

Eidgenössische Technische Hochschule (ETH) Zürich

Institut für Pflanzenwissenschaften

Abteilung Phytomedizin

Dr. Cesare Gessler

**Alternative Getreidesaatgut-Behandlungsmethoden zur
Bekämpfung von samenbürtigen Weizenkrankheiten
(Labor- und Feldexperimente)**

Semesterarbeit von

Gerhard Moitzi

Erasmusstudent aus Österreich

Unter der wissenschaftlichen Leitung von Dr. W. Winter und Dr. A. Rüeegger

Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau (FAL)

Zürich – Reckenholz

Sommersemester 1997

1. EINLEITUNG	1
2. LITERATURÜBERSICHT.....	3
2. 1 BESCHREIBUNG DER KRANKHEITSERREGER UND DEREN BEKÄMPFUNG	3
2. 1. 1 Stink- oder Steinbrand (Tilletia caries)	3
2. 1. 2 Samenbürtiger Schneeschimmel (Fusarium nivale).....	6
2. 1. 3 Samenbürtige Septoria nodorum	8
2. 2 SAATGUTBEHANDLUNG NACH DEM SCHADSCHWELLENKONZEPT	10
3. MATERIAL UND METHODEN.....	11
3. 1 LABORUNTERSUCHUNGEN	11
3. 1. 1 Variantenbeschreibung	11
3. 1. 1. 1 Physikalische Saatgutbehandlung mit der Warmfeuchtmethode	11
3. 1. 1. 2 Saatgutbehandlung mit Naturstoffen.....	12
3. 1. 1. 3 Saatgutbeizung mit chemisch-synthetischen Präparaten.....	14
3. 1. 2 Methodenbeschreibung	15
3. 1. 2. 1 Keimtest nach ISTA (International Seed Testing Association).....	15
3. 1. 2. 2 Bestimmung des Septoria nodorum - Befalls	15
3. 1. 2. 3 Bestimmung des Fusarium nivale - Befalls	16
3. 1. 2. 4 Wirkungsüberprüfung von Steinmehl und Wasserglas auf Malzagarplatten	16
3. 1. 2. 5 Bestimmung der Tilletia - Sporenkeimung	17
3. 2 FELDVERSUCH.....	18
3. 2. 1 Standortbeschreibung.....	18
3. 2. 2 Fusarium nivale - Feldversuch.....	19
3. 2. 3 Tilletia caries - Feldversuch.....	20
3. 2. 4 Ermittelte Parameter	21
3. 3 STATISTISCHE AUSWERTUNG	21
4. RESULTATE UND DISKUSSION	22
4. 1 LABORUNTERSUCHUNGEN	22
4. 1. 1 Wirkungsnachweise von Saatgutbehandlungsmethoden.....	22
4. 1. 1. 1 Bekämpfung von Fusarium nivale.....	22
4. 1. 1. 2 Bekämpfung von Septoria nodorum.....	23
4. 1. 1. 3 Bekämpfung von Tilletia caries.....	25
4. 1. 2 Einfluss der verschiedenen Behandlungsvarianten auf die Keimfähigkeit	26
4. 1. 2. 1 Sommerweizensorte „Lona“ mit einem natürlichen Fusarium nivale - Befall	26
4. 1. 2. 2 Gesunde Winterweizensorte „Runal“	27
4. 1. 2. 3 Winterweizensorte „Forno“ mit einem natürlichen Septoria - nodorum - Befall	28
4. 1. 3 Allgemeine Beurteilung der Warmfeuchtbehandlung	29
4. 2 FELDVERSUCH.....	30
4. 2. 1 Fusarium nivale - Feldversuch.....	30
4. 2. 2 Tilletia caries - Feldversuch.....	31
5. ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK.....	34
6. SUMMARY.....	37
7. LITERATURVERZEICHNIS.....	38

1. Einleitung

Saatgut ist eines der wichtigsten Betriebsmittel in der landwirtschaftlichen Produktion, dessen Gesundheitszustand den quantitativen und qualitativen Ertrag einer Kulturpflanze massgeblich beeinflusst.

Grundsätzlich gibt es zwei Möglichkeiten, um samenbürtige Krankheiten direkt zu regulieren:

- Verwendung von gesundem Saatgut (prophylaktische Massnahme)
- Saatgutbehandlung (kurative Massnahme)

Die Gewinnung von gesundem Saatgut stellt hohe Anforderungen an die Produktionsbedingungen und verlangt neben der Feldbonitur auch noch arbeitsintensive Gesundheitsuntersuchungen im Labor. Das Schadschwellenkonzept - eines der wichtigsten Instrumente in der „Integrierten Produktion“ - kann uns Auskunft geben, ab welchem Befall eine Saatgutbehandlung notwendig ist. Der Bekämpfungsaufwand von samenbürtigen Krankheiten kann somit stark reduziert werden.

Durch Beizen kann eine Reihe samenbürtiger und teilweise auch bodenbürtiger Krankheitserreger bekämpft werden. Dies sichert den Auflauf der Pflanzen und bekämpft wirtschaftlich wichtige Krankheiten wie z. B. die verschiedenen Brandarten oder die Streifenkrankheit der Gerste.

Ob eine boden- oder samenbürtige Krankheit sich als ertragsmindernd manifestiert, hängt schliesslich auch sehr von den Umweltbedingungen während der Vegetationsperiode ab. Je günstiger die Wachstumsbedingungen für die Pflanze sind, desto schlechter kann sich der Pilz in der Pflanze etablieren. Über diverse Kulturmassnahmen (Standortwahl, Sortenwahl, Saatzeitpunkt, Düngung,...) hat der Landwirt auch die Möglichkeit, samen- und bodenbürtige Krankheiten indirekt zu regulieren.

Ein weiterer grundlegender Ansatzpunkt wäre, bereits bei der Züchtung auf entsprechende Sorteneigenschaften zu achten.

In der Schweiz konnten bei Gerste bereits 1985, bei den übrigen Getreidearten 1987 die quecksilberhaltigen Beizpräparate durch umweltfreundliche Getreide-Saatbeizmittel ersetzt werden (WINTER et al., 1989). Ein wesentlicher Vorteil der neuen Präparate ist die verbesserte mikrobielle Abbaubarkeit. Die mögliche Bildung resistenter Pilzstämmen gegenüber bestimmten Wirkstoffen ist jedoch als ein grosser Nachteil anzusehen.

Im Biolandbau werden an Stelle chemischer Beizmittel verschiedene alternative Methoden zur Bekämpfung von Samenkrankheiten eingesetzt. Da die Verwendung von Nachbausaatgut im Biolandbau weit verbreitet ist, ergeben sich grosse Herausforderungen, um das Krankheitspotential auf der Saatgutebene niedrig zu halten. Die in den letzten Jahren verzeichnete starke Zunahme von Biobetrieben begünstigt ausserdem die überbetriebliche Verbreitung.

Nicht vorhandenes Problembewusstsein und Vernachlässigung der notwendigen Hygienemassnahmen haben den Druck von samenbürtigen Krankheiten verstärkt.

Die Behandlung von befallenem Saatgut mit geeigneten Verfahren kann zur Problemlösung beitragen. Auch zertifiziertes Saatgut muss auf seinen Gesundheitszustand untersucht werden, bevor kurative Massnahmen eingeleitet werden. Derartige Verfahren und Behandlungen dürfen aber keine unerwünschten Nebenwirkungen auf den Menschen selbst und auf das Ökosystem mit sich bringen. Sie müssen auch pflanzenverträglich sein.

Aus diesem Grund wurden und werden intensive Bemühungen unternommen, alternative Bekämpfungsmöglichkeiten zu entwickeln.

Die im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Versuche sollen hierzu einen Beitrag leisten.

2. Literaturübersicht

2.1 Beschreibung der Krankheitserreger und deren Bekämpfung

2.1.1 Stink- oder Steinbrand (*Tilletia caries*)

Biologie und Systematik

Im Jahr 1755 bewies TILLET, dass der Weizenstinkbrand eine infektiöse Krankheit ist. Von PREVOST wurde im Jahr 1807 erkannt, dass es sich dabei um einen Erreger pilzlicher Natur handelt (HOFFMANN, 1985). Der Weizenstinkbrand wird durch zwei nah verwandte Erregerarten, die sich geographisch unterschiedlich verbreiten, verursacht. In Nord- und Mitteleuropa wird fast ausschliesslich *Tilletia caries* nachgewiesen, in Mittel- und Süditalien, Südrussland und den Balkanländern ist *Tilletia foetida* vorherrschend. Vor Einführung der Saatgutbeizung war der Weizenstinkbrand die wichtigste Getreidekrankheit, die zu Verlusten von 50 % und mehr führen konnte (HOFFMANN und SCHMUTTERER, 1983).

In Systemen, die wie der Biologische Landbau auf chemisch-synthetische Behandlungsmittel verzichten, stellt diese Krankheit immer noch eine hohe potentielle Gefahr für den Weizenanbau dar.

Systematische Zuordnung nach AINSWORTH (HOFFMANN, 1985):

Abteilung:	Eumycota
Unterabteilung:	Basidiomycotina
Klasse:	Teliomycetes
Ordnung:	Ustilaginales
Familie:	Tilletiaceae
Gattung:	<i>Tilletia</i>
Art:	<i>Tilletia caries (tritici)</i> <i>Tilletia foetida (laevis)</i>

Der Weizenstinkbrand gilt in unseren Breiten als ausschliesslich samenbürtig. Die Brandsporen (Teliosporen) werden während des Drusches aus den Brandbutten (werden anstelle der Körner gebildet) von den Stinkbrandähren freigesetzt und setzen sich vor allem am Bärtchen von gesunden Weizenkörnern fest. Nach der Aussaat entstehen bei feuchter und kühler (5 - 15 °C) Umgebung sekundäre Sporidien, welche die Koleoptilen befallen.

Das dikaryontische Myzel wächst dann interzellulär mit der Pflanze mit und befällt während der Ausdifferenzierung der einzelnen Ährchen und Blüten im Frühjahr den Fruchtknoten. Der Pilz wächst dann intrazellulär, bildet eine schmierige, braunschwarze Masse, welche intensiv nach Trimethylamin stinkt (Stinkbrand). Die Hyphen des Pilzmyzels separieren sich während des Austrocknungsprozesses in Teliosporen. Innerhalb des Pericaps, welches vom Pilz nicht befallen wird, entstehen

die Brandsporen. In jeder solcher entstehenden Brandbutte befinden sich ca. 4 - 5 Millionen Brandsporen.

Regulierung des Weizenstinkbrandes

* Vorbeugende Massnahmen:

Die wichtigste und sicherste Methode, Stinkbrandbefall zu verhindern, war und ist heute die Verwendung von „stinkbrandfreiem Saatgutes“. (MATHUR und CUNFER, 1993). Durch die Kontrolle des Saatgutverkehrs und strikte Betriebshygiene kann eine Verschleppung in bisher nicht kontaminierte Betrieben verhindert werden.

Ausgeprägte Resistenzen gegenüber Weizensteinbrand sind bei Weizen kaum verfügbar. PIORR (1991) konnte bei der Überprüfung von 45 Weizensorten zwar deutliche Anfälligkeitsunterschiede feststellen, eine ausgeprägte Resistenz gegen Weizenstinkbrand zeigte allerdings nur eine Sorte. Auch in der Schweiz wurden Anfälligkeitsunterschiede bei Winter- und Sommerweizen festgestellt (WINTER et al., 1995 I).

Von den Kulturbedingungen, die das Auftreten des Stinkbrandes beeinflussen, steht die Aussaatzeit an erster Stelle. Mittlere Aussaatzeiten im Herbst ergeben durchschnittlich die höchsten Befallswerte. Frühe Aussaatzeiten mit hohen und späte Aussaatzeiten mit niedrigen Temperaturen haben einen geringen Brandbefall zur Folge (HOFFMANN und SCHMUTTERER, 1983). Einerseits bewirken hohe Temperaturen bei sehr früher Aussaat ungünstige Koinzidenzverhältnisse, da der Weizen durch das schnelle Wachstum dem infektionsgefährdeten Stadium entwächst. Hingegen verursachen tiefe Temperaturen unter 5 °C eine stärkere Hemmung der Sporenkeimung als der Weizenentwicklung, wodurch die Weizenpflanze ebenfalls einen Wachstumsvorsprung erhält (PIORR, 1991).

Zu tiefe Saat kann auch zu Wachstumsverzögerungen des Weizen führen, wodurch die Keimlingsinfektion begünstigt wird.

* Direkte alternative Bekämpfungsmöglichkeiten:

+ *Physikalische Saatgutbehandlung*

In diese Gruppe möglicher Behandlungsmassnahmen sind diverse Formen der **Saatgutwäsche** einzuordnen. SPIESS und JUNKER (1986) stellten fest, dass mit einer intensiven Wäsche, die auf jedem landwirtschaftlichen Betrieb mit einem Betonmischer durchgeführt werden kann, eine deutliche Sporen- und Befallsreduktion zu erreichen ist. Durch Zugabe von Detergentien und einer anschliessenden Klarwäsche konnte der Behandlungserfolg weiter gesteigert werden. HEYDEN (1993) erreichte bei einem Ausgangsbefall von 21 % Brandähren im Feld durch Waschen mit kaltem Wasser und Spülmittelzusatz eine Befallsreduktion um 85 % auf 3,2 % befallene Ähren im Feld. SÖLLINGER (1996) konnte mit einer Kaltwasserwäsche von künstlich kontaminiertem Weizensaatgut einen Wirkungsgrad im Feld von 95 % erreichen.

Eine weitere physikalische Behandlungsmethode ist die **Warmwasser-** bzw. **Heisswassermethode**, bei der die Teliosporen abgetötet werden sollen ohne die

Keimfähigkeit des Saatgutes negativ zu beeinträchtigen. Vielfach kommt noch ein Abwascheffekt bei diesen Behandlungen zu tragen. In Schweizer Feldversuchen, die von 1992 bis 1997 auf verschiedenen Standorten durchgeführt worden sind, wurde bei der Warmwasserbehandlung (45 °C, 2 h) ein Wirkungsgrad von 73 % (Streuung von 41 % bis 88 %) und bei der Heisswasserbehandlung (52 °C, 10 min) eine Befallsreduktion von 71 % (Streuung von 53 % bis 99 %) festgestellt (WINTER, persönliche Mitteilung, 1997 I). Das Saatgut wurde künstlich infiziert (1 - 2 g Sporen/kg Saatgut) und wies somit einen mittleren bis starken Infektionsdruck auf. Laut WINTER (persönliche Mitteilung, 1997 I) können diese Methoden nur bei einer geringen Infektionsrate empfohlen werden. Die Heisswasserbehandlung kann besonders bei Gerste die Keimfähigkeit negativ beeinflussen. Nach der Behandlung muss das Saatgut zurückgetrocknet werden.

Bei einem hohen Befallsdruck (1 - 2 g Sporen/kg Saatgut) ist die Behandlung mit **niederenergetischen Elektronen** wirkungsvoller und deren Wirkung mit der chemischen Beizung gleichzusetzen (99%ige Wirkung) (WINTER, persönliche Mitteilung, 1997 I). In der Schweiz gibt es aber bis heute noch keine spezielle Anlage zur Saatgutbehandlung mit niederenergetischen Elektronen.

+ Saatgutbehandlung mit organischen und anorganischen Substanzen

Die zur Saatgutbehandlung geeigneten Substanzen können aufgrund ihrer stofflichen Zusammensetzung bzw. Herkunft in die Gruppen mineralische Substanzen, pflanzliche Präparate, organische Nährstoffe sowie Fertigpräparate unterteilt werden (SÖLLINGER, 1996).

Versuche zeigten, dass alkalisch reagierende **mineralische Substanzen** bessere Wirkungsgrade aufweisen als sauerwirkende Kieselsäurepräparate.

SPIESS und DUTSCHKE (1991) erzielten mit verschiedenen Kalk- und Holz- aschevarianten sowie einer Wasserglasvariante Befallsreduktionen von über 90 % gegenüber einer unbehandelten Kontrollvariante. SÖLLINGER (1996) konnte in seinen Feldversuchen bei der Behandlungsvariante mit unverdünntem Natrium- Wasserglas eine Befallsreduktion von 83,2 % feststellen, allerdings bei einer sehr stark reduzierten Keimfähigkeit des Saatgutes (56 %) und verminderter Bestandes- dichte. SÖLLINGER zieht den Schluss, dass Wasserglas in der überhöhten Menge bzw. Konzentration nicht zur Saatgutbehandlung geeignet ist.

Die Behandlung mit einem **Pflanzenextrakt** „Schachtelhalmtee“ zeigte auch keine ausreichende Bekämpfungswirkung (SÖLLINGER, 1996).

Gesicherte Bekämpfungserfolge konnten bei der Verwendung von Pflanzenauszügen aus Kreuzblütlern erzielt werden. Vielversprechende Ergebnisse brachten bei SPIESS und DUTSCHKE (1991) Meerrettichextrakte und Senfölauszug, wobei die Werte des konventionellen Beizmittels sogar übertroffen wurden.

Ein gewerblich erzeugtes und biologisches Beizmittel auf Meerrettichbasis konnte in Feldversuchen den Stinkbrandbefall um 89 % reduzieren. Dieses **Fertigpräparat**, welches am Markt erhältlich ist zeigt in Feldversuchen von SÖLLINGER (1996) einen Wirkungsgrad von 87 %.

Die Verwendung von Knoblauchextrakt bewirkte bei SPIESS und DUTSCHKE (1991) einen Befallsrückgang um 91,4 %, allerdings wurde auch der Feldaufgang vermindert.

Organische Nährstoffe (z. B. Magermilchpulver) haben in Feldversuchen eine ähnliche Befallsreduktion bewirkt wie die chemische Kupferoxichlorid - Kontrollvariante (SÖLLINGER, 1996). In Freilandversuchen von BECKER und

WELTZIEN (1993) wurde der Stinkbrandbefall von Winterweizen durch verschiedene nährstoffreiche, organische Materialien (Magermilchpulver, Weizenmehl, Algenpulver) bis auf 0,2 % reduziert. Verantwortlich für die Wirksamkeit der Behandlung waren die starke Vermehrung bodenbürtiger Antagonisten auf der Kornoberfläche sowie die direkte Hemmung der Brandsporenkeimung durch die Nährstoffe. Auch in den Schweizerischen Feldversuchen zeigte die Saatgutbehandlung mit Magermilchpulver eine hohe Wirksamkeit gegenüber Stinkbrand: 86 bis 100 % (WINTER et al., 1997 III).

2. 1. 2 Samenbürtiger Schneeschimmel (*Fusarium nivale*)

Biologie und Systematik

Microdochium nivale (Fries) comb. nov. (syn. *Gerlachia nivalis* (Ces. ex. Sacc.) W. Gams & E. Müller, syn. *Fusarium nivale* Ces. ex Sacc., der Erreger des Schneeschimmels im Getreide, ist ein verbreitetes Pathogen der kühlen Regionen und ein wirtschaftlich wichtiger Krankheitserreger des Getreides (HÄNI, 1980).

Fusarium nivale gewinnt durch die Verengung der Fruchtfolge bei vermehrtem Getreideanbau sowie einer Verringerung der Bodenbearbeitung seit Anfang der siebziger Jahre stärker an Bedeutung (WILLMS, 1990).

In schneereichen Gebieten spielt die Bodenverseuchung eine sehr wichtige Rolle (Schneeschimmel) in günstigen Anbaulagen ist die Saatgutverseuchung wichtiger (Auflaufschäden) (HÄNI et al., 1987).

Systematische Zuordnung (GESSLER, 1997)

Ursprünglich wurde der Schneeschimmelpilz aufgrund des Fehlens der sexuellen Vermehrungsform den Deuteromyceten in der Abteilung der Hyphomycetes (Moniliales) zugeordnet. Mit dem Entdecken der Hauptfruchform (Asci in Perithezien) erfolgte eine neue systematische Einteilung zu den Ascomyceten. Innerhalb der Ascomyceten zählen sie zur Klasse der Pyrenomyceten (Fruchtkörper ist ein Perithecium mit Öffnung). Dort zählt man sie zu der Ordnung der Sphaeriales.

In der vorliegenden Arbeit wird der Name „*Fusarium nivale*“ gebraucht.

F. nivale befällt Getreide in allen Entwicklungsstadien und an allen Organen. Infiziertes Saatgut verursacht eine verminderte Keimfähigkeit und Triebkraft sowie Auflaufschäden im Felde (WINTER et al., 1989).

Der Pilz kann als Myzel im Saatgut oder auf Pflanzenresten zwei oder mehr Jahre lebensfähig bleiben. Sein saprophytisches Konkurrenzvermögen ist sehr stark.

Für die Keimlingsinfektion sind Temperaturen zwischen 5 und 10 °C ideal - der Pilz wächst auch noch bei 0 °C (HÄNI, 1981).

F. nivale dringt durch die Stomata und Epidermis in die Koleoptile ein, zerstört diese, sodass der Keimling die Bodenoberfläche schlecht durchstossen kann. Ausserdem kommt es zu korkenzieherartigen Verkrümmungen sowie Verbräunungen der Wurzel und der Sprossachse (HÄNI, 1980).

Besonders unter einer langanhaltenden Schneedecke kann der Schneeschimmelpilz bei Getreide zu grossen Auswinterungsschäden führen.

Am Luftmyzel bildet der Pilz mehrzellige, sichelförmige Konidien. Bei feucht - kühlem Sommerwetter werden schwarz - braune, kugelförmige Perithezien gebildet (WIESE, et al., 1987), jedoch spielt der sexuelle Prozess epidemiologisch bei uns keine Rolle (GESSLER, 1997).

Neben den direkten Ertragsverlusten kann *F. nivale* das Erntegut durch Mykotoxine (v. a. Nivalenol und Desoxynivalenol) verseucht werden.

Regulierung des Schneeschimmels

*** Vorbeugende Massnahmen:**

Die Verwendung von gesundem Saatgut ist eine wirksame Möglichkeit, den samenbürtigen Fusariumbefall auszuschalten.

Um den bodenbürtigen Befall zu reduzieren, sollte Wintergetreide nicht auf Wintergetreide in der Fruchtfolge folgen (HÄNI et al., 1987). Wenn Sommergetreide oder Leguminosen auf Wintergetreide folgen, kann der Krankheitsdruck vermindert werden (WIESE, 1987). Wintergetreide sollte auf schneeschnimmelfährdeten Standorten nicht zu dicht gesät werden. Die Saat sollte nicht in den kalten Boden erfolgen, d.h. bei Wintergetreide nicht zu spät und bei Sommergetreide nicht zu früh. Eine angepasste N-Versorgung im Herbst verhindert, dass der Pflanzenbestand zu üppig in den Winter geht, was eine erhöhte Anfälligkeit im Frühjahr bewirkt. Bei leichtem Befall können im Frühjahr Pflegemassnahmen wie leichtes Eggen, Ausbringen schnell wirkender N-Dünger oder Streuen von Asche (zur Unterstützung der Schneeschmelze) den Schneeschimmelfall vermindern (MEIER, 1985). Spezifische Schneeschimmelresistenzen bei Weizen sind nicht verfügbar, sondern nur unspezifische.

*** Direkte Bekämpfungsmöglichkeiten:**

Die konventionellste Bekämpfungsmassnahme gegen Schneeschimmel (v.a samenbürtigen) ist die Saatgutbeizung mit chemisch-synthetischen Beizmitteln. Drei Aspekte der chemischen Beizung erschweren die Schneeschimmelbekämpfung (WILLMS, 1990):

- Resistenzproblematik aufgrund der wenig vorhandenen Wirkstoffe
- oft nicht ausreichende Langzeitwirkung der Beizmittel
- mangelnde Bekämpfbarkeit von bodenbürtigem *F. nivale* - Befall

In den letzten Jahren wurden aber weitere Wirkstoffe entwickelt. Gegenüber denselben traten bis heute noch keine Resistenzen auf.

Verschiedene **alternative Bekämpfungsmöglichkeiten** von *F. nivale* wurden deshalb in den letzten Jahren geprüft:

Die biologische Bekämpfung des Pilzes mit antagonistischen Mikroorganismen (speziell selektierte *Pseudomonas fluorescens* - Stämme) konnte gute Wirkungen erreichen. Probleme der Formulierung solcher Präparate und der Applikation sowie der mangelnden Wirkungssicherheit haben die Einführung solcher Methoden in die Praxis bis jetzt verhindert (WILLMS, 1990).

Fusariumpilze durchdringen das ganze Korn (einschliesslich des Embryos), wodurch eine thermische Behandlung erschwert werden kann (HÖRSTEN, 1994).

Eine thermische Methode ist die Warmwasserbehandlung, die mittlerweile schon in der Praxis versuchsweise angewendet wird (WINTER et al., 1996).

Die Warmwasserbehandlung wirkt gegenüber den samenbürtigen Keimlings- und Auflaufkrankheiten. Bei einer Behandlung eines mittel bis stark infizierten Weizensaatgutes in einem 45 °C warmen Wasserbad für 2 h mit anschliessender Rücktrocknung (40 °C, 5 h) konnten in mehrjährigen Feldversuchen die gleichen Wirkungsgrade wie bei der Beizung mit chemisch-synthetischen Präparaten festgestellt werden (WINTER et al., 1996). Die Keimfähigkeit wird dann nicht beeinflusst, wenn die Behandlungstemperatur genau eingehalten wird und die schonende Rücktrocknung des Saatgutes unmittelbar nach der Warmwasserbehandlung stattfindet (WINTER et al., 1996).

Mit einer Warmfeuchtbehandlung (95 % rel. Luftfeuchtigkeit in einer 54 °C - warmen Atmosphäre für 2 h oder 4 h) konnte ROGGER (1994) bei Weizen sehr gute Wirkungsergebnisse erzielen. Der Kornfeuchtegehalt stieg bei dieser Behandlungsmethode nur um 5 % während bei der Warmwasserbehandlung (45 °C, 2 h) dieser um 19 % stieg.

Die Keimfähigkeit wurde nicht beeinträchtigt.

2. 1. 3 Samenbürtige *Septoria nodorum*

Biologie und Systematik

In regenreichen Gebieten ist *S. nodorum* eine der häufigsten und gefährlichsten Weizenkrankheiten. Ertragsverluste durch Verminderung der Kornzahl/Ähre und Verringerung des Tausendkorngewichtes können bis 50 % betragen (VEREET, 1985).

Auf ungünstigen Standorten (viel Schatten, Niederschlag und Nebel) kann die Krankheit in Kombination mit nicht angepasster Kulturführung (hohe N-Gaben, Einsatz von Halmverkürzungsmitteln, hohe Bestandesdichte etc.) zu grossen Ertragsausfällen führen.

Systematische Zuordnung (GESSLER, 1997)

Der Pilz wurde vorerst nach der asexuellen Form benannt (*Septoria nodorum* (Berk.) Berk.). Da *S. nodorum* mehrzellige, schmalzylindrische, hyaline Konidien in braunen Pyknidien bildete wird er innerhalb den Deuteromyceten zur Klasse der Coelomyceten - Ordnung: Sphaeropsidales - gezählt. Nach der Hauptfruchtform (Ascosporen in Perithezien) zählt er zu den Ascomyceten und heisst entweder *Phaeosphaeria nodorum* (E. Müller) Hejaroude oder *Leptosphaeria nodorum* E. Müller.

In dieser Arbeit wird der Name „*Septoria nodorum*“ verwendet.

S. nodorum, ein nekrotropher, fakultativer Parasit, überdauert im Saatgut sowie saprophytisch auf Pflanzenrückständen (GESSLER, 1997). Durch die

Anbauverfahren mit reduzierter Bodenbearbeitung und durch die Direktsaat wurde der Krankheitsdruck verstärkt (WIESE, 1987).

Die Samenbürtigkeit ist besonders für die Auflaufschäden verantwortlich, während oberflächlich verbleibende Ernterückstände die wichtigsten Infektionsquellen für spätere Infektionen darstellen (HÄNI et al., 1987). Der Spelzenbräunepilz beeinträchtigt im Gegensatz zu *Fusarium nivale* weniger die Keimfähigkeit als viel mehr die Vitalität der Keimlinge, die sich im Feldaufgang zeigt.

Die Primärinfektion der Blätter erfolgt im Frühsommer vorwiegend von den befallenen Pflanzenresten via Mycel oder seltener über Ascosporen. Die Ausbreitung im Bestand erfolgt zum grössten Teil über Konidiensporen, welche besonders bei ständigem Wechsel zwischen feuchter und trockener Witterung gebildet werden (WIESE, 1987). Die Infektion erfolgt auf nassen Blättern und kann bei Temperaturen über 10 °C innerhalb von 3 Stunden stattfinden (HÄNI, 1987).

Regulierung der Septoria - Krankheit

*** Vorbeugende Massnahmen:**

Polygenbedingte Septoria - Resistenzen in bestimmten Weizensorten können den Befall stark vermindern (WEILENMANN et al., 1997).

Anbautechnische Massnahmen wie angepasste Nährstoffversorgung, nicht zu dichte Saat, zurückhaltender CCC-Einsatz, getreidearme Fruchtfolgen oder das sorgfältige Unterpflügen von Pflanzenresten stellen weitere Krankheitspräventionen dar.

Den samenbürtigen Krankheitsdruck kann man gut durch die Verwendung von gesundem Saatgut ausschalten.

*** Direkte Bekämpfungsmöglichkeiten:**

Die Behandlungsnotwendigkeit mit Fungiziden eines Septoria - befallenen Weizenfeldes kann mit dem computergestützten Prognosesystem EIPRE beurteilt werden (FORRER und AMIET, 1989). Mit diesem Frühwarnsystem kann der optimale Zeitpunkt der Bekämpfung ermittelt werden. Aus 7-jährigen Schweizer Feldversuchen geht hervor, dass bei Verwendung dieses Prognosesystems die gleiche Rentabilität erzielt werden kann wie in konventionell-intensiv behandelten Vergleichsverfahren. Dabei konnte die Anzahl der Behandlungen mit Fungiziden von durchschnittlich 1,5 (konventionell-intensiv) auf eine Behandlung gesenkt werden (FORRER und AMIET, 1989).

Um den saatgutbürtigen Erreger auszuschalten, werden chemisch-synthetische Beizmittel und neuerdings auch physikalische Behandlungen angewendet.

Bei der physikalischen Behandlung kann das Warmwasserverfahren (45 °C, 2 h) empfohlen werden (WINTER et al., 1996). Der Wirkungsgrad ist ähnlich wie bei der Beizung mit chemisch-synthetischen Präparaten. Die Warmfeuchtbehandlungen (siehe Regulierung des Schneeschimmels) haben nach ROGGER (1994) auch sehr gute Ergebnisse erzielt. Die Letaltemperatur von *S. nodorum* lag in den meisten von ROGGER (1994) durchgeführten Versuchen tiefer als jene von *F. nivale*.

2. 2 Saatgutbehandlung nach dem Schadschwellenkonzept

Seit 1977 werden aus der Deutsch- und Westschweiz Weizensaatgutproben an der FAL - Reckenholz stichprobenweise auf ihren Gesundheitszustand untersucht.

Dabei wird der *Septoria nodorum*-, *Fusarium nivale*-, *F. graminearum*-, *F. culmorum*- und der Tilletiabefall festgestellt. Die Ergebnisse zeigten, dass mit der Anwendung von Befallstoleranzgrenzen in den Jahren 1977 bis 1993 rund 45 % des Saatgutes im Mittelland ungebeizt hätte ausgesät werden können, vorausgesetzt zertifiziertes Saatgut wäre verwendet worden (WINTER, 1995 II). Zweijährige Versuchsergebnisse haben gezeigt, dass man Sommerweizen im Mittelland ungebeizt aussäen kann, wenn ein vereinfachter Gesundheitstest nicht mehr als 10 % befallene Körner mit *Fusarium nivale*, 30 % infizierte Körner mit *Septoria nodorum* sowie 10 Stinkbrandsporen je Korn ergibt (WINTER, et al., 1997 II).

Die Saatbeizung nach Schadschwellen stellt somit einen aktiven Beitrag dar um die Kosten in der Pflanzenproduktion zu verringern und den Pestizideintrag in das Agrarökosystem zu minimieren.

3. Material und Methoden

3.1 Laboruntersuchungen

3.1.1 Variantenbeschreibung

3.1.1.1 *Physikalische Saatgutbehandlung mit der Warmfeuchtmethode*

Die Warmfeuchtbehandlung wurde in einem Schrank (ESPEC Humidity Cabinet LHL-212), wo die Temperatur und Luftfeuchtigkeit geregelt werden kann, durchgeführt.

Bekämpfung von *Fusarium nivale*:

* Verwendetes Saatgut: natürlich infiziertes Saatgut (16 % *F. nivale* - Befall) der Sommerweizensorte „Lona“

Tab. 1: Prüfvariantenbeschreibung für die Warmfeuchtbehandlung von *Fusarium nivale* befallenem Saatgut (Sommerweizensorte „Lona“).

Bezeichnung der Prüfvariante	Temperatur der Feuchtatmosphäre	Dauer der Exposition	relative Luftfeuchtigkeit der Feuchtatmosphäre
50 °C 4 h	50 °C	4 h	95 %
52 °C 4 h	52 °C	4 h	95 %
54 °C 2 h	54 °C	2 h	95 %

* Durchgeführte Biotests:

+ Keimfähigkeit nach ISTA vor und nach der Behandlung

+ *F. nivale* - Wirkungstest:

* Malzgartest

* Kombiniertes ISTA - Keimfähigkeitstest

Bekämpfung von *Septoria nodorum*:

* verwendetes Saatgut: natürlich infiziertes Saatgut (70 % *S. nodorum* - Befall) der Winterweizensorte „Forno“

Tab. 2: Prüfvariantenbeschreibung für die Warmfeuchtbehandlung von *Septoria nodorum* befallenem Saatgut (Winterweizensorte „Forno“).

Bezeichnung der Variante	Temperatur der Feuchtatmosphäre	Dauer der Exposition	relative Luftfeuchtigkeit der Feuchtatmosphäre
50 °C 2 h	50 °C	2 h	95 %
52 °C 2 h	52 °C	2 h	95 %
54 °C 2 h	54 °C	2 h	95 %

3. 1. 2. 3 *Bestimmung des Fusarium nivale - Befalls*

Malzagarplattentest

Zusammensetzung des Malzagars:

- * 20 g Malz - Extrakt (OXOID)/l
- * 20 g Agar - Agar/l
- * 0.1 g Streptomycinsulfat/l (Antibiotikum)

Malzextrakt und Agar - Agar werden im dest. Wasser gut aufgelöst und danach autoklaviert (120 °C für 20 min). Nach Abkühlung auf 60 °C erfolgt die Zugabe des Antibiotikums und die Zuteilung von ca. 17 g Flüssigmedium/Petrischale mittels Petrimat.

Nach dem Erstarren des Agars werden pro Schale 10 Körner in achtfacher Wiederholung ausgelegt. Die Inkubation erfolgt während 7 Tagen bei 18 °C im alternierenden Zyklus von 12 h NUV - Licht und 12 h Dunkelheit.

Neben den pathogenen Pilzen (*Fusarium nivale*, *Septoria nodorum*,) wachsen noch viele indifferente, saprophytische Pilze (*Cladosporium spp.*, *Alternaria spp.*, *Epicoccum spp.*, *Mucor spp.*,...) auf dem Malzagar.

Die zu zählenden *Fusarium nivale* - Kolonien sind an der orange - roten Färbung (Sporenmasse) erkennbar.

Kombinierter ISTA - Keimfähigkeitstest

Die Vorschriften für das Ansetzen des Tests und die Inkubationsbedingungen sind die gleichen wie sie beim konventionellen Keimtest nach ISTA beschrieben sind:

Die Weizenkörner werden auf feuchtem Filterpapier ausgelegt, während fünf Tagen einer Temperatur von 10 °C ausgesetzt und anschliessend bei 20 °C drei Tage wachsen gelassen. Nur bei der Auswertung wird zusätzlich noch der *F. nivale* - Befall an den Keimlingen ermittelt (RÜEGGER und WINTER, 1996). *F. nivale* - Befall manifestiert sich in deformierten, anomalen Keimlingen mit stark verkürzten bis praktisch nicht gebildeten, braunen Wurzeln. Fusariumbefallene, ungekeimte Körner sind durch einen typischen weissen bis rosa Myzelüberzug gekennzeichnet (WINTER et al., 1997 II).

3. 1. 2. 4 *Wirkungsüberprüfung von Steinmehl und Wasserglas auf Malzagarplatten (Agarinkorporations - Test)*

Nach dem Autoklavieren des Malzagars (Zusammensetzung siehe unter Malzagarplattentest) wurden Steinmehl und Wasserglas in verschiedenen Mengen beigemischt und anschliessend in Petrischalen mittels des Petrimats abgefüllt.

In der Mitte jeder Schale wurde dann ein Inokulat (reinkultivierte Stämme von *Fusarium nivale* oder *Septoria nodorum*) implantiert. Pro Variante (siehe Variantenbeschreibung) wurden 4 Petrischalen mit dem gleichen Pilz beimpft. Nach fünftägiger Inkubation bei 20 °C in Dunkelheit wurde der Durchmesser des gebildeten Myzeliums auf den Platten gemessen.

3. 1. 2. 5 **Bestimmung der *Tilletia* - Sporenkeimung**

Wirkungsprüfung der Warmfeuchtbehandlung auf „Wasseragarplatten“

- * Abwaschen der *Tilletia* - Sporen von künstlich kontaminiertem Saatgut nach der Behandlung

Um die Sporenkeimung von *Tilletia caries* auf einem Medium ermitteln zu können, müssen zuerst die Sporen von der Kornoberfläche abgewaschen werden. Dabei werden 80 g „warmfeucht“ - behandeltes Saatgut, 150 ml Wasser und ein Tropfen Detergent (Tween) in einen Erlenmeyerkolben (300 ml) gegeben. Nach einer Schüttelzeit von 5 min mit einem Laborschüttler wird das Waschwasser von den Körnern getrennt.

In einer Thomakammer wurde dann unter dem Mikroskop die Sporenkonzentration der Suspension bestimmt. Die ermittelte Sporenkonzentration betrug 260.000 Sporen/ml, was eine 1:1 Verdünnung für den Sporenkeimtest erforderte.

- * Platteninokulation und Inkubation

Verwendetes Medium: Wasseragar (20 g Agar - Agar/l Wasser)

Nach dem Autoklavieren wurde ein Antibiotikum (300 mg Chloramphenicol/l Medium) dazugefügt. Die mit dem Petrimat gegossenen Platten wurden nach dem Erstarren des Mediums mit 600 µl der Sporensuspension mittels einer Mikropipette inokuliert. Pro Variante sind 4 Schalen angelegt worden.

Bei Dunkelheit und bei einer Temperatur von 12 °C wurden die Platten für 9 Tage inkubiert.

- * Auswertung

Mit dem Mikroskop (100 bzw. 400 fache Vergrößerung) wurde die Sporenkeimung direkt in den Petrischalen bestimmt. Um die Sporidien sichtbar zu machen wurde eine Baumwollblaufärbung durchgeführt. Das Ausmass der Keimhemmung der „warmfeucht“ - behandelten Sporen im Vergleich zur unbehandelten Variante wurde prozentual geschätzt.

Wirkungsprüfung von Wasserglas und Steimehl auf Glucoseagarplatten

verwendetes Medium: Glucoseagar (10 g Glucose und 12 g Agar - Agar/l Wasser)

Nach dem Autoklavieren wurden Steinmehl und Wasserglas in verschiedenen Mengen beigemischt und anschliessend in Petrischalen mittels des Petrimats abgefüllt.

Tab. 9: Aufwandmenge/l autoklaviertem Medium (Verwendete Abkürzungen)

Steimehl (STM)	-	2 g STM	10 g STM
Wasserglas (WG)	1 g WG	2 g WG	10 g WG

Nach dem Erstarren des Mediums wurden 600 µl einer Tilletiasporensuspension (ca. 170.000 Sporen/ml) mit einer Mikropipette dazugefügt. Die Sporen stammten vom

Jahr 1996. Die Bestimmung der Sporenkonzentration erfolgte mit der Thomakammer. Pro Variante wurden 10 Wiederholungen angelegt.

Nach der Inkubation (siehe: Wirkungsprüfung der Warmfeuchtbehandlung auf „Wasseragarplatten“) ist eine Baumwollblaufärbung durchgeführt worden. Unter dem Mikroskop wurde dann bei einer 10 mal 10 Vergrößerung die Gesamtsporenzahl und die Anzahl der gekeimten Sporen in einem Gesichtsfeld durch Zählen ermittelt. Die Sporenkeimfähigkeit in % stellt den relevanten Parameter für die Keimhemmung der beiden Prüfstoffe dar.

3.2 Feldversuch

Alternative Saatgutbehandlungsverfahren zur möglichen Bekämpfung von *Fusarium nivale* und *Tilletia caries* wurden mit der chemisch-synthetischen Beizung in einem Feldversuch an der FAL Zürich - Reckenholz verglichen.

3.2.1 Standortbeschreibung

Der Feldversuch befindet sich an der FAL Zürich - Reckenholz (450 m ü. M.).

Die Bodeneigenschaften liefern mässige bis gute Voraussetzungen für eine ackerbauliche Nutzung. Das Versuchsfeld ist bodenkundlich recht heterogen, und der Wasserhaushalt variiert wegen der topographischen Unterschiede stark. Es handelt sich vorwiegend um Kalkbraunerden mit einer schluffreichen, schwach humos - lehmigen Bodentextur.

Der Standort ist durch ein humides Klima ausgezeichnet. An der anstaltseigenen Wetterstation wurden für die Jahre 1995 bis 1997 Klimaparameter ermittelt, die in der Tabelle 10 und Abbildung 1 dargestellt sind.

Tab. 10: Klimadaten von 1995 und 1996 für den Versuchsstandort

Jahr	Jahresniederschlag in mm	Jahresmitteltemperatur in °C
1995	1242	9.4
1996	933	8.3

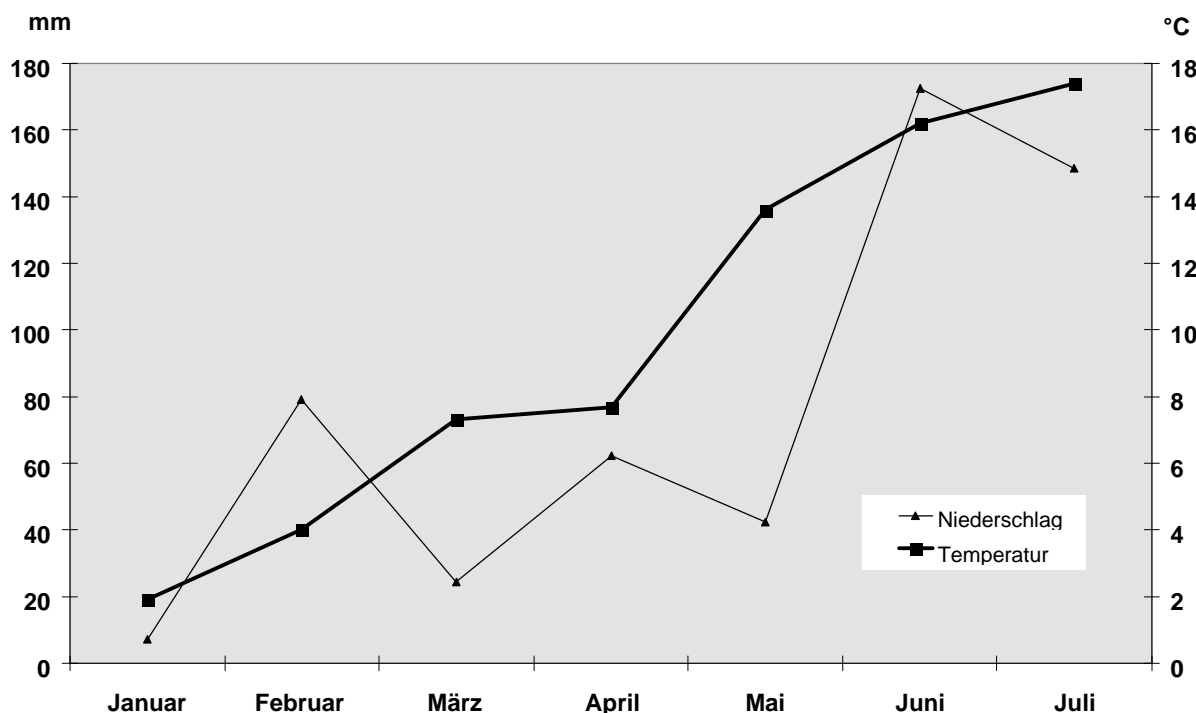


Abb. 1: Klimadiagramm für die Monate Januar bis Juli im Versuchsjahr 1997 (Monatsniederschlag und Monatsmitteltemperatur)

Saatdatum: 11. 3. 1997
 Reihenabstand: 18 cm
 Saatmenge: 400 Körner/m²
 Vorfrucht: Raps

3. 2. 2 *Fusarium nivale* - Feldversuch

- * Verwendetes Saatgut: Sommerweizen (Sorte: Lona)
- * natürlicher Fusariumbefall: 21% nach dem Malzagartest

Tab. 11: Prüfvariantenbeschreibung für den *Fusarium nivale* - Feldversuch

Prüfvariante	Aufwandmenge pro kg Saatgut
Kontrolle (nicht behandelt)	
chemisch (Panocrine 40)	2 ml
Warmwasser 45 °C, 2 h	
Envirepel	3 ml
Teebaumöl	2 ml
Grapefruitkernenextrakt	3 ml

- * Versuchsdesign: lateinisches Rechteck mit 6 Verfahren (siehe Tabelle 11) zu je 3 Wiederholungen
- * Parzellengrösse: 8.9 m²

3. 2. 3 *Tilletia caries* - Feldversuch

- * Verwendetes Saatgut: Sommerweizen (Sorte: Greina)
- * Künstlich mit Tilletiasporen (vom Jahr 1996) infiziertes Saatgut: 1 g Sporen/kg Saatgut

Tab. 12: Prüfvariantenbeschreibung für den *Tilletia caries* - Feldversuch

Prüfvariante	Aufwandmenge pro kg Saatgut
Kontrolle (nicht behandelt)	
chemisch (Panoctine DL)	3 ml
Warmwasser 45 °C, 2 h	
Steinmehl	2 g
Calendula	3 ml
Nelkenknospensextrakt	1 ml
Zimtrindenextrakt	1 ml
Palmarosaöl	1 ml

- * Versuchsdesign: randomisierte Blockanlage mit 8 Verfahren (siehe Tabelle 12) zu je 3 Wiederholungen
- * Parzellengrösse: 8,9 m².

Kurze Produktbeschreibung:

Die **chemische Beizung** erfolgte im Falle der Stinkbrandbekämpfung mit Panoctine DL (25 g Difenconazol/l , 200 g Guazatine/l). Mit Panoctine 40 (427 g Guazatine/l) wurde *Fusarium nivale* und *Septoria nodorum* bekämpft.

Envirepel ist ein biologisches Pflanzenstärkungsmittel auf Knoblauchbasis. Es erhöht die Widerstandskraft aller Pflanzen gegen Schädlinge - und Pilzbefall.

Teebaumöl, Grapefruitkernenextrakt, Calendula (Blütenextrakt von Ringelblumen), **Nelkenknospensextrakt, Zimtrindenextrakt** und **Palmarosaöl** (ätherisches Öl aus einer indischen Graminaenart) sind antiseptische Substanzen, die in der alternativen Human- und Tiermedizin eingesetzt werden.

Alle Produkte wurden mit der Beizmaschine (HEGE) auf das Saatgut appliziert.

3. 2. 4 Ermittelte Parameter

Feldaufgang

Der Feldaufgang wurde im 2 bis 4-Blattstadium ermittelt. Dabei wurden in dreimaliger Wiederholung die Pflanzen/Laufmeter Saatreihe gezählt.

Tag der Aufnahme: 8. April 1997

Stinkbrandähren/m² und Bestandesdichte im *Tilletia caries* - Versuch

In dreifacher Wiederholung wurden am 2. Juli und 7. Juli 1997 die Steinbrandähren/Parzelle und die Bestandesdichte durch Zählen der ährentragenden Halme ermittelt.

3. 3 Statistische Auswertung

Sämtliche Varianzanalysen (ANOVA) wurden mit dem SAS - Statistikpaket durchgeführt. Die anschliessenden multiplen Mittelwertsvergleiche (ebenfalls mit SAS) wurden mit dem parametrischen Signifikanztest nach Student - Newman - Keuls (SNK) ermittelt. Das Signifikanzniveau beträgt 5%.

Grafische Darstellungen in dieser Arbeit wurden mit den Programmpaketen EXCEL (Version 5.0) und STATISTICA (Version 5.0) gemacht.

Die signifikanten Unterschiede wurden in den Boxplots und Säulendiagramme durch verschiedene Grossbuchstaben gekennzeichnet.

Abkürzungen in den Boxplots:

- SE: Standard Error
- SD: Standard Deviation

4. Resultate und Diskussion

4.1 Laboruntersuchungen

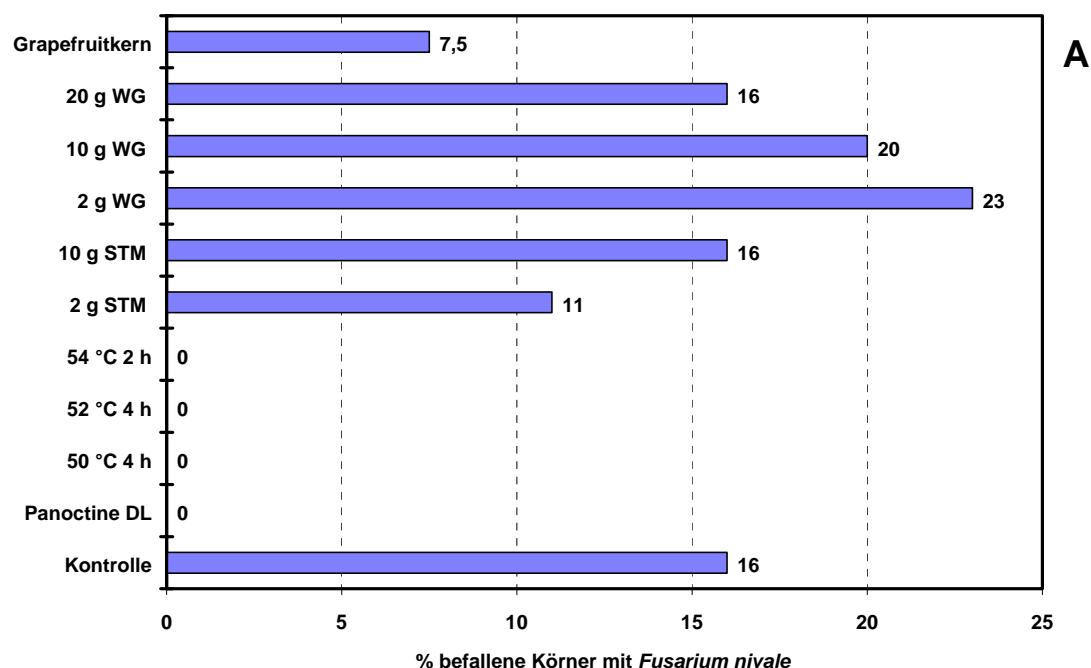
4.1.1 Wirkungsnachweise von Saatgutbehandlungsmethoden

4.1.1.1 Bekämpfung von *Fusarium nivale*

i) Wirkungsüberprüfungen am natürlich infiziertem Sommerweizensaatgut „Lona“

Malzagar- und kombinierter ISTA - Keimfähigkeitstest

Der Malzagar-Test ist eine sensitive Nachweismethode, mit dem der Fusariumbefall am sichersten nachgewiesen werden kann. Für die Praxis eignet sich dieser Test weniger gut, weil eine Überbewertung des Fusariuminokulums erfolgen kann. Der kombinierte ISTA - Keimfähigkeitstest gibt den effektiv keimlings- und pflanzenpathogene Fusariumbefall des Saatgutes (sogenanntes Inokulumpotential) wider (RÜEGGER, persönliche Mitteilung, 1997).



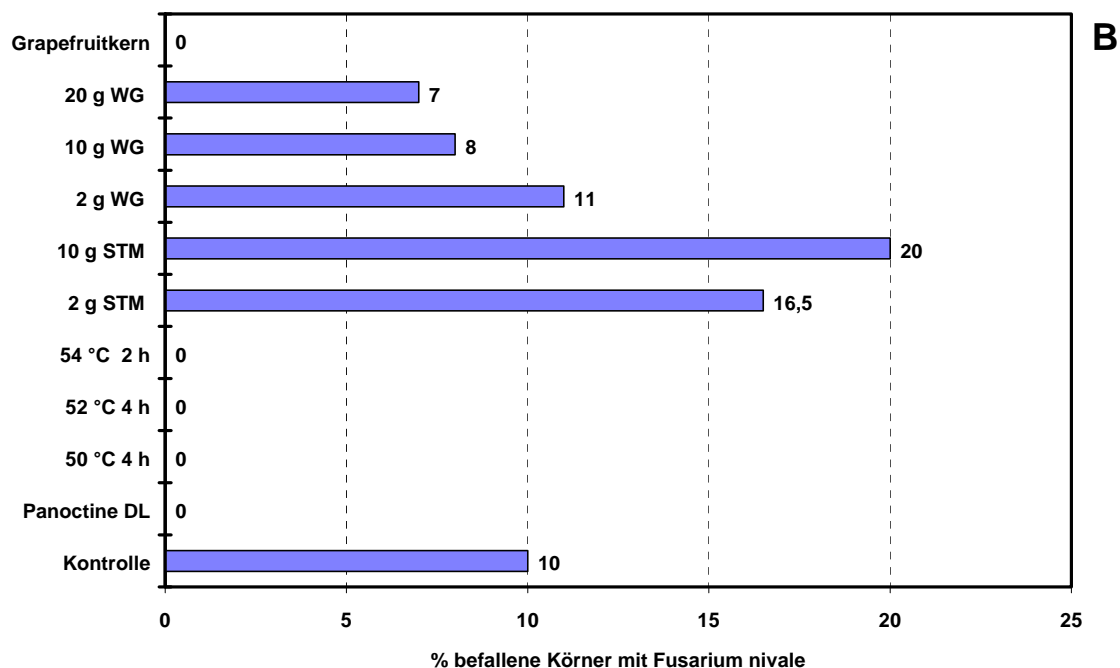


Abb. 2: % befallene Körner mit *Fusarium nivale*: Befallsermittlung mit dem Malzagartest (A) und mit dem kombinierten ISTA - Keimfähigkeitstest (B). Verwendetes Saatgut: natürlich mit *Fusarium nivale* infiziertes Sommerweizensaat (Sorte: „Lona“). WG = Wasserglas mit drei verschiedenen Konzentrationen in g/l Wasser; STM = Steinmehl mit zwei verschiedenen Applikationsmengen in g/kg Saatgut.

Die Abbildung 2 zeigt, dass die Warmfeuchtbehandlungen bei 50 °C bis 54 °C und bei unterschiedlichen Expositionszeiten (2 h und 4 h) eine vollständige Bekämpfung des Fusariumpilzes bewirkt.

Der aussagekräftigere Fusariumbestimmungstest (Kombinierter ISTA - Keimtest) zeigt, dass das Grapefruitkernenextrakt zur vollständigen Unterdrückung des Pilzes führt.

Die Steinmehl- und Wasserglasbehandlungen zeigten keine deutlichen Befallsreduktionen. Zum Teil war der Befall höher als bei der unbehandelten Kontrolle.

Regression zwischen den beiden *F. nivale* - Boniturmethoden

Die Regressionsgrafik in Abbildung 3 zeigt deutlich die gössere Nachweisempfindlichkeit (flache Steigung der Regressionsgerade) von *Fusarium nivale* mit dem Malzagartest. Das krankmachende Pilzinokulum kann mit dem kombinierten ISTA - Keimtest besser ermittelt werden.

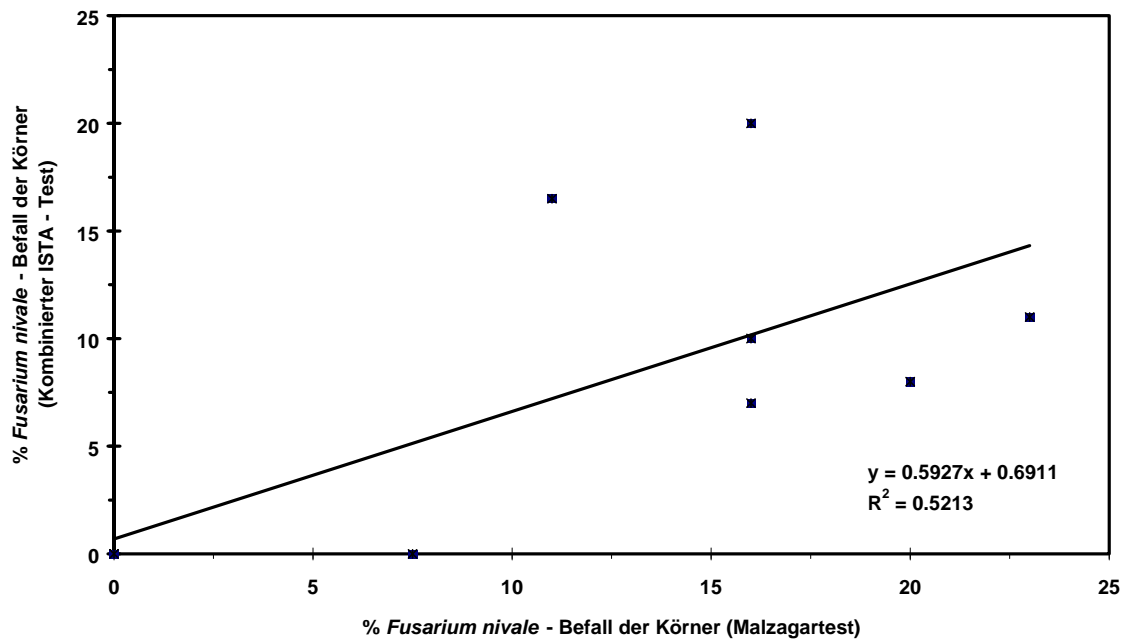


Abb. 3: Regression zwischen den zwei *Fusarium nivale* - Boniturmethoden „**Kombinierter ISTA - Keimfähigkeitstest**“ und „**Malzagarstest**“. Daten stammen aus der Abbildung 2.

ii) Wirkungsüberprüfung auf Malzagarplatten

In welchem Umfang das Myzelwachstum durch die Anwesenheit von Steinmehl und Wasserglas im Medium reduziert wird, zeigen die beiden folgenden Abbildungen.

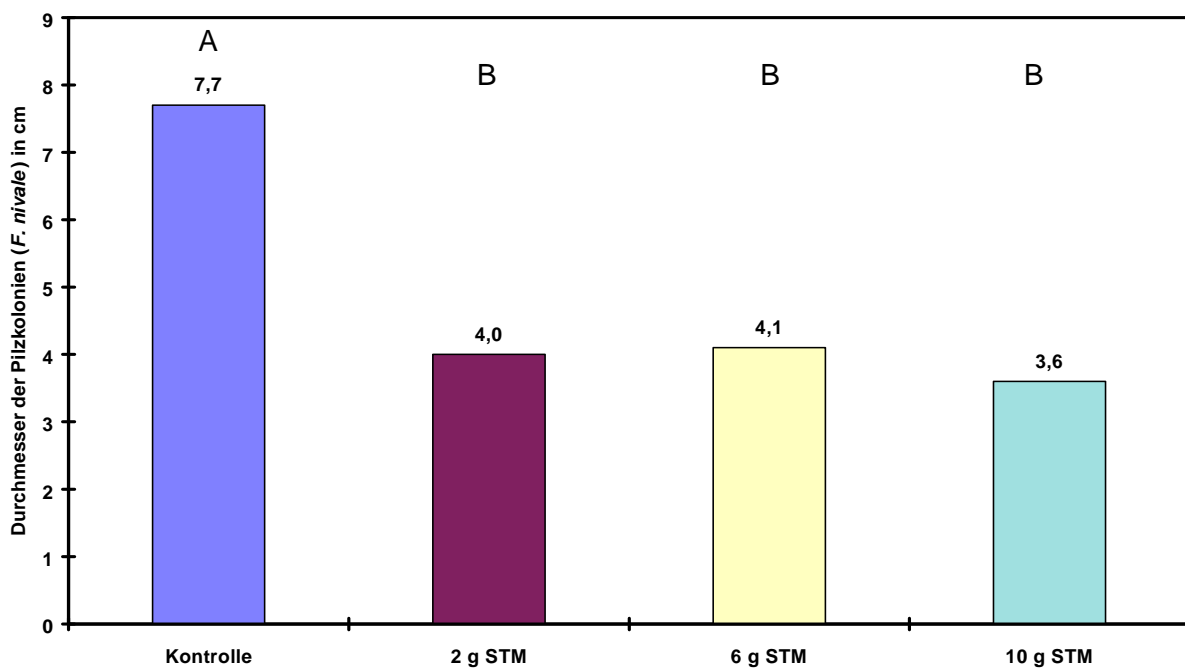


Abb. 4: Einfluss unterschiedlicher Steinmehlkonzentrationen (g STM/l Malzagar) auf das Myzelwachstum von *Fusarium nivale*.

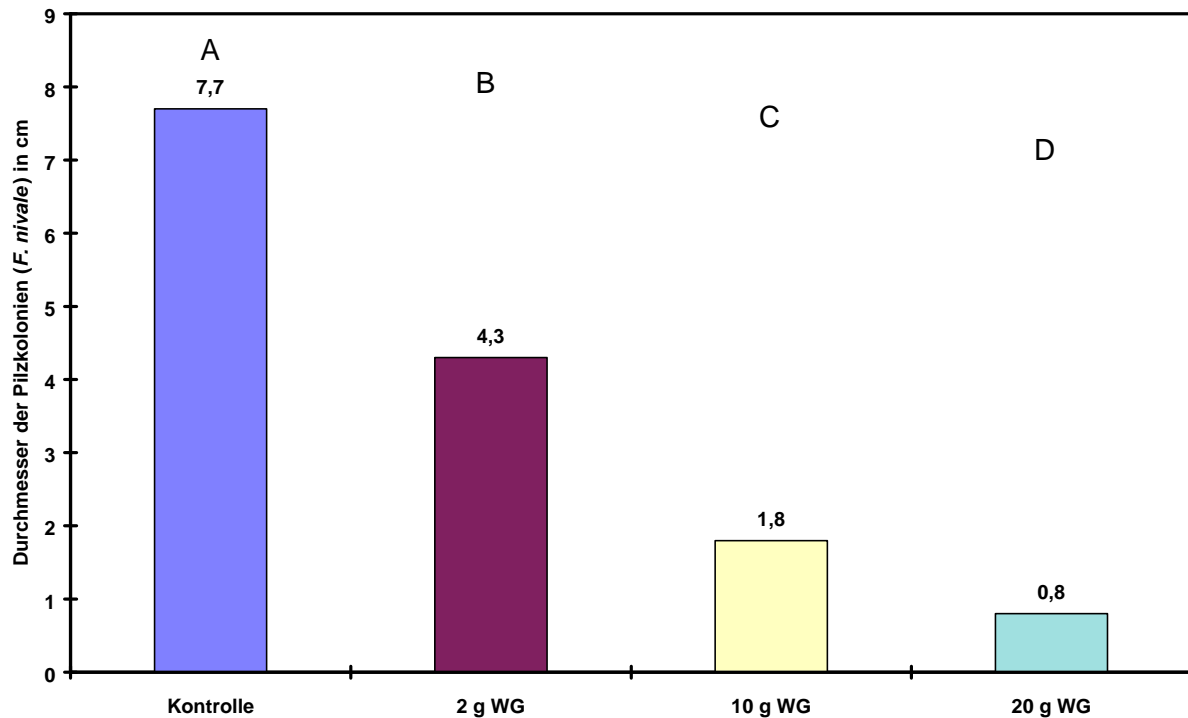


Abb. 5: Einfluss unterschiedlicher Wasserglaskonzentrationen (g WG/l Malzagar) auf das Myzelwachstum von *Fusarium nivale*.

Die Abbildungen 4 und 5 zeigen, dass Steinmehl als auch Wasserglas das *Fusarium*myzelwachstum hemmen. Besonders bei Wasserglas konnte ein sehr deutlicher konzentrationsabhängiger Effekt festgestellt werden. Die verschiedenen Konzentrationsstufen von Wasserglas unterscheiden sich signifikant voneinander. Die basische Wirkung des Wasserglases und des Steinmehls dürften für die fungistatische Wirkung verantwortlich sein.

4. 1. 1. 2 **Bekämpfung von *Septoria nodorum***

i) Wirkungsüberprüfungen am natürlich infizierten Winterweizensaatgut („Forno“)

Triebkrafttest:

In den nachfolgenden Abbildungen 6 A und 6 B sind zwei indirekte Parameter (Verbräunungsindex und Koleoptilenlänge), die mit dem Septoriabefall korreliert sind dargestellt.

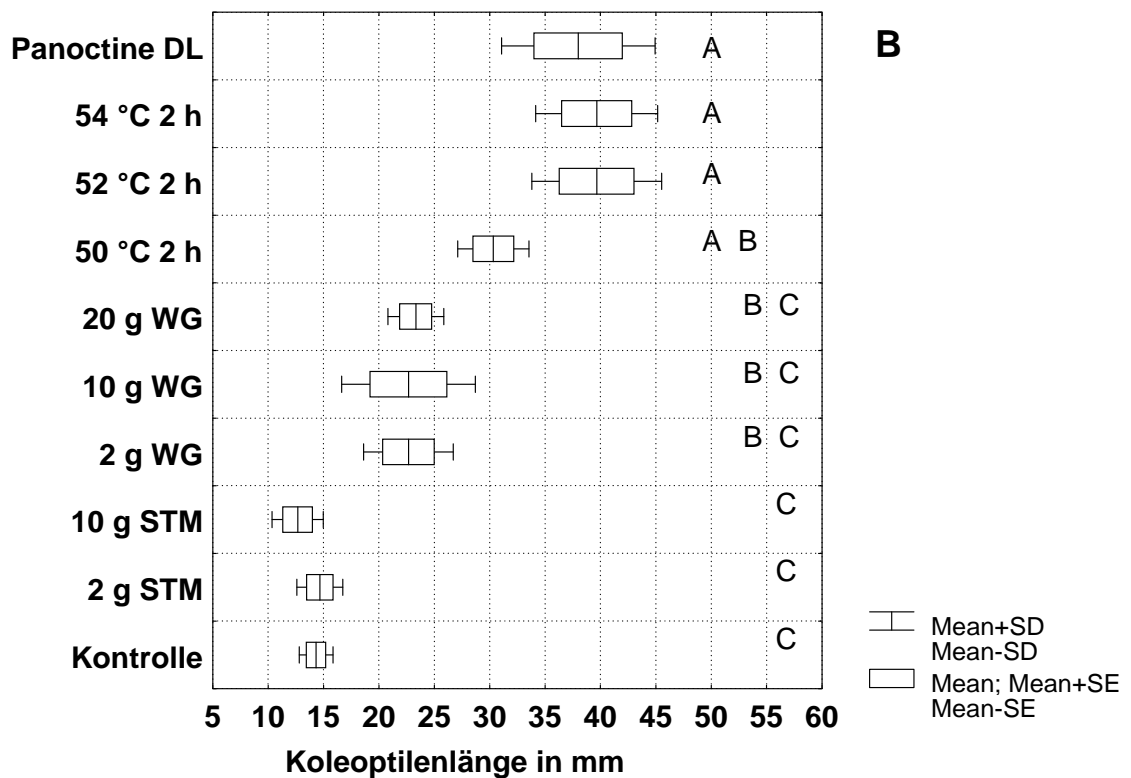
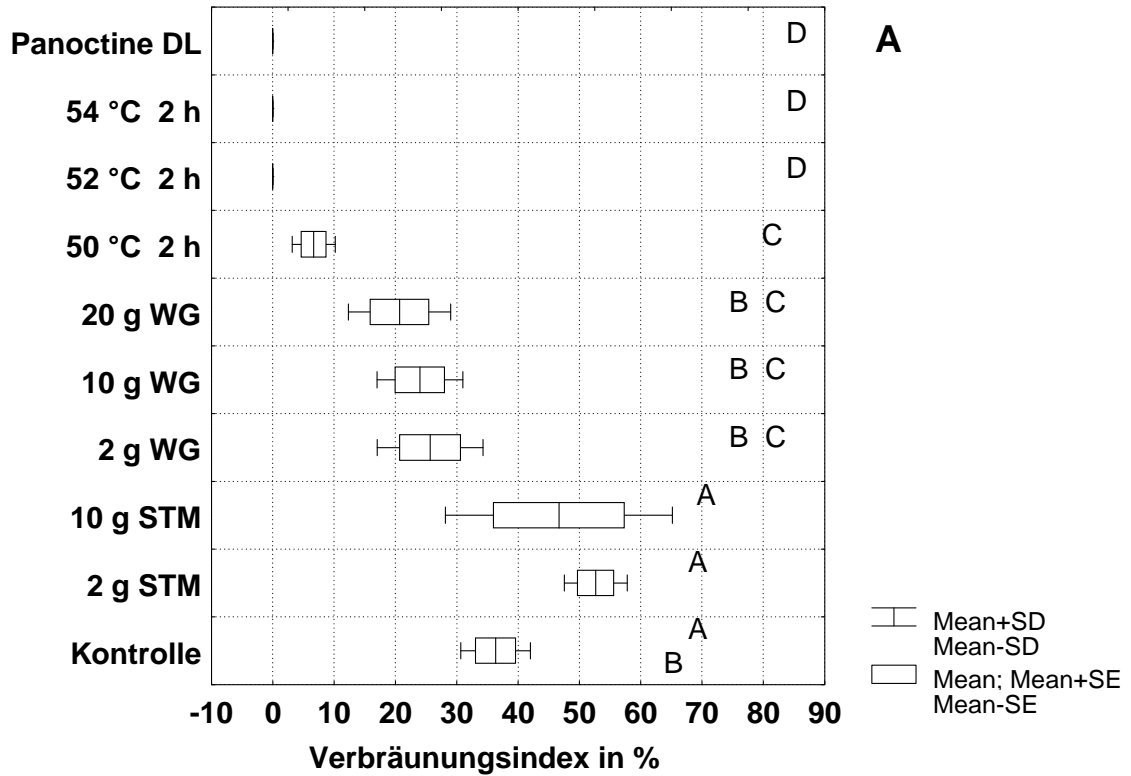


Abb. 6: Verbräunungsindex (%) (A) und Koleoptilenlänge (mm) (B) bestimmt aus dem Triebkrafttest für unterschiedlich behandeltes Winterweizensaatgut der Sorte „Forno“ mit einem natürlichen *Septoria nodorum* - Befall von 70 %.

Die Warmfeuchtverfahren zeigen auch bei der Septoriabekämpfung eine mit der chemische-synthetischen Beizung vergleichbare Wirkung. Es ist auch eine Temperaturabhängigkeit der Septoriabekämpfung feststellbar.

Die drei Verfahren der Wasserglasvarianten liegen bezüglich des Verbräunungsindex und der Koleoptilenlänge zwischen der Kontrolle und der chemisch-synthetischen Beizvariante. Eine konzentrationsabhängige Wirkung von Wasserglas wurde dabei nicht beobachtet. Die Wirkung von Steinmehl war ungenügend.

In der Abbildung 7 ist der negative Zusammenhang zwischen Koleoptilenlänge und Verbräunungsindex dargestellt.

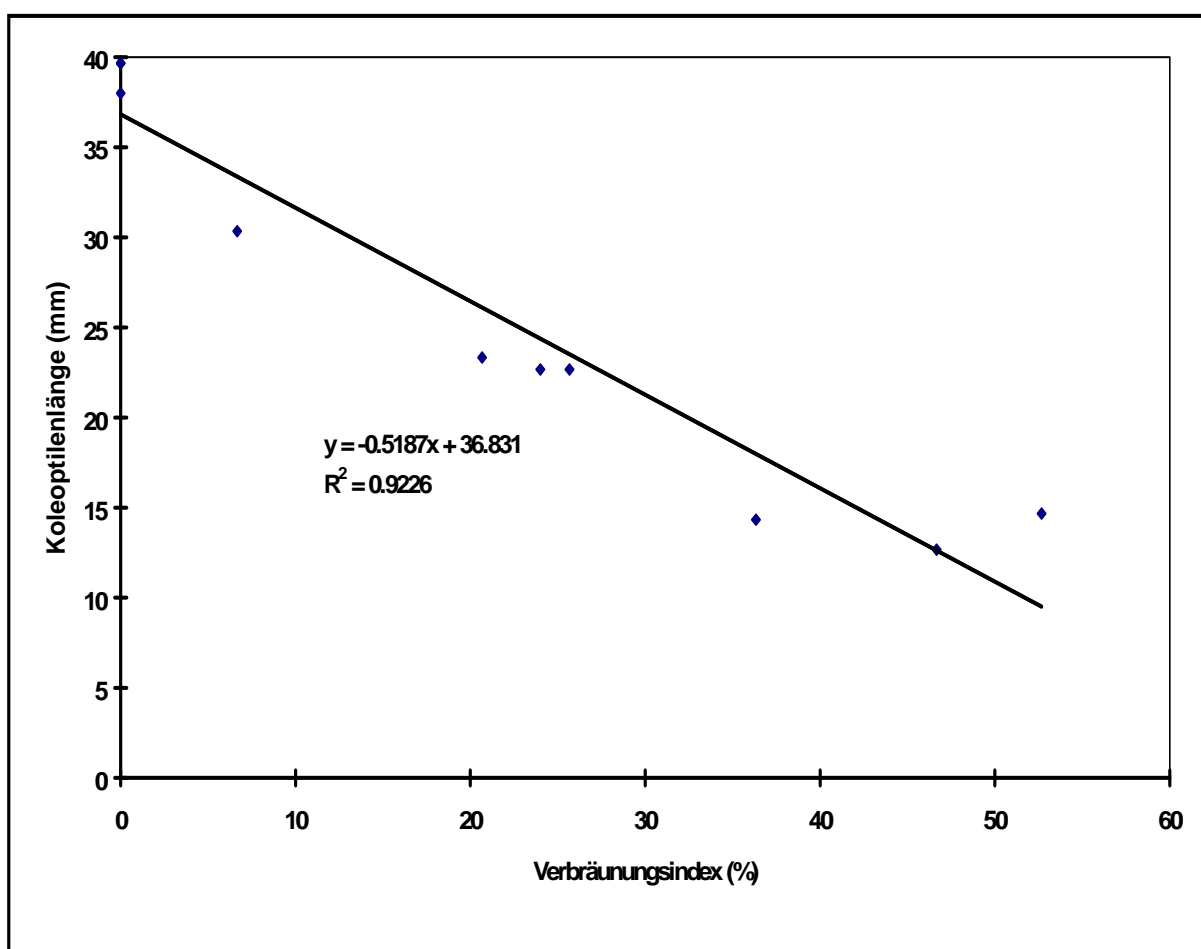


Abb. 7: Regressionsbeziehung zwischen Koleoptilenlänge und Verbräunungsindex. Daten wurden von den Abbildungen 6 A und 6 B entnommen.

Fluoreszenztest

Direkter Nachweis des Pilzes über die fluoreszierenden Mykotoxine:

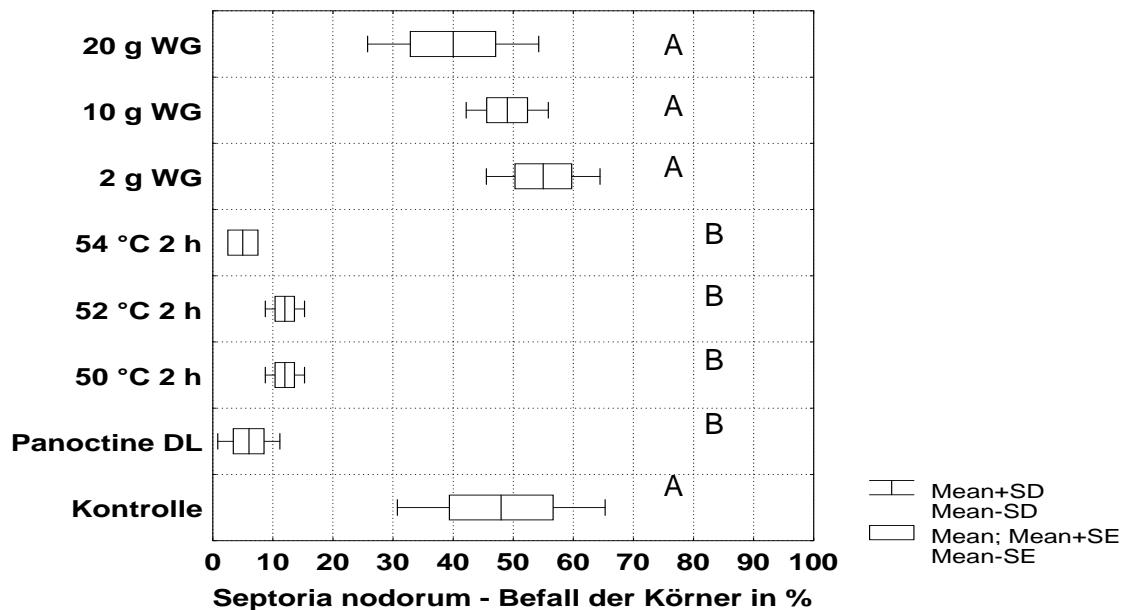


Abb. 8: *Septoria nodorum* - Befall (bestimmt mit dem Fluoreszenztest) des Winterweizensaatgutes der Sorte „Forno“ mit unterschiedlichen Saatgutbehandlungen: WG = g Wasserglas/l Wasser; Warmfeuchtbehandlung (50 °C 2 h, 52 °C 2 h, 54 °C 2 h); Panoctine DL = chemisch-synthetisches Beizmittel.

Der Fluoreszenztest zeigt für die Warmfeuchtbehandlungen die selben Ergebnisse wie beim Triebkrafttest. Die chemische Beizung ist der Warmfeuchtbehandlung bezüglich Septoriabekämpfung gleichzustellen.

Die Wasserglasvarianten zeigen keine signifikanten Unterschiede.

ii) Wirkungsüberprüfung auf Malzagarplatten

In welchem Umfang das Myzelwachstum durch die Anwesenheit von Steinmehl und Wasserglas im Medium reduziert wird, zeigen die beiden folgenden Abbildungen:

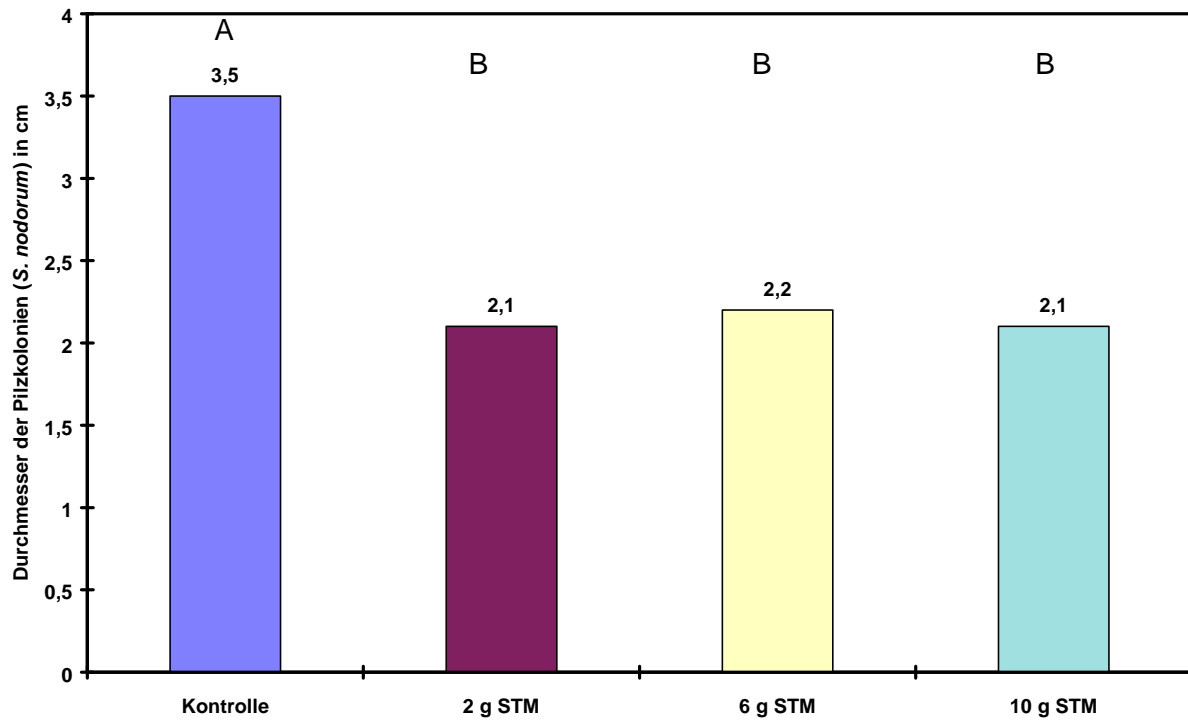


Abb. 9: Einfluss unterschiedlicher Steinmehlkonzentrationen (g STM/l Malzagar) auf das Myzelwachstum von *Septoria nodorum*.

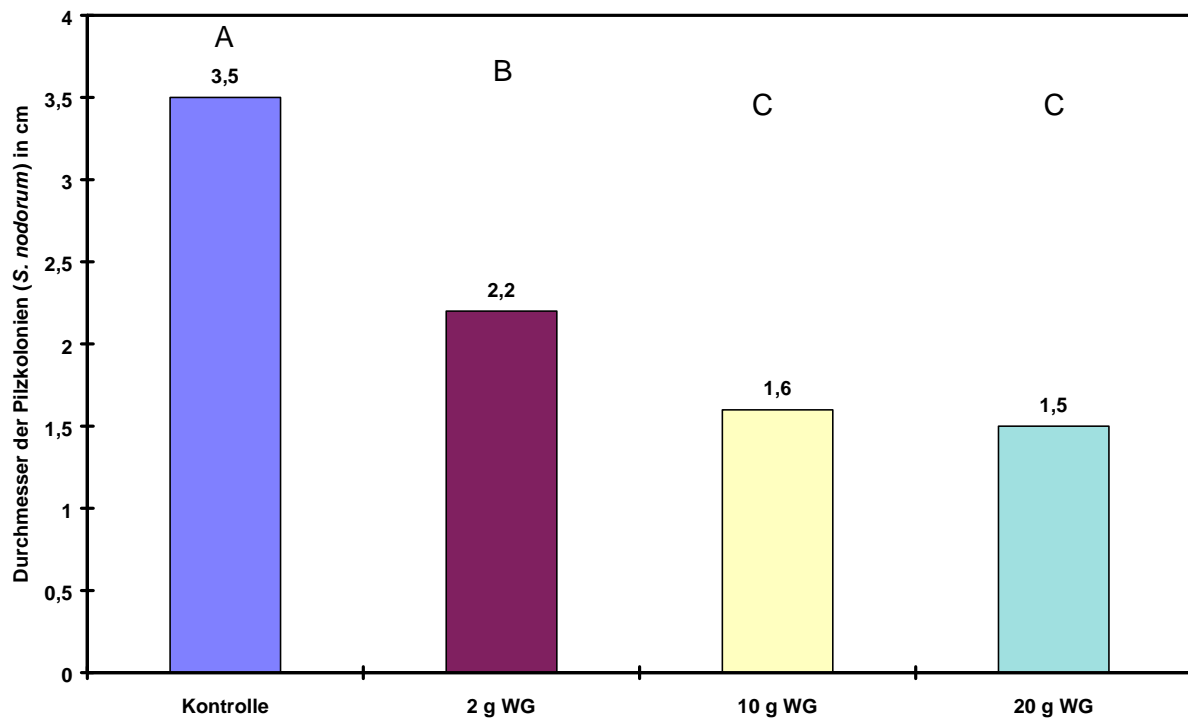


Abb. 10: Einfluss unterschiedlicher Wasserglaskonzentrationen (g WG/l Malzagar) auf das Myzelwachstum von *Septoria nodorum*.

Beide Substanzen (Wasserglas und Steinmehl) hemmen teilweise das Myzelwachstum. Im Vergleich zu Steinmehl wurde bei Wasserglas eine konzentrationsabhängige Wirkung festgestellt. Möglicherweise ist die basische Reaktion des Natriums in Wasserglas und Steinmehl verantwortlich für das gehemmte Myzelwachstum.

4. 1. 1. 3 Bekämpfung von *Tilletia caries*

i) Wasserglas und Steinmehl als Prüfsubstanzen

Die Prüfsubstanzen wurden dem Medium (Glucoseagar) direkt beigemischt. Nach der Inkubation wurde die Sporenkeimung ermittelt.

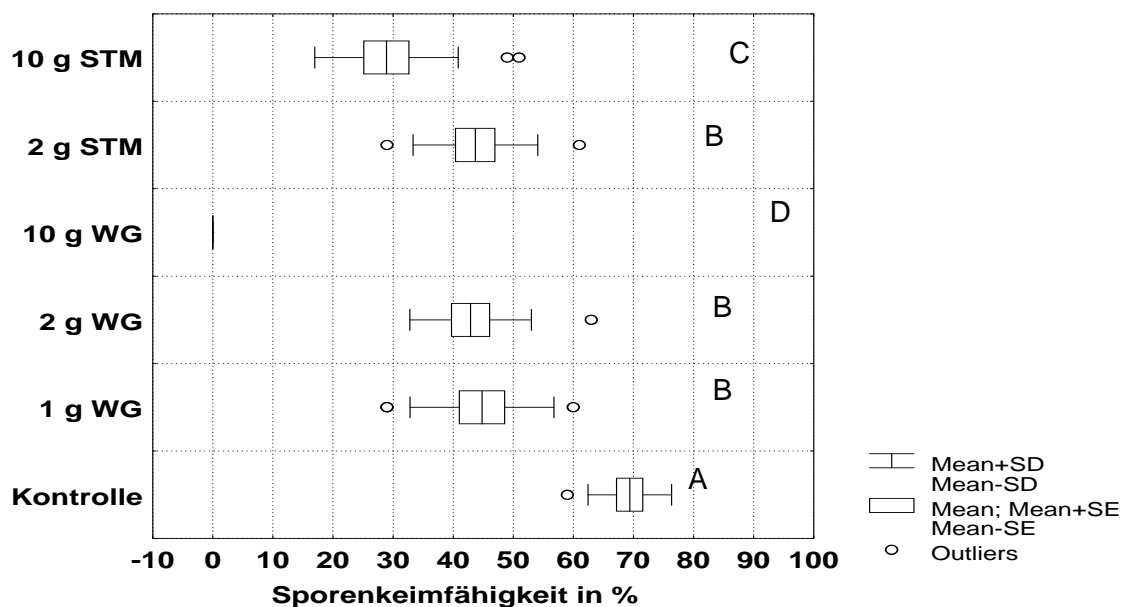


Abb. 11: Sporenkeimfähigkeit von Stinkbrandsporen auf Glucoseagar, welcher unterschiedliche Konzentrationen von Wasserglas (g WG/l Glucoseagar) und Steinmehl (g STM/l Glucoseagar) erhielt.

Die Abbildung 11 zeigt deutlich, dass hohe Konzentrationen von Wasserglas (10g/l Medium) die Sporenkeimung vollständig unterdrückt. Untersuchungen von LEUSCH und BUCHENAUER (1988) zeigten, dass Silikate eine fungizide und fungistatische Wirkung haben. Möglicherweise ist die basische Reaktion des Wasserglases auch mitverantwortlich für die Keimhemmung. Auch Steinmehl bewirkt eine signifikante Reduktion der Sporenkeimung.

ii) Möglicher Einfluss der Lagerungsbedingungen und Lagerungsdauer auf die Sporenkeimung

Ein möglicher Einfluss der Lagerungsbedingungen und der Lagerungsdauer wurde zufällig während der Arbeiten entdeckt. Die unter i) angegebenen Ergebnisse

stammen aus Experimenten, die im März 1997 durchgeführt worden sind. Die dabei verwendeten Stinkbrandsporen stammten aus dem Jahr 1996.

Im Juli 1977 wurden die selben Experimente (mit Glucoseagar als Medium) für die Warmfeuchtbehandlung mit denselben Sporen aus dem Jahr 1996 durchgeführt. Dabei zeigte sich, dass alle Varianten (einschliesslich der **unbehandelten Kontrolle**) keine Sporenkeimung aufwies.

Für die genaue Beantwortung dieser Beobachtung sind Zeitreihenuntersuchungen, die den Effekt der Lagerungsdauer erklären, angebracht.

Frische Sporen, die aus dem Jahr 1997 stammen, zeigten auf dem relativ nährstoffreichen Glucoseagar keine Sporenkeimung. Erst auf Wasseragar konnte die Wirkung der Warmfeuchtbehandlungen zur Kontrolle verglichen werden. Warum frische Tilletiasporen auf dem nährstoffreichen Glucoseagar nicht keimen, konnte nicht beantwortet werden.

iii.) *Tilletia caries* - Bekämpfung mit der Warmfeuchtbehandlung

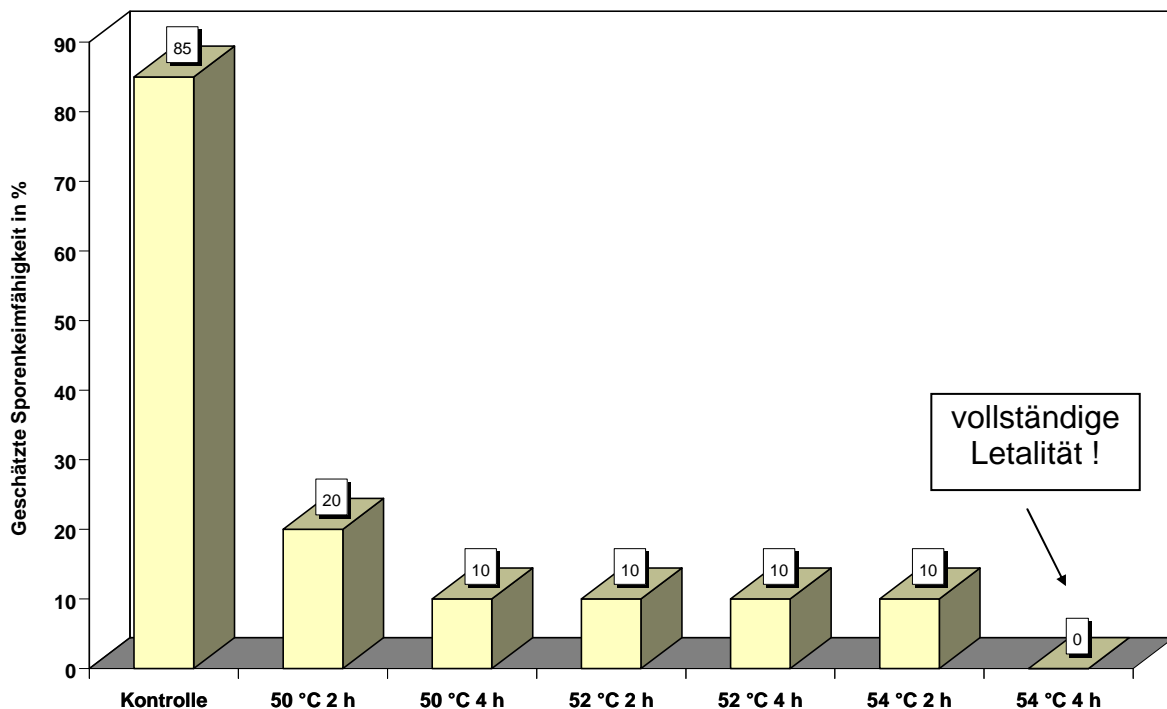


Abb. 12: Stinkbrandsporenkeimfähigkeit nach den Warmfeuchtbehandlungen bei 50 °C bis 54 °C während 2 h bis 4 h. (Nach dem Abwaschen der Tilletia - Sporen von künstlich kontaminiertem Saatgut und Inkubation auf Wasseragarplatten wurde die Sporenkeimfähigkeit unter dem Mikroskop geschätzt).

Mit der Warmfeuchtbehandlung kann eine sehr hohe Reduktion der Sporenkeimung festgestellt werden. Vollständige letale Bedingungen wurden bei **54 °C** während einer **vierstündigen Behandlung** erreicht. Für die Effektivität der Warmfeuchtbehandlung hat neben der Temperatur auch die Dauer der Behandlung einen Einfluss (vgl.: 54 °C 2 h und 54 °C 4 h).

4. 1. 2 Einfluss der verschiedenen Behandlungsvarianten auf die Keimfähigkeit

4. 1. 2. 1 Sommerweizensorte „Lona“ mit einem natürlichen *Fusarium nivale* - Befall von 16 %

Tab. 13: Keimfähigkeitsbonitur nach ISTA für unterschiedlich behandeltes Sommerweizen-saatgut der Sorte „Lona“. Natürlicher Befall der Körner mit *Fusarium nivale*: 16 %

Behandlungsvarianten	Keimfähigkeit (%)	Signifikanz	anomal	tot
Kontrolle	81	. B	11	4
Panoctine DL (3 ml/kg Saatgut)	88	A B	6	6
Grapefruitkern (3 ml/kg Saatgut)	97	A .	1	2
Steinmehl (2 g/kg Saatgut)	86	A B	11	3
Steinmehl (10 g/kg Saatgut)	81	. B	14	5
Wasserglas (2 g/kg Wasser)	90	A B	6	4
Wasserglas (10 g/kg Wasser)	90	A B	7	3
Wasserglas (20 g/kg Wasser)	90	A B	6	4
50 °C 2 h	95	A .	2	3
50 °C 4 h	93	A B	4	3
52 °C 2 h	96	A .	1	3
52 °C 4 h	96	A .	1	3
54 °C 2 h	92	A B	6	2
54 °C 4 h	93	A B	3	4

Bei allen Behandlungsvarianten ausser den Steinmehlbehandlungen wurde eine gesteigerte Keimfähigkeit festgestellt. Die höchste Keimfähigkeit (97 %) wurde mit der Grapefruitbehandlung erreicht. Grapefruitkernenextrakte enthalten komplexe Kombinationen verschiedenster Stoffe (Flavonoide, Glykoside, Limonoide), welche eine antifungale Wirkung haben (LINDITSCH, 1997). Die gesteigerte Keimfähigkeit kann hauptsächlich auf die fusariumabtötende Wirkung der Grapefruitsubstanzen zurückgeführt werden. Inwieweit der keimphysiologische Vorgang durch dieses Extrakt beeinflusst wird, ist nicht bekannt.

Warmfeuchtbehandeltes Saatgut (50 °C bis 54 °C bei 2- bis 4-stündiger Behandlung) weist durchschnittlich eine höhere Keimfähigkeit auf als das chemisch gebeizte.

Der Abbildung 16 ist der allgemeine Zusammenhang zwischen Keimfähigkeit und *Fusarium nivale* - Befall zu entnehmen.

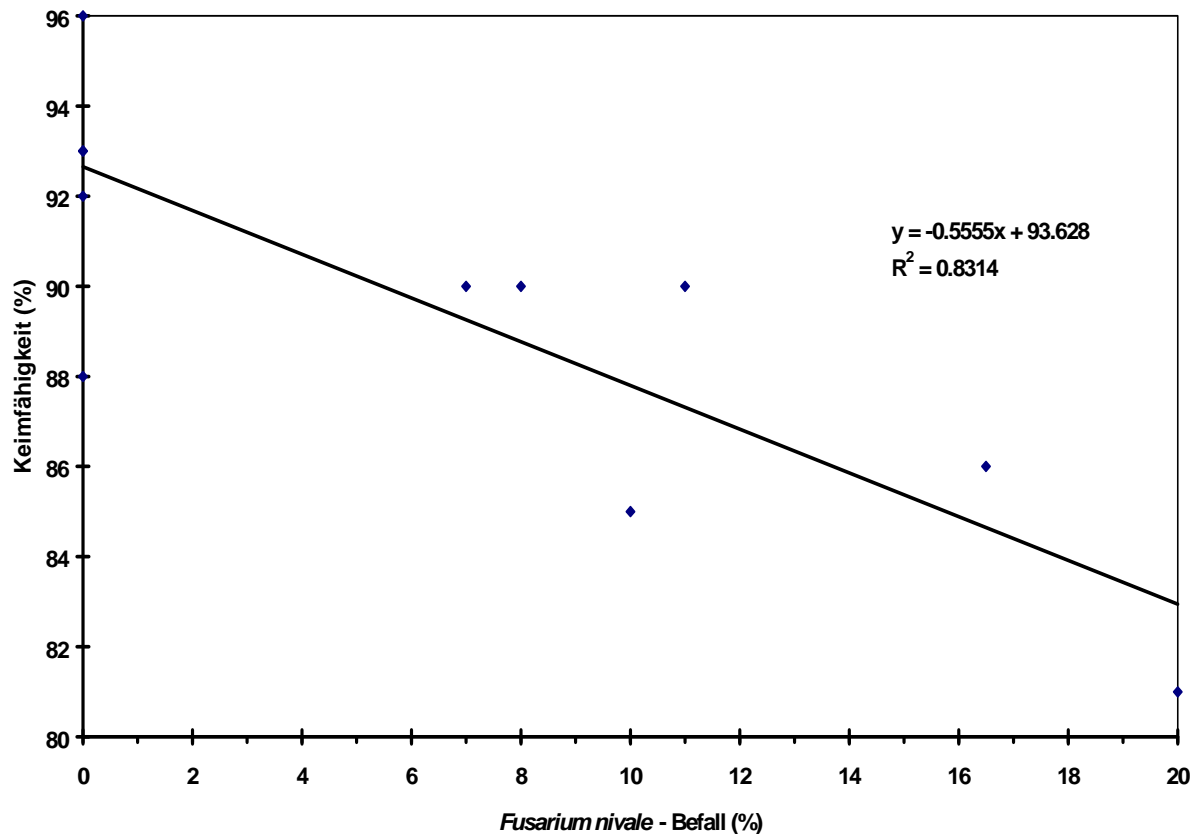


Abb. 16.: Beziehung zwischen Keimfähigkeit (nach ISTA) und *Fusarium nivale* - Befall (ermittelt nach dem kombinierten ISTA - Keimtest). Daten für den *F. nivale* - Befall stammen aus der Abbildung 2 B. Die zugehörigen ISTA - Keimfähigkeiten sind der Tabelle 13 zu entnehmen.

Aus der Abbildung 16 kann man deutlich die Abhängigkeit der Keimfähigkeit vom *Fusarium nivale* - Befall ansehen. Es ist daher augenscheinlich, dass eine *Fusarium nivale* - Bekämpfung für den Erfolg der Keimung und des Feldaufganges von enormer Bedeutung ist.

Inwieweit die Warmfeuchtbehandlung die Keimfähigkeit beeinflusst kann aus der Abbildung 17 gesehen werden.

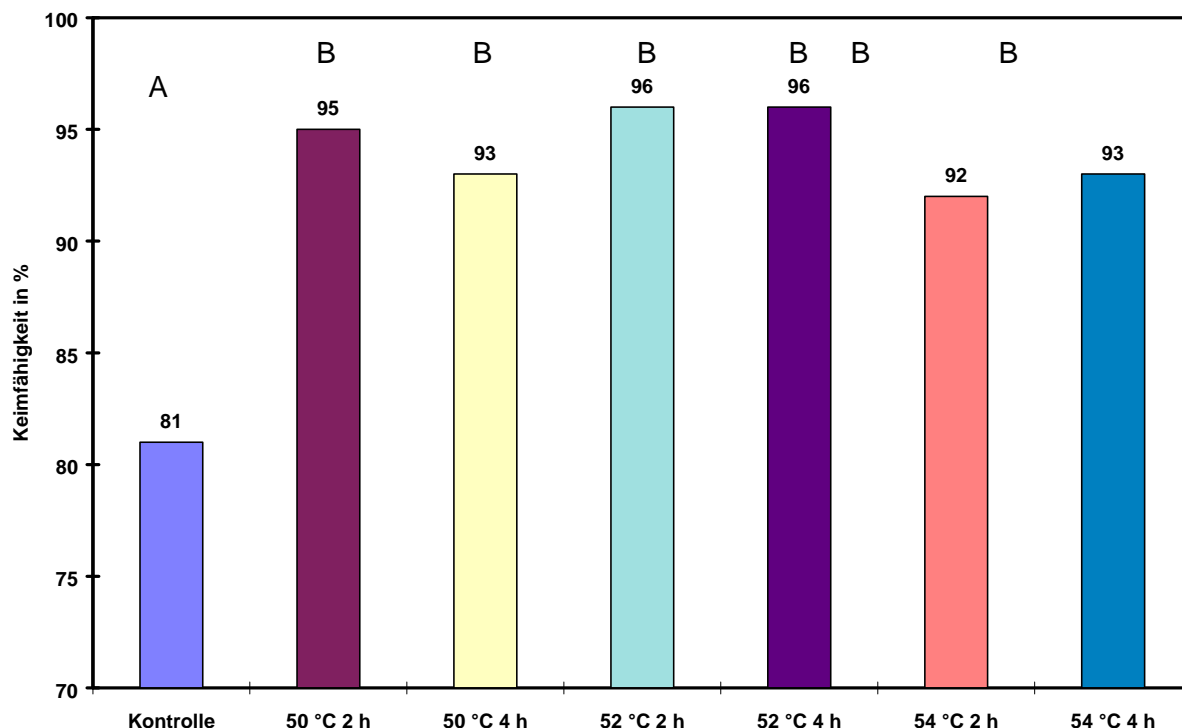


Abb. 17: Einfluss unterschiedlicher Warmfeuchtbehandlungsvarianten (50 °C, 52 °C und 54 °C während 2-stündiger bzw. 4-stündiger Behandlung) auf die Keimfähigkeit von Sommerweizensaatgut der Sorte „Lona“. Daten aus der Tabelle 13.

Durch die Warmfeuchtbehandlung steigt die Keimfähigkeit signifikant von 81 % (Kontrolle) auf 94 % (Durchschnitt aller Warmfeuchtbehandlungsvarianten).

Die Warmfeuchtbehandlung beeinflusst die Keimfähigkeit direkt und indirekt. Der direkte Effekt wird dem „priming“-Phänomen zugeschrieben, der auf der Seite 35 näher erklärt wird.

Durch die fusariumbekämpfende Wirkung der Warmfeuchtbehandlung kann der indirekte Effekt erklärt werden.

4. 1. 2. 2 Gesunde Winterweizensorte „Runal“

Tab. 14: Keimfähigkeitsbonitur nach ISTA für unterschiedlich behandeltes Winterweizensaatgut (gesund) der Sorte „Runal“.

Behandlungsvarianten	Keimfähigkeit (%)	Signifikanz	anomal	tot
Kontrolle	93	A	5	2
Wasserglas (2 g/kg Wasser)	97	A	3	0
Wasserglas (10 g/kg Wasser)	96	A	3	1
Wasserglas (20 g/kg Wasser)	96	A	3	1
50 °C 2 h	96	A	1	3
50 °C 4 h	96	A	3	1
52 °C 2 h	95	A	1	4
52 °C 4 h	94	A	2	4
54 °C 2 h	96	A	3	1
54 °C 4 h	93	A	2	5

Die Wasserglasbehandlungen und die Warmfeuchtbehandlungen beeinflussten die Keimfähigkeit der geprüften gesunden Winterweizensorte „Runal“ nicht. Im Vergleich

zur Kontrolle wurde eine tendenziell höhere Keimfähigkeit festgestellt. Dieser „Priming“-Effekt wurde schon von HEYDECKER und COLLBEAR (1977) beschrieben. Im Falle des Wasserglases dürfte die proteinsynthesebeeinflussende Wirkung des Natriums verantwortlich sein (COPELAND und MCDONALD, 1995). Bei den Warmfeuchtbehandlungen kann der in der Literatur (COPELAND und MCDONALD, 1995) beschriebene „prehydration“ - Prozess für die verbesserte Keimfähigkeit beobachtet werden. Dabei wird der endogene Keimmetabolismus aktiviert, der das Saatgut unter einem weiten Temperaturbereich schnell und homogen keimen lässt.

Von ASCHERMANN-KOCH et al. (1992) wurden bei Weizensaatgut, welches für 12 h bei 20 °C auf feuchtem Filterpapier gelagert (= „hydration“) und dann sanft zurückgetrocknet wurde, erhöhte Keimfähigkeiten festgestellt. Im Feld führte die selbe Behandlung zu einem höheren Feldaufgang und Kornertrag (HOFMANN et al., 1992) Die positiven Effekte dieses „prehydration“ - Prozesses waren bei einer schlechten Saatgutqualität höher als bei einer guten.

4. 1. 2. 3 Winterweizensorte „Forno“ mit einem natürlichen *Septoria nodorum* - Befall von 70 %

Tab. 17: Keimfähigkeitsbonitur nach ISTA für unterschiedlich behandeltes Winterweizensaatgut der Sorte „Forno“. Natürlicher Befall der Körner mit *Septoria nodorum*: 70 %.

Behandlungsvariante	Keimfähigkeit (%)	Signifikanz	anomal	tot
Kontrolle	84	. B C D	8	8
Panoctine DL (3 ml/kg Saatgut)	88	A B C D	6	6
Steinmehl (2 g/kg Saatgut)	84	. B C D	9	7
Steinmehl (10 g/kg Saatgut)	80	. . . D	15	5
Wasserglas (2 g/kg Wasser)	90	A B C D	4	6
Wasserglas (10 g/kg Wasser)	93	A B C .	4	3
Wasserglas (20 g/kg Wasser)	96	A . . .	2	2
50 °C 2 h	83	. . C D	11	6
52 °C 2 h	94	A B . .	3	3
54 °C 2 h	94	A B . .	1	5

Der *Septoria nodorum* - Befall von unterschiedlich behandeltem Saatgut zeigt sich im ISTA - Keimtest durch ein sehr heterogenes Bild. Das liegt vor allem daran, dass *Septoria* - Befall die Keimfähigkeit nicht so stark beeinflusst, wie dies bei *Fusarium nivale* der Fall ist.

Der Priming- und der Bekämpfungseffekt der intensiveren Warmfeuchtbehandlungen (52 °C 2 h und 54 °C 2 h) und der Wasserglasbehandlungen kommt deutlich in einer erhöhten Keimfähigkeit zum Ausdruck. Steinmehl beeinflusst die Keimfähigkeit nicht.

4. 1. 3 **Allgemeine Beurteilung der Warmfeuchtbehandlungen im Vergleich zur Heissluft- und Warmwasserbehandlung**

Die Warmfeuchtbehandlung ist ein thermisches Saatgutbehandlungsverfahren, das sich aus der Heissluftbehandlung und Warmwasserbehandlung entwickelt hat. Diese beiden Verfahren haben Nachteile, die durch die Warmfeuchtbehandlung kompensiert werden können.

Bei Temperaturen von 100 °C und einer Behandlungszeit von 60 min (**Heissluftbehandlung**) werden samenbürtige Pilze nicht geschädigt, während der Embryo vollständig abgetötet wird (HÖRSTEN, 1994). Durch eine Austrocknung der Körner wird die Letaltemperatur des Pilzes erhöht, so dass eine Abtötung erst bei sehr hohen Temperaturen möglich ist. Es kommt daher dem Wasser bei der thermischen Abtötung von Schaderregern eine zentrale Bedeutung zu (HÖRSTEN, 1994). Der Vorteil des niedrigen Wassergehaltes von heissluftbehandeltem Saatgut kann somit nicht in der Praxis genutzt werden. Heissluftbehandlungen mit „Dampfsperren“ verhindern ein zu starkes Austrocknen des Saatgutes und zudem erfolgt eine bessere thermische Abtötung des Pilzes. Durch Einschliessen des Behandlungsgutes in luftdichte Behälter („Dampfsperre“) konnte erntetrockenes Weizensaatgut mit einem Wassergehalt von 12 % bis 15 % bei Behandlungszeiten von 30 bis 120 min von pathogenen Pilzen befreit werden, ohne dass die Keimfähigkeit geschädigt wurde. Bei einem Feuchtegehalt des Saatgutes von 15 % mussten Temperaturen von 60 °C bis 65 °C, bei einem Feuchtegehalt von 12 % Temperaturen von 65 °C bis 72 °C angewendet werden (HÖRSTEN, 1994).

Warmwasserbehandlungen haben bessere thermische Wärmeübergänge als Heissluftbehandlungen. Sehr gute Bekämpfungserfolge von *Septoria nodorum* und *Fusarium nivale* wurden bei 45 °C und einer Behandlungsdauer von 2 h festgestellt (WINTER et al., 1996). Das grösste Problem stellt die Rücktrocknung des behandelten Saatgutes dar. ROGGER (1994) hat bei der Warmwasserbehandlung (45 °C, 2 h) eine Zunahme der Kornfeuchtigkeit um fast 20 % festgestellt.

Warmfeuchtverfahren zeichnen sich durch die geringe Zunahme des Wassergehaltes während der Behandlung aus. Bei einer Behandlungsdauer von 4 h in einer Feuchtatmosphäre (95 % rel. Luftfeuchtigkeit, 54 °C) wurde von ROGGER (1994) eine Wasserzunahme von nicht mehr als 5 % festgestellt.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden vor und nach den Warmfeuchtbehandlungen die Kornfeuchtigkeiten am unzerstörten Korn mittels eines GRAIN MOISTURE TESTER ermittelt.

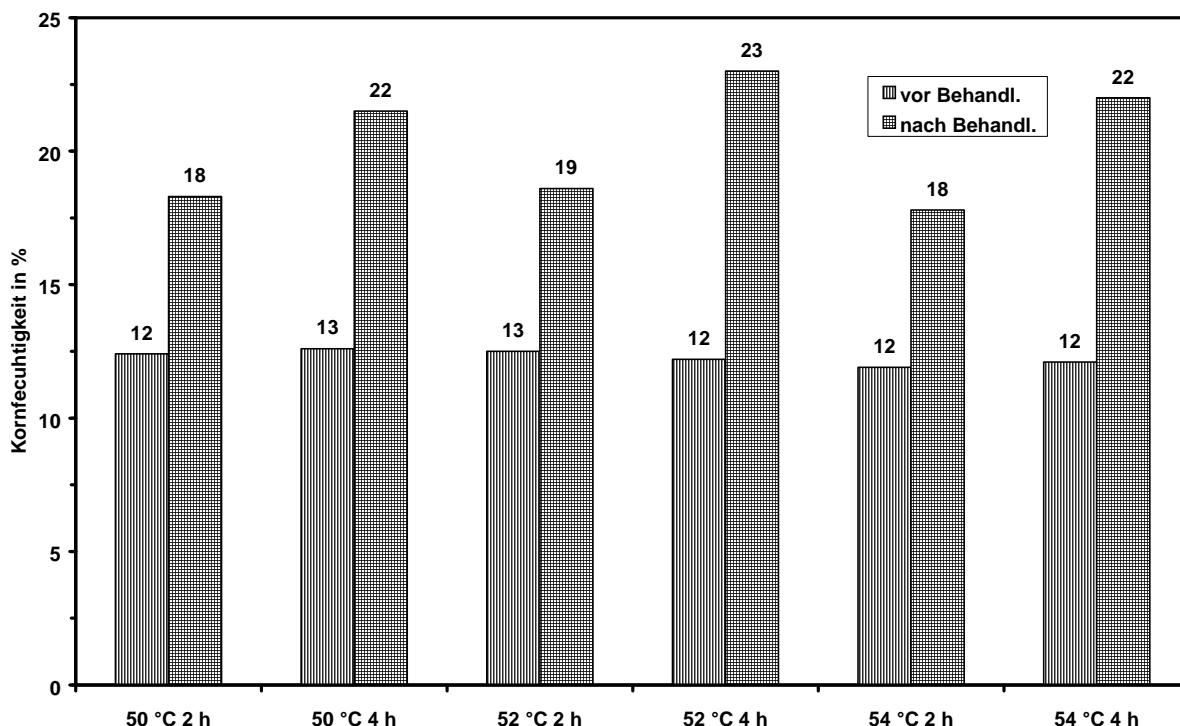


Abb. 18: Kornfeuchtigkeit vor und nach der Warmfeuchtbehandlung (95%ige Luftfeuchtigkeit) bei unterschiedlichen Temperaturen und Behandlungszeiten von Sommerweizen (Sorte: Lona).

Der Wassergehalt des lagerfähigen Saatgutes (mit durchschnittlich 12,2 % Feuchtigkeit) steigt während der Warmfeuchtbehandlung auf durchschnittlich 20 % (bestimmt sofort nach der Behandlung). Wird das behandelte Saatgut dünn aufgeschichtet bei Zimmertemperatur gelagert, so sinkt der Wassergehalt innerhalb von 28 h auf durchschnittlich 14 %. Die Rieselfähigkeit des behandelten Saatgutes kann im Gegensatz zur Warmwasserbehandlung gut erhalten werden.

Die Ergebnisse der im Labor durchgeführten Experimente zeigten, dass eine vierstündige Warmfeuchtbehandlung (95%ige relative Luftfeuchtigkeit) bei 54 °C die wichtigsten samenbürtigen Weizenkrankheiten (*Tilletia caries*, *Septoria nodorum* und *Fusarium nivale*) bekämpft werden können.

Während die Warmwasserbehandlung in der Praxis schon versuchsweise angewandt wird befindet sich die Warmfeuchtbehandlung noch im Versuchsstadium.

4.2 Feldversuch

4.2.1 *Fusarium nivale* - Feldversuch

Die Keimfähigkeit (nach ISTA) und der *Fusarium nivale* - Befall (mit dem Malzgartest ermittelt) des verwendeten Saatgutes (Sommerweizen der Sorte „Lona“) sind in der Tabelle 16 dargestellt.

Tab. 16: Keimfähigkeit (%) und *Fusarium nivale* Befall (%) des verwendeten Saatgutes für den *Fusarium nivale* - Feldversuch

Prüfvariante	% Keimfähigkeit	% befallene Samen mit <i>Fusarium nivale</i>
Kontrolle (nicht behandelt)	80	21
chemisch (Panoctine 40)	94	0
Warmwasser 45 °C, 2 h	94	1
Envirepel	82	21
Teebaumöl	83	18
Grapefruitkernenextrakt	87	17

Die chemisch-synthetische Beizung mit Panoctine 40 und die Warmwasserbehandlung zeigten im Vergleich zu den anderen Behandlungen sehr gute Wirkungen bei der Bekämpfung des Fusariumpilzes. Die Keimfähigkeit wurde zudem auch gesteigert. Grapefruitkernenextrakt bewirkt eine marginale Steigerung der Keimfähigkeit, jedoch wurde eine schlechte Wirkung bei der Bekämpfung von *Fusarium nivale* festgestellt.

Wie sich die verschiedenen Saatgutbehandlungsverfahren auf den Feldaufgang auswirken zeigt die Abbildung 19.

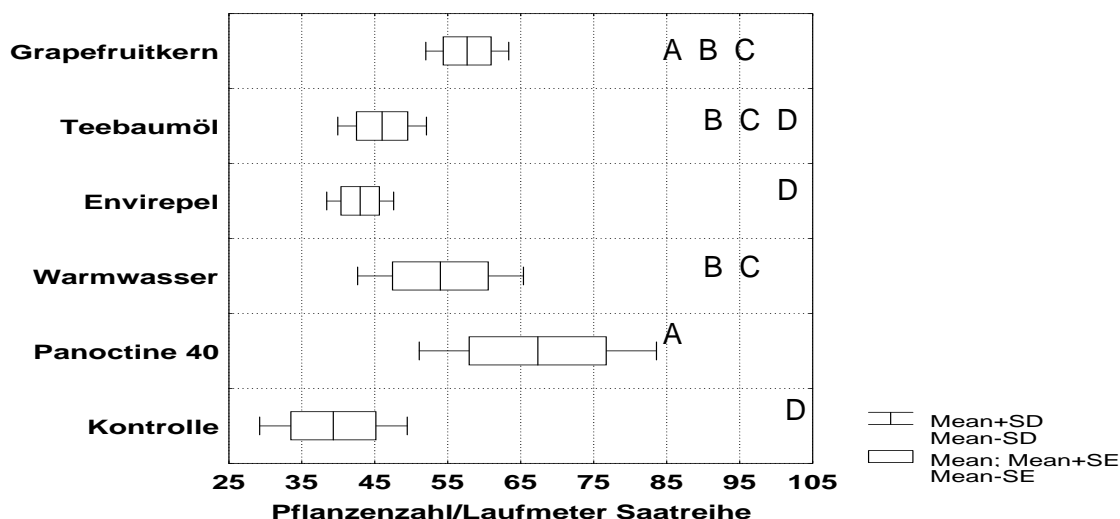


Abb. 19: Einfluss verschiedener Saatgutbehandlungsverfahren auf den Feldaufgang (*Fusarium nivale* - Feldversuch: 21 % *Fusarium nivale* - Befall des Saatgutes)

Der Feldaufgang ist das Produkt vieler abiotischer und biotischer Einflussfaktoren. Eine klare Trennung dieser Faktoren ist aufgrund des komplexen Systems nicht möglich.

Der Grad des samenbürtigen *F. nivale* - Befalls kann näherungsweise aus der Differenz zwischen der Kontrolle und der chemischen Beizung abgelesen werden.

Die Abbildung 19 zeigt deutlich, dass der samenbürtige Fusariumbefall den Feldaufgang sehr stark (um 40 %) gegenüber der chemischen Beizung reduzierte. Von den Naturstoffen hatte das Grapefruitkernenextrakt gute Wirkungen auf den Feldaufgang. Andere Naturstoffe (Teebaumöl und das biologische Pflanzenbehandlungsmittel „Envirepel“) zeigten keine signifikanten Unterschiede zur Kontrolle. Die Wirkung der Warmwasserbehandlung (45 °C, 2 h) kommt der Beizung mit chemisch-synthetischen Präparaten nicht nahe, doch ist der Unterschied zur Kontrolle signifikant.

4. 2. 2 *Tilletia caries* - Feldversuch

In der Tabelle 17 sind die Keimfähigkeiten des künstlich mit Stinkbrandsporen (1 g/kg Saatgut) kontaminierten Sommerweizensaatgutes (Sorte: Greina) dargestellt.

Tab. 17: Keimfähigkeit (%) des verwendeten Saatgutes für den *Tilletia caries* - Feldversuch

Prüfvariante	% Keimfähigkeit
Kontrolle (nicht behandelt)	91
chemisch (Panocrine DL)	92
Warmwasser 45 °C, 2 h	89
Steinmehl	90
Calendula	55
Nelkenknospenextrakt	57
Zimtrindenextrakt	54
Palmarosaöl	30

Das verwendete Saatgut wies im unbehandeltem Zustand eine hohe Keimfähigkeit (91 %) auf was auf einen geringen Befall von *Fusarium nivale* und *Septoria nodorum* hinweist. Die Beizung mit Panocrine DL und die Warmwasser- sowie die Steinmehl-Behandlung beeinflussten die Keimfähigkeit kaum. Bei den anderen Naturstoffen (Calendula, Nelkenknospenextrakt, Zimtrindenextrakt und Palmarosaöl) wurde eine starke Reduktion der Keimfähigkeit festgestellt.

Die Auswirkungen der verschiedenen Saatgutbehandlungsverfahren auf den Feldaufgang zeigt die Abbildung 20.

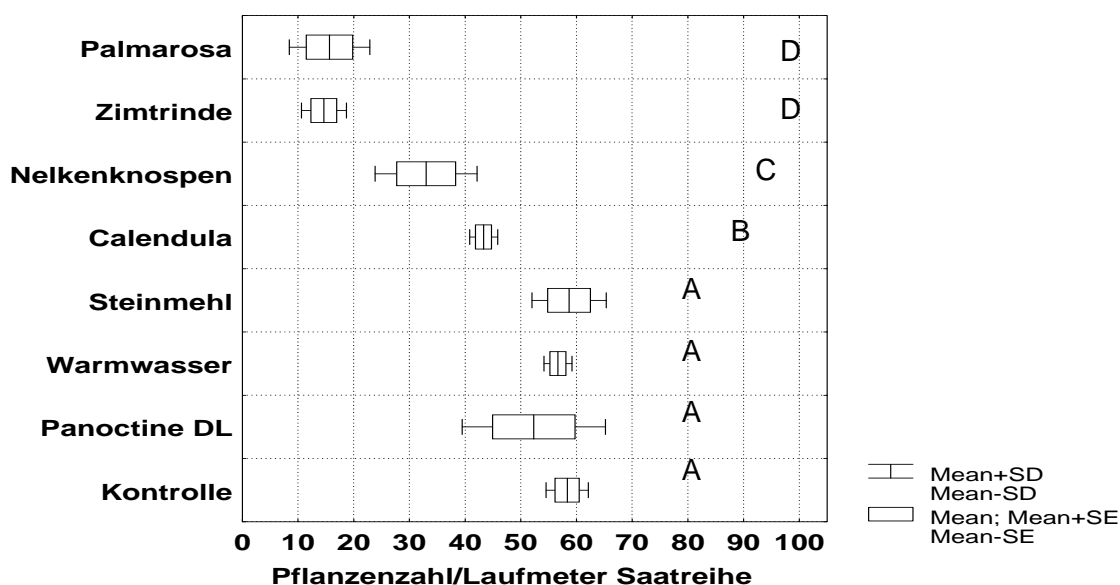


Abb. 20: Einfluss verschiedener Saatgutbehandlungsverfahren auf den Feldaufgang (*Tilletia caries* - Feldversuch: 1 g Stinkbrandsporen/kg Saatgut)

Tilletia caries beeinflusste den Feldaufgang kaum. Das kann man daran sehen, dass der Feldaufgang der Kontrolle mit der chemischen Beizung übereinstimmt. Die Warmwasser- und Steinmehlvarianten waren auch von der Kontrolle nicht

unterschiedlich. Die Naturstoffe (Calendula, Nelkenknospen, Zimtrinde und Palmarosa) wiesen einen signifikant reduzierten Feldaufgang auf. Der Grund liegt offensichtlich daran, dass diese Präparate die Keimung sehr stark hemmen (Tabelle 17). In der Abbildung 21 sind die Bestandesdichten für die einzelnen Behandlungsmethoden dargestellt. Die Ergebnisse decken sich mit denen des Feldaufgangs.

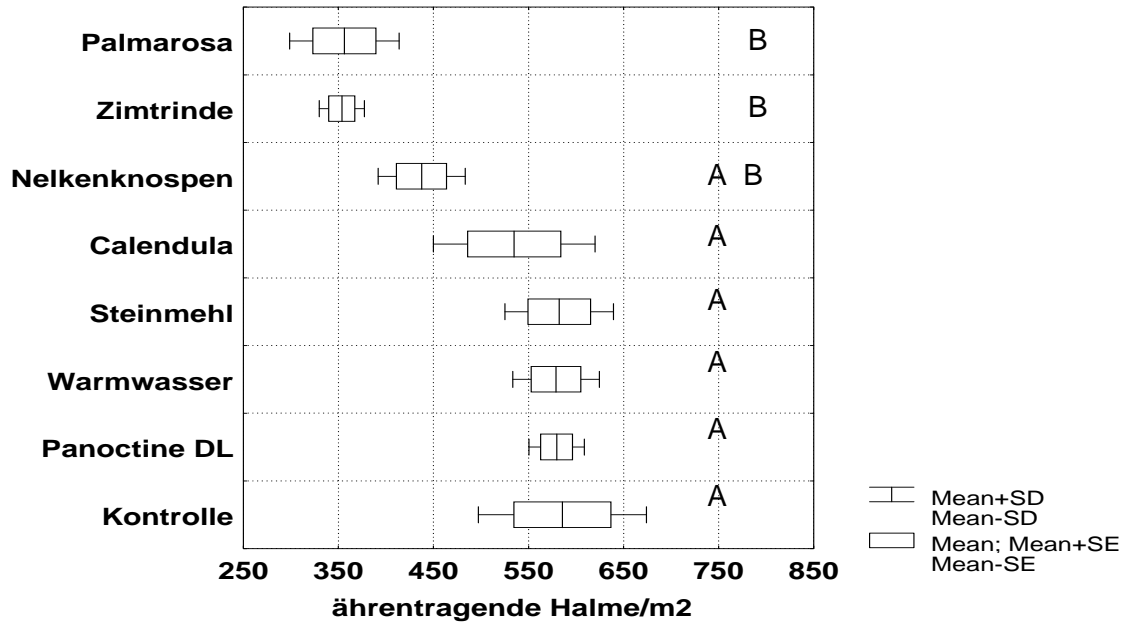


Abb. 21: Einfluss verschiedener Saatgutbehandlungsverfahren auf die Bestandesdichte (*Tilletia caries* - Feldversuch: 1 g Stinkbrandsporen/kg Saatgut)

Stinkbrandbonitur: Anzahl Brandähren/m²

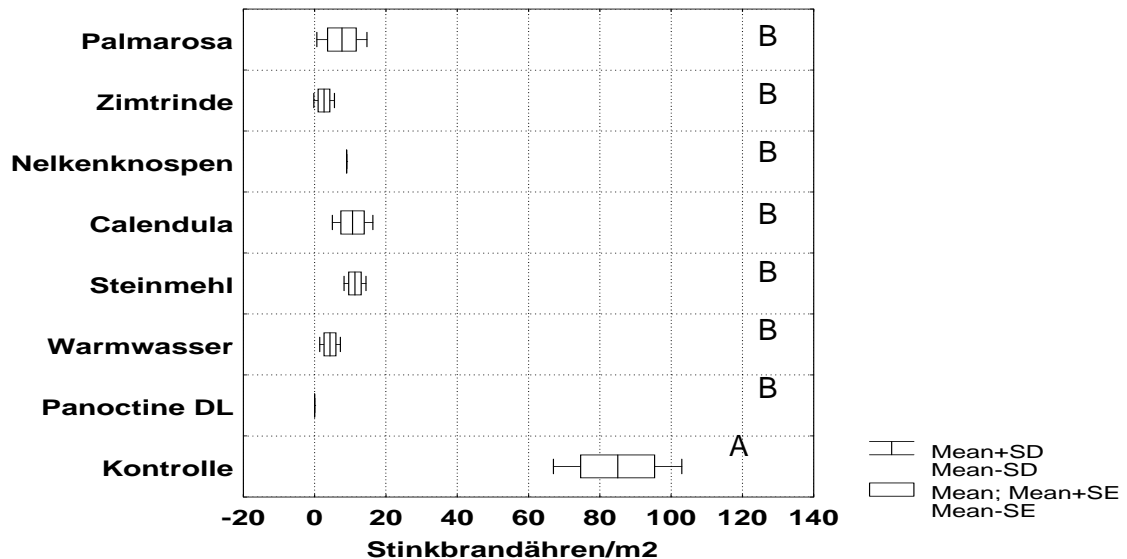


Abb. 22: Einfluss verschiedener Saatgutbehandlungsverfahren auf den *Tilletia caries* - Befall (Stinkbrandähren/m²) im Feld (*Tilletia caries* - Feldversuch: 1 g Stinkbrandsporen/kg Saatgut).

Mit allen Saatgutbehandlungsmethoden konnte eine Reduktion der Stinkbrandährenbildung erreicht werden. Die Beizung mit Panoctine DL stellt die

wirksamste Methode dar. Bei den anderen Varianten konnte nur eine Teilwirkung erreicht werden, die jedoch auch hoch war.

Die Wirkungsgrade der Behandlungen (mit und ohne Berücksichtigung der Bestandesdichte) sind in der Tabelle 18 dargestellt.

Tab. 18: % stinkbrandbefallene Ähren und Wirkungsgrade (mit bzw. ohne Berücksichtigung der Bestandesdichte) von Saatgutbehandlungen. Künstlich mit Stinkbrandsporen (1 g/kg Saatgut) kontaminierter Sommerweizen der Sorte „Greina“.

Prüfvariante	% befallene Ähren ^{*)}	Wirkungsgrad der Behandlung in %	
		mit Berücksichtigung der Bestandesdichte	ohne Berücksichtigung der Bestandesdichte ^{**)}
Kontrolle (unbehandelt)	15		
chemisch (Panocrine DL)	0	100	100
Warmwasser 45 °C, 2 h	1	93	94
Steinmehl	2	87	86
Calendula	2	87	87
Nelkenknospenextrakt	2	87	89
Zimtrindenextrakt	1	93	96
Palmarosaöl	2	87	92

^{*)} bei Berücksichtigung der Bestandesdichte

^{**)} errechnet aus den Befallswerten von der Abbildung 22

5. Zusammenfassung und Ausblick

Verstärktes Umweltbewusstsein der Bauern und das bereits etablierte Biolandbausystem, bei dem chemisch-synthetische Beizmittel verboten sind, haben den Ruf nach Alternativen in der Saatgutbehandlung verstärkt.

Nach einer ausführlichen Beschreibung von drei samenpathogenen Pilzen (Stinkbrand: *Tilletia caries*; samenbürtiger Schneeschimmel: *Fusarium nivale* und samenbürtige Septoria: *Septoria nodorum*) und deren alternative Bekämpfung wurden Ergebnisse von durchgeführten Labor- und Feldexperimente dargestellt.

Physikalische Saatgutbehandlung:

Die **Warmwasserbehandlung** (45 °C, 2 h) zeigte im Feld eine mit der chemischen-synthetischen Beizung vergleichbare Wirkung der *Tilletia caries*- und *Fusarium nivale* Bekämpfung. Die Streuung war jedoch bei der Warmwasserbehandlung höher als bei der Beizung mit chemisch-synthetischen Präparaten. Während der Behandlung stieg der Wassergehalt um 20 %, was die Rieselfähigkeit stark beeinflusst und somit eine Rücktrocknung erfordert. Die hohen Rücktrocknungskosten senken zur Zeit noch die Wirtschaftlichkeit dieses Verfahrens. Ferner ist die grosstechnische Anwendung bislang nicht möglich.

Die **Warmfeuchtbehandlung** (thermische Behandlung in feuchter Atmosphäre) stellt eine Alternative zur Warmwasserbehandlung dar. Verschiedene Behandlungsbedingungen (variiere Temperatur und Expositionszeit) wurden labortechnisch auf ihre pilzbekämpfende Wirkung und ihren Einfluss auf die Keimfähigkeit des Saatgutes untersucht. Dabei zeigte sich, dass die pathogenen Pilze (*Fusarium nivale*, *Septoria nodorum*), welche im Korn als Myzel (als tief- oder weniger teilsitzende Infektionen) überdauern, besser thermisch bekämpft werden können als *Tilletia caries* - Sporen, welche am Korn aussen anhaften.

Für die vollständige Stinkbrandsporenletalität ist eine Behandlungstemperatur von 54 °C für 4 h bei 95%iger Luftfeuchtigkeit erforderlich.

Bei kürzere Behandlungszeiten (2 h) mit Temperaturen von 50 °C, 52 °C und 54 °C wurde noch eine *Tilletia* - Sporenkeimung von ca. 10 % beobachtet. Eine effektive Stinkbrandbekämpfung konnte damit somit nicht erreicht werden.

Die wirkungsvollste Bekämpfung der drei pathogenen Pilze ohne negative Beeinträchtigung der Keimfähigkeit erfolgte bei einer 4-stündigen Behandlungsdauer in einer 54 °C - warmen und 95 % - feuchten Atmosphäre.

Bei diesen Behandlungsbedingungen stieg der Wassergehalt des Saatgutes nicht mehr um 10 % an, was die Rieselfähigkeit nicht beeinträchtigt. Bei sofortiger Aussaat nach der Behandlung wäre so eventuell auch die Rücktrocknung überflüssig.

Die Warmfeuchtbehandlungsmethoden zeigten bei unterschiedlichen Behandlungsbedingungen eine gesteigerte Keimfähigkeit (Priming - Effekt).

Für die Weiterentwicklung der Warmfeuchtbehandlung sind Feldversuche mit den besten Verfahren aus Laboruntersuchungen erforderlich. Weiterhin sind Fragen der grosstechnischen Realisierung und der Ökonomie von Warmfeuchtbehandlungen noch nicht beantwortet.

Saatgutbehandlung mit Naturstoffen:

Die in dieser Arbeit geprüften Naturstoffe (Steinmehl, Wasserglas und verschiedene Pflanzenextrakte) zeigten in Feld- und Laboruntersuchungen Wirkungen, die jedoch nicht der Beizung mit chemisch-synthetischen Präparaten nahe kommen.

Grapefruitkernenextrakt zeigte im kombinierten Keimfähigkeitstest und Malzagartest gute Wirkung gegenüber *Fusarium nivale*. Auch im Feldversuch wurde im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle ein signifikant erhöhter Feldaufgang festgestellt. Die Keimfähigkeit wurde nicht negativ beeinflusst.

Verdünntes Wasserglas , welches nach einer sehr kurzen Behandlungszeit auf Saatgut gut haftet zeigte im Triebkrafttest Teilwirkungen in der *Septoria nodorum* - Bekämpfung. Weitere Experimente im Labor und Feld mit unterschiedlichen Konzentrationen von Wasserglas und Grapefruitkernenextrakt müssen durchgeführt werden.

Der *Tilletia caries* - Feldversuch zeigte, dass Steinmehl und das Ringelblumenextrakt (*Calendula*) ähnliche gute Ergebnisse in der Stinkbrandbekämpfung erbrachte wie die Warmwasserbehandlung. Der Feldaufgang wurde dabei nicht massgeblich beeinflusst.

Andere Naturstoffe (Nelkenknospen, Zimtinde und Palmarosa) beeinflussten die Keimfähigkeit und den Feldaufgang so stark, dass die Wirkung gegen Stinkbrand nicht mehr eindeutig ermittelt werden konnte.

Das Teebaumöl und das biologische Pflanzenstärkungsmittel „Envirepel“ hatte im *Fusarium nivale* - Feldversuch den Feldaufgang gegenüber der unbehandelten Kontrolle kaum erhöht.

6. Summary

Recently alternative seed treatments have been investigated more thoroughly because of the more or less established ecological farming-systems, in which chemical treatments are banned.

Two different approaches of alternative methods controlling seed-borne diseases are investigated and some are already used in agriculture:

- physical treatment (warmwater, hot air, warm-humid air)
- treatment with natural substances

After a short description of three seed-borne diseases (common bunt: *Tilletia caries*; snow mould: *Fusarium nivale*; glume blotch: *Septoria nodorum*) several results of field- and laboratory experiments are presented and discussed:

The methods investigated during the course of the project were two thermal approaches (warmwater and warm-humid air) as well the treatment with natural substances.

The **thermal treatment** of wheat seed in a humid (95% relative humidity), warm (54°C) chamber for 4 hours has the same disease controlling effect as the chemical one (total elimination of all three fungi). Shorter exposure time (2 hours) at lower temperatures (50°C or 52°C) does not have the effect of total elimination of the common bunt.

The major advantage of the warm-humid air method - in contrast to warmwater method- is that the moisture content of the seed only increases by 5% (warmwater: 20%).

This means that the ripple ability will not be influenced and so the seed can be sown immediately after treatment without previous drying. The investigation of the germination rate showed an increase (priming-effect) when using the wet thermal treatments.

The presented laboratory results should however be verified in field trials.

The introduction of the warm wet method into agricultural usage depends on the possibility of the large scale treatment. Much research and development for large scale apparatus are still necessary.

Seed treatments with **natural substances** (stonemeal, diluted waterglas, extracts of plants) have a much smaller effect than chemical treatments. In laboratory experiments only the kernel extract of grapefruit reaches reasonable results in controlling *Fusarium nivale* and *Septoria nodorum*.

In field trials *Calendula officinalis* (a garden flower with volatile oils), stonemeal and the warmwater treatment show good results in controlling *Tilletia caries*. The rate of field emergence was not affected.

7. Literaturverzeichnis

- ASCHERMANN-KOCH, C., P. HOFMANN** und **A. M. STEINER** (1992): Presowing treatment for improving seed quality in cereals. Germination and vigour. *Seed Science & Technology*, 20, 435 - 440
- BECKER, J.** und **H. C. WELTZIEN** (1993): Bekämpfung des Weizensteinbrandes (*Tilletia caries* (D.C.) Tul. & *C. Tul.*) mit organischen Nährstoffen. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz*, 100 (1), S. 49 - 57
- COPELAND, O. L.** und **M. B. MCDONALD** (1995): *Seed Science and Technology*, Third edition, Chapman & Hall
- FORRER, H. R.**, und **J. AMIET** (1989): Erfahrungen mit EPIRE und HORDEPROG in der Schweiz. *Landwirtschaft Schweiz* Band 2 (1 - 2): 11 - 20
- GESSLER, C.** (1997): *Übungen in Phytopathologie*. Institut für Pflanzenwissenschaften, Bereich Phytomedizin/Pathologie, ETH-Zürich
- HÄNI, F.** (1980): Über Getreidefusariosen in der Schweiz: Saatgutbefall, Ährenbefall und Bodenkontamination. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz* 87, 257 - 280
- HÄNI, F.** (1981): Zur Biologie und Bekämpfung von Fusariosen bei Weizen und Roggen. *Phytopath. Z.* 100, 44-87
- HÄNI, F., G. POPOW, H. REINHARD, A. SCHWARZ, K. TANNER** and **M. VORLET** (1987): *Integrierter Pflanzenschutz im Ackerbau*. Landwirtschaftliche Lehrmittelzentrale, Zollikofen
- HEYDEN, B.** (1993): Weizen - Steinbrand, Beobachtungen und Versuchsergebnisse 1991/92; in „Mitteilungen aus der Arbeit des J. u. C. Graf Keyserlingk - Instituts“. 8/Advent 1992, S. 14 - 20, Verein zur Förderung der Saatgutforschung im biologisch-dynamischen Landbau, Salem - Oberstenweiler
- HEYDECKER, und W., P. COOLBEAR** (1977): Seed treatment for improved performance-survey, an attempted prognosis. *Seed Science & Technology*, 5, 353 - 425
- HÖRSTEN, D.** (1994): Thermische Abtötung von Krankheitserregern in Saatgut durch Heisswasser-, Heissluft und Mikrowellenbehandlung. VDI - Landtechnik. Kurzfassung der Vorträge 13./14. Okt. Stuttgart - Hohenheim 39.1 - 39.3
- HOFFMANN, G. M.** (1985): *Lehrbuch der Phytomedizin*. 2. Auflage, Verlag P. Parey, Berlin, Hamburg
- HOFFMANN, G. M.** und **H. SCHMUTTERER** (1983): *Parasitäre Krankheiten und Schädlinge an landwirtschaftlichen Kulturpflanzen*. Verlag E. Ulmer, Stuttgart

- HOFMANN, P., C. ASCHERMANN-KOCH** und **A. M. STEINER** (1992): Presowing treatment for improving seed quality in cereals. Field emergence and yield. *Seed Science & Technology*, 20, 441 - 446
- ISTA**, 1996: International Rules for Seed Testing. Volume 24, supplement
- KIETREIBER, M.** (1981): Filterpapier - Fluoreszenztest für die Feststellung von *Septoria nodorum* in *Triticum aestivum* unter Berücksichtigung des in Keimruhe befindlichen Saatgutes. *Seed Science & Technology*, 9, 717 - 723
- LEUSCH, H. - J.** und **H. BUCHENAUER** (1988): Einfluss von Bodenbehandlung mit siliziumreichen Kalken und Natriumtrisilikat auf den Befall des Weizens mit *Erysiphe graminis* und *Septoria nodorum* in Abhängigkeit von der Form des N-Düngers. *Zeitschrift für Pflanzenkr. u. Bodenschutz* 96 (2), 154 - 172
- LINDITSCH, J.** (1997): ABC des Grapefruitkerns. Heilanwendungen. Verlag Peter Erd, München
- MATHUR, S. B.** und **B. M. CUNFER** (1993): Seedborne Diseases and Seed Health Testing of Wheat. 1. edition, Jordbrugsforlaget Frederiksberg, Denmark
- MEIER, W.** (1985): Pflanzenschutz im Feldbau. Eidg. Forschungsanstalt für landw. Pflanzenbau, Zürich - Reckenholz
- PIORR, H. P.** (1991): Bedeutung und Kontrolle saatgutübertragbarer Schaderreger an Winterweizen im Organischen Landbau. Dissertation, Rheinische Friedrich Wilhelms - Universität Bonn
- ROGGER, C.** (1994): Getreidesaatgutbehandlung mit hoher Luftfeuchtigkeit gegen die samenbürtigen Krankheitserreger *Septoria nodorum* und *Fusarium nivale*. Praktikumsarbeit an der FAL - Reckenholz
- RÜGGER, A.** (1997): persönliche Mitteilung
- RÜEGGER, A.** und **W. WINTER** (1996): Beizung nach Schadschwellen: Ergebnisse mit Sommerweizen-Saatgut in der Schweiz. Bericht über die Arbeitsgruppe der Vereinigung österreichischer Pflanzenzüchter in Gumpenstein, 91 - 97
- SÖLLINGER, J.** (1996): Systemkonforme Bekämpfungsmöglichkeiten des Weizensteinbrandes (*Tilletia caries* (DC) Tul) im Biologischen Landbau. Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur Wien
- SPIESS, H.** und **J. DUTSCHKE** (1991): Bekämpfung des Weizensteinbrandes (*Tilletia caries*) im biologisch-dynamischen Landbau unter experimentellen und praktischen Bedingungen. „Lebendige Erde“ 5, S. 226 - 235, Darmstadt
- SPIESS, H.** und **H. JUNKER** (1986): Bekämpfung des Weizensteinbrandes (*Tilletia caries*) im biologisch-dynamischen Anbau. „Lebendige Erde“ 5/1986, S. 220-227, Darmstadt

- VEREET, J. - A.** (1985): Grundlagen der Schadenswirkung des Blatt- und Ährenbefalls durch *Septoria nodorum*. Dissertation, München
- WEILENMANN, F. et al.** (1997): Nationaler Getreidesortenkatalog 1997, Agrarforschung 4 (7): I - XII
- WIESE, M. V.** (1987): Compendium of Wheat Diseases. second edition, The American Phythopathologie Society
- WILLMS, H.** (1990): Biologische Bekämpfung von *Microdochium nivale* (Fries) comb. nov. (syn. *Gerlachia nivalis* (Ces. ex. Sacc.) W. Gams & E. Müller) durch mikrobielle Antagonisten. Dissertation, Universität Göttingen
- WINTER, W.** (1997 I): persönliche Mitteilung.
- WINTER, W., A. RÜEGGER, I. BÄNZIGER, H. KREBS, P. FREI und D. GINDRAT** (1997 II): Beizung nach Schadschwellen: Ergebnisse mit Sommerweizen. Agrarforschung 4 (1)
- WINTER, W., C. ROGGER, I. BÄNZIGER, H. KREBS, A. RÜEGGER, P. FREI und D. GINDRAT** (1997 III): Weizenstinkbrand: Bekämpfung mit Magermilchpulver. Agrarforschung 4 (4): 153 - 156.
- WINTER, W., I. BÄNZIGER, A. RÜEGGER, H. KREBS, P. FREI und D. GINDRAT** (1996): Vor der Saat ein warmes Bad. Die Grüne, 35, 18-20
- WINTER, W., H. KREBS und I. BÄNZIGER** (1995 I): Brandpilze und Streifenkrankheit: Sortenanfälligkeit. Agrarforschung 2 (8): 325 - 328.
- WINTER, W., I. BÄNZIGER und A. RÜEGGER** (1995 II): Neue Wege in der Weizen-Saatgutbeizung. Agrarforschung 2 (4): 137 - 140
- WINTER, W., F. FREY, D. GINDRAT und P. MIAUTON** (1989): Muss Getreidesaatgut in der Schweiz gebeizt werden? Landwirtschaft Schweiz 2, 21-30

Verdankungen

Dass ich ein solch interessantes Forschungsgebiet bearbeiten durfte, sei ein Dank an Herrn Dr. **Padrout Fried** (FAL - Reckenholz) ausgesprochen. Er machte mir dieses Thema in einer Vorlesung an der ETH - Zürich schmackhaft.

Für die Überlassung dieses Themas möchte ich mich bei Dr. **Cesare Gessler** (Institut für Pflanzenwissenschaften, Bereich Phytomedizin) bedanken.

Die Labor- und Feldexperimente wurden an der Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau (FAL) Zürich - Reckenholz durchgeführt. Für die Benützung der Laboreinrichtungen und der Möglichkeit einen Feldversuch anzulegen sei gedankt.

Für das Zustandekommen dieser vorliegenden Arbeit war die Mithilfe vieler Personen notwendig:

Zu allererst möchte ich mich bei Dr. **Walter Winter** für die wissenschaftliche Beratung bedanken. Seine stetige Unterstützung und Aufmunterung sowie sein offenes Gehör für auftretende fachliche Probleme und seine Diskussionsbereitschaft waren sehr wichtig für die vorliegende Arbeit.

Bei Herrn Dr. **Andreas Rüeegger** möchte ich mich für die fachliche Unterstützung bei der Keimtestauswertung bedanken.

Einen sehr grossen Dank verdienen jene Personen, die mir unmittelbar bei der Anlegung und Auswertung der Feld- und Laborexperimente mitgeholfen haben: Besonders sei hier **Irene Bänziger** genannt, die mir bei anstehenden Problemen experimenteller Art immer Hilfe leistete. Weiters gilt der Dank für **Richard Juchasz, Heinz Krebs, Aschraf Alimow** und **Gu Bao Gen** für die Mithilfe bei der Auswertung vieler Labor- und Felduntersuchungen.

Für die kritische Korrektur dieser Arbeit möchte ich mich bei Dr. Walter Winter, Dr. Andreas Rüeegger, Dr. Padrout Fried, Dr. Hansruedi Forrer und Irene Bänziger bedanken.

Das sehr angenehme Arbeitsklima, das mit viel Humor gefüllt war, wird mir lange in Erinnerung bleiben.