTTE, M.; BEUERMANN, S. (2009): Die e-ventus Technologie – eine Innovation zur nachhaltigen Reduktion von Pflanzenschutzmitteln mit Empfehlung für Bio-Saatgut. Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (4), Birkhäuser Verlag, Basel. DOI 10.1007/s00003-009-0476-3, 107-117.

RÖDER, O.; SCHRÖDER, T. (1998): Die e-Beizung, ein umweltfreundliches physikalisches Beizverfahren als Alternative zur chemischen Saatgutbeizung. Berichte der BBA, 50, 46-52.

SCHEBB, N. (2005): In vivo Metabolismus der Mykotoxine Alternariol und Alternariolmonomethylether. Diplomarbeit Universität Karlsruhe, 106.

SCHMITT, A.; JAHN, M.; KROMPHARDT, C.; KRAUTHAUSEN, H.J.; ROBERTS, S.J.; WRIGHT, S.A.I.; AMEIN, T.; FORSBERG, G.; TINIVELLA, F.; GULLINO, M.L.; WIKSTRÖM, M.; VAN DER WOLF, J.; GROOT, S.P.C; WERNER, S.; KOCH, E. (2006): STOVE: Seed treatments for organic vegetable produc-

tion. In: Andreasen, C. B.; Elsgaard, L.; Sondergaard, L.; Hansen, G. (Hrsg): European Joint Organic Congress. Odense, Dänemark, 414-415.

SELCUK, F.; ERDOGDU, M.; AKGÜL, H.; HÜSEYIN, E. (2009): The genus *Septoria Sacc*. in Turkey. Mycopath 7 (1), 21-28.

SUANJAK, M.; KAJTNA, B. (2010): Den Samen Dampf machen… ARCHE NOAH Magazin 3, 16-17.

SUANJAK, M. (2011): E-Mail Nachricht vom 16.5.2011.

ISTA (2011): International rules for seed testing. The International Seed Testing Association (Hrsg.) Ed. (1), Bassersdorf.

THOMMA, B. (2003): *Alternaria spp*.: from general saprophyte to specific parasite. Molecular Plant Pathology 4 (4), 225-236.

TIGGES, J.; RÖDER, O.; LINDNER, K. (2002): e-ventus – ein praxisreifes, physikalisches Saatgutbehandlungsverfahren gegen samenbürtige Getreideschaderreger. Gesunde Pflanzen, 54 (5), 170-175.

VOGT-KAUTE, W.; SPIEß, H.; JAHN, M.; WALDOW, F.; KOCH, E.; WÄCHTER, R.; MÜLLER, K.J.; WILBOIS, K.P. (2007): Physikalische Verfahren zur Behandlung von Saatgut im ökologischen Anbau. In: Zikeli, S.; Claupein, W.; Dabbert, S.; Kaufmann, B.; Müller, T.; Valle Zárate; A. (Hrsg): 9. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Universität Hohenheim, Stuttgart, 393-396.

WESENBERG, G. (1938): Wie das Uspulun entstand. Nachrichten über Schädlingsbekämpfung 13. Bayer, Leverkusen, 103-111.

Gesetze:

RICHTLINIE 2002/55/EG des Rates (13.6.2002) über den Verkehr mit Gemüsesaatgut. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften. L 193/33.

VERORDNUNG (EWG) NR. 2092/91/EG des Rates (24.6.1991) über den ökologischen Landbau und die entsprechende Kennzeichnung der landwirtschaftlichen Erzeugnisse und Lebensmittel. Amtsblatt L 198 v. 22.7.1991.

VERORDNUNG EG Nr. 834/2007 des Rates (28.6.2007) über die ökologische/biologische Produktion und die Kennzeichnung von ökologischen/biologischen Erzeugnissen zur Aufhebung der Verordnung (EWG) Nr. 2092/91. Amtsblatt der Europäischen Union L189/1 v. 20.7.2007.

Verordnung (EG) Nr. 1107/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates (21.10.2009) über das Inverkehrbringen von Pflanzenschutzmitteln. Amtsblatt der Europäischen Union L 309/1 v. 24.11.2009.

Internetquellen:

Abb. 5: http://www.wagner-group.de/portal/color_w_14_de_wag,795,360.html (24.5.2011)

Abb. 10: http://www.lo-laboroptik.de/deutsch/info/info.html#u9) 24.5.2011

Abb. 11: http://www.laborwissen.de/old_hp/fachbereiche/hama/methoden/thoma_neu.php (24.5.2011)