



Bekämpfung der Gloeosporium-Fruchtfäule an ökologisch produzierten Äpfeln — Optimierung einer Heißwassertauchanlage

Herausgeberin:

Geschäftsstelle Bundesprogramm Ökologischer Landbau
in der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE)
Ferdinand-Lassalle-Straße 1-5, 53175 Bonn
Tel.: +49 228 6845-280 (Zentrale)
Fax: +49 228 6845-787
E-Mail: geschaeftsstelle-oekolandbau@ble.de
Internet: www.bundesprogramm-oekolandbau.de

Finanziert vom Bundesministerium für
Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft
im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau

Auftragnehmer:

Bundesforschungsanstalt für Ernährung (BFE), Karlsruhe

Dieses Dokument ist über <http://forschung.oekolandbau.de> verfügbar.



Bundeszorschungsanstalt für Ernährung (BFE)
Haid-und-Neu-Straße 9

76131 Karlsruhe

Forschungsprojekt 02OE213

Bekämpfung der *Gloeosporium*-Fruchtfäule an ökologisch produzierten Äpfeln – Optimierung einer Heißwassertauchanlage

Projektlaufzeit: 15.06.2002 – 31.10.2003

Berichtszeitraum: 01.04.2003 – 31.10.2003

Zusammenarbeit: Bio-Obstgut Bonhausen, Fam. Holland

1. Ziele und Aufgabenstellung des Projekts

Die *Gloeosporium*-Fruchtfäule (Abb. 1) stellt im ökologischen Landbau die gefährlichste Pilzkrankheit während der Lagerung dar. Sie kann bei der Auslagerung der Äpfel zu Nachernteschäden von bis zu 60 % und dem damit verbundenen wirtschaftlichen Verlust führen.



Abb. 1: *Gloeosporium*-Fäule an ökologisch angebauten Äpfeln der Sorte ‚Topaz‘

Das Ziel des Projektes war es, eine Pilotanlage zur Heißwasserbehandlung von Äpfeln aus ökologischem Anbau zu entwickeln, die es den Obstbauern dieser Produktionsrichtung erlaubt, die Nachernteverluste während der Lagerung durch den Schadpilz *Gloeosporium* sp. ohne den Einsatz von Fungiziden deutlich zu reduzieren und somit den Verbraucher bis ins Frühjahr mit ökologisch produzierten Äpfeln guter Qualität zu versorgen.

Dazu mußte zunächst eine bereits in ersten Versuchen getestete Heißwassertauchanlage für den Dauerbetrieb optimiert werden. Die Optimierung sollte zu einer besseren Isolierung und damit verbundenem geringerem Energieaufwand führen. Des weiteren sollte der Wirkungsgrad der eingesetzten Heizelemente durch eine angepaßte Umwälzung (entsprechend ausgelegte Pumpe) erhöht werden.

In einem zweiten Schritt sollte ausgehend von dieser Heißwassertauchanlage eine Anlage für den (halb-)kontinuierlichen Betrieb konzipiert werden. Auch bei dieser zu planenden Anlage waren die Gesichtspunkte Isolierung, Wirkungsgrad, Zurückhaltung von Verunreinigungen sowie der mikrobiologische Status des Tauchwassers zu berücksichtigen.

Dabei mußten auch Verunreinigungen wie z.B. Blätter, grober Schmutz, die während des Dauerbetriebes in das Tauchbecken eingebracht werden, so zurückgehalten werden, daß sie nicht in den Vorratsbehälter und die Umwälzpumpe gelangen können.

Durch einen anschließenden probeweisen Dauerbetrieb sollte dann geprüft werden, ob die Anlage zum kontinuierlichen Dauerbetrieb geeignet ist. Dazu wurde zur Bewertung die Reduzierung der Verluste durch die *Gloeosporium*-Fruchtfäule nach einer bestimmten Lagerdauer, sowie der Einfluß der Heißwasserbehandlung auf bestimmte Inhaltsstoffe von Äpfeln geprüft. Außerdem wurde der mikrobiologische Status des Tauchwassers im Dauerbetrieb mitverfolgt. Durch das Forschungsprojekt soll das BMVEL in die Lage versetzt werden, ökologisch wirtschaftende Betriebe in der Weise zu beraten, daß eine Reduzierung von Lagerverlusten durch die *Gloeosporium*-Fruchtfäule mit der Heißwasserbehandlung erzielt werden kann. Wirksame Biofungizide stehen zur Zeit nicht zur Verfügung. Außerdem sollten durch das Forschungsprojekt dem BMVEL im Rahmen des Bundesprogrammes Ökologischer Landbau Lösungskonzepte zur Regulierung von Pilzkrankheiten im Ökologischen Landbau geliefert werden.

1.1 Planung und Ablauf des Projekts

Um die an der BFE bereits vorhandene Heißwassertauchanlage so zu verbessern, daß sie in der Praxis eingesetzt werden kann, wurde diese in einem ersten Schritt mit einer stärkeren Isolierung, leistungsfähigeren Umwälzpumpe und zwei zusätzlichen Heizstäben ausgestattet. In Verbindung mit dem Einbau einer stärkeren Umwälzpumpe wurde auch der Überlauf des Tauchbeckens vergrößert, so daß das Wasser besser umgewälzt wurde. Damit wurde der Wärmeübergang verbessert und so sichergestellt, daß die Äpfel zum einen besser mit warmem Wasser umspült werden und zum anderen die gewünschte Tauchtemperatur von 53 °C während des Tauchvorganges gehalten werden kann. Nachdem die vorhandene Tauchanlage mit der neuen Isolierung, Pumpe und den Heizstäben versehen wurde, wurde sie auf ihren neuen Wirkungsgrad und ihre Anwendung unter Praxisbedingungen getestet.

Des weiteren sollte die Heißwassertauchanlage für den (halb-)kontinuierlichen Betrieb mit einem Förderband und Hubtisch zum Absenken der Obstkisten ausgestattet werden. Diese Maßnahmen (Energieeinsparung und Durchsatzerhöhung) dienen der Steigerung der Wirtschaftlichkeit.

1.2 Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

Im ökologischen Apfelanbau dürfen im Gegensatz zur Integrierten Produktion keine Lagerspritzungen am Baum mit hochwirksamen chemisch-synthetischen Fungiziden vorgenommen werden. Daher ist eine Langzeitlagerung von Bio-Äpfeln problematisch. Vor allem Früchte aus Anbaugebieten mit hohen Niederschlagsmengen während der Vegetationszeit und speziellen Apfelsorten sind anfällig gegen Lagerkrankheiten. Die *Gloeosporium*-Fäule tritt oft schon nach wenigen Monaten im Kühllager, spätestens aber nach Auslagerung und während der Vermarktung auf. Selbst im ULO-Lager (ultra low oxygen) zeigen sich die Fäuleschäden, wenn auch mit Verzögerung.

Die Heißwasserbehandlung ist kein neues Verfahren, sondern eine klassische Methode des Pflanzenschutzes, die bis ins 20. Jahrhundert u.a. zur Bekämpfung des Flugbrandes bei Gerste eingesetzt worden ist [2]. Auch an Zitrusfrüchten werden Heißwasserbehandlungen zur Verringerung von Fruchtfäulen erfolgreich praktiziert [3, 11]. Zur Reduzierung von *Escherichia coli* an 'Golden Delicious' sind Versuche mit 50 °C warmem Wasser durchgeführt worden [4]. Bei 'Royal Gala' Äpfeln bewirkt eine Heißwasserbehandlung eine sehr gute Kontrolle von Insektenschädlingen [12]. Bompeix et al. [1] konnten die antifungale Wirkung von Polyphenolen natürlichen Ursprungs durch eine Anwendung mit heißem Wasser gegenüber einem Einsatz bei Raumtemperatur deutlich steigern.

Erste eigene Tauchversuche mit heißem Wasser im Labormaßstab ergaben eine starke Reduzierung des Schadpilzes *Gloeosporium* sp. gegenüber der Anwendung von Biofungiziden vor der Ernte, die keine Wirkung zeigten [5].

Des weiteren zeigten Pilotversuche an der Bundesforschungsanstalt für Ernährung, Karlsruhe mit einer einfachen Tauchanlage für 20 kg Kisten, daß durch eine Heißwasserbehandlung von ökologisch produzierten Äpfeln der Sorte 'Topaz' Lagerschäden durch den Pilz *Gloeosporium* sp. nach einer Lagerdauer von 5 Monaten deutlich reduziert werden konnten. In ersten Versuchen mit der Heißwasserbehandlung konnte auch festgestellt werden, daß bei richtiger Anwendung äußere Schäden und Veränderungen der inneren Qualität an den Früchten vermieden werden können.

Heißwasserbehandlungen von ökologisch produzierten Äpfeln (Ernte 2001) verschiedener Sorten und anschließender Lagerung bestätigten die in den Jahren zuvor erzielten guten Ergebnisse. So konnte trotz des hohen Befallsdrucks von *Gloeosporium*-Pilzen, hervorgerufen durch den extrem feuchten September 2001 - die ersten Schäden traten bei ‚Topaz‘ bereits Mitte Dezember im Lager auf – der Fäulnisbefall durch die Heißwasserbehandlung und anschließender CA/ULO-Lagerung, im Vergleich zu den ungetauchten Früchten, erheblich reduziert werden. Selbst bei den am 06.03.2002 ausgelagerten und bis zum 12.03.2002 bei 20°C nachgelagerten Chargen lag der Anteil von mit *Gloeosporium* befallenen Früchten bei etwa nur 5 %. Ähnlich gute Ergebnisse konnten an den im CA-Lager (kontrollierte Atmosphäre) auf dem Bio-Obstgut Bonhausen eingelagerten und bonitierten Äpfeln ermittelt werden [7, 8].

Vor dem Umbau der bestehenden Heißwassertauchanlage wurden Temperaturverläufe des Aufheiz- und Abkühlvorgangs im Tauch- und Vorratsbehälter gemessen, um den IST-Zustand zu dokumentieren und damit das Verbesserungspotential durch ein Optimieren der Anlage aufzuzeigen.

2. Material und Methoden

Die Wirkung der Heißwasserbehandlung auf die *Gloeosporium*-Fruchtfäule wurde überwiegend an ökologisch produzierten Äpfeln der Sorte ‚Topaz‘ untersucht. Die Äpfel wurden direkt vom Anbauer, dem Bio-Obstgut der Familie Holland, Bavendorf, bezogen. Um die optimale Behandlungszeit zu ermitteln, wurden die Äpfel unterschiedlich lange (0 – 180 s) in das 53 °C warme Wasser ohne jegliche Zusätze getaucht. Außerdem wurde untersucht, in wie weit sich die Zeitspanne zwischen Ernte und Heißwasserbehandlung auf die Entwicklung der *Gloeosporium*-Fruchtfäule im Lager auswirkt. Anschließend wurden die Äpfel unter Normalluft bei 1 °C gelagert. Die Bonitur auf Lagerfäulen erfolgte mehrmals während der Lagerung. Zur Ermittlung von Schwachstellen in der Isolierung der Heißwassertauchanlage wurden Infrarotaufnahmen angefertigt. Mit Hilfe von Thermofühlern wurden Aufheiz- und Abkühlkurven aufgezeichnet.

3. Ergebnisse

3.1 Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse

3.1.1 Technische Veränderungen

Nach dem Einsatz der vorhandenen Tauchanlage im Dezember 2002 wurde die alte Isolierung bestehend aus 20 mm dicken Styrodurplatten entfernt und eine neue Isolierung aus verformbarem Armaflex (32 mm) angebracht (Abb. 2). Eine Isolierung mit flexiblem Armaflex wurde notwendig, da sich während des Tauchbetriebes mit 53 °C warmem Wasser die Styrodurplatten von den Wasserbehältern ablösten und dadurch Wärmeverluste auftraten.

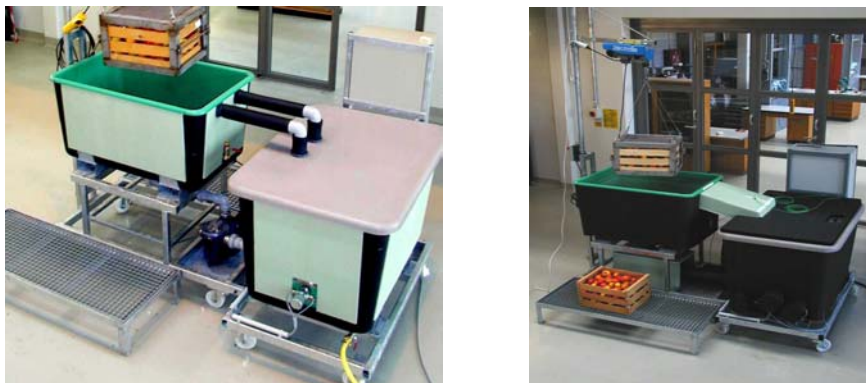


Abb. 2: Isolierung mit Styrodur-Platten (linkes Bild), Isolierung mit flexiblem Armaflex (rechtes Bild).

Weiterhin wurden zu den bereits vorhandenen drei zwei zusätzliche Heizstäbe eingebaut. Dadurch konnte die Heizleistung der Anlage auf 15 kW erhöht werden. Damit kann das Tauchwasser nun schneller auf die gewünschte Temperatur von 53 °C erwärmt werden. Außerdem läßt sich die Temperatur besser konstant halten, was den Einsatz in der Praxis deutlich vereinfacht.

In Abbildung 3 sind Infrarotaufnahmen der Heißwassertauchanlage vor und nach der Optimierung zu sehen. Die mit Styrodur-Platten isolierte erste Pilotanlage zeigt deutliche Wärmeverluste an den Rohren, der Pumpe und am Deckel des Vorratsbehälters. Diese konnten in der optimierten Anlage durch die Isolierung mit flexiblem Armaflex minimiert werden.

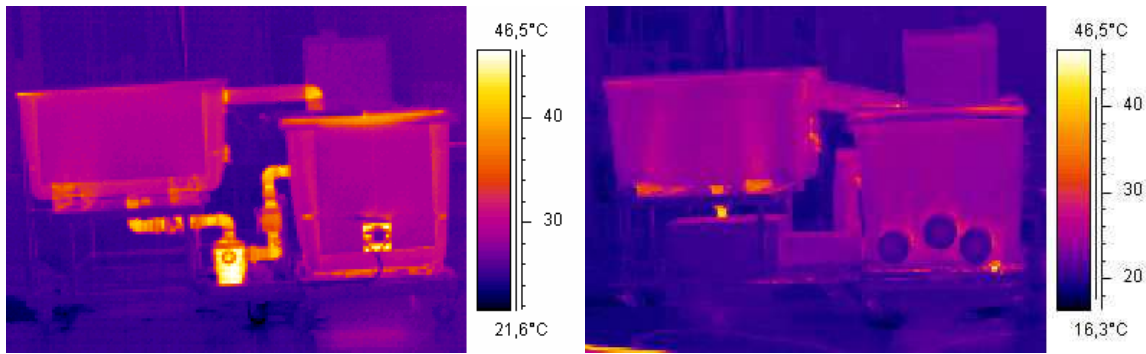


Abb. 3: Infrarotaufnahmen der Pilotanlage: linkes Bild Isolierung mit Styrodurplatten, rechtes Bild optimierte Isolierung mit Armaflex.

Des Weiteren wurde die zunächst in der Anlage verwendete einfache Umwälzpumpe durch eine Edelstahlkreiselpumpe mit Frequenzumrichter ersetzt. Mit Hilfe dieser neuen Pumpe kann das Wasser schneller umgewälzt werden, wodurch es zu einer besseren Durchströmung des Wassers durch das Tauchgut kommt und damit der Wärmeübergang wiederum verbessert wird. Auf Grund der stärkeren Umwälzung war eine Vergrößerung des Überlaufes vom Tauchbecken zum Vorratsbecken notwendig (Abb. 4).

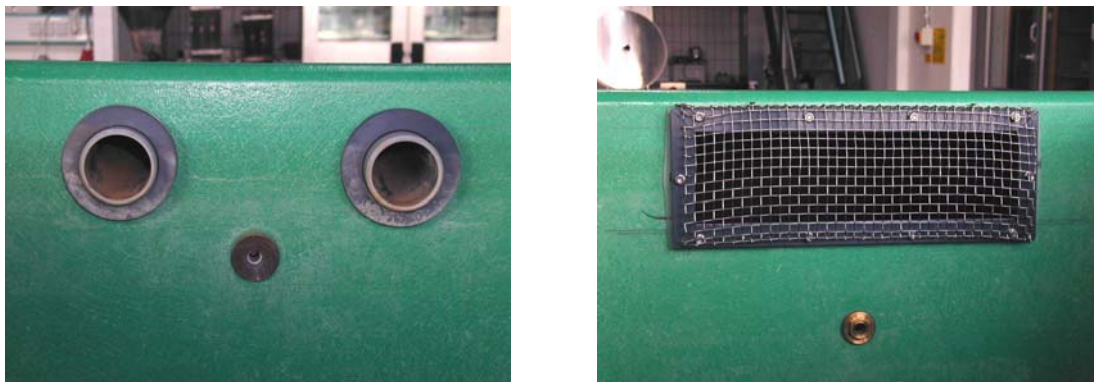


Abb. 4: Alter Überlauf bestehend aus 2 Rohren (linkes Bild), neuer Überlauf mit Drahtgitter (rechtes Bild).

Mit Hilfe eines installierten Frequenzumrichters besteht die Möglichkeit, die Fördermenge der Pumpe stufenlos von 0 m³/h bis zu 30 m³/h einzustellen. Dadurch kann die Geschwindigkeit der Wasserumwälzung, d.h. der Wärmeübergang auf das jeweils zu behandelnde Gut angepaßt und der Einfluß auf die *Gloeosporium*-Reduzierung untersucht werden.

Vor dem Wasserüberlauf vom Vorrats- in den Tauchbehälter wurde ein engmaschiges Drahtgitter angebracht, das verhindern soll, daß kleinere Äpfel, die während des Tauchvorgangs aus der Kiste schwimmen können, in den Überlaufkanal gelangen und darin stecken bleiben

(Abb. 4). Ein ähnliches Drahtgeflecht wurde am Ansaugrohr der Pumpe angebracht, damit keine groben Schmutzbestandteile und Blätter in die Pumpe gesaugt werden können (Abb. 5). Des Weiteren wurde ein Prallblech, bestehend aus einem Edelstahl-Lochblech, über das Ausstoßrohr der Wasserpumpe montiert (Abb. 5). Dadurch wird der austretende Wasserstrahl im Tauchbehälter gleichmäßiger verteilt, eine Schädigung der Äpfel durch ein direktes Auftreffen des Strahls kann dadurch verhindert werden.

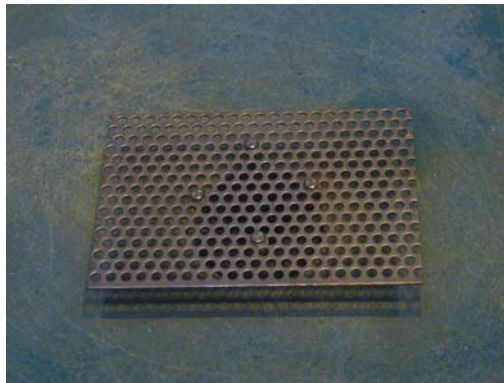


Abb. 5: Linke Abbildung Grobsieb am Einsaugrohr der Pumpe, rechte Abbildung Prallblech am Wassereintritt in den Tauchbehälter.

Durch den zuvor erwähnten Einbau von zwei zusätzlichen Heizstäben in das Vorratsbecken konnte die Aufheizphase des Tauchwassers von 17 °C auf 53 °C von 4 Stunden 15 Minuten auf jetzt 2 Stunden und 45 Minuten verkürzt werden (Abb. 6), was sich für den Betrieb in der Praxis als sehr vorteilhaft erweist.

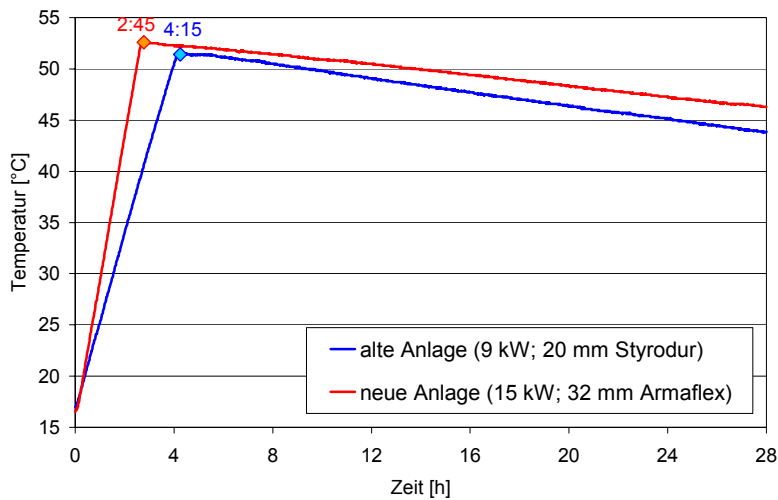


Abb. 6: Aufheiz- und Abkühlverläufe der Heißwassertauchanlage.

Die Temperaturverläufe sagen jedoch nichts darüber aus, welche Bedingungen während des Tauchvorgangs an der Oberfläche der Äpfel herrschen. Darum wurden mit Hilfe von Thermofühlern die Temperaturen während des Tauchens im Inneren der 20 kg Obstkiste gemessen. Dazu wurden Fühler im unteren, oberen und mittleren Bereich einer 20 kg Kiste angebracht. Die Messungen in 53 °C warmem Wasser zeigen, daß im Inneren der Kiste 50 °C rasch erreicht und über die gesamte Eintauchzeit gleichmäßig gehalten werden (siehe Zwischenbericht) [10, 13]. Außerdem zeigen die Meßdaten, daß die Wassertemperatur im Tauchbehälter trotz der etwa 12 °C kalten Äpfel kaum abfällt.

Bei der ursprünglich vorhandenen Pilotanlage waren Wartezeiten zwischen den Tauchbehandlungen zur Wiederherstellung der gewünschten Tauchtemperatur notwendig, da die Heizleistung von 9 kW nicht ausreichend war um die Wassertemperatur auf 53 °C zu halten. Durch die oben genannte Optimierung ist es nun möglich, kontinuierlich Apfelkisten zu tauchen. Dazu wurde ein elektronisch gesteuertes Förderband sowie pneumatisch angetriebene Hubtische zum Eintauchen der Obstkisten installiert (Abb. 7). Während des Absenkens des Hubtisches werden die Kisten automatisch mit einer Lochplatte verschlossen, damit die Früchte nicht aus der Kiste herausgespült werden.



Abb. 7: Optimierte Heißwassertauchanlage für den (halb-)kontinuierlichen Betrieb

3.1.2 Reduzierung der *Gloeosporium*-Fruchtfäule

Zur Ermittlung der notwendigen Behandlungsdauer zur Reduzierung der *Gloeosporium*-Fruchtfäule wurden die Äpfel von 0 bis 180 Sekunden in 53 °C warmes Wasser getaucht. Abbildung 8 zeigt, daß eine starke Hemmung des Schadpilzes erst nach einer Tauchdauer von 80 s feststellbar ist. Um eine zuverlässige Wirkung gegen *Gloeosporium* zu erzielen, empfehlen wir daher für die Apfelsorte ‚Topaz‘ eine Tauchdauer von 2 Minuten.

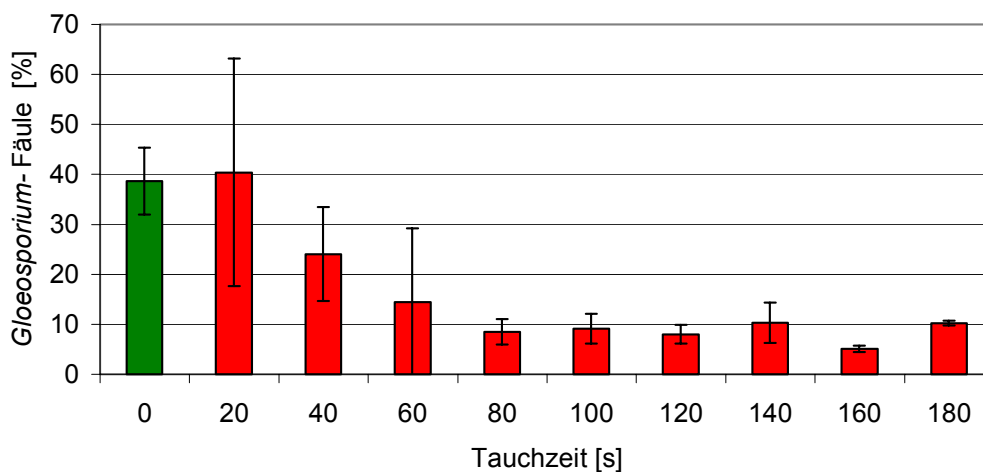


Abb. 8: Einfluß der Tauchzeit in 53 °C warmem Wasser auf die *Gloeosporium*-Fruchtfäule

Weitere spezielle Behandlungen vor der Einlagerung, wie z.B. aktives Trocknen der Äpfel nach der Heißwasserbehandlung sind nicht notwendig. Nach der Thermo-Behandlung im September wurden die Früchte über 5 Monate, zum einen im Kaltlager (Normallager Luft), und zum anderen unter kontrollierter Atmosphäre mit einem Sauerstoffgehalt von 1 % und einem Kohlendioxidgehalt von 3 %, jeweils bei 1 °C, gelagert. Die Bonitur nach der Lagerung ergab unabhängig von den Lagerbedingungen eine erhebliche Reduzierung der *Gloeosporium*-Fäule (siehe Zwischenbericht).

Für die Praxis ist es wichtig, den bestmöglichen Zeitpunkt nach der Ernte für die Heißwasserbehandlung zu definieren. Zur Bestimmung wurden im 3-Wochen-Abstand Thermobehandlungen mit der teiloptimierten Tauchanlage (leistungsfähigere Pumpe, Grobsieb, Prallblech) bis zu 3 Monaten nach der Ernte durchgeführt und die Äpfel unter Normalluft bei 1 °C gelagert. Abbildung 9 zeigt sehr deutlich, daß eine Heißwasserbehandlung direkt nach der Ernte zu den besten Ergebnissen führt. Selbst schon 3 Wochen nach der Ernte getauchte Äpfel wiesen bei einer ersten Bonitur einen nahezu doppelt so hohen *Gloeosporium*-Befall auf, als die direkt nach der Ernte behandelten Früchte. Dieser negative Effekt verstärkte sich noch, je weiter der Tauchzeitpunkt von der Ernte entfernt war. Die Heißwasserbehandlung der Äpfel muß daher direkt nach der Ernte durchgeführt werden. Aus Sicht einer optimalen Energieausnutzung ist dieses Vorgehen ebenfalls zu empfehlen. Eine Thermobehandlung schon eingelagerter gekühlter Äpfel würde nicht nur eine Qualitätsverschlechterung nach sich ziehen, sondern wäre auch mit einem erheblich erhöhten Energieaufwand verbunden.

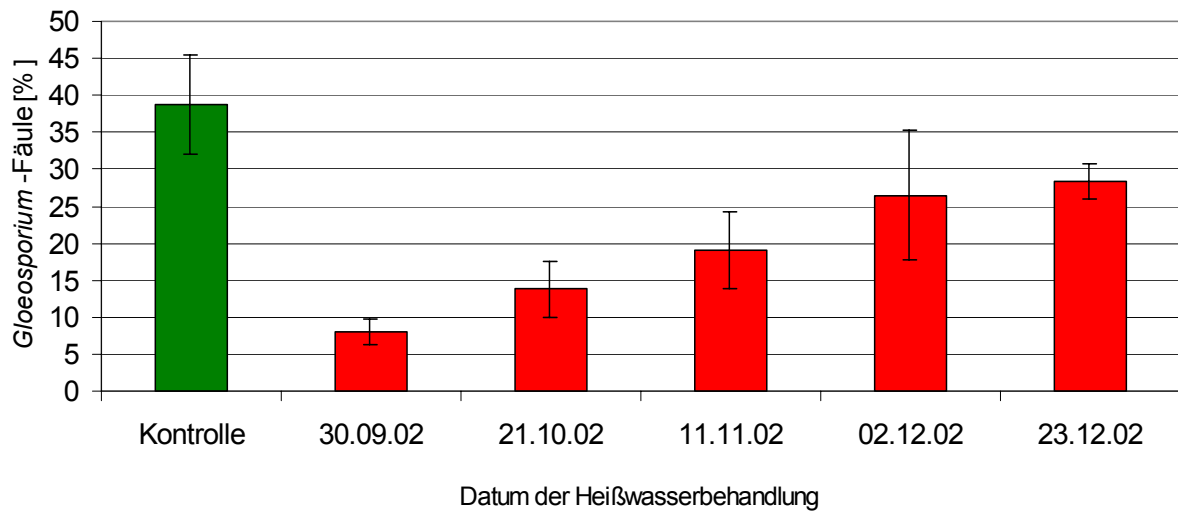


Abb. 9: Heißwasserbehandlung von Äpfeln der Sorte ‚Topaz‘ zu verschiedenen Zeitpunkten nach der Ernte. Die Ernte erfolgte am 25.09.2002, so daß der Tauchtermin 30.09.2002 als direkt nach der Ernte anzusehen ist.

Zur Ermittlung der optimalen Behandlungstemperatur wurde in Laborversuchen überprüft, welche Wirkung unterschiedliche Wassertemperaturen auf den Pilz haben. Dazu wurden *Gloeosporium*-Sporen zwei Minuten lang in warmem Wasser inkubiert. Dann wurden die Sporen-Lösungen auf einem Spezialnährboden ausgebracht und bei Raumtemperatur inkubiert. Sporen, die 45 °C warmem Wasser ausgesetzt waren, wiesen bereits eine Keimungshemmung auf. Ab einer Wassertemperatur von 48 °C war kein Pilzwachstum mehr feststellbar. Darauf basierend wird eine optimale Behandlungstemperatur von 53 °C empfohlen.

Bezüglich des mikrobiologischen Status des Tauchwassers konnte während eines 2-tägigen Einsatzes der in Abbildung 1 (links) gezeigten Tauchanlage keine Vermehrung der aeroben mesophilen Gesamtkeimzahl und der Hefen und Schimmelpilze festgestellt werden.

Neben der positiven Wirkung auf fruchtschädigende Pilzsporen wurde untersucht, ob die Thermobehandlung einen Einfluss auf ernährungsphysiologisch wichtige Inhaltsstoffe, wie etwa Vitamin C, oder Qualitätsparameter, wie die Fruchtfleischfestigkeit, hat. Daher wurde der Vitamin C-Gehalt und die Fruchtfleischfestigkeit von thermobehandelten Äpfeln verschiedener Sorten nach 4-monatiger Lagerung bestimmt. Es zeigte sich, daß es keine wesentlichen Unterschiede zwischen den getauchten und ungetauchten Äpfeln gibt (Abb. 10; Abb. 11) [13, 14]. Ein ähnliches Ergebnis ergab die Untersuchung des antioxidativen Potentials.

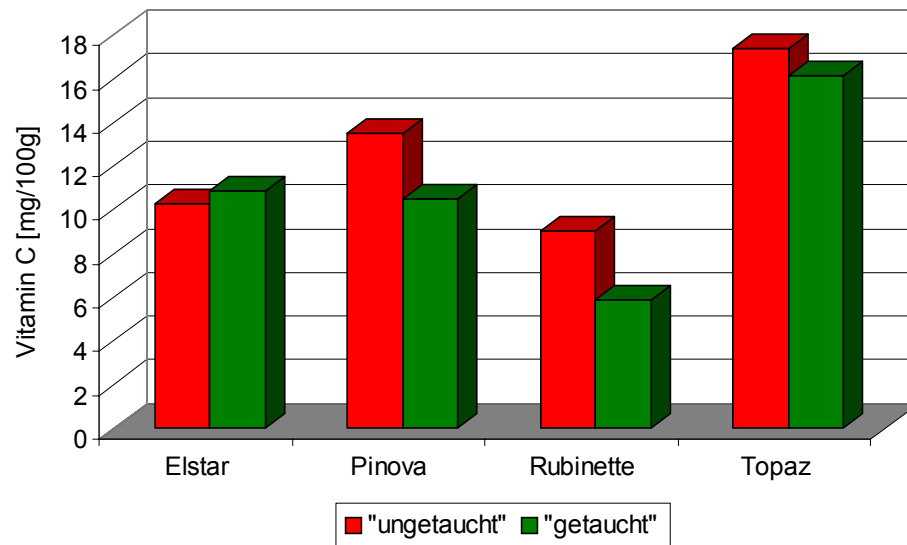


Abb. 10: Vitamin C-Gehalt von thermobehandelten/unbehandelten Äpfeln verschiedener Sorten nach 4 Monaten Lagerung bei 1 °C.

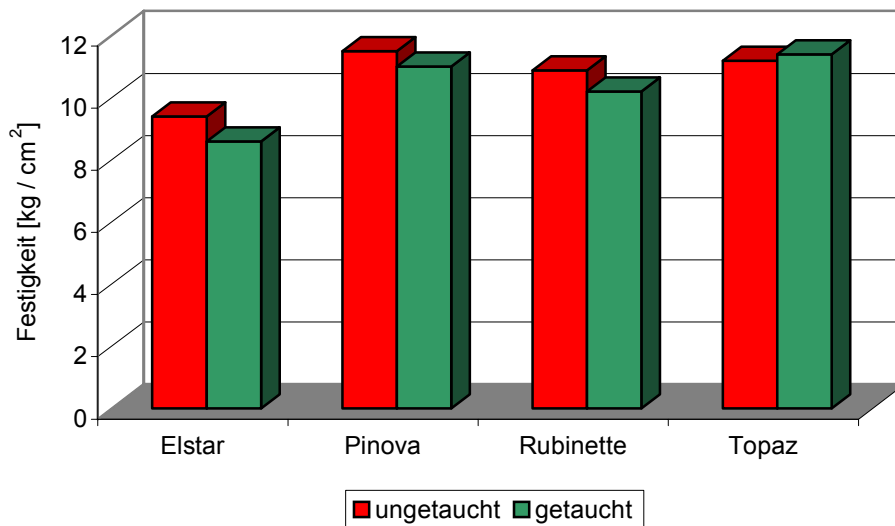


Abb. 11: Fruchtfleischfestigkeit von thermobehandelten/ unbehandelten Äpfeln verschiedener Sorten nach 4 Monaten Lagerung bei 1 °C.

3.2 Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse

Die Ergebnisse der Untersuchungen zeigen deutlich, daß durch eine 2-minütige Heißwasserbehandlung bei 53 °C die *Gloeosporium*-Fäule an ökologisch produzierten Äpfeln während der Lagerung deutlich reduziert wird. Durch das Verfahren der Heißwasserbehandlung hat der ökologische Apfelanbau erstmals die Möglichkeit, den Lagerpilz *Gloeosporium* zu bekämpfen. Diese Ergebnisse wurden von der BFE projektbegleitend in mehreren fach- und populärwissenschaftlichen Publikationen, Informationsveranstaltungen und Messen an Multiplikatoren und potenzielle Anwender aus dem Ökolandbau verbreitet. Auf Grund der verbreiteten Ergebnisse mit 20 kg Obstkisten wurden seit Herbst 2002 von einer Maschinenbaufirma mehrere Tauchanlagen für 300 kg Großkisten konstruiert und befinden sich bereits erfolgreich im Einsatz [9]. Darüber hinaus ist uns bekannt, daß inzwischen auch Anbauer in Eigeninitiative Heißwassertauchanlagen bauen bzw. bauen lassen. Allerdings liegen uns keine Informationen über die Wirksamkeit und die Temperaturkonstanz dieser Anlagen vor.

Auf Grund der vorliegenden Ergebnisse kann das BMVEL Apfelanbauern empfehlen, das Heißwasser-Tauchverfahren anzuwenden, um auf diese Weise Lagerverluste durch die *Gloeosporium*-Fäule stark einzudämmen.

4. Zusammenfassung

Die Langzeitlagerung von Äpfeln aus Ökologischem Landbau ist oftmals problematisch, da Lagerspritzungen mit wirksamen Fungiziden vor der Ernte nicht zulässig sind und sich daher Pilzkrankheiten, wie die gefährliche *Gloeosporium*-Fäule, im Lager unerkannt entwickeln können. Die Krankheit verursacht Lagerungsverluste von bis zu 50 %, selbst bei der Lagerung unter kontrollierter Atmosphäre (CA-Lagerung). Durch eine Heißwasserbehandlung (53 °C, 2 Minuten) der Äpfel direkt nach der Ernte, sowie einer Lagerung unter kontrollierter Atmosphäre bei 1 °C, kann die *Gloeosporium*-Fäule deutlich reduziert werden [1,2].

Die aufgeführten Ergebnisse wurden mit einer an der Bundesforschungsanstalt für Ernährung entwickelten Pilotanlage zur Heißwasserbehandlung von Äpfeln in 20 kg Obstkisten erzielt. Dabei hat sich gezeigt, daß das Aufheizen einer nicht optimierten Pilotanlage für einen kommerziell durchzuführenden Prozess zu lange dauert. Messungen der Aufheiz- und Abkühlverläufe lassen erkennen, daß bei einer Umgebungstemperatur von 25 °C über vier Stunden notwendig sind, um die insgesamt ca. 900 Liter Wasser im Vorrats- und Tauchbehälter auf 53 °C

zu erwärmen [3]. Im Rahmen des Forschungsprojektes wurde diese Pilotanlage daher mit einer neuen leistungsfähigeren, leistungsregulierbaren Pumpe, verbesserter Isolierung und zusätzlichen Heizstäben ausgestattet. Durch diese Verbesserungen konnten die Aufheizzeit deutlich reduziert und die Energieverluste minimiert werden. Das Ergebnis dieser Optimierungen im Vergleich zur ursprünglichen Pilotanlage ist in Tabelle 1 dargestellt.

Tab. 1: Technische Daten der Pilotanlage und der optimierten Pilotanlage

	Pilotanlage	Optimierte Pilotanlage
Aufheizdauer	4h 15 min	2h 45 min
Isolierung	20 mm Styrodur	32 mm Armaflex
Pumpenfördermenge	14 m ³ /h	30 m ³ /h
Heizleistung	9 kW	15 kW

Durch den Anbau des in Abbildung 7 gezeigten Förderbandes und Hubtisches wurde des weiteren ein (halb-)kontinuierlicher Betrieb und eine bessere Bedienbarkeit erreicht.

Außerdem zeigen die Abbildungen 10 und 11, daß die Heißwasserbehandlung ökologisch angebauter Äpfel keinen negativen Einfluß auf wertgebende Inhaltsstoffe und andere Qualitätsparameter hat.

5. Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen

Ziel des Forschungsprojektes war es, eine Pilotanlage zur Heißwasserbehandlung ökologisch produzierter Äpfel in bezug auf Energieeinsparung, Aufheizdauer, Wärmeübergang durch stärkere Wasserumwälzung, Bedienbarkeit und Zurückhaltung von Blättern und grobem Schmutz zu optimieren. An Hand von Tabelle 1 läßt sich erkennen, daß durch die Umbauten der Pilotanlage diese Ziele erreicht wurden.

Da die Umbauten an der Anlage bezüglich Förderband und Hubtisch erst zum Projektende abgeschlossen werden konnten, war eine Erprobung unter Praxisbedingungen nicht mehr möglich.

Auf Grund der guten Wirkung der Heißwasserbehandlung im Zusammenhang mit der Reduzierung der *Gloeosporium*-Fäule an der Apfelsorte ‚Topaz‘ stellt sich die Frage, ob diese Me-

thode auch bei anderen Apfelsorten einsetzbar ist und ob weitere wichtige Lagerfäulen wie *Monilia* und *Penicillium* bekämpft werden können. In diesem Zusammenhang müßten auch andere Obstarten wie Birnen, Zwetschgen und Mirabellen, die ebenfalls sowohl unter Normalluft als auch unter kontrollierter Atmosphäre gelagert werden [6], auf ihre Tauglichkeit für die Heißwasserbehandlung geprüft werden. Daher sind weiterführende Untersuchungen mit der Heißwasserbehandlung und der im Rahmen dieses Forschungsprojektes optimierten Heißwassertauchanlage in der Zukunft unabdingbar.

6. Wissenstransfer in die Praxis – während der Projektlaufzeit durchgeführte Veranstaltungen

Schirmer H., Trierweiler B.: Chancen und Risiken der Heißwasserbehandlung an ökologisch erzeugten Äpfeln unter Labor- und Praxisbedingungen. Seminarveranstaltung: Neue Praktiken zur Lagerung von Obst: Heißwasserbehandlung gegen Lagerfäulen bei Äpfeln, Obstbau Versuchs- und Beratungszentrum Jork 3./4.09.2002

Schirmer H.: Hat die Heißwasserbehandlung eine Zukunft?, 23. Bundeskernobstseminar, Staatliche Lehr- und Versuchsanstalt Oppenheim 25.- 27.02.2003

Tauscher B., Auswirkungen der Warmwasserbehandlung von Äpfeln auf die Lagerfähigkeit im Kälte- und CA-Lager. Status Seminar Ressortforschung für den Ökologischen Landbau – Aktivitäten aus Bund und Ländern -, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Braunschweig, 13.03.2003

Trierweiler B., Heißwasserbehandlung: eine Methode zur Reduzierung der *Gloeosporium*-Fruchtfäule an Äpfeln. XXXVIII. Vortragstagung der Deutschen Gesellschaft für Qualitätsforschung (DGQ) in Kooperation mit der Gesellschaft deutscher Lebensmitteltechnologien (GDL) und der Vereinigung für Angewandte Botanik (VAB). „Die Qualität von Obst und Gemüse: Vom Rohstoff zum Produkt“, Geisenheim, 13./14.03.2003

„Heißwasserbehandlung zur Bekämpfung der *Gloeosporium*-Fäule im ökologischen Anbau, erste Erfahrungen- mögliche Weiterentwicklungen – in Zusammenarbeit mit der FÖKO, dem Beratungsdienst Ökologischer Obstbau und der ÖON Altes Land“ an der Bundesforschungsanstalt für Ernährung Karlsruhe 27.03.2003

Neben drei Vorträgen von außerhalb war der Projektnehmer mit zwei eigenen Vorträgen beteiligt:

Schirmer H., Trierweiler B., Heißwasserbehandlung von Äpfeln: eine Methode zur Reduzierung der *Gloeosporium*-Fruchtfäule

Gräf V., Bekämpfung der *Gloeosporium* - Fruchtfäule an ökologisch produzierten Äpfeln
Optimierung der Heißwassertauchanlage

Schirmer H., Gräf V., Trierweiler B.: Die Heißwasserbehandlung als Einlagerungsvorbereitung zur Verhinderung bzw. Verminderung von Lagerschäden – Neue Erkenntnisse und Erfahrungen. Diskussionsveranstaltung Landw. Versuchszentrum Haidegg, Österreich
24.06.2003

Schirmer H., Gräf V., Trierweiler B.: Vorführung der Heißwassertauchanlage und Vorstellung der Ergebnisse am Centralmarkt Rheinland, Meckenheim 01.10./ 02.10.2003

Schirmer H., Gräf V., Trierweiler B.: Teilnahme an der Messe Karlsruhe, „hortec“ die Technikmesse im Gartenbau, 26. – 28.09.2003

7. Literaturverzeichnis

[1] Bompeix G., Sardo A. 1999: Process for the treatment of fruits and vegetables. United States Patent 5,858,436

[2] Jahn M., Nega E., Werner S. 2000: Pilzbefall an Gemüsesaatgut: Verträglichkeit und Wirkung der Heißwasserbehandlung. Gemüse 3, 17-19

- [3] Porat R., Daus A., Weiss B., Cohen L., Fallik E., Droby S. 2000: Reduction of postharvest decay in organic citrus fruit by a short hot water brushing treatment. *Postharvest Biology and Technology* 18: 151-157
- [4] Sapers G.M., Miller R.L., Matrazzo A.M. 1999: Effectiveness of sanitizing agents in inactivating *Escherichia coli* in Golden Delicious apples. *Journal of Food Science* 64 (4), 734-737
- [5] Schirmer H., Trierweiler B., Tauscher B. 2000: Heißwasserbehandlung – eine Methode zur Reduzierung der Fruchtfäule an Bio-Äpfeln? *Obstbau* 11, 619-621
- [6] Schirmer H., Trierweiler B., Lagerung von Mirabellen unter CA-Bedingungen. *Obstbau*, 26 Nr. 8, 2001, S. 421-422
- [7] Schirmer H., Trierweiler B., Erste Ergebnisse der Heißwasserbehandlung an ökologisch erzeugten Äpfeln, *eco-fru-vit*, 2002
- [8] Schirmer H., Trierweiler B. 2002: Heißwasserbehandlung von Lageräpfeln zur Reduzierung von *Gloeosporium*-Fäule. *Obstbau* 8, 390-391
- [9] Schirmer H., Gräf V., Trierweiler B. 2003: Bekämpfung der *Gloeosporium*-Fruchtfäule durch die Heißwasserbehandlung findet Anwendung in der Praxis. *Monatsschrift* (im Druck)
- [10] Schirmer, H., Trierweiler, B., Gräf, V., Hoffmann, N.Q., Tauscher, B., Schuchmann, H.P. 2003. Heißes Wasser hält Äpfel gesund. *Forschungsreport* 1, 27-29
- [11] Schulz H. 1998: Einfluß der Nachernte-Behandlung auf den Geschmack von Obst und Gemüse. *ForschungsReport* 1, 22-24
- [12] Smith K.J., Lay-Yee M. 2000: Response of 'Royal Gala' apples to hot water treatment for insect control. *Postharvest Biology and Technology* 19:111-122
- [13] Trierweiler, B., Gräf, V., Schirmer, H., Tauscher, B. 2003. Thermo-Behandlung ökologisch produzierter Äpfel zur Verbesserung der Lagerfähigkeit. *Frischelogistik* 2, 34-36

[14] Trierweiler, B., Schirmer, H., Tauscher, B. 2003. Hot water treatment to control *Gloeosporium* disease during long-term storage. J. Appl. Botany, in Druck