

Die Wirkung des Heißwassertauchverfahrens gegen biotische Lagerschäden im ökologischen Obstbau

Untersuchungen zu den Tauchbedingungen unterschiedlicher Apfelsorten und der Praxiseinführung von Großkistentauchanlagen

Zusammenfassung

Die nach den Richtlinien des ökologischen Landbaus wirtschaftenden Obstbaubetriebe verzichten auf die Anwendung chemisch synthetischer Pflanzenschutzmittel. So sind auch die im Apfelanbau üblichen Lagerspritzungen zur Reduzierung von Lagerschadpilzen mit synthetischen Fungiziden, wie sie im Integrierten und konventionellen Obstbau üblich sind, nicht erlaubt. Vor allem Obst aus Anbaugebieten mit hohen Niederschlagsmengen ist während der Vegetationszeit anfällig für Schadpilze bei der Lagerung. Die gefährlichste Lagerkrankheit bei Äpfeln aus ökologischem Anbau in Norddeutschland ist die Bitterfäule (*Gloeosporium album* und *Gloeosporium perenans*), die re-

gelmäßig bis zu 30 % der eingelagerten Äpfel vernichtet. Bei ökologisch wirtschaftenden Betrieben tritt diese Pilzerkrankung oft schon nach wenigen Monaten im Kühllager und sogar unter CA- (Controlled Atmosphere) Lagerung auf. Es können sich aber auch erst Fäulnisschäden bei der Auslagerung der Äpfel zeigen. Nach der Öffnung eines CA Lagers vermarktet der Betrieb die Früchte üblicherweise in einem kurzen Zeitraum, da der *Gloeosporium*-erreger, der in einem Promycel in den Lentizellen des Apfels vorliegt, sich sehr schnell ausbreitet, sobald der Apfel ein gewisses Reifestadium erreicht hat. Bei einer optimalen Lagerung ist dieses Reifestadium erst im Handel oder beim Endverbraucher erreicht. So hat die-

se Strategie des schnellen Vermarktens den Nachteil, dass in den Handelsstufen oft der Eindruck entsteht, Äpfel aus ökologischem Anbau seien anfälliger für Fruchtfäulen als konventionelle.

Die Lagerverluste von Äpfeln durch *Gloeosporium* - Fäulnis bei der Kühllagerung können erheblich reduziert werden, wenn die Früchte vor der Einlagerung für einen bestimmten Zeitintervall in heißem Wasser von etwa 50°C getaucht werden. Die gute Wirksamkeit der Heißwassertauchbehandlung, besonders gegen *Gloeosporium*, ermöglicht ökologisch produzierte Äpfel in besserer Qualität und erhöhter Quantität zu vermarkten.

Der *Gloeosporium*-erreger als Hauptverursacher der Fruchtfäulen im Alten Land

Den Hauptschaden bei ökologischem Obst verursachen die Fruchtfäulen *Gloeosporium album*, *Gloeosporium perenans* und *Gloeosporium fructigenum*, die Nebenfruchtformen von Schlauchpilzen der Gattung *Pezizula* sind. An der Niederelbe kommen nur die beiden Bitterfäulen *Gloeosporium album* und *-perenans* vor, die oft als Mischinfektion an einer Frucht vorliegen.

An den Äpfeln zeigen sich bei dem Befall von *G. perenans* orangebraune Fäulnisflecken, die ineinander fließen und Fäulnisstellen mit gelbweißen Sporenlagern. Bei dem Befall von *G. album* sind die Früchte mit kreisrunden bräunlichen Faulstellen besetzt, auf denen sich nach

Abb. 1: Versuchsanordnung Heißwassertauchen - Astrid EWERT und Petra SCHNEIDER (Foto: P. Maxin)



Technik

einiger Zeit milchigweiße bis rosafarbene Sporenlager bilden. Der Befall an den Früchten durch *G. fructigenum* weist dunkelbraune, oftmals mit schwarzen Flecken durchsetzte Faulstellen, mit schleimigen, hell- bis kirschrot gefärbten Sporenlagern.

Die Ansteckungsgefahr der verschiedenen *Gloeosporium*erreger gehen von mit einem Mycel infizierten Rindenbrandstellen, Blattnarben, Knospenschuppen, Aststummel, Frostplatten, Pflück- und Schnittwunden sowie am Boden liegendes Schnittholz aus. Die Hauptinfektionsquelle sind jedoch die in den Bäumen verbleibenden Fruchtmumien, die sogar über mehrere Jahre infektiös bleiben. Die in den *Gloeosporium*-Sporenlagern (Acervuli) gebildeten Konidien lösen sich bei feuchtem Wetter aus den kompakten Sporenlagern und verteilen sich. Durch Niederschläge werden die Sporen in die Lentizellen oder in Verletzungen der Fruchtschale eingewaschen.

Die Infektion für Äpfel beginnt ab den Walnussstadium, das Einwaschen der Sporen erfolgt jedoch über den gesamten Vegetationsverlauf. Auf die Früchte verschwemmte Konidien können längere Zeit in den Lentizellen überdauern und wachsen teilweise zu einem Promycel heran. Das Promycel wächst erst weiter, wenn der Apfel ein gewisses Reifestadium erreicht hat, wobei der Reiz des Weiterwachsens des Pilzes noch unklar ist. Zuvor zeigen die Früchte keinen erkennbaren Schaden und erst während der Lagerung oder bei der Vermarktung wird der Befall erkennbar.

Der Infektionsdruck ist bei *Gl. perennans* größer als bei *Gl. album*, da bei ersterer Art viel mehr Konidien gebildet werden. *Gl. fructigenum* wird bisher nur als Fruchtfäuleerreger nachge-

wiesen. Die Verbreitung dieses Pilzes geht von Fruchtmumien, möglicherweise auch von benachbarten Wirtspflanzen (Kirsche, Holunder) aus.

Für Früchte besteht die größte Infektionsgefahr mit dem *Gloeosporium*erreger entweder in niederschlagsreichen Sommermonaten oder im Herbst bei nebligem, feuchtem Wetter. Deshalb ist es für den Obstbaubetrieb wichtig, die Äpfel sofort nach der Ernte zu kühlen und einzulagern, um ein hohes Auftreten schon im Lager zu verhindern.

Neben Fruchtbefall kann der *Gloeosporium* Pilz durch regenverdriftete Sporen auch Infektionen an Trieben und Zweigen, ähnlich dem Obstbaumkrebs, hervorrufen. Dabei werden Wunden aus Hagelschauern ebenso befallen wie Schnittwunden und Wachstumsrisse des Holzes. Der Infektionsdruck (das Inokulum) des *Gloeosporium*erreger kann in den Obstanlagen nur niedrig gehalten werden, wenn im ökologischen Obstbau eine Be-

standshygiene (Entfernen aller Rindenbrandstellen und Fruchtmumien) erfolgt. Zudem ist die gute fachliche Praxis, einen Baumschnitt nur bei trockenem Wetter durchzuführen, wichtig.

Der Wirkmechanismus des Heißwassertauchens auf den *Gloeosporium*befall

Die Wirksamkeit der Temperatur auf den *Gloeosporium*erreger in der Heißwasserbehandlung hat die „Bundesforschungsanstalt für Ernährung“ (BFE) im Jahr 2002 geprüft. Nach einer zwei Minuten langen Behandlung von *Gloeosporium*-Sporen in 53°C warmem Wasser und anschließendem Ausbringen der Lösung auf einem Spezialnährboden konnte kein Wachstum des Pilzes mehr festgestellt werden. Die Empfindlichkeit des Pilzes gegenüber der Temperatur von 53°C kann den Erfolg der Heißwasserbehandlung erklären. Eine weitere Erklärung für die Wirkung der Heißwasserbehandlung könnte darin beste-

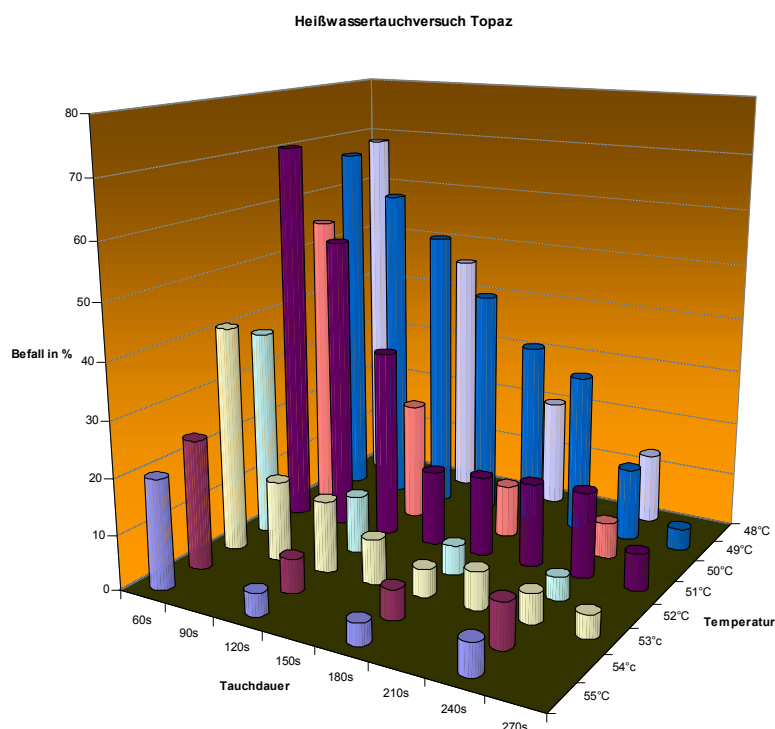


Abb. 2: Heißwassertauchversuch mit der Sorte 'Topaz'

Technik

hen, dass durch die Temperatur von 53°C die Wachsschicht auf der Apfeloberfläche etwas zerfließt und auf diese Weise die Lentizellen, in denen sich das Promycel des Pilzes bildet, verschließt. Folglich können die Gloeosporium-Sporen nicht mehr auskeimen bzw. gekeimte Sporen wachsen innerhalb der Lentizellen nicht mehr. Prof. BOMPEIX aus Paris erklärt in einem Experteninterview den Wirkmechanismus des Heißwassertauchens klar durch das Abtöten des Promycels (Seminar am OVB 2002).

Eine andere Erklärung für den Effekt der Heißwasserbehandlung könnte in der Bildung von Abwehrstoffen des Apfels liegen, die durch das Heißwassertauchen gebildet werden könnten (induzierte Resistenz). Die Frage endgültig zu klären, kann jedoch nicht die Aufgabe der angewandten Forschung sein, hier sind universitäre Einrichtungen gefragt. Für unsere Untersuchungen reicht es aus, dass das Verfahren eine gute Wirkung hat.

Die Untersuchungen am OVB

In den Jahren 2002 und 2003 wurden durch das Niedersächsische Ministerium für den ländlichen Raum, Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz Versuche im ökologischen Landbau gefördert. Dabei konnte der ÖON mehrere Versuche in diesem Versuchsprogramm anstellen. Hierbei waren die Untersuchungen des Heißwassertauchverfahrens zur Reduzierung der Lagerfäule im Bereich Obst der Schwerpunkt.

Bei dem Projekt des Heißwassertauchverfahrens sollten, aufbauend auf dem Nassentleungsverfahren (z.B. Firma BURG's, Maschinenfabrik, Oostdijk, NL) praxisnah ein Verfahren zum Tauchen von Obstgroßkisten und eine eigenständig arbeitende Tacheinheit als Pilotanlage entwickelt werden, die für kleine und mittlere Obstbaube-

Tab. 1: Übersicht über die Versuchsvarianten

Nummer	Variante	Nummer	Variante
1	49°C, 60 Sekunden	6	51°C, 180 Sekunden
2	49°C, 120 Sekunden	7	53°C, 60 Sekunden
3	49°C, 180 Sekunden	8	53°C, 120 Sekunden
4	51°C, 60 Sekunden	9	53°C, 180 Sekunden
5	51°C, 120 Sekunden	10	Kontrolle

triebe praxistauglich sind. Aufgrund einer Initiative von Peter ROLKER, Betriebsleiter eines Öko-Obstbaubetriebes (Jork), und dem Sortiermaschinenhandel HEITMANN und JUNGE (Mittelnkirchen) kam es bei einem Treffen auf der Fruit Logistica in Berlin im Januar 2002 zu einer Zusammenarbeitsbekundung, in der später die Firmen BURG (Leerdam, NL) und der Heizungsbauer BERG (Jork) mit eingebunden wurden. In dieser Konstellation kam es zur Entwicklung einer Großkistentauchanlage. Die Konstruktion der Großkistentauchanlage wurde vom Öko-Obstbau Norddeutschland durch fachliche Anregungen und Messreihen unterstützt. Der erste Prototyp wurde im August 2002 geliefert, ständig verbessert und bis zur Serienreife entwickelt. Gegenwärtig stehen vier Großkistentauchanlagen auf Öko-Obstbaubetrieben an der Niederelbe.

Ein weiteres Ziel des Projektes der Heißwasserbehandlung von Äpfeln bestand darin, zum einen die unterschiedlichen Temperatureinwirkungen auf den Gloeosporium Pilz und zum anderen die Temperatureinwirkung auf den Apfel der unterschiedlichen Sorten zu beurteilen. In Bezug auf die Einwirkung der Temperatur auf die ökologischen Äpfel wird ein Datenpool erarbeitet, hierzu sind mehrere Versuchsjahre notwendig. Diese Daten mit der spezifischen Tauchstrategie für die jeweiligen Apfelsorten werden später als Beratungsempfehlung für ein rationelles Tauchverfahren mit Apfel-Großkisten an die Öko-Obstbaubetriebe weitergegeben.

Im ersten Projektjahr 2002 wurden die für den ökologischen Obstanbau bedeutsamen Apfelsorten 'Boskoop', 'Elstar', 'Ingrid Marie', 'Jonagored' und 'Topaz' auf ihre spezifische Temperatur und der Zeitintervall des Tauchens für eine optimale Verlustreduzierung durch Fäulnis ermittelt. Während des Tauchvorganges der Apfel-Großkisten (300 kg) in die Heißwassertauchanlage wurden der Temperaturverlauf innerhalb der Kiste und das Strömungsverhalten unterschiedlicher Kistenarten untersucht. Aufgrund der hohen Heizleistung der Großkistentauchanlage konnte die Ermittlung der Energieaufnahme der Äpfel vernachlässigt werden.

Im zweiten Projektjahr 2003 wurden die von den Grundlagen der Untersuchungsergebnisse vom ersten Versuchsjahr entwickelten Tacheinheiten für das Tauchen von Äpfeln durchgeführt. Zusätzlich wurde eine Erfassung der Qualitätsparameter und des Qualitätsverlustes der Früchte durchgeführt, indem Gewichtsverlust, Fruchtfleisfestigkeit und Saftigkeit an fünf Terminen untersucht wurden. Die Durchströmungseigenschaften sowie der Temperaturverlauf innerhalb verschiedener Großkisten während des Tauchvorganges wurden bewertet. Mit heißem Wasser wurden 'Boskoop', 'Elstar', 'Ingrid Marie', 'Jonagored' und 'Topaz' als Wiederholung und im Jahr 2004 als neue Varianten 'Pinova', 'Gloster' und 'Holsteiner Cox' behandelt. Zusätzlich wurde die Birnensorte ('Conference') auf die Wirksamkeit

Gloeosporiumreduktion im Mittel zweijähriger Versuche

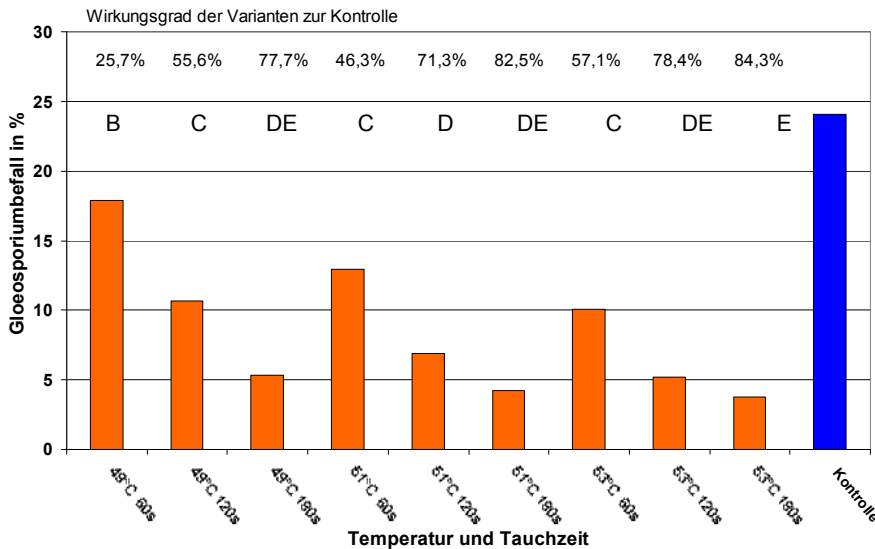


Abb. 3: Gloeosporiumreduktionen durch das Heißwassertauchverfahren (Großbuchstaben stellen statistische Absicherungen nach dem Tukey Test dar)

der Heißwasserbehandlung untersucht (Abb. 1).

Für die Versuche wurden 900 Kunststoffkisten (Napf 2), eine 200 l Tauchwanne, ein 4 Kanal Digitalthermometer mit Messsensoren und eine Stoppuhr angeschafft. Im ersten Versuchsjahr wurden 4.500 kg Äpfel verwendet, im zweiten Versuchsjahr stieg die Menge auf 7.533 kg Äpfel und 668 kg Birnen.

Homogenisierung der Versuchskisten

Die frisch gepflückten Äpfel und Birnen wurden aus der Großkiste in die erforderliche Anzahl Kunststoffkisten mit je 42 (36 'Boskoop') Äpfeln homogen verteilt. Dabei wurden hintereinander jeweils zwei Äpfel / Birnen aus der Großkiste in die Versuchsglieder gelegt.

Die Varianten

Die Versuchsvarianten teilten sich auf die Prüffaktoren der Temperaturstufen 49°C, 51°C und 53°C in jeweils drei Tauchzeiten von ein, zwei und drei Minuten und der Kontrolle auf (Tab. 1). Jede Temperatur und Zeitvariante sowie die Kontrolle wurde sechsfach wiederholt mit Ausnahme der Apfelsorte 'Ingrid Marie' im Versuchsjahr

2003. Bei dieser Apfelsorte sollten seltene Ereignisse (Fruchtfäulen wie *Nektria*, *Penicillium*, *Botrytis* und *Monilia*) statistisch abgesichert werden und wurden daher in zwölf Wiederholungen durchgeführt. Die Versuchsvarianten waren für alle Sorten gleich, außer bei der Apfelsorte 'Topaz' im Jahr 2003. Da 'Topaz' nach den Erfahrungen des Jahres 2002 einen hohen Gloeosporiumanteil an den gesamten Fäulniserregern hat und wenig anfällig für Verbrennungen ist, wurde die Variante in 1°C Schritten von 48°C bis 55°C und in Zeitintervallen von 30 Sekunden, von 1 min bis 5 min durchgeführt. Die Kontrolle von 'Topaz' wurde auf Grund der Bedeutung des Versuches verdoppelt.

Lagerung der Früchte

Nach der Heißwasserbehandlung wurden alle Versuchsglieder nach kurzer Zwischenlagerung am OVB in Jork (Moorende) zu Öko-Obstbaubetrieben befördert. Im Jahr 2002 lagerten die Versuchskisten

Moniliabefall - Ingrid Marie - 2002

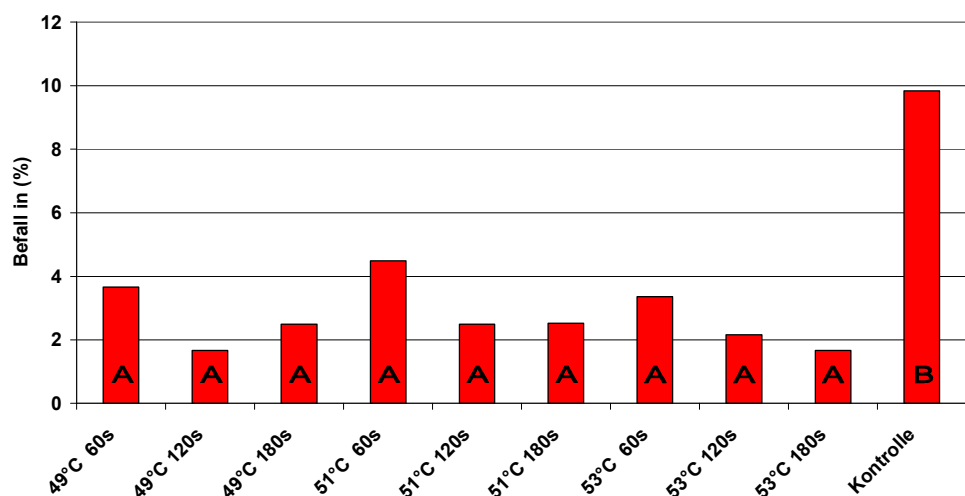


Abb. 4: Die Befallsreduktion erfolgt mit einem WG von ca. 65 % bis 80%.

Technik

Nectria Fruchtfäule - 'Ingrid Marie' - 2002

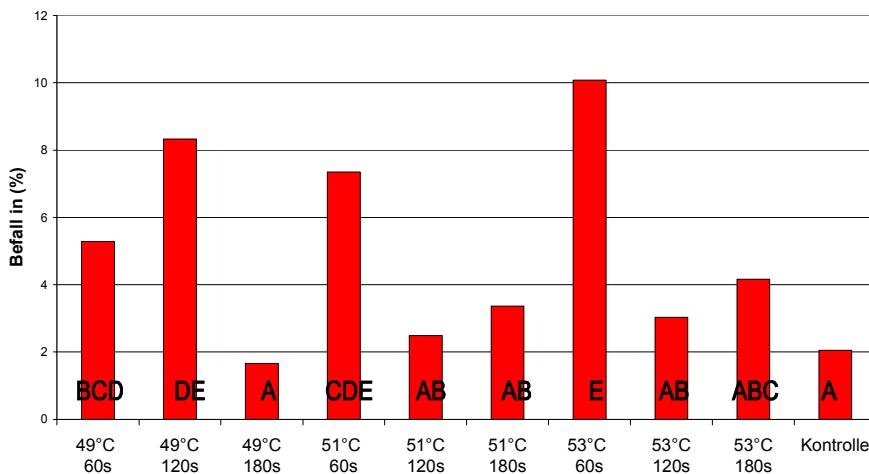


Abb. 5: Nectria Fruchtfäule im 1. Versuchsjahr verstärkt bei der Kontrolle.

Physiologische Verbräunungen auf der Schale bei Ingrid Marie

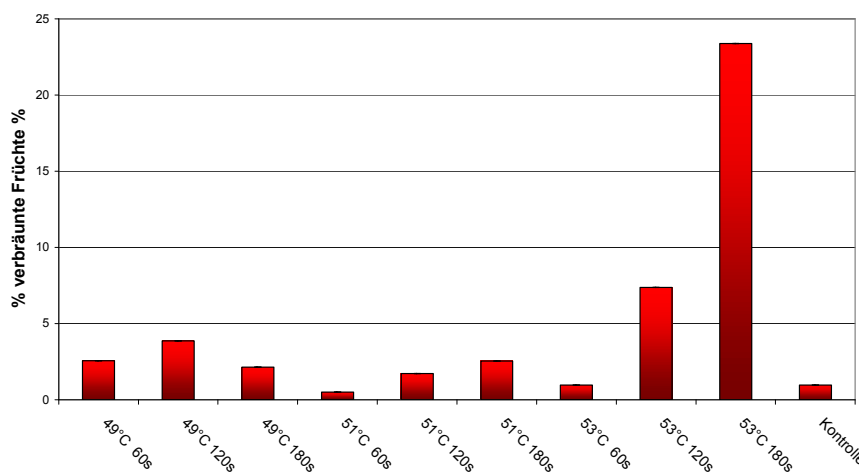


Abb. 6: Verbräunungen bei 'Ingrid Marie'



Abb. 7: Physiologische Verbräunungen des Apfels

der Äpfel in einem 100 Tonnen Kühlraum auf dem Betrieb Peter ROLKER in Hamburg (Cranz) bei 2°C. Nach der ersten Bonitur auf Fruchtfäulen am 09.12.2002 wurden die Äpfel am OVB bis zum Ende des Versuchs bei 2°C weitergelagert. Die im Jahre 2002 behandelten Napfkisten mit Äpfeln wurden auf dem Betrieb Claus-Peter MÜNCH in Hollern-Twielenfleth bei 2°C in einem kleineren Kühllager platziert, der die Vorteile einer geringeren Entfeuchtung der Äpfel mit sich bringt. Die in Heißwasser getauchten Versuchsglieder der Birnen lagerten bis 04.11.2003 bei dem Obstbetrieb Gabi und Heinrich QUAST in Neuenfelde im Kühlraum bei -1°C. Ab dem 05.11.2003 wurden die Birnen bei 2°C im Versuchslager des OVB gelagert.

Die Bonituren der Versuche

Alle Versuchsglieder wurden an zwei Bonituren im Dezember und Ende Januar auf Fruchtfäulen untersucht. Bei den Bonituren wurden die einzelnen Versuchskisten mit Bioäpfeln sorgfältig auf Fruchtfäulen in befallene und befallfreie Früchte aufgeteilt. Die befallenen Äpfel wurden visuell soweit wie möglich den Erregern zugeordnet. Anhand der makroskopischen Erscheinung des Sporenrasens erfolgte eine Einteilung der Fruchtfäulen mit einem Vermerk auf dem Boniturbogen. Falls die Symptome der Fruchtfäulen nicht eindeutig waren, wurde die Kistennummer markiert und für spätere Bonituren getrennt von den gesunden Äpfeln in einem Reiferaum weitergelagert. Die Einteilung erfolgte für die Lagerfäuleerreger *Penicillium expansum* Link ex Thom,

Technik

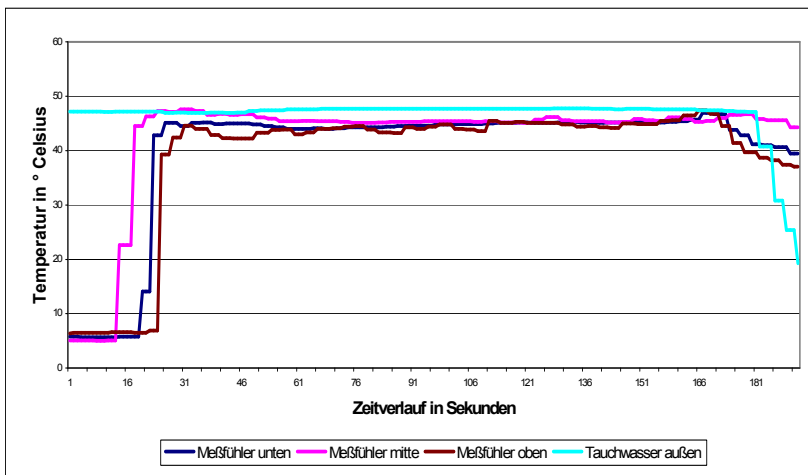


Abb. 8: Temperaturverlauf Holzboxen 49 °C, 120 Sekunden.

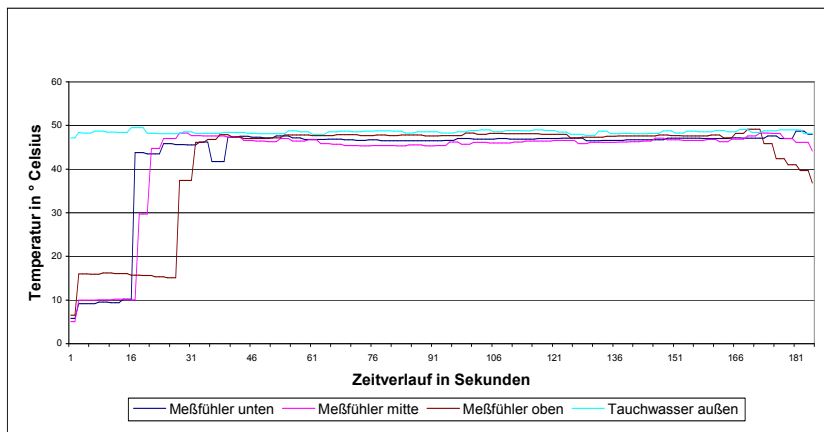


Abb. 9: Temperaturverlauf Kunststoffgroßboxe 49 °C, 120 Sekunden

brennungen wurden die Äpfel in vier Klassen sortiert, gezählt und wieder in die Versuchskisten zurückgelegt.

Ergebnisse

Die Prüffaktoren Temperatur und Zeit ergaben unterschiedliche Ergebnisse. Die Temperaturstufen 49°C, 51°C und 53°C konnten bei den unterschiedlichen Sorten bei gleicher Zeitdauer oft nicht voneinander unterschieden werden. Tendenziell gab es meist eine Steigerung der Wirkung mit zunehmender Temperatur. Die klareren Unterschiede konnten im Prüffaktor Zeit festgestellt werden. Die einminütigen Varianten hatten immer den höchsten Befall, der Befall der zweiminütigen lag in der Mitte, und die dreiminütigen Varianten hatten immer den geringsten Befall. Vergleicht man den Wirkungsgrad der einzelnen Varianten über alle untersuchten Apfelsorten, so lässt sich erkennen, dass die Wirkung auf den Pilz gleich bleibend ist. So hat die Variante neun (180 sec, 53°C) im Durchschnitt der Versuche einen Wirkungsgrad (WG) von ca. 85%, die Variante eins (49°C,

Botrytis cinera Pers., *Monilia fructigena* Pers. sowie die Gloeosporiumerreger: *Gloeosporium album*, *G. perennans* und *G. fructigenum* getrennt. Die Trennung von gesunden und erkrankten Früchten ist notwendig, da das Mycel bei den meisten Fruchtfäuleerregern in gesunde Früchte eindringen kann und es so zu Ergebnisverzerrungen kommen kann.

Nach Vorversuchen der ÖON verstärken sich mit der Lagerung die Verbrennungen der Früchte. Deshalb erfolgte jeweils im Januar eine Bonitur auf Verbrennungen der verschiedenen Apfelsorten. In der Bonitur auf Ver-

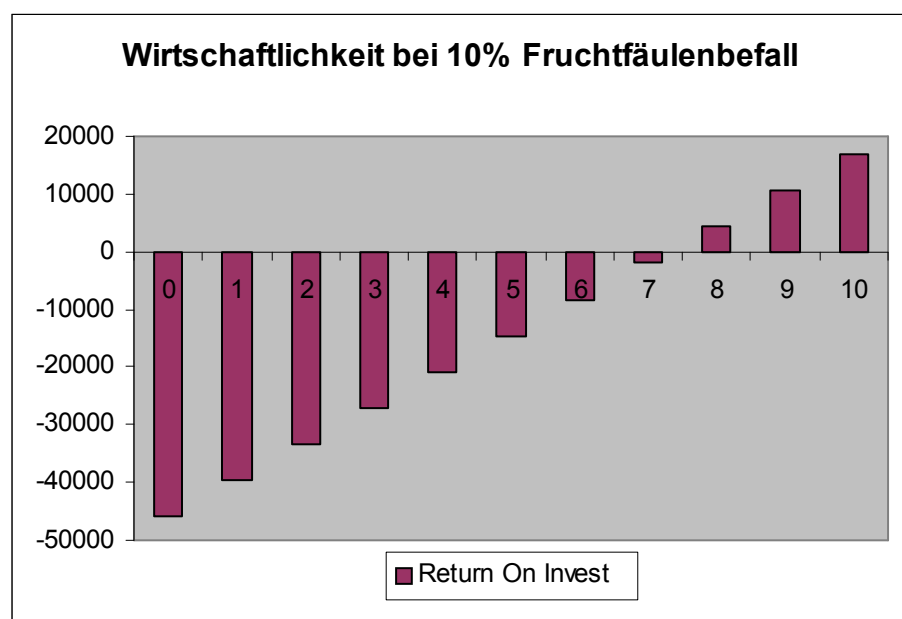


Abb. 10: Im achten Nutzungsjahr sind die Investitionen in den Betrieb zurückgeflossen.

Technik

Tab. 2: Anschaffungskosten

Standard Wasserentleerung ab Werk mit Trockner „neu“ gleichzeitig als Großkistenentleerer zu verwenden	22.500 €
Erweiterung der Wasserentleerung (Isolierung, Wasserkanal, Rohre, Ventile, Schaltkasten, Elektronik, Absenkkopf,...)	12.625 €
Ölkesselanlage mit Wärmetauscher auf Palette 19.500 € , Anteilig für einen Obstbaubetrieb	9.750 €
Tankanlage 1000l	1.000 €
Summe Anschaffungskosten für einen Obstbaubetrieb	45.875 €

Tab. 3: Kosten des Verfahrens - Maschinenkosten

Festkosten		
Afa 10%		4.585,70 €
Zinsen 4% (1/2 Anschaffungswert)		917,14 €
Festkosten		5.582,84 €
Variable Kosten		
Reparaturen 5% Basis 45.857 € (neu Gk Leerung + Umbau)		2.293,75 €
Strom 8 kW x 70 h x 0,20 €		112,00 €
Heizöl 12 l x 70 h x 0,30 €		252,00 €
Variable Kosten		2.657,75 €
Arbeitskosten 70 h x 10 €		700 €
Gesamtkosten/ Jahr		8.860,59 €
Gesamtkosten / t		35,44 €

60 sec) hingegen hatte einen WG von nur 26%, jeweils bezogen auf den Gloeosporiumbefall (**Abb. 3**).

Die Ergebnisse haben einen zunehmend klaren Trend, die statistische Absicherung erfolgt jedoch immer nur für die Grundgesamtheit ihrer ursprünglichen Anlagen. Um diese Ergebnisse auf andere Anlagen und folgende Jahre zu übertragen, müssen weitere ergänzende Untersuchungen gemacht werden. Es ist in obstbaulichen Bereichen üblich, erste Empfehlungen in die Praxis erst nach drei Versuchsjahren zu vergeben. Insofern stellen die hier veröffentlichten Ergebnisse keine Empfehlung dar. **Die Wirkungen des Heißwassertauchverfahrens gegen den Gloeosporiumbe-**

fall können von der Sorte abgekoppelt werden. Die Ergebnisse bestätigen in ihrer Wiederholung, dass eine Dosis-Wirkungskurve vorliegt, je höher die Tauchtemperatur und je länger die Tauchzeit ist, desto größer ist der Wirkungsgrad gegen Gloeosporium. Dies ist in der **Abb. 2** des Topazversuches dargestellt worden.

Andere Fruchtfäuleerreger

Die getrennte Bonitur auf unterschiedliche Fruchtfäuleerreger, wie es in der Lagerfungizidprüfung üblich ist, brachte nur bei der Sorte ‘Ingrid Marie’ absicherbare Ergebnisse hervor. Die anderen Apfelsorten waren mit einem Gloeosporiumanteil an den Fruchtfäulen von oft

über 90% für diese Versuchsfrage ungeeignet. Im zweiten Versuchsjahr wurde daher die Wiederholungsanzahl der Varianten bei der Sorte ‘Ingrid Marie’ von sechs auf zwölf erhöht. So konnte bei der Sorte ‘Ingrid Marie’ in den Versuchen eine Wirksamkeit des Heißwassertauchverfahrens gegen die Monilia Fruchtfäule nachgewiesen werden. Dies mag auch für das Auftreten dieses Erregers bei anderen Sorten gelten, aber für eine statistische Verwertung reichte der Befall dort mit Monilia nicht aus. Die Befallsreduktion erfolgte mit einem WG von ca. 65% bis 80%. (**Abb. 4**) Im ersten Versuchsjahr trat die Nectria Fruchtfäule in den Varianten mit einminütiger Tauchzeit verstärkt gegenüber der Kontrolle auf (**Abb. 5**). Dieses verstärkte Auftreten muss in den Folgejahren der Versuchsarbeit weiterhin beobachtet werden. Andere Fruchtfäuleerreger traten hingegen so selten auf, dass sie nicht verrechnet werden konnten.

Reaktionen und physiologische Verbräunungen der Früchte

Bei den Sorten Ingrid Marie, Holsteiner Cox, Elstar, Pinova und Boskoop traten physiologische Verbräunungen auf. Diese Schalenschäden sind vom Erscheinungsbild her mit keinen bekannten Schalenschäden aus der Lagerung vergleichbar. Die eingesunkenen Stellen auf der Fruchtschale sind bräunlich schwarz verfärbt (**Abb. 7**). Das genaue Auftreten muss in den nächsten Jahren untersucht werden, nach den zweijährigen Untersuchungen sind deutliche Sortenunterschiede, aber auch Unterschiede in den „Jahrgängen“ einzelner Sorten zu beobachten. Die Ermittlung eines sicheren Behandlungsfensters mit einer optimalen Temperatur und eines Tauchzeitintervalls für einzelne Sorten bleibt die Aufgabe zukünftiger Versuche. Für eine Praxisempfehlung sind die teilweise widersprüchlichen Daten noch zu unsicher. Das Auftreten der Verbräunungen kann aus der **Abb.**

Technik

Tab. 4: Berechnung des Mehrerlöses

Befallsgrad	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %
Fruchtverderb ohne Tauchen pro t	100 kg	200 kg	300 kg	400 kg	500 kg
Fruchtverderb mit Tauchen pro t	15 kg	30 kg	45 kg	60 kg	75 kg
Vorteil durch das Verfahren pro t	85 kg	170 kg	255 kg	340 kg	425 kg
Mehrerlöß durch Tauchen (brutto) je t 0,70 €/kg	59,50 €	119,00 €	178,50 €	238,00 €	297,50 €
Tauchkosten je t	35,44 €	35,44 €	35,44 €	35,44 €	35,44 €
Mehrerlöß durch Tauchen (netto) je t	24,06 €	83,56 €	143,06 €	202,56 €	262,06 €
Netto Mehrerlöß bei 250 t je Jahr	6.265 €	20.890 €	35.765 €	50.640 €	65.515 €

6 am Beispiel von Ingrid Marie des Jahres 2002 abgeschätzt werden, auch hier ist wie bei der Gloeosporiumwirkung eine klare Dosis - Wirkungskurve zu erkennen.

In bisher einjährigen Untersuchungen zu den Qualitätsparametern Festigkeit, Saftigkeit, und Zucker/Säureverhältnis konnten keine Unterschiede zwischen den getauchten und ungetauchten Früchten festgestellt werden. In der Mehrheit der Sorten wurde ein etwas höherer Gewichtsverlust während der Lagerung ermittelt, die Größenordnung ist jedoch unproblematisch.

Technische Umsetzung in der Großkistentauchanlage

Auf die Frage, wie sich der Temperaturverlauf innerhalb einer Holzgroßkiste gegenüber Kunststoffgroßkiste verhält, wurde nach der Temperaturmessung an vier Messorten während eines Tauchvorganges erwiesen, dass die Plastikgroßkiste deutlich konstantere Temperaturwerte hat, als die Holzgroßkiste (Abb. 8 + 9).

Aus den Versuchsergebnissen 2002 wurde die Notwendigkeit der Ermittlung exakter Tauchbedingungen für die Großkistentauchanlage bereits deutlich. Die Ein- und Auftauchzeiten bei der Großkisten-

tauchanlage ergeben in der Summe ein Zeitintervall von einer Minute. An dieser Stelle wird deutlich wie grob eine Umsetzung der Versuchstaugergergebnisse in die Praxis nur erfolgen kann. Die untersten Äpfel in einer Großkiste sind ja folglich eine Minute länger im Tauchwasser als die oberste Lage. Daher gilt es in weiteren Versuchswiederholungen die bisherigen Ergebnisse zu bestätigen und die Temperaturen an unterschiedlichen Orten in einer Großkiste im Praxiseinsatz zu ermitteln. So bleibt als Fazit: Der Einsatz der neu entwickelten Heißwasserbehandlungsanlage muss versuchsstechnisch über weitere Jahre begleitet werden.

Wirtschaftlichkeit

Durch eine engagierte Forschungs- und Entwicklungsarbeit in den Jahren 2002 und 2003 wurde eine praxistaugliche Großkistentauchanlage entwickelt. Mit der Markteinführung der Bio-Tauchanlage und der Angabe von Listenpreisen für die hierfür notwendigen Maschinen kann nun eine betriebswirtschaftliche Bewertung des Systems erfolgen.

Berechnung der Kosten und des Nutzens einer Heißwassertauchanlage

Die Anschaffungskosten für eine Heißwassertauchanlage setzen sich aus mehreren Komponenten zusammen. Grundlage ist eine Wasserentleerung für Großkisten (GK), die isoliert und mit zusätzlichen Komponenten erweitert und umgebaut wird. Ein weiteres Modul ist eine Ölkesselanlage mit Wärmetauschern, Pumpen und Filtern, die zur Erwärmung des Wassers benötigt wird. Dieses Modul kann auf Wunsch mobil sein, so dass es von mehreren Obstbaubetrieben gemeinschaftlich angeschafft werden kann. In dieser Kalkulation wird es von zwei Obstbaubetrieben genutzt. Weiterhin wird eine Tankanlage für 1.000 l Heizöl kalkuliert.

Die Anlage wird so aufgebaut, dass die Tauchanlage als vollwertige Schwemmentleerung genutzt werden kann, dieser Zusatznutzen wird in der Kalkulation nicht weiter berücksichtigt.

Anschaffungskosten

Die Kosten für das Heißwassertauchverfahren bestehen aus fixen und variablen Kosten. Die Nutzungsdauer für diese Maschine beträgt analog zu Sortiereinrichtungen 10 Jahre, so dass der Aufwand für Abnutzung (AfA) jährlich 10% des Anschaffungswertes beträgt. Die Reparaturen werden mit 5% des Neuwertes relativ hoch angesetzt, hier wird der noch jungen Technik eine etwas höhere Reparaturanfälligkeit zugestanden.

Für die variablen Kosten wird angenommen, dass in den Obstbaubetrieben 250 t gloeosporiumempfindliche Sorten geerntet werden und dass diese in jeder Saison mit den Heißwassertauchverfahren behandelt werden.

Technik

Die Kapazität der Tauchanlage wird mit 12 GK pro Stunde (5 min je GK) kalkuliert. So werden 4 t Äpfel in der Stunde getaucht, hierzu werden 12 l Heizöl benötigt. Die maximale Volllast des Kessels beträgt bei 100 kw 12 kg Heizöl in der Stunde. Wasserkosten sind nicht kalkuliert und die Aufheizkosten werden einmalig mit sieben Stunden Betriebsdauer des Kessels und der Pumpen eingerechnet. Der Strompreis wird bei 0,20 € je kwh, der Heizölpreis bei 0,30 € je Liter festgelegt.

Die Arbeitskosten werden zur Vereinfachung mit 10 € pro Stunde (0,80 € pro Kiste) berechnet (**Tab. 3**).

Alle Kosten werden ohne Mehrwertsteuer kalkuliert.

Kosten des Verfahrens

Die Wirtschaftlichkeit einer Heißwassertauchanlage wird vom Wirkungsgrad des Verfahrens und vom Befall der Früchte durch Fruchtfäulen beeinflusst. Der Wirkungsgrad gegen Fruchtfäulen wird mit 85% berechnet. Der Befall der Früchte wird in fünf Varianten stufenweise zwischen 10% und 50% erhöht. Es wird weiterhin angenommen, dass die Fruchtfäulen im Obstbaubetrieb während der Lagerung auftreten und nicht beim Handel oder Verbraucher (**Tab. 4**).

Berechnung des Mehrerlöses

Es wird deutlich, wie ökonomisch sinnvoll eine Heißwassertauchanlage ist. Eine Investitionsrechnung über die Nutzungsdauer von zehn Jahren erscheint an dieser Stelle nur mit dem Befallsgrad von 10% sinnvoll.

Es zeigt sich, dass im achten Jahr der Nutzung die Investitionen in den Betrieb zurückgeflossen sind (**Abb. 10**). Die Kurve stellt die Amortisation für den 10% Befall dar, die Kurven für einen stärkeren Befall verlaufen entsprechen steiler,

so dass die Amortisationszeiträume kürzer sind. Ab einen Befallsgrad von 40 %, wie er mehrfach in der Versuchsanstellung am OVB Jork aufgetreten ist, fließt bereits im ersten Jahr der Nutzung das investierte Kapital in den Betrieb zurück.

Fazit und Ausblick

Das Heißwassertauchen ökologisch produzierter Äpfel ist ökonomisch betrachtet höchst sinnvoll. Die dieser Untersuchung zugrunde liegenden Annahmen bezüglich des Befallsgrades und der Wirksamkeit des Heißwassertauchverfahrens werden durch die Versuche am OVB Jork gestützt.

Das Auftreten der Fruchtfäulen erfolgt jedoch nicht nur im Obstbaubetrieb. Die Gloeosporiumfruchtfäule tritt erst mit fortgeschrittener Reife der Früchte auf. Bei gut organisierter Logistik wird dieses Auftreten bisher aus dem Obstbaubetrieb auch in den Handel oder zum Verbraucher verlagert. Dieser Zustand ist wenig nachhaltig und kann nun erstmalig für den ökologischen Anbau geändert werden. Damit kann das Heißwassertauchverfahren als eine nachhaltige Qualitätssicherungsmaßnahme begriffen werden.

Aktuell: Für die Leistungsanpassung der Ölkesselanlage mit Wärmetauscher zum optimalen Betrieb des Heißwassertauchverfahrens mußten zum Herbst 2004 die Anschaffungskosten von 19500 € auf 28000 € nochmals erhöht werden.

Danksagung

Die Versuche werden durch das Ökolandbauprogramm des Landes Niedersachsens gefördert und wären sonst in dieser Ausführlichkeit nicht möglich. Die zeitaufwendige Taucharbeit konnten wir mit Hilfe unserer Praktikanten Astrid EWERT, Martin BOIS, Nico MARTENS und Phillip RIEMANN für uns flexibler gestalten. Ein besonde-

rer Dank für die viele Arbeit und die Präzision bei den Bonituren gilt Petra KRUSE.

Peter Maxin, Kompetenzzentrum Ökolandbau Niedersachsen (KÖN) und
Dr. Karsten Klopp, Öko-Obstbau Norddeutschland Versuchs- und Beratungsring e.V. (ÖON), Jork

Literatur

- BOMPEIX, G und C. CHOLODOWSKI-FAIVRE, (2002): *Use of Thermotherapy and Natural Antifungal Compounds against Post Harvest Diseases on Apples; Tagungsband 10th International Conference on Cultivation Technique and Phytopathological Problems in Organic Fruit-Growing and Viticulture*, 55.
- KLOPP, K und P. MAXIN, (2002): *Thermo-Therapie im Ökologischen Obstbau. Mitteilungen des Obstbauversuchsringes des Alten Landes (57) 11/ (2002) 378-384.*
- PALM, G. (1997): *Entwicklung der Bitterfäule während der CA/ULO und Kühlagerung an Äpfeln. Mitteilungen des Obstbauversuchsringes des Alten Landes, (52) 6/(1997) 247-251.*
- PALM, G., C. SOMIA, (1997): *Einfluß unterschiedlich langer Einlagerungsphasen auf Fruchtfäulen beim Apfel im ULO Lager. Mitteilungen des Obstbauversuchsringes des Alten Landes, (52) 6/(1997), 252-258.*
- SCHULTE, E. (1997): *Bitterfäule des Apfels-Infektion, Infektionsbedingungen Auftreten im Lager, Bekämpfung Dissertation, Uni Hannover.*