



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Volkswirtschaftsdepartement EVD

Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil ACW
Extension

„Qualität ist, wenn der Kunde wiederkommt und nicht das Produkt“

Qualitätssicherung in der Karotten-Produktionskette

Projektbericht



Andreas Kägi, Pamela Crespo, Robert Baur, Lukas Bertschinger, Ernst Höhn und Werner Heller

31. Dezember 2007



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Volkswirtschaftsdepartement EVD
Staatssekretariat für Wirtschaft SECO



Volkswirtschaftsdirektion
des Kantons Zürich
Europafachstelle



Verband schweizerischer Gemüseproduzenten
Union maraîchère suisse
Unione svizzera produttori di verdura

Inhaltsverzeichnis

1	Kurzfassung	3
2	Einleitung und Zielsetzung	5
3	Analyse der Qualitätsprobleme	7
3.1	Ziel	7
3.2	Methoden	7
3.2.1	Betriebe	7
3.2.2	Temperatur	7
3.2.3	<i>Chalara</i> -Kontamination	8
3.3	Resultate	8
3.3.1	Lagerbedingungen	8
3.3.2	Temperaturverlauf beim Einlagern	9
3.3.3	<i>Chalara</i> -Kontamination beim Auslagern	10
3.3.4	Waschprozesse	11
3.3.5	Umgang mit Abfällen	12
3.3.6	Kreuzkontamination beim Waschvorgang	12
3.3.7	Stoffflussanalyse	13
3.3.8	Temperaturverlauf bis in die Verkaufsregale	13
3.4	Fazit	14
4	Boden (Anbau/Ernte)	15
4.1	Ziel der Untersuchungen	15
4.2	Material und Methoden	16
4.3	Resultate und Diskussion	18
4.4	Fazit	22
5	Lagerung	23
5.1	Ziel der Untersuchungen	23
5.2	Material und Methoden	24
5.3	Resultate und Diskussion	25
5.4	Fazit	30
6	Waschprozess	31
6.1	Ziel der Untersuchungen	31
6.2	Material und Methoden	31
6.3	Resultate und Diskussion	33
6.4	Fazit	37
7	Verteilung/ Verkauf	38
7.1	Ziel der Untersuchungen	38
7.2	Material und Methoden	38
7.3	Resultate und Diskussion	40
7.4	Fazit	45
8	Weitere Versuche	46
8.1	Ziel der Untersuchungen	46
8.2	Material Methoden	47
8.3	Resultate und Diskussion	48
8.4	Fazit	51
9	Weitere Qualitätsprobleme	52
10	Zusammenfassung	55
11	Wissenstransfer	58
12	Gesamtfazit/ Empfehlungen und Schlussfolgerungen	58
13	Dank	61
14	Literaturverzeichnis	62

1 Kurzfassung

Die Karotte ist bei weitem das wichtigste Produkt der schweizerischen Freiland-Gemüseproduktion. In den letzten Jahren haben aber Qualitätsprobleme, insbesondere Befall mit *Chalara*-Pilzen, an Intensität zugenommen. Im Dezember 2005 wurde das Projekt «Qualitätssicherung bei Karotten»* – kurz: «QS-Karotten» gestartet, um die Bedingungen im Verlauf der Produktions- und Verarbeitungskette zu untersuchen, welche zu den Qualitätsproblemen führen.

Im ersten Teil des Projektes wurden die Abläufe der Prozesse genau dokumentiert und analysiert.

In Zusammenarbeit mit sechs Lager- und Verarbeitungsbetrieben wurden die Bedingungen beim Ein- und Auslagern des Erntegutes sowie beim Waschvorgang untersucht. Während der Lagerung wurden zudem Temperaturmessungen aufgezeichnet. Ungewaschene Karotten wurden auf eine Kontamination mit *Chalara*-Pilzen getestet. Weiter wurden Informationen zum Waschprozess gesammelt und die Möglichkeiten von Kreuzkontaminationen untersucht.

Bei diesen Untersuchungen wurde festgestellt, dass beim Einlagern des Erntegutes die Abkühlung der Ware auf die empfohlene Lagertemperatur (0-1 °C) oft länger als eine Woche dauerte. Zudem wurde gemessen, dass das Erntegut während der Lagerung ungenügend gekühlt war. Bei 52% der angelieferten Posten konnten im Erdbesatz *Chalara*-Pilze nachgewiesen werden. Die Mehrheit der Karottenproduzenten war davon betroffen. Nördlich der Alpen scheint keine Anbauregion vom Problem verschont zu sein. Im Waschwasser konnten in jedem Abschnitt des Waschprozesses *Chalara*-Pilze nachgewiesen werden. Die Waschprozesse in den Betrieben waren bezüglich Wasserbewirtschaftung unterschiedlich. In Waschbetrieben, welche hauptsächlich mit Kreislaufwasser waschen, konnten vermehrt *Chalara*-Flecken festgestellt werden.

Zudem zeichneten Temperatur-Messkarten auf, dass die Karotten während Transport und Vertrieb oft ungenügend gekühlt werden. Auch andere Pilze wie *Pythium* sp. *Fusarium* sp. und *Stemphylium* führten während der Lagersaison 2005-2006 zu Qualitätsproblemen.

Aus diesen Untersuchungen konnte gefolgert werden, dass die Gründe für die Qualitätsprobleme bei der Verbreitung von Karotten-Pathogenen über die ganze Veredelungskette und die häufig ungenügende Kühlung der Karotten liegen. Ein hohes Risiko für Qualitätsprobleme, insbesondere bei *Chalara*-Pilzen, ist der Waschprozess. Dabei können Pathogene auf nicht befallene Chargen gelangen und diese infizieren (Kreuzkontaminationen).

Anhand dieser Situationsanalyse konnten Boden, Lagerung, Waschprozess und Verteilung/Verkauf als wichtige Kontrollpunkte festgelegt werden. An diesen Punkten soll das Risiko von Infektionen der Karotten insbesondere durch *Chalara*-Pilze reduziert werden. Dazu wurden Maßnahmen definiert.

*Finanzielle Unterstützung von, SECO, Kanton Zürich, SWISSCOFEL, VSGP und ACW

In der zweiten Projektphase (2006-2007) wurden diese Maßnahmen auf Testbetrieben in Versuchen implementiert und ihre Wirkung zur Verbesserung der Karottenqualität überprüft.

Betreffend Kontrollpunkt Boden wurden in vier Gemüsebau-Gebieten in der Schweiz insgesamt 12 Parzellen beprobt, auf denen im Vorjahr Karotten angebaut wurden. Die Bodenproben der Parzellen wurden mit einem modifizierten Nachweistest auf eine Kontamination mit *Chalara*-Pilzen untersucht. Da in allen Parzellen Pilze in unterschiedlicher Intensität nachgewiesen wurden, konnten entsprechende Anbauempfehlungen gemacht werden. Untersuchungen hatten aber auch gezeigt, dass eine Kontamination des Bodens nicht zwingend zu *Chalara*-Befall der Karotten führt. Zur Minimierung des Infektionsrisikos bei der Ernte sollten die Karotte möglichst bei kühler Witterung schonend geerntet werden.

Um Empfehlungen zur Qualitätsverbesserungen am Kontrollpunkt Lager entwickeln zu können, wurde während der Lagersaison 2006/2007 ein umfangreicher Lagerungsversuch in sechs Praxisbetrieben durchgeführt. Dabei wurden der Einfluss von *Chalara*-Pilzen im Erdbesatz, der Folieneinlage in Paloxen sowie der Temperatur- und Lagerführung auf die Qualität und Ausbeute von Lagerkarotten untersucht. Der Versuch zeigte, dass *Chalara*-Pilze im Erdbesatz jeweils dann einen sehr geringen Einfluss auf die Qualität der Karotten haben, wenn die Waschbedingungen optimal angelegt sind. Der Einsatz von Plastikfolien in Paloxen konnte die Qualität und die Ausbeute der Karotten je nach Lagertechnik stark verbessern. Auch die Einhaltung der empfohlenen Lagerungsbedingungen mit moderner Kühltechnik reduziert das Risiko von Qualitätsproblemen am Lager.

In verschiedenen Versuchen wurden Maßnahmen zur Reduktion einer Infektion mit *Chalara*-Pilzen während des Waschprozesses untersucht. Unterschiedliche Verfahren zur Desinfektion von gewaschenen Karotten wurden getestet, erzielten aber nicht die gewünschten Wirkungen. Eine signifikante Qualitätsverbesserung konnte nur durch eine zusätzliche abschließende Spülung mit Frischwasser unter Hochdruck erzielt werden. Durch dieses Spülverfahren konnte der *Chalara*-Befall an gewaschenen Karotten um 85-93% reduziert werden.

Beim Kontrollpunkt Verteilung und Verkauf werden viele Qualitätsprobleme oft erst erkennbar. Da *Chalara*-Pilze in den letzten Jahren an der Verkaufsfrent vermehrt zu Qualitätseinbussen geführt hatten, wurden diese Pilze betreffend Auftreten und Entwicklung bei verschiedenen Temperaturen untersucht. Es zeigte sich, dass die Temperatur für Karotten möglichst unter 8°C gehalten und die Einhaltung der Kühlkette möglichst lange gewährleistet werden müssen.

Um die Qualitätsprobleme bei Karotten nachhaltig zu lösen, erarbeitete das Projektteam von „QS-Karotten“ eine gründliche Analyse der Situation und identifizierte dann geeignete Kontrollpunkte. Für diese Kontrollpunkte wurden wirksame Maßnahmen erarbeitet. Diese wurden in umfangreichen Versuchen in Zusammenarbeit mit der Praxis getestet und analysiert, um wirkungsvolle Empfehlungen an die Praxis weiterzuleiten. Alle empfohlenen Maßnahmen wurden in einem kurzen Manual für die Praxis zusammengefasst. Werden diese Empfehlungen in der gesamten Kette von Karottenproduktion bis –vermarktung berücksichtigt, können die Schlüsselprobleme vermieden und somit grosse Fortschritte in der Verbesserung der Qualität erzielt werden.

2 Einleitung und Zielsetzung

Die Karotte ist mit fast 10 kg pro Kopf und Jahr eines der am meisten konsumierten Gemüse in der Schweiz. Über 90% der Karotten stammt aus der Inlandproduktion (Quelle: VSGP, 2006). In den letzten Jahren sind bei Karotten vermehrt Qualitätsprobleme aufgetreten, wie Bitterkeit und Schwarzverfärbung, Schürfspuren, heterogene Sortierung. Der Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil ACW lagen Daten vor, welche darauf hinwiesen, dass sich die Probleme in Zusammenhang mit der Verseuchung der für den Anbau genutzten Böden durch *Chalara*-Pilze, weiter verbreiten und an Intensität zunehmen. Vom Karottenanbau über Ernte und Lagerung bis zur Verkaufsstelle gibt es mehrere Faktoren, welche die Qualität negativ beeinflussen können. Genaue Anhaltspunkte über diese Faktoren fehlten noch. Die beteiligten Produzenten, Lagerhalter und Abpackbetriebe konnten deshalb wenig zur Vermeidung der Qualitätsprobleme beitragen. Die Rückweisungen von Ware mit ungenügender Qualität erreichten 2004/2005 ein nicht mehr akzeptables Ausmass. Wichtige Information und Methoden fehlten, um das Problem nachhaltig in den Griff zu bekommen.

ACW hat deshalb ein Projekt „Qualitätssicherung in der Karottenproduktionskette“ in Zusammenarbeit mit der Gemüsebranche initiiert. SWISSCOFEL, VSGP und der Kanton Zürich konnten für die Finanzierung von 50% der Projektkosten gewonnen werden. Die Integration des Projektes in ein europäisches Interreg III C-Projekt ermöglichte eine Kofinanzierung des Projektes durch das SECO (ca. 50%). Ergänzt wurden die Mittel durch Eigenleistungen von ACW. Das Projekt wurde im Dezember 2005 gestartet.

In der ersten Projektphase wurden kritische Kontrollpunkte, welche die Karottenqualität beeinflussen, festgelegt. Dazu wurde die aktuelle Situation in der ganzen Karottenproduktions- und -Verarbeitungskette untersucht und dokumentiert.

Die festgelegten Kontrollpunkte waren:

Tabelle 1: Kontrollpunkte der ersten Projektphase

Kontrollpunkt	Prüffragen
1. Boden	Wie stark sind die Böden mit <i>Chalara</i> kontaminiert?
2. Lagerung	Welche Auswirkungen hat der Einsatz von Plastikfolien in den Paloxen auf die Qualität der Karotten?
3. Enterden	Kann ein systematisches trockenes Enterden vor dem Waschen die <i>Chalara</i> -Kontaminationen im Waschwasser reduzieren?
4. Waschprozess	Kann ein zusätzlicher Spülungsschritt mit Frischwasser nach dem Einweichen und nach dem Bürsten eine <i>Chalara</i> -Kontamination der gewaschenen Karotten reduzieren?
5. Verteilung/ Verkauf (Kühlung nach dem Konditionieren)	Kann durch Einhaltung der Kühlkette bis in die Verkaufsregale eine Verbesserung der Qualität erreicht werden?

In der zweiten Phase wurden die festgelegten Kontrollpunkte überprüft und Massnahmen definiert, um den Produzenten, Lagerhaltern, Waschbetrieben und Verkaufsstellen Empfehlungen abgeben zu können. Der Kontrollpunkt „Enterden“ wurde aufgrund von anderen Versuchsergebnissen nicht weiter untersucht und wird daher im Folgenden nicht mehr als Kontrollpunkt aufgeführt. Die zu treffenden Massnahmen wurden für die anderen vier Kontrollpunkte festgelegt.

Boden: In vier Gemüsebau-Gebieten in der Schweiz wurden verschiedene Bodentypen auf Kontamination mit *Chalara*-Pilzen getestet. Zudem wurden in verschiedenen Untersuchungen Bekämpfungsstrategien zur Reduktion der Population der *Chalara*-Pilze im Boden überprüft.

Lagerung: Während der Lagersaison 2006/2007 wurde ein umfangreicher Lagerungsversuch durchgeführt. In diesem Versuch konnten die Einflüsse einer *Chalara*-Kontamination im Boden, die Verwendung von Plastikfolien in Paloxen und die Temperatur- und Lagerführung auf die Qualität und die Ausbeute der Lagerkarotten untersucht werden.

Waschprozess: Um den Waschprozess zu optimieren, wurden auf Praxisbetrieben erfolgreiche Untersuchungen mit einem zusätzlichen abschliessenden Spülschritt mit Frischwasser unter Hochdruck durchgeführt.

Verteilung/Verkauf: Umfangreiche Untersuchungen an der ACW konnten den Einfluss der Temperatur auf Auftreten und Entwicklung von *Chalara*-Pilzen aufzeigen. Dabei wurden Karotten künstlich mit *Chalara*-Pilzen inokuliert und bei unterschiedlichen Temperaturen gelagert.

Das vorliegende Dokument ist der Schlussbericht des Projektes „QS-Karotten“. Im ersten Teil werden die Untersuchungen der Situationsanalyse der ersten Projektphase kurz erläutert. Diese Ergebnisse wurden bereits im Zwischenbericht des Projektes von P. Crespo ausführlich dargestellt.

Im zweiten Teil werden die einzelnen Kontrollpunkte besprochen und Untersuchungen diesbezüglich vorgestellt. Dabei werden die für diese Kontrollpunkte definierten Massnahmen betreffend Wichtigkeit und Wirksamkeit zur Verbesserung der Qualität der Karotten gewichtet.

Nach vier Kapiteln zu den Kontrollpunkten Boden, Lagerung, Waschprozess und Verteilung/Verkauf werden im Kapitel „Weitere Versuche“ zusätzliche Untersuchungen und im Kapitel „Weitere Qualitätsprobleme“ zusätzliche Krankheitserreger der Karotten beschrieben.

Zum Schluss werden die gesammelten Erkenntnisse und Analysen der intensiven Forschungsarbeit des „QS Karottenprojektes“ diskutiert und Empfehlungen und Schlussfolgerungen abgeleitet.

3 Analyse der Qualitätsprobleme

3.1 Ziel

Im Dezember 2005 wurde das Projekt „QS-Karotten“ gestartet, um herauszufinden, welche Bedingungen im Verlauf der Produktions-, Lagerungs- und Verarbeitungskette zu Qualitätsproblemen führen. In dieser ersten Projektphase wurden die Temperaturbedingungen in den Lagern und ab Verpackung und die *Chalara*-Kontaminationen in den Waschbetrieben genauer untersucht.

3.2 Methoden

3.2.1 Betriebe

Die Lagerungs- und Verarbeitungsprozesse der Karotten wurden während der Lagersaison 2005-2006 in sechs Schweizer Betrieben untersucht und dokumentiert. Es wurden die Bedingungen beim Ein- und Auslagern des Erntegutes sowie beim Waschvorgang analysiert.

Die beteiligten Betriebe waren:

- Fenaco, Marthalen (ZH)
- Gemüsezentrale, Rebstein (SG)
- Rathgeb-Biolog AG, Unterstammheim (ZH)
- Schwab-Guillod AG, Müntschemier (BE)
- Spavetti AG, Kerzers (FR)
- Steffen-Ris AG, Utzenstorf (BE)

Bei der Erfassung des Temperaturverlaufes wurden Messungen auch im Aussenlager in Hüttwilen (TG) und Wideroltigen (BE) durchgeführt.

Damit die Vertraulichkeit der erhobenen Daten gewährleistet war, wurden den Betrieben zufällig Buchstaben zugeordnet, die auch bei der Veröffentlichung verwendet wurden.

3.2.2 Temperatur

Der Temperaturverlauf bei der Einlagerung wurde mit Temperaturloggern (HOTDOG DT2 und DT1, Hamster A AT1 und Ecolog) gemessen. Dabei wurden Logger während der Ernte in Paloxen platziert. Die Paloxen wurden in verschiedenen Höhen in die Lagerräume gestellt. Bei der Auslagerung wurden die Logger ausgewertet.

Um die Temperatur der Karotten ab Verpackung und während des Transports bis in die Verkaufsregale zu messen, wurden Temperatur-Messkarten (VarioSens® Basic Karten der Firma KSW Microtec AG) eingesetzt. Diese Karten wurden beim Abpacken der Karotten in 10 Kisten platziert und zeigten die Temperatur alle 30 min auf. Um die Messungen möglichst praxisüblich zu gestalten, wurden die Kisten nicht speziell gekennzeichnet, und die Filialen, Transporteure und Verteilzentren wurden nicht im Voraus über deren Einsatz informiert. In den Kisten mit den Messkarten wurde eine kurze Anleitung mit einem auszufüllenden Protokoll

und ein frankiertes Antwortcouvert beigelegt. Die Messkarten blieben in den Kisten bis die Karotten ausverkauft waren.

3.2.3 *Chalara*-Kontamination

Informationen über den Stofffluss, Wasserbewirtschaftung und Abfallentsorgung wurden mit einem Fragenkatalog über die Waschleistung pro Tag, die Ausbeute einer Paloxe, den Erdbesatz an den Karotten, die Frisch- und Abwassermengen, die Verweilzeiten der Karotten während des Waschens, die Filteranlagen, die Entsorgung von Abfällen und die Kühlung der Karotten erfasst. Zudem wurden unterschiedliche Waschanlagen besichtigt.

Proben von Karotten, Waschwasser und Schlamm wurden in verschiedenen Bereichen der Verarbeitungskette entnommen und auf *Chalara*-Pilze untersucht. Während der Lagersaison 2005-2006 wurden ungewaschene Karotten aus den sechs Betrieben auf *Chalara*-Pilze im Erdbesatz geprüft. Um das Risiko einer Kreuzkontamination während des Waschprozesses richtig beurteilen zu können, wurden ungewaschene und gewaschene Karotten vom gleichen Posten auf *Chalara*-Pilze untersucht.

Aus zwei Betrieben wurden Wasserproben (Frischwasser, Abwasser und Schlamm) entnommen und auf *Chalara*-Pilze geprüft.

Chalara-Pilze im Boden wurden mit der „Karottenfalle“ (Yarwood 1946), nachgewiesen. Im Rahmen des Projektes wurden neue Verfahren entwickelt, um Karotten, Wasser und auch Bodenproben auf *Chalara*-Pilze zu testen.

3.3 Resultate

Durch die Auswertung des Fragenkataloges und aus Gesprächen mit Mitarbeitern der Verarbeitungsbetriebe konnten die Abläufe von der Ernte bis zur Verkaufsfrost festgehalten und dokumentiert werden.

3.3.1 Lagerbedingungen

Lagerkarotten werden nach der Ernte ungewaschen meist in gelochte Plastikfolien eingeschlagen und in Paloxen stapelweise eingelagert. Die Plastikfolie verhindert Feuchtigkeitsverluste während der Abkühlungsphase. Der Sollwert der Temperatur in den Lagerräumen liegt zwischen 0 und 1 °C. Die Ist-Temperatur wird je nach Lager ausserhalb der Paloxen gemessen. In den untersuchten Lagern wurden keine CO₂-Werte gemessen. Es wurde während 24 h zweimal 1 h belüftet.

Der Erdbesatz kann je nach Boden zwischen 4-30% des Einlagerungsgewichtes betragen. In den meisten Fällen werden die Karotten bis Ende April ausgelagert. Einige Betriebe stellten nach dem dritten Lagerungsmonat eine deutliche Qualitätsabnahme fest. Gegen Ende der Lagerzeit kann der Ausfall durch Qualitätsmängel bis 70% betragen.

3.3.2 Temperaturverlauf beim Einlagern

Am 26. und 27. Oktober 2005 wurden Temperaturlogger in drei Lagern eingesetzt. Direkt nach der Ernte wurden Temperaturen zwischen 13-16 °C gemessen. Eine Woche später lagen die Temperaturen in den Paloxen noch deutlich über 1°C. Auch am 9. November wurde gemessen, dabei lag die Temperatur direkt nach der Ernte bei 8 °C. Nach einer Woche konnten bereits in drei Paloxen Temperaturen von 1 °C gemessen werden.

Tabelle 2: Temperaturen direkt nach der Ernte (26. und 27.10.05), 24 h und 7 Tage später

ID Nummer	Lager	Ort im Stapel	Temperatur [°C]		
			Ernte	Nach 24 h	Nach 7 Tagen
10686	A	Unten	14	5	2
14490	A	Mitte	14	9	3
49396	A	Mitte	16	12	4
12581	A	Oben	15	14	6
14028	G	Unten	14	14	5
14029	G	Mitte	16	15	7
14493	G	Oben	15	14	6
10687	H	Unten	13	12	7
49395	H	Mitte	13	15	7
12646	H	Oben	13	14	6

Tabelle 3: Temperaturen an verschiedenen Stellen in einem Stapel direkt nach der Ernte (09.11.05), 24 h und 7 Tage später

ID Nummer	Lager	Ort im Stapel	Temperatur [°C]		
			Ernte	Nach 24 h	Nach 7 Tagen
10049	A	1	8	8	2
10112	A	2	8	8	2
10113	A	3	8	7	2
10114	A	4	8	8	1
10134	A	5	8	8	2
10138	A	6	8	8	1
10142	A	7	8	8	3
10143	A	8	8	8	1
10110	A	9	8	8	6
12587	A	10	8	8	6

Nach 20 Tagen lagen die Temperaturen in den meisten Paloxen unter 2 °C. Bis die Temperaturen in den Paloxen auf die erwünschten 0.5 °C abgekühlt waren, dauerte es unterschiedlich lange. In einer Paloxe blieb die Temperatur während der gesamten Lagerzeit über 2 °C. Innerhalb eines Stapels von Paloxen wurden Temperaturunterschiede von unten nach oben von bis zu 3 °C gemessen. Grössere Temperaturschwankungen wurden vor allem in den ersten drei Wochen nach dem Einlagern festgestellt. Die Temperaturbedingungen in den Lagerräumen waren nicht homogen.

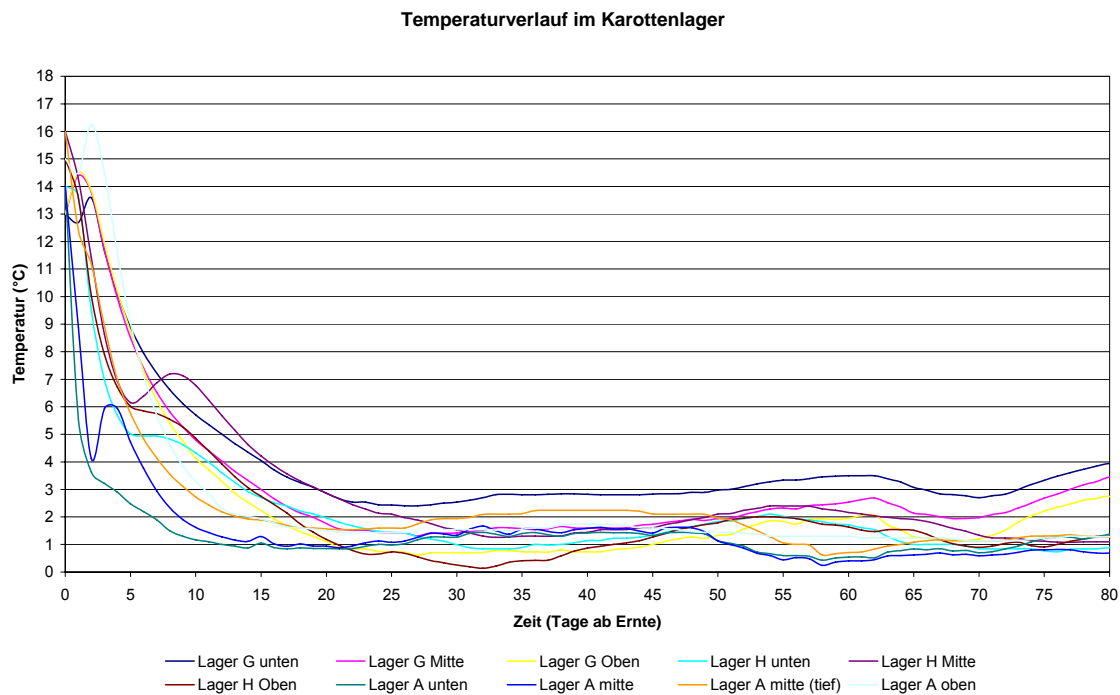


Abbildung 1: Temperaturverlauf in Paloxenstapeln in den Lagern A, G, H

3.3.3 Chalara-Kontamination beim Auslagern:

Nach Angaben der Lagerhalter war die Karotten-Lagersaison 2005-2006 geprägt durch grosse qualitative Probleme, welche im Laufe der Lagersaison an Bedeutung stark zunahmten. Ein Hauptproblem war der Befall mit *Chalara*-Pilzen. Auch andere Qualitätsprobleme mit schwarzen, trichterförmigen, tief in das Karottengewebe eindringende Faulstellen traten auf. Pilze aus der Gattung *Stemphylium sp.* waren dafür verantwortlich.

In den sechs Betrieben wurde der Erdbesatz an ungewaschenen Karotten mit dem Schütteltestverfahren (siehe Kapitel 4.2) auf *Chalara*-Pilze untersucht. Insgesamt wurden 671 Proben von 116 verschiedenen Produzenten getestet. In 52% der Proben konnte *Chalara*-Pilze in unterschiedlicher Intensität nachgewiesen werden. Jeder Betrieb und jede Region war von kontaminierten Posten betroffen. Bei Dreiviertel der Produzenten war der Erdbesatz mit *Chalara*-Pilzen kontaminiert.

3.3.4 Waschprozesse

Bei der Besichtigung der Waschanlagen konnten die ganzen Abläufe während des Waschprozesses aufgezeichnet und analysiert werden. Zudem wurden bei verschiedenen Stufen im Waschprozess in beiden Betrieben Wasserproben entnommen und auf eine Kontamination mit *Chalara*-Pilzen getestet (Abbildung 2). In allen Proben, in denen Betriebswasser (blau) (Kreislaufwasser) oder Abwasser (grün) untersucht wurde, konnten *Chalara*-Pilze nachgewiesen werden.

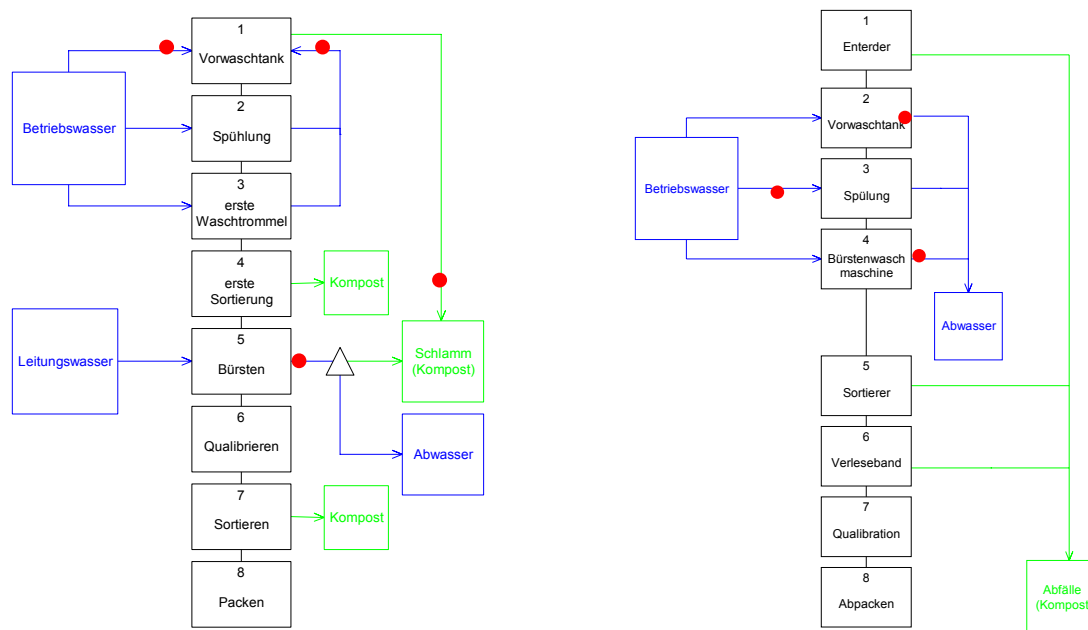


Abbildung 2: Karottenwaschanlagen Betriebe A und E (rote Punkte= Wasserprobe)

- Beim Enterden werden die Karotten aus der Paloxe auf ein Förderband gekippt und bei trockenen Bedingungen von Erde und Steine getrennt.
- Im Vorwaschtank wird Wasser zugegeben. Mit einem Luftstrom werden die Karotten vorgereinigt. Alle 5 min wird das Becken zu 2/3 entleert und neues Wasser nachgefüllt. Die Verweilzeit der Karotten im Vorwaschtank dauert zwischen einigen Minuten bis zu einer Stunde. Nach dem Vorwaschtank werden die Karotten zur Waschanlage mit Wasserdüsen gespült.
- Bei der Bürstenwaschmaschine werden die Karotten in einer Trommel nass gebürstet. Das Wasser fließt kontinuierlich aus der Trommel ab.
- Der Kleinteile-Sortierer entfernt Steine oder zu kleine Karotten.
- Auf dem Verleseband werden die mangelhaften (Faule, Geschrumpfte, Risse usw.) Karotten von Hand aussortiert.
- Auf der Kalibrieranlage werden die Karotten nach Grösse sortiert und in „Offen-Verkaufsware“ oder Abpackware getrennt.

3.3.5 Umgang mit Abfällen

In den meisten Betrieben werden die Abwässer aus der Waschanlage in die Kläranlage abgegeben. Teilweise wird das Wasser durch Absetzen der Sedimente rudimentär aufbereitet. Der Schlamm gelangt in Absetzbecken und wird, wie auch Erdabfälle, unbehandelt auf den Feldern verteilt. Pflanzliche Abfälle werden als Tierfutter verwendet oder auf dem Feld kompostiert.

Im Frühjahr 2006 wurden zufällig acht Sedimentproben von Bewässerungskanälen im Seeland entnommen und untersucht. In 5 der 8 Proben konnten *Chalara*-Pilze nachgewiesen werden. Es wird vermutet, dass die Sedimente durch Oberflächenabschwemmungen oder Sickerung mit *Chalara*-Pilzen kontaminiert wurde. Bewässerungswasser aus diesen Kanälen stellt ein hohes Risiko für die Verbreitung von *Chalara*-Pilzen auf unkontaminierte Parzellen dar.

3.3.6 Kreuzkontamination beim Waschvorgang

Um das Risiko von Kreuzkontaminationen zu beurteilen, wurden Proben von Karotten vor und nach dem Waschprozess entnommen und mit dem Schütteltestverfahren auf *Chalara*-Pilze untersucht. Für diese Untersuchung wurden zwei Betriebe mit unterschiedlichen Waschprozessen ausgewählt.

Beim Betrieb E wurde keine signifikante Veränderung in der Kontamination der Karotten mit *Chalara*-Pilzen vor und nach dem Waschen festgestellt. Auf dem Betrieb F hingegen waren die Karotten nach dem Waschen tendenziell häufiger und auch stärker kontaminiert.

Tabelle 4: Anzahl befallene Proben vor und nach dem Waschen im Betrieb E

Kontaminationsgrad	Anzahl Proben	
	Ungewaschen	Gewaschen
>75%	11	11
25-75%	3	3
<25%	10	11
Negativ	16	13

Tabelle 5: Anzahl befallene Proben vor und nach dem Waschen im Betrieb F

Kontaminationsgrad	Anzahl Proben	
	Ungewaschen	Gewaschen
>75%	3	6
25-75%	2	4
<25%	1	1
Negativ	6	0

Diese Ergebnisse können durch die unterschiedlichen Waschprozesse erklärt werden. Im Betrieb F wurde das Waschwasser nach der Bürstenmaschine in einem Absatzbecken gesammelt und wieder verwendet (Kreislaufwasser). Im Betrieb E wurde beim Waschen der Karotten auf Kreislaufwasser verzichtet. Das Risiko von Kreuzkontamination während des Waschprozesses konnte dadurch reduziert werden. Wird Kreislaufwasser verwendet, dann muss mit einer optimalen Aufbereitung des Kreislaufwassers, bei der die *Chalara*-Pilze effizient abgetötet

werden, das Risiko von Kreuzkontamination während des Waschprozesses minimiert werden (siehe Kapitel 8, S. 45).

3.3.7 Stoffflussanalyse:

Genauere Angaben über Ausbeute und Verluste konnten aufgrund der Betriebsdaten nicht gemacht werden. Die Ausbeute variierte in Abhängigkeit vom Produzenten recht stark. Ein Erdbesatz von 5-10% ist anzustreben. Im Betrieb (D) wurde mit einer mittleren Ausbeute von 70% gerechnet.

3.3.8 Temperaturverlauf bis in die Verkaufsregale:

Von zehn Temperaturmesskarten in den Karottenkisten konnten sechs ausgewertet werden. Vier Karten konnten nicht ausgewertet werden. Die Auswertung der Formulare in den Karottenkisten, lieferte Informationen über Beginn und Ende der Messung und die Zeitdauer vom Waschenprozess bis ins Verkaufsregal. In der Abbildung 3 sind die Temperaturkurven dargestellt.

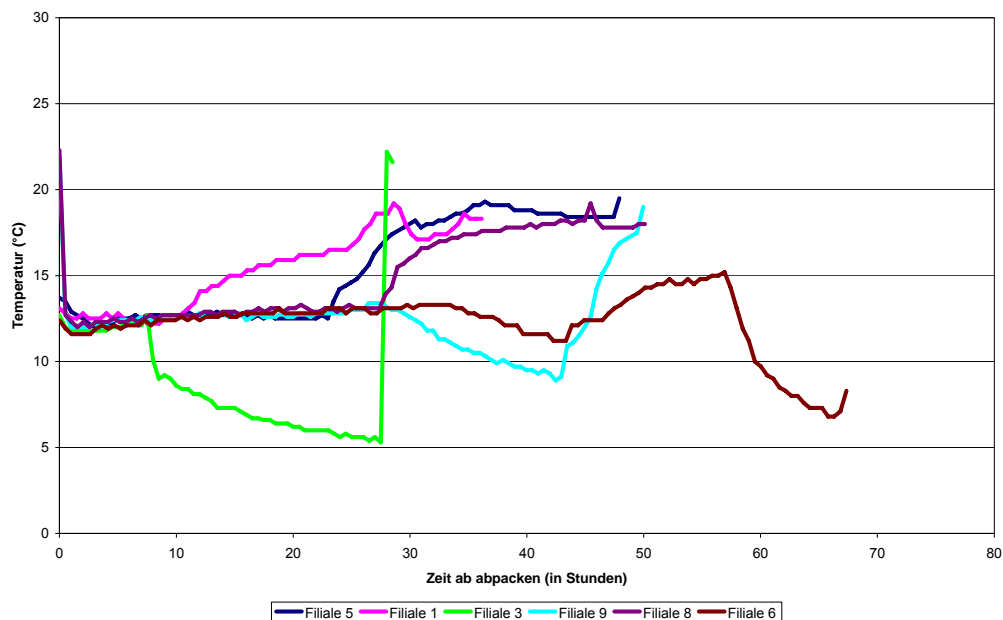


Abbildung 3: Temperaturverlauf vom Waschprozess bis in die Verkaufsregale

Nach dem Verpacken in die Kisten wurden die Karotten mit Lastwagen in die Verteilzentren transportiert, und von dort in die Filialen. In drei Filialen wurden die Kisten abgekühlt. Während des Transportes lag die Temperatur bei 12 °C. Die Temperatur stieg in den meisten Fällen gegen 20 °C an, sobald die Kisten an die Verkaufsfront gestellt wurden. Diese Angaben können nur mit Vorbehalt gemacht werden, da die genauen Zeitpunkte und Stationen der Kisten unbekannt waren. Um die Wirkung dieser Temperaturkurven auf die vorhandenen *Chalara*-Pilze an Karotten zu untersuchen, war es notwendig, diese Verhältnisse unter Laborbedingungen zu simulieren.

3.4 Fazit

Die Abläufe vom Feld bis in die Verkaufsregale wurden in Bezug auf das Qualitätsproblem mit *Chalara*-Pilzen analysiert. Lagerkarotten aus kontaminierten Parzellen werden mit den *Chalara*-Pilzen im Erdbesatz eingelagert. Werden die Paloxen in den ersten Wochen nur ungenügend abgekühlt, so können sich die Pilze in den bei der Ernte unvermeidlichen Verletzungen am Lager entwickeln. Nach dem Auslagern können sich die Pilze durch das Einweichwasser beim Waschprozess auf den Karotten homogen verteilen. Dabei gelangen auch Pilze auf unbefallene Karotten. Das Risiko einer Ansammlung von *Chalara*-Pilzen ist im Kreislaufwasser besonders hoch. Nach dem Waschprozess werden die Karotten konditioniert und in Beutel oder lose in Gebinde abgefüllt. In den meisten Fällen werden die Karotten nach dem Waschen bis an die Verkaufsfront nicht weiter gekühlt. Dadurch können sich vorhandene *Chalara*-Pilze auf den Karotten zu schwarzen Flecken entwickeln.

Aus der Analyse der Ist-Situation wird ersichtlich, dass

- Krankheitserreger über die ganze Karottenkette mitgeschleppt werden.
- Temperaturen während der ganzen Kette oftmals zu hoch sind, um die Weiterverbreitung der *Chalara*-Pilze zu stoppen.
- beim Waschprozess eine Reduktion der Pilze erzeugt werden kann, aber auch eine homogene Verteilung auf wenig oder nicht befallene Chargen erfolgt.
- die Entsorgung von Ausschuss-Karotten, Schlämmen und Erde weitgehend unhygienisiert erfolgt.

Aufgrund dieser Analyse und den geschilderten Untersuchungen wurden die kritischen Kontrollpunkte identifiziert und festgelegt. In den nächsten Kapiteln werden Untersuchungen zu den einzelnen Kontrollpunkten und daraus resultierende Ergebnisse dargestellt.

4 Boden (Anbau/Ernte)

4.1 Ziel der Untersuchungen

Die Karotte ist eines der wichtigsten Gemüse in der Schweiz. Leider ist sie sehr anfällig auf *Chalara*-Pilze. Die *Chalara*-Pilze (*Chalara elegans* und *Chalara thielavioides*) (Abbildung 4) sind in den Böden weltweit verbreitet und können als Pathogene vieler Kulturen nachgewiesen werden (Labuschagne, 1996).

Tabelle 6: Auflistung der Wirtspflanzen von *Chalara* sp.

Anfällig	Schwach anfällig	Nicht anfällig
Buschbohne	Kartoffeln	Weizen
Erbsen	Kohlarten	Roggen
Klee	Zichorien	Mais
Luzerne	Kopfsalat	
Zucchini / Gurken	Zwiebeln	
Melonen / Kürbisse	Randen / Mangold	
Karotten	Zuckerrüben	
Tabak		
Grünpargel		
Kirsche		
Himbeere		

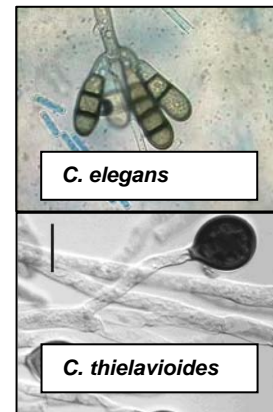


Abbildung 4:
Chalara-Pilze

Die Pilze sind bodenbürtig und bilden beim Befall von Karotten auf deren Oberfläche ein hellgraues bis weisses Pilzgeflecht und später schwarze Dauersporen. Die Dauersporen der Pilze sind fähig, während mehreren Jahren im Boden infektiös zu bleiben. Durch Wurzelausscheidungen von Wirtspflanzen werden sie zur Keimung und Infektion angeregt. *Chalara*-Pilze sind echte Krankheitserreger (Pathogene) mit einem kurzen Vermehrungszyklus, welche auch unverletzte Karotten infizieren können. Die Pilze befallen nur lebende Wirtspflanzen. Kalkhaltige, mittelschwere bis schwere Böden mit einem pH-Wert höher als 6 sind generell günstig für die Entwicklung der *Chalara*-Pilze (Villeneuve, 2005).

Aufgrund von engen Fruchtfolgen und der hohen Anfälligkeit von Luzerne und vielen Kleearten, die in Grasmischungen enthalten sind, konnten sich hohe *Chalara*-Populationen über die Jahre entwickeln. Dies ist sicherlich mit ein wichtiger Grund für die vermehrten Probleme mit Schwarzverfärbungen und Bitterkeit von Karotten verursacht durch *Chalara*-Pilze. Die Schwarzfärbung der Karotten entsteht erst nach der Ernte und hauptsächlich nach dem Waschprozess und wird durch die Bildung von Dauersporen des Pilzes hervorgerufen. Diese Dauersporen werden bereits wenige Tage nach der Infektion gebildet. Die Bitterkeit der Karotten beruht auf einer Ansammlung des Stoffes Isocumarin, dessen Bildung durch die Pilz-Infektion verursacht wird.

Durch Bodenpartikel an Schuhen, Fahrzeugreifen, und Maschinen, aber auch durch Kompostierung von kontaminierten Rüstabfällen oder Bewässerung mit kontaminiertem Waschwasser können sich die Pilze von Parzelle zu Parzelle ausbreiten. Wie bei vielen bodenbürtigen Pathogenen sind chemische Bekämpfungsmassnahmen auf den Parzellen sehr uneffizient.

Alternativverfahren zum Karottenscheiben-Test (Yarwood, 1946) wurde zur Analyse der Kontamination von Bodenproben und des Erntegutes entwickelt und angewandt. Die Bodenproben wurden Parzellen entnommen, auf denen im Vorjahr Karotten angebaut wurden. Ziel der Untersuchungen war, die Verteilung von *Chalara*-Pilzen in den Parzellen zu bestimmen und Empfehlungen für die Beprobung von Parzellen zu formulieren. Weiter wollte abgeklärt werden, welcher Zusammenhang zwischen der *Chalara*-Kontamination in den Böden und dem Befall durch *Chalara*-Pilze an gewaschenen Karotten besteht. Die Untersuchungen ausgewählter Parzellen wurden im Mai 2006 gestartet und dauerten bis Ende August 2007.

Werden Karotten bei der Ernte stark verletzt, entwickeln sich *Chalara*-Pilze aus dem Erdbesatz hauptsächlich in diesen Verletzungen. Ein weiteres Ziel war es daher, Empfehlungen zu Erntezeitpunkt und Erntetechnik zu formulieren.

4.2 Material und Methoden

Um *Chalara*-Pilze nachweisen zu können, beschrieb Yarwood im Jahr 1946 den Karottenscheiben-Test. Dazu werden Erdproben in Petrischalen ausgelegt und mit Karottenscheiben von *Chalara*-freien Karotten belegt, für 10 bis 14 Tage bei Raumtemperatur (20°C) im Dunkeln inkubiert und anschließend auf Befall durch *Chalara*-Pilze untersucht. Die *Chalara*-Pilze wachsen nur in direkten Kontakt mit den Karottenscheiben.

Der Test ist in dieser Form nur qualitativ: Er bestätigt eine Kontamination des Bodens mit *Chalara*-Pilzen, gibt aber keine Auskunft über das Ausmass der Kontaminationen. Um eine halbquantitative Aussage über die Verteilung von *Chalara*-Pilzen in einer Probe vornehmen zu können, wurde der Karottenscheiben-Test modifiziert. Anstelle von Karottenscheiben wurden „Karottensticks“ verwendet. Die „Sticks“ wurden vertikal in die Bodenprobe gesteckt. Für eine Probe wurde ca. 1 Liter Erde aus dem Obergrund (0-30cm) mit einem Bohrer entnommen und in einen Pflanzbeutel abgefüllt. Der Bohrer wurde zwischen den einzelnen Proben mit Haushaltsessig desinfiziert.

Eine Probe wurde mit 14 Karottensticks bestückt. Nach 10 – 14 Tagen wurden die Sticks wieder aus der Erdprobe entnommen und auf *Chalara*-Befall untersucht (Abbildung 5). Anhand der Anzahl befallener Karottensticks konnte eine Probe als nicht, schwach, mittel oder stark verseucht quantifiziert werden (Tabelle 7).



Abbildung 5: Erdprobe mit Karottensticks

Tabelle 7: Beurteilung von *Chalara*-Befall in einer Erdprobe

Chalara-Befall	Beurteilung
0 Sticks	kein Befall
1-3 Sticks	schwach
4-7 Sticks	mittel-stark
8-14 Sticks	stark

Mit Verdünnungsreihen wurde die Empfindlichkeit dieses Nachweisverfahrens ermittelt. Es wurde zu *Chalara*-freier Erde Konidien und Chlamydosporen der *Chalara*-Pilze in unterschiedlichen Konzentrationen zugegeben. Dadurch entstand eine Verdünnungsreihe mit 1, 10, 100, 1000, oder 10'000 Sporen je ml Erde. Es wurde deutlich, dass bereits 100 Sporen/ml Erde zu einem mittel-starken Befall der Sticks führten. Sind mehr als 1000 Sporen/ml Erde vorhanden, ist diese gemäß dem Test als stark befallen zu bezeichnen. (Abbildung 6)

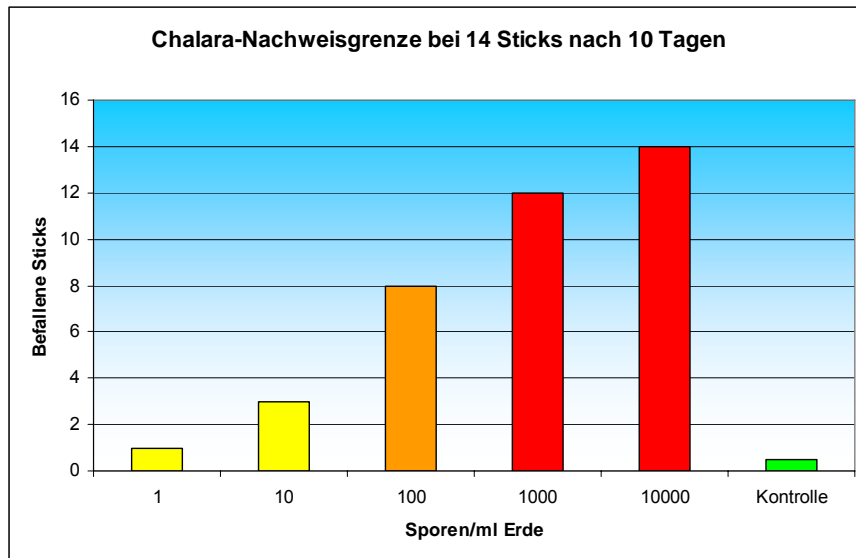


Abbildung 6: Empfindlichkeit des Nachweisverfahrens auf *Chalara*-Pilze

Der Erdbesatz an ungewaschenen Karotten nach der Ernte oder der Lagerung wurde mit der „Schütteltestverfahren“ auf *Chalara*-Pilze geprüft. Dazu wurden sechs Karotten in einen Plastikbeutel mit 500ml Seramis (Blähton, Masterfood AG Zug) verpackt. Der Plastikbeutel wurde anschließend auf einer Maschine mit 170 RPM (Rotation Per Minute) während zweieinhalb Stunden gut geschüttelt. Durch die Reibung entstanden leichte Verletzungen auf den Oberflächen der Karotten. In diesen Verletzungen konnten sich die *Chalara*-Pilze leichter entwickeln. Nach dem „Schütteln“ wurden die Karotten in Plastikbeuteln im Dunkeln bei 20° C inkubiert. Nach 7 Tagen wurden die sechs Karotten auf *Chalara*-Flecken untersucht. Dabei wurde die Befallsstärke (Intensität) und die Befallshäufigkeit (Frequenz) der *Chalara*-Pilze untersucht und bestimmt. Bei positiven Proben erlaubt eine Beobachtung unter dem Binokular (Leica Wild M8, Heerbrugg) eine Unterscheidung der beiden *Chalara*-Pilze.



Abbildung 7: Beurteilung der Befallsstärke (Intensität) des *Chalara*-Befalls

4.3 Resultate und Diskussion

Während der Anbauperiode 2006 wurden in vier Gemüsebau-Gebieten in den Kantonen St. Gallen (SG-1 bis SG-3), Zürich (ZH-1 bis ZH-3), Luzern (LU-1 bis LU-3) und Bern/Fribourg (BE/FR-1 bis BE/FR-3) insgesamt 12 Parzellen beprobt, auf denen im Vorjahr Karotten angebaut wurden. Von jeder Parzelle wurden mindestens 50 – 100 Einzelproben entnommen. Die Proben konnten folgenden Bodentypen zugeordnet werden (Anzahl Proben): sandiger Lehm (6), schluffiger Lehm (1), humoser Lehm (3) und Moorböden (2). Die pH-Werte lagen im neutralen bis leicht alkalischen Bereich (pH-Wert 6,7-8,2). Im Mittel wurden Parzellen von 1 bis 2 ha Fläche beprobt. Insgesamt wurden mehr als 900 Obergrund-Bodenproben auf *Chalara*-Pilze untersucht.



zugeordnet werden (Anzahl Proben): sandiger Lehm (6), schluffiger Lehm (1), humoser Lehm (3) und Moorböden (2). Die pH-Werte lagen im neutralen bis leicht alkalischen Bereich (pH-Wert 6,7-8,2). Im Mittel wurden Parzellen von 1 bis 2 ha Fläche beprobt. Insgesamt wurden mehr als 900 Obergrund-Bodenproben auf *Chalara*-Pilze untersucht.

Abbildung 8: Gemüsebau-Gebiete mit Untersuchungen von Parzellen auf *Chalara*-Befall

Wie aus der Abbildung hervorgeht, konnten *Chalara*-Pilze in allen Parzellen unabhängig von Bodentyp und Anbauregion nachgewiesen werden. Jedoch gibt es deutliche Unterschiede von Parzelle zu Parzelle bezüglich der Befallsstärke der einzelnen Einzelproben. Zwei Parzellen (SG-1; SG-3) waren schwach mit *Chalara*-Pilzen kontaminiert. In diesen beiden Parzellen konnte in 50% der Einzelproben keine *Chalara*-Kontamination nachgewiesen werden. Vier Parzellen waren mittelstark und sechs Parzellen eher stark mit *Chalara*-Pilzen kontaminiert (Abbildung 9).

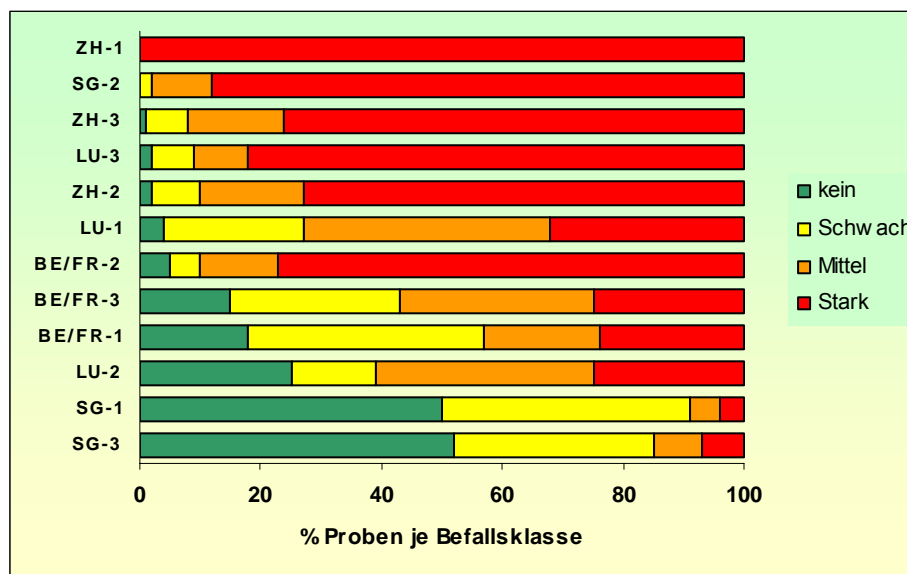


Abbildung 9: *Chalara*-Befall in den beprobten Parzellen

Um einen genauen Überblick über die Befallsintensität und die Verteilung mit *Chalara*-Pilzen in einer Parzelle zu erhalten wären Einzelproben ideal. Die Kontamination mit *Chalara*-Pilzen ist innerhalb einer Parzelle oft nicht homogen. (Abbildung 10) Einzelproben sind sehr teuer und extrem zeitaufwändig. Deshalb wurden von sechs ausgewählten Parzellen Mischproben, nach der praxisüblichen „N_{min}-Probeentnahme“ mit mindestens 30 Einstichen pro Hektare aus dem Oberboden (0-30cm) entnommen. Zusätzlich wurden auch Mischproben nach dem gleichen Raster wie die Einzelproben erstellt. So konnten die Ergebnisse bezüglich *Chalara*-Kontamination aus den Einzelproben mit den Mischproben verglichen werden. Es konnte aufgezeigt werden, dass eine stark mit *Chalara*-Pilzen kontaminierte Parzelle sowohl mit Einzelproben als auch mit Mischproben nachgewiesen werden konnte. War eine Parzelle nur schwach kontaminiert, war auch die Befallsintensität der "Karottensticks" in den Mischproben schwach.

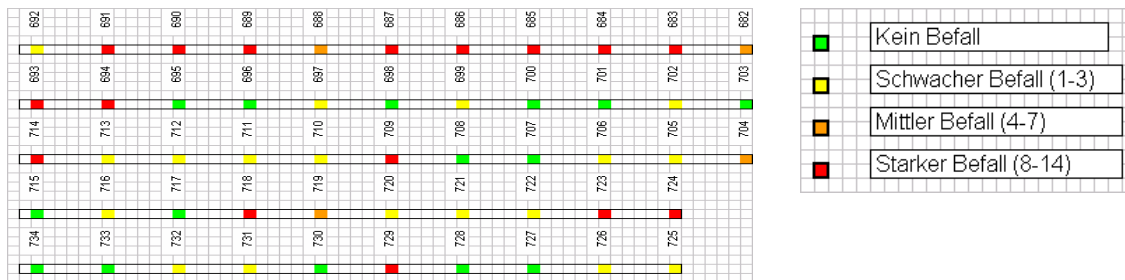
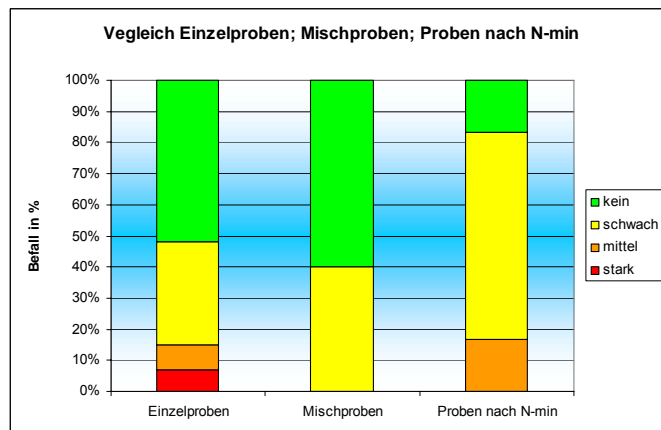
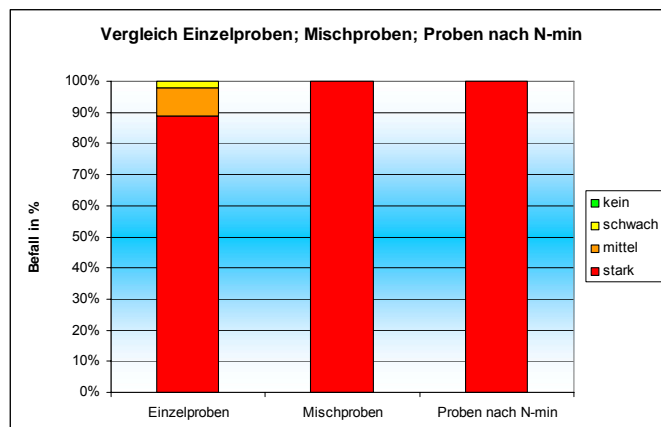


Abbildung 10: *Chalara*-Befall innerhalb einer Parzelle



Bei dieser Parzelle waren über 80% der Einzelproben nicht oder nur schwach mit *Chalara*-Pilzen kontaminiert. Die Mischproben waren ebenfalls nur schwach oder nicht kontaminiert. Bei der Mischprobe nach N_{min} mit 30 Einstichen pro Hektare ergab der *Chalara*-Nachweis mit den "Karottensticks" ein vergleichbares Ergebnis wie mit Einzelproben.

Abbildung 11: Schwach kontaminierte Parzelle



Diese Parzelle war mit 90% der Einzelproben stark mit *Chalara*-Pilzen kontaminiert. Bei den Mischproben und der Beprobung nach N_{min} wurde ebenfalls eine starke *Chalara*-Kontamination mit 100% nachgewiesen werden.

Abbildung 12: Stark kontaminierte Parzelle

Ergebnisse der Beprobungen aus dem Jahr 2006 vermitteln den Anschein, dass auf einen Anbau von Lagerkarotten aufgrund der *Chalara*-Kontaminationen verzichtet werden muss. Dies ist aber keineswegs der Fall, denn eine Kontamination mit *Chalara*-Pilzen im Boden führt nicht zwingend zu kranken Karotten am Lager oder an der Verkaufsfrent. In mehreren Versuchen konnte diese These bestätigt werden. Karotten aus einer schwach kontaminierten Parzelle waren an der Verkaufsfrent stark mit *Chalara*-Pilzen befallen. In anderen Versuchen wurde wenig *Chalara*-Befall an den gewaschenen Karotten festgestellt, obwohl diese Karotten auf einer mittelstark *Chalara* kontaminierten Parzelle produziert worden sind. Es sind daher auch weitere Faktoren in der Produktionskette wie Erntetechnik, Kühllagerung, Waschprozess und Verletzungen für das Auftreten von *Chalara*-Pilzen auf den Karotten entscheidend. In den Kapiteln 5-8 wird beschrieben, wie geeignete Massnahmen bezüglich diesen Faktoren zu einwandfreien Karotten an der Verkaufsfrent beitragen.

Um das Qualitätsproblem mit Schwarzverfärbungen und Bitterkeit längerfristig lösen zu können, muss aber die Dichte der *Chalara*-Pilze im Boden reduziert werden. Deshalb ist es sinnvoll, Parzellen, die für den Karottenanbau vorgesehen sind, auf *Chalara*-Pilze zu testen. Dabei kann eine Mischprobe für eine N_{\min} -Analyse problemlos auch für einen *Chalara*-Nachweis verwendet werden. Das Labor Ins (Labor Ins AG, Herrenhalde 80, 3232 Ins) bietet dazu Untersuchungen an.

Obwohl der Nachweistest mit den „Karottensticks“ schon bei sehr geringen Pilzkonzentrationen im Boden reagiert, haben andere Untersuchungen ergeben, dass bereits 10 *Chalara*-Sporen pro ml Waschwasser ausreichen, um Qualitätsprobleme an den Karotten zu verursachen.

Es gilt daher, Parzellen für den Anbau auszuwählen, die nicht oder schwach mit *Chalara*-Pilzen kontaminiert sind. Dies gilt speziell für den Anbau von Lagerkarotten. Stark kontaminierte Parzellen sind für die Produktion von Karotten möglichst zu meiden. Ist dies nicht möglich, sollten diese Parzellen ausschließlich für die Produktion von Konserven- oder Saftkarotten verwendet werden.

Um das Risiko einer Infektion mit *Chalara*-Pilzen bei der Ernte zu vermeiden, sind Erntezeitpunkt und Erntetemperatur genau zu beachten. Ein optimaler Erntezeitpunkt für Lagerkarotten bezüglich Ertrag und Qualität liegt zwischen Mitte Oktober und Anfang November. Die Ernte sollte bei möglichst kühler Witterung erfolgen. Die Bodentemperatur in einer Tiefe von 10 cm darf 10 °C nicht übersteigen. Bei der Ernte und dem Abfüllen in die Paloxen gilt es Verletzungen wo immer möglich zu vermeiden. Nach der Ernte müssen die Karotten unverzüglich auf unter 1 °C gekühlt werden.

Wegen des breiten Wirtspflanzenspektrums der *Chalara*-Pilze ist auch die Fruchtfolge zu beachten. Die Kulturpflanzen sind unterschiedlich stark auf *Chalara*-Pilze anfällig. In den 70er Jahren war in der Schweiz *Chalara elegans* praktisch nur in Zusammenhang mit Tabak bekannt (Bovey, 1972). Im Gegensatz zu Tabak sind bei Karotten bis jetzt keine resistenten Sorten bekannt. Bei den meisten Wirtspflanzen hat eine Infektion mit *Chalara*-Pilzen eine Ertragsreduktion zur Folge, da die Wurzeln geschwächt werden. Auch diverse Unkräuter wie Amarant, Hirtentäschel, Portulak, Vogelmiere und Taubnessel können *Chalara*-Pilzen als

Wirtspflanze dienen. Vor allem anfällige Kulturen wie Leguminosen sollten in der Karotten-Fruchtfolge nicht angebaut werden.

Der Anbau von Karotten sollte nicht nach Kunstwiese mit Kleeanteil oder Luzerne, Erbsen oder Sojabohnen erfolgen. Hingegen ist ein Karottenanbau nach Weizen, Roggen und Mais zu bevorzugen, sofern der *Chalara*-Infektionsdruck in der Parzelle gering ist. Eine Aktivierung der Bodenorganismen mit organischen Düngern und Gründüngung trägt ebenfalls dazu bei, das Problem einzudämmen. Als Gründüngung, die vor dem Karottenanbau eingearbeitet wird, empfiehlt sich Grünschnittroggen bzw. Ölrettich oder Senf (Biofumigation).

Bei der Biofumigation werden Senfsorten mit hohem Glukosinolatgehalt direkt vor der Saat der Karotten angebaut. Nach dreimonatiger Kulturdauer oder kurz vor der Blüte wird der Senfbestand bei genügender Bodenfeuchte zerkleinert (gemulcht) und rasch eingearbeitet. Im Boden werden die Pflanzenreste durch Enzyme in flüchtige und für Krankheitserreger giftige Stoffe abgebaut. In den untersuchten Bodenproben, konnte ein leichter Rückgang von *Chalara*-Pilzen im Boden von biofumigierten Parzellen nachgewiesen werden (Abbildung 13). Nach 10 Tagen sind die flüchtigen Stoffe aus dem Boden entwichen, und die Karotten können gesät werden.

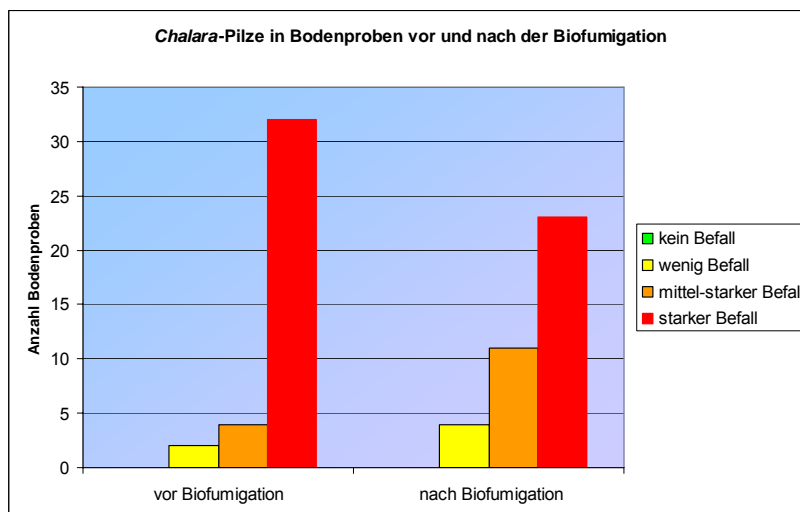


Abbildung 13: *Chalara*-Befall vor und nach einer Biofumigation

Obwohl durch die Biofumigation die *Chalara*-Population im Boden leicht reduziert werden konnte, muss damit gerechnet werden, dass *Chalara*-Pilze nie vollständig aus kontaminierten Parzellen verschwinden werden. Wenn die Fruchtfolge ein Anbau von Senf zulässt, wäre die Biofumigation eine langfristige Strategie, die Konzentration der Pilze im Boden auf ein verträgliches Maß zu senken. Da Senf zur Familie der Kreuzblütler zählt, ist in der Fruchtfolge auf andere Bodenkrankheiten wie Kohlhernie zu achten.

Um das Risiko einer weiteren Verschleppung der Pilzsporen zwischen den Parzellen zu reduzieren, müssen Maschinen beim überbetrieblichen Einsatz von Erde gereinigt werden. Auf eine Feldrandkompostierung von Rüstabfällen ist zu verzichten.

4.4 Fazit

- 1. Parzellen, die für den Karottenanbau vorgesehen sind, sollten auf *Chalara*-Befall getestet werden.**
- 2. Dazu reicht eine Mischprobe, wie sie für eine N-min Beprobung entnommen wird, wobei diese aus mindestens 30 Einstichen/ha bestehen soll.**
- 3. Stark kontaminierte Parzellen sind für den Anbau von Karotten möglichst zu meiden!**
- 4. Unter Einhaltung verschiedener Massnahmen (Siehe Kapitel 5-8) kann selbst von *Chalara*-kontaminierten Parzellen einwandfreie Ware angeboten werden. Die Kontamination der Parzellen muss aber langfristig reduziert werden. Nur so lässt sich die weitere Zunahme und Verbreitung der Pilzsporen vermeiden.**
- 5. Fruchtfolge beachten! (Einsaaten mit Klee meiden)**
- 6. Wenn von der Bewirtschaftung her möglich: Biofumigation anwenden.**
- 7. Die Karotten Mitte Oktober anfangs November bei kühler Witterung schonend ernten.**

5 Lagerung

5.1 Ziel der Untersuchungen

Nach der Ernte von Karotten wird der Grossteil in gekühlten Lagerräumen eingelagert. Die Lagerräume befinden sich meist bei den Wasch- und Packbetrieben, teilweise aber auch direkt bei den Produzenten. Karotten werden ungewaschen, mit einem Erdbesatz zwischen 5 - 20% oder sogar mehr eingelagert. Optimal wären 10%. In den Lagerräumen sollte die Temperatur zwischen 0 bis 1 °C liegen und eine hohe relative Luftfeuchtigkeit um 98-99% vorhanden sein. Der Stoffwechsel in den Karotten geht auch nach der Ernte weiter. Dabei werden Sauerstoff (O₂) aufgenommen, Reservestoffe verbraucht und Kohlendioxid (CO₂) gebildet.

Im ersten Teil des Projektes, wurden die Bedingungen während der gesamten Lagerung der Karotten erfasst und analysiert. Unter anderem wurden die Temperaturen in den Paloxen während der Lagerung gemessen. Es hat sich dabei gezeigt, dass die Abkühlgeschwindigkeit und die Kühlung des Ernteguts während der Lagerung oftmals ungenügend sind. Die Karotten-Lagersaison 2005/06 war geprägt durch Qualitätsprobleme, verursacht durch Befall mit *Chalara*-Pilzen, die vor allem über den Erdbesatz von kontaminierten Parzellen in die Lagerbetriebe gelangen.

Während der Lagersaison 2006/2007 wurde darum ein Lagerungsversuch unter Praxisbedingungen durchgeführt. Es wurde untersucht, welchen Einfluss *Chalara*-haltiger Erdbesatz an den Karotten, die Einlage von Plastikfolien in den Paloxen sowie die Temperatur- und Lagerführung auf die Qualität und Ausbeute von Lagerkarotten haben.

Es sollte aufgezeigt werden, ob ein direkter Zusammenhang zwischen der Abkühldauer sowie der Lagertemperatur und dem *Chalara*-Befall von Karotten besteht. Da Plastikfolien die Abkühldauer verlangsamen, wurden im Versuch die Varianten mit und ohne Einlage von Folien verglichen. Um die Auswirkungen von unterschiedlichen Lagerbedingungen auf den *Chalara*-Befall an den Karotten zu untersuchen, wurden Karotten von gleicher Herkunft in sechs Praxisbetrieben während fünf Monaten gelagert.

Beim Einfluss der unterschiedlichen Lagerbedingungen auf die Ausbeute, wurden auch die technischen Einrichtungen in den Lagern verglichen. Dabei wurden vor allem die Abkühlgeschwindigkeit in den Paloxen, die Lagertemperatur, die Lagergröße und die Kühltechnik verglichen.

5.2 Material und Methoden

Die Karotten stammten von einer schwach bis stark mit *Chalara*-Pilzen verseuchten Parzelle im Seeland. Für den Versuch wurden nur Karotten aus dem stark *Chalara* verseuchten Teil der Parzelle verwendet.

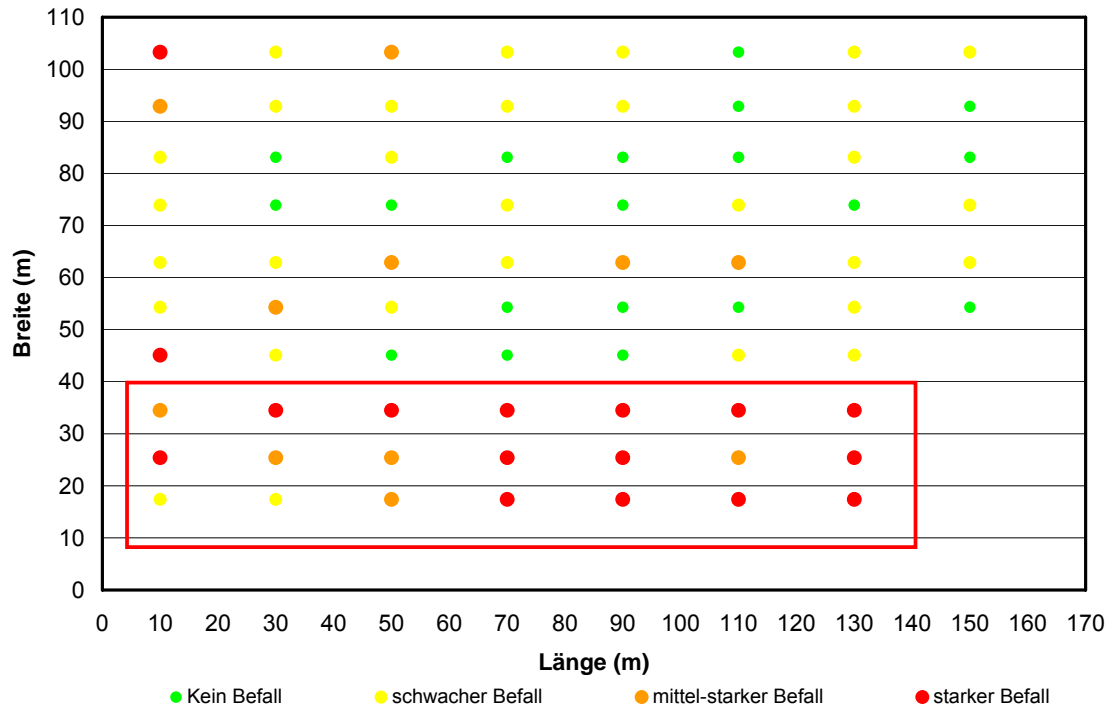


Abbildung 14: *Chalara*-Befall der Parzelle für den Lagerungsversuch

Es wurden insgesamt 17 Tonnen Karotten in 36 Holzpaloxen geerntet. Um den Einfluss verschiedener Lagerführungen zu untersuchen, wurden die Paloxen auf sechs Lager in der Schweiz verteilt. In jedem Lager wurden drei Paloxen mit und drei Paloxen ohne Plastikfolie während fünf Monaten gelagert. Die verwendeten Folien waren gelocht, um den Gasaustausch zu gewährleisten.



Abbildung 15: Holzpaloxen mit und ohne Folieneinlage

Nach der Lagerung erfolgten die Zusammenführung und das Waschen der Karotten. Die Karotten wurden ausschließlich mit Frischwasser gewaschen, danach sortiert und die Ausbeute an marktfähigen Karotten bestimmt. Faule, geschrumpfte, zu kleine respektive zu große Karotten sowie solche mit Krankheitssymptomen oder Rissen wurden aussortiert (Abgang).

Die Kontamination des Erdbesatzes an den ungewaschenen Karotten wurde vor und nach der Lagerung auf *Chalara*-Pilze untersucht.

Nach dem Waschen und Sortieren wurden aus jeder Paloxe Proben von gewaschenen Karotten entnommen. Die Karotten wurden in Plastikbeutel verpackt, und 7 Tage bei 20 °C (Shelf life Test) gelagert und dann auf von Auge sichtbare schwarze *Chalara*-Flecken untersucht.

Weitere Qualitätsmerkmale wie das Trockengewicht, die titrierbare Gesamtsäure sowie die Gehalte an Zucker (Brix) und an Bitterstoff (Isocumarin) wurden an allen Proben bestimmt

5.3 Resultate und Diskussion

Die Einlagerungstemperatur der Karotten in den Paloxen lag zwischen 12 und 14 °C. Die Lagerbetriebe konnte die Karotten in den Paloxen ohne Folie innerhalb von 3 Tagen auf unter 4 °C und innerhalb 10 Tagen auf unter 2 °C herunterkühlen. In den Paloxen mit Folien verlief die Abkühlungsgeschwindigkeit langsamer. Nach 3 Tagen lagen die Temperaturen in den Paloxen mit Folie etwas höher bei zwischen 5 und 9 °C und nach 10 Tagen zwischen 3 und 5 °C. Die gemessene Temperatur in diesen Paloxen lag während der ganzen Lagerzeit um etwa 1 °C höher als in denjenigen ohne Folie.

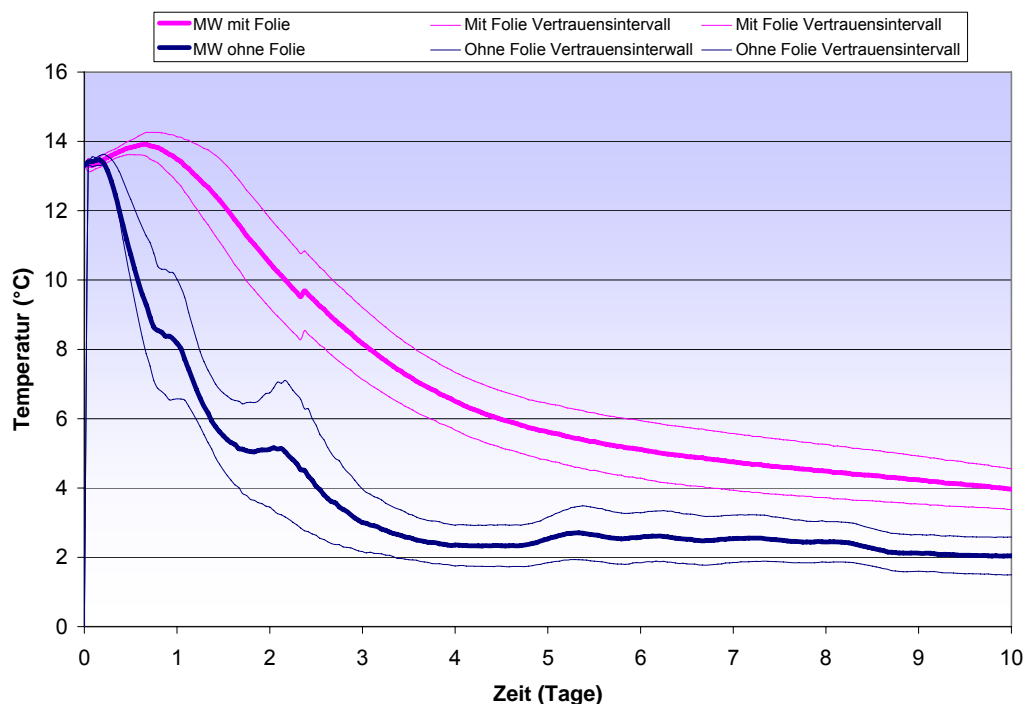


Abbildung 16: Temperaturverlauf in den Paloxen mit und ohne Folien

Alle Paloxen hatten ein Einlagerungsgewicht von über 450kg (siehe Abbildung 17). In den Paloxen mit Folien war die Ausbeute an marktfähigen Karotten tendenziell höher als in solchen ohne Folien, und variierte zwischen 275 und 356kg, was einer Ausbeute zwischen 60 und 75% entspricht. Bei den Varianten „ohne Folie“ wurde nur eine Ausbeute von 34 bis 67% erreicht. So konnte im Lager B im Durchschnitt aus einer Paloxe „mit Folie“ 290kg an verkaufbarer Ware erzielt werden. Mehr als doppelt soviel wie „ohne Folie“, wo der Wert bei 137kg lag. Es wurde zudem festgestellt, dass bei den Varianten „ohne Folie“ die Unterschiede zwischen den Lagern ausgeprägter waren. In den Lagern (A,B,E) wurde beobachtet, dass die Karotten „ohne Folie“ in den Paloxen stärker austrockneten und sich während der Lagerdauer „gummige“ Karotten bildeten. In den anderen Lagern wurden in den Paloxen ohne Folien aber keine „gummigen“ Karotten festgestellt

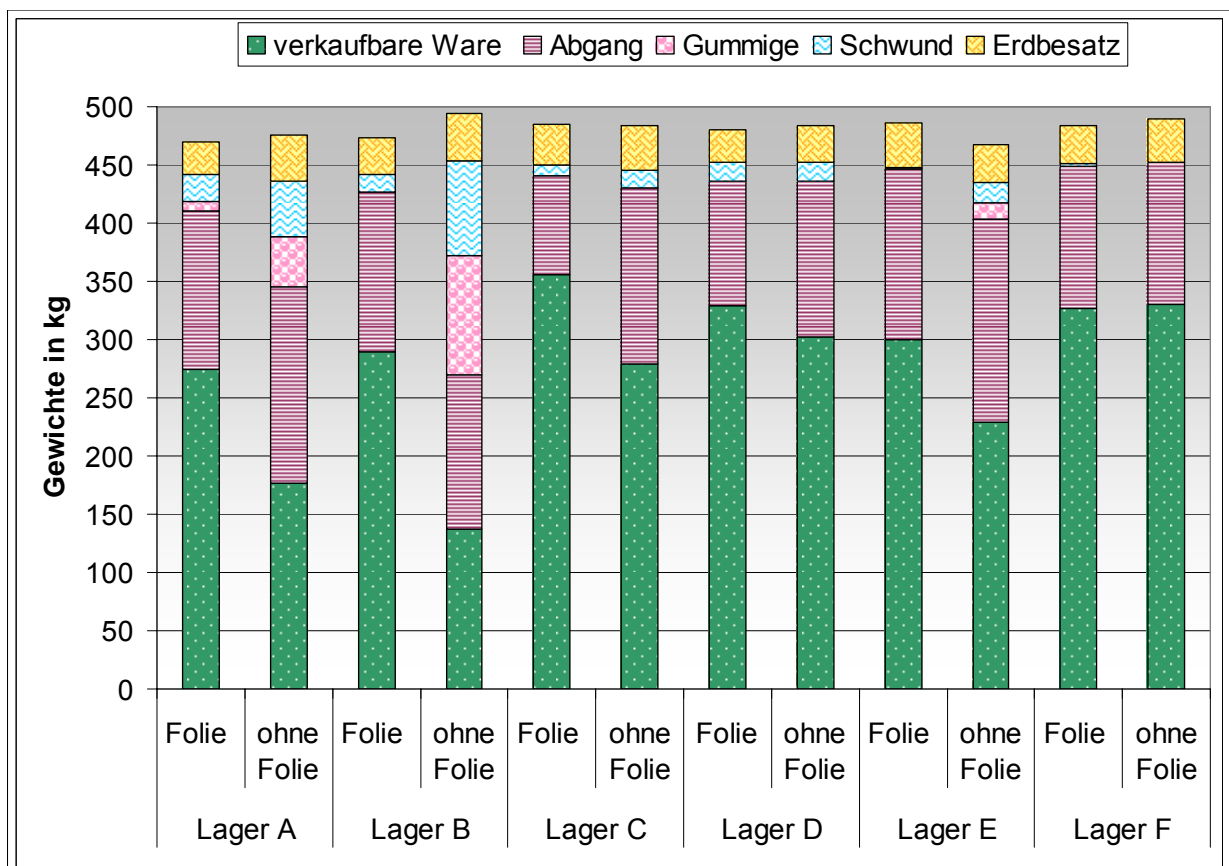


Abbildung 17: Ertrag und Aufteilung der Verluste in den sechs Lagern

Als die Paloxen aus den Lagern genommen wurden, war kein *Chalara*-Befall an den ungewaschenen Karotten sichtbar.

Nach der Lagerung konnte auch keine Vermehrung der *Chalara-Pilze* im Erdbesatz nachgewiesen werden.

Im Shelf life Test wiesen nur ein Prozent der gewaschenen und während 7 Tagen bei 20 °C gelagerten Karotten *Chalara*-Befall auf.

Im Lager B bildeten sich während der Lagerung hohe Konzentrationen an Bitterstoffen (Isocumarin). Die effektiven Ursachen für diese hohen Konzentrationen sind in Abklärung. In Bezug auf die Zuckergehalte, Gesamtsäure, Trockensubstanz und pH-Werte konnten zwischen den Lagern keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden.

Die eigentliche Infektion mit *Chalara*-Pilzen erfolgt häufig erst während der Lagerung. Die Pilzsporen im Erdbesatz werden durch die während der Ernte verursachten Verletzungen an den Karotten zur Keimung und Infektion angeregt. Da sich *Chalara*-Pilze bei Temperaturen unter 2 °C nicht entwickeln, gilt es, das Erntegut möglichst schnell auf die empfohlene Lagertemperatur von 0- 1 °C abzukühlen. Falls möglich sollte bei tiefen Temperaturen geerntet werden, und das Erntegut unverzüglich eingelagert werden. Im Lager selber muss die Kühlleistung für die Menge an eingelagertem Erntegut gewährleistet sein. Wird das Erntegut ohne Folien eingelagert, ist eine schnellere Abkühlung möglich. Dabei besteht aber ein erhöhtes Risiko durch Austrocknung bei zu tiefer Luftfeuchtigkeit. Eine hohe Luftfeuchtigkeit ist deshalb unabdingbar. Eine gute Isolation der Lagerräume reduziert die Laufzeit der Kühlanlage, und damit den Feuchtigkeitsentzug. Es ist zu beachten, dass jeder Kühlzyklus auch ein Trocknungszyklus ist. Eine optimale Auslegung der Kühlanlage und insbesondere eine große Verdampferoberfläche (kleines Δt) reduziert das Risiko der Austrocknung. Auch die Luftumwälzungen müssen optimal gesteuert werden. Bei der Einlagerung ist eine hohe Luftumwälzung für eine rasche Abkühlung sinnvoll. Ist die Lagertemperatur erreicht, sollten die Luftumwälzungen auf ein Minimum eingestellt werden. Zudem ist eine optimale Luftzirkulation zwischen den Paletten durch richtige Stapelung zu gewährleisten. Schlussendlich ist auf genügend Frischluft in den Lagern zu achten, damit der CO₂-Gehalt tief gehalten werden kann.

In allen Lagerbetrieben des Lagerungsversuches 2006/2007 konnte das Erntegut innerhalb angemessener Frist abgekühlt werden. Zudem wurde in keinem der Lager aufgrund ungenügender Kühlung *Chalara*-Befall bereits am Lager oder bei der Auslagerung festgestellt, obwohl der Erdbesatz mit *Chalara*-Pilzen kontaminiert war.

Das Ergebnis des Shelf life Testes mit sehr geringen *Chalara*-Befall der in diesem Lagerungsversuch verwendeten Karotten, ist sicherlich auch auf eine genügende Kühlung in den Lagern zurückzuführen. Aus anderen Untersuchungen geht hervor, dass der Waschprozess auf den *Chalara*-Befall einen entscheidenden Einfluss hat. Der geringe *Chalara*-Befall der gewaschenen Karotten wurde hauptsächlich durch das Waschen mit Frischwasser erreicht. Denn obwohl die Herkunftspartzele der Karotten mit *Chalara*-Pilzen stark kontaminiert war, konnten die Pilze effizient abgewaschen werden.

Bei Verwendung von rezykliertem Wasser (Kreislaufwasser) zum Waschen kann zudem eine zusätzliche, abschliessende Spülung mit Frischwasser ebenfalls zu einer Reduktion des *Chalara*-Befalls der gewaschenen Karotten führen. (siehe Kapitel 6 Waschprozess).

Optimale Lagertemperaturen wurden in allen Lagern zwar erreicht, hingegen gab es Unterschiede bezüglich der Ausbeute (verkaufbare Ware) von bis zu 62%. Der Erdbesatz war in allen Lagern und Varianten etwa gleich zwischen 5-10% (siehe Abbildung 17) und hatte auf die Unterschiede in der Ausbeute kaum Einfluss. Beim Abgang wurden jedoch deutlichere Unterschiede zwischen den Lagern festgestellt, obwohl das Ausgangsmaterial von derselben Parzelle kam. Der Abgang war zwischen 18 und 39%. Unterschiede beim Abgang von 5%-Punkten sind in der Praxis aber durchaus üblich. Eindeutige Unterschiede gab es auch bei den „gummigen“ Karotten in den Lagern A, B und E in den Varianten „ohne Folie“ gegenüber den anderen Lagern.

In den Varianten mit Plastikfolie in den Paloxen musste tendenziell weniger aussortiert werden. Viele Hinweise deuten darauf hin, dass weniger Wasserverlust (Schwund) auch zu weniger Abgang in Richtung weniger Fäulnis führt, solange die Lagertemperatur zwischen 0 bis maximal 2 °C gehalten wird. Werden die Karotten bei genügend hoher Luftfeuchtigkeit gelagert, bleibt auch der Zelldruck (Turgor) in den Karotten hoch, was diese vor Infektionen durch Pilze schützen kann. Dies erklärt möglicherweise den kleineren Abgang bei den Varianten mit Folie. In den Lagern A und B war der Wasserverlust in beiden Varianten relativ hoch. Der Abgang in diesen beiden Lagern war ebenfalls eher überdurchschnittlich. Im Lager E wurde ebenfalls ein Zusammenhang zwischen Schwund und Abgang gezeigt. In den Paloxen mit Folie konnte kaum Schwund festgestellt werden, und der Abgang lag etwas tiefer. Das Lager F bildet dabei eine Ausnahme, da bei den Varianten mit oder ohne Folie kaum Schwund festgestellt werden konnte und der Abgang trotzdem eher groß war. Während des Waschprozesses bildeten sich Risse an den Karotten, weil der Zelldruck in den Karotten aus diesem Lager sehr hoch war. Die Karotten mussten somit wegen den Rissen und nicht wegen Fäulnisflecken aussortiert werden.

Gründe für die Unterschiede zwischen den Lagern bezüglich des Wasserverlustes (Schwund) sind vor allem bei der Lagertechnik zu suchen. Die Zusammenhänge zwischen Schwund und den verschiedenen Kühlanlagen, Lagerräumen und dem Lagermanagement sind allerdings sehr vielschichtig. Der praxisübliche Grenzwert für Wasserverlust liegt bei 4%. Die Anzahl Kühlzyklen, Laufzeit der Kühlanlagen und die Zwischenräume zwischen den Paloxen spielen beim Wasserverlust eine zentrale Rolle. Tendenziell wurden aber in den größeren Lagerräumen mit moderner Kühltechnik weniger Probleme mit Wasserverlust festgestellt.

Geringe Unterschiede zwischen den Varianten mit und ohne Folie deuten darauf hin, dass vor allem die Luftzirkulation zwischen den Paloxen in diesen Lagern optimal war. Um Schwund zu vermeiden, ist der Einsatz von Folien vor allem in Lagerräumen mit weniger moderner Kühltechnik sehr empfehlenswert.

Der Lagerungsversuch zeigte auf, dass in den Varianten mit Folie im schlechtesten Fall 5% Schwund im Gegensatz zu 16% Schwund ohne Folie entstand. Wurde die Folie zudem schon von Beginn weg ganz geschlossen, entstand tendenziell weniger Wasserverlust.

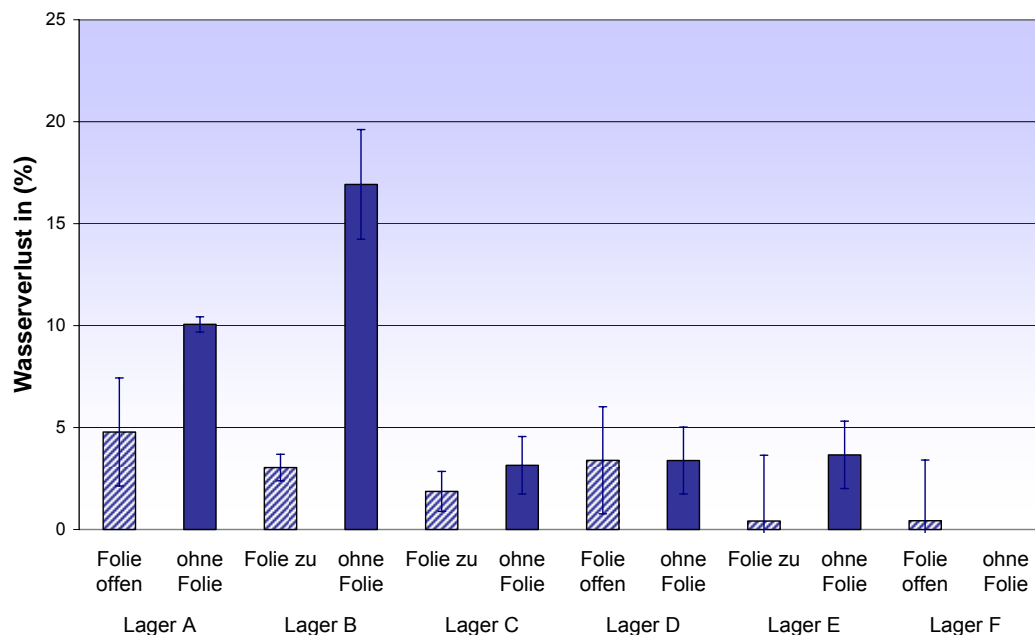


Abbildung 18: Wasserverluste in den Paloxen mit oder ohne Folie

Ist die Luftfeuchtigkeit in den Lagerräumen nicht genug hoch, können sich „gummige“ Karotten bilden. Solche Karotten konnten in drei Lagern festgestellt werden. Im Lager B betrug dieser Verlust an „gummigen“ Karotten in den Varianten ohne Folie im Durchschnitt mehr als 100kg pro Paloxe. Im gleichen Lager wurden in den Paloxen mit Folie keine „gummigen“ Karotten festgestellt.

„Gummige“ Karotten sind nicht nur ein Verlust an verkaufbarer Ware, sondern verursachen zudem einen deutlichen Mehraufwand an Zeit zum Sortieren. Um solche Verluste durch „gummige“ Karotten zu verhindern ist die Luftfeuchtigkeit im Lager, respektive vor allem in den Paloxen entscheidend, deshalb ist der Einsatz von Folieneinlagen empfehlenswert. Zudem sollte die Kühlräume bereits eine Woche vor der Einlagerung der Karotten abgekühlt und der Boden mit Wasser gut befeuchtet werden. Bei Mischlagerung, wenn Kohlgemüse zusammen mit Karotten gelagert wird, ist der Einsatz von Folien zwingend.

Der Einsatz von Folien wird zudem auch empfohlen, um Infektionen der Karotten mit Pilzsporen von kontaminierten Holzpaloxen zu vermeiden. An den Karotten aus dem Lagerungsversuch, wurden in den Varianten „ohne Folien“ vermehrt schwarze Flecken und sonstiger Pilzbefall beobachtet. Auf den Karotten konnten die Pilze *Phytium* sp. , *Fusarium* sp. und *Stemphylium* nachgewiesen werden. Vermutlich wurden diese Karotten von den Holzpaloxen her kontaminiert.

Der Einsatz von Plastik-Paloxen wäre aus verschiedenen Gründen sinnvoll: Die Paloxen könnten gut gereinigt und desinfiziert werden, was das Risiko einer Infektion durch Pilzsporen von Seite der Paloxen reduzieren würde, was bei optimaler Lagertechnik die Folieneinlage überflüssig machen würde.

Paloxen aus Holz nehmen vor allem während des Einlagerns sehr viel Wasser auf. Diese Wasseraufnahme trägt nicht nur zu einem erhöhten Austrocknungsrisiko der Karotten bei, sondern ist auch ein zu berücksichtigender Kostenfaktor. Im Lagerungsversuch betrug diese Wasseraufnahme zwischen 10 -15 kg je Paloxe.

Für die erhöhte Menge an Isocumarin (Bitterstoff), welche in den Karotten aus dem Lager B bestimmt wurde, fehlen zurzeit noch die genauen Erklärungen. Es muss aber vermutet werden, dass geringe Mengen an Ethylen über einen längeren Zeitraum in das Lager gelangen konnten und so die Bildung von Isocumarin in den Karotten ausgelöst wurde. Es gilt besonders bei der Frischluftzufuhr darauf zu achten, dass die Luft nicht in unmittelbarer Nähe von Kaminen oder Verbrennungsmotoren angesaugt wird, da bei der Verbrennung von Holz oder Erdöl geringe Mengen an Ethylen freigesetzt werden.

5.4 Fazit

- 1. Eine hohe Luftfeuchtigkeit während der Lagerung ist entscheidend, um Verluste durch Austrocknung zu vermeiden.**
- 2. Die Verwendung von Folien in den Paloxen wird je nach Lagertechnik weiterhin empfohlen. Denn trotz langsamerer Abkühlungszeit in der Plastikfolie konnte in den meisten Lagern eine höhere Ausbeute und eine bessere Qualität erzielt werden.**
- 3. Der Shelf life Test hat die Erkenntnisse aus anderen Untersuchungen bestätigt: Durch Verwendung von Frischwasser zum Waschen, kann der Befall der Karotten durch *Chalara*-Pilze signifikant reduziert werden.**
- 4. Selbst mit Karotten aus *Chalara*-kontaminierten Parzellen kann eine Haltbarkeit (Shelf life) von 7 Tagen bei Raumtemperatur (20 °C) erreicht werden, was die Ansprüche an der Verkaufsfrent erfüllen sollte. Allerdings, wenn empfohlenen Lagerbedingungen (siehe Handbuch Gemüse) und strikte Waschstandards eingehalten werden.**

6 Waschprozess

6.1 Ziel der Untersuchungen

In einem Grossteil der Wasch- und Konditionierungsbetriebe werden Karotten mit rezykliertem Wasser („Kreislaufwasser“) gewaschen. Mindestens am Ende des Waschprozesses müssen gemäß Vorschriften die Karotten mit Wasser von Trinkqualität („Frischwasser“) gespült werden. In den meisten Fällen erfolgt dies im letzten Abschnitt der Waschtrommel oder der Bürstmaschine.

Die abschließende Spülung mit Frischwasser rieselt oft nur auf die Karotten oder vermischt sich in vielen Fällen mit dem Kreislaufwasser. Solche Vermischungen finden bei der Anwendung von Bürstmaschinen ebenfalls statt. In diesen Bürstmaschinen wird zu Beginn mit Kreislaufwasser und gegen Ende nach Vorschrift mit Frischwasser gespült. Durch die Rotationen der Bürsten spritzt Kreislaufwasser bis zum Schluss auf die Karotten. Rieselt das Frischwasser ohne Druck auf die Karotten, genügt dies oft nicht, um vorhandene *Chalara*-Sporen wegzuspülen. Gelangt kontaminiertes Kreislaufwasser nach oder während des Spülens mit Frischwasser auf die Karotten, führt dies ebenfalls zu *Chalara*-Befall auf den gewaschenen Karotten. Die Kontamination der Karotten nach dem Waschen bleibt in solchen Fällen sehr hoch.

Aufgrund dieser Beobachtungen wurde ein zusätzlicher, abschließender Spülschritt nach dem Waschen oder Bürsten vorgeschlagen. Dieser Spülschritt sollte mit Frischwasser unter Hochdruck optimalerweise nach dem Sortieren der Karotten erfolgen. Die Karotten müssen sich während des Spülschritts auf dem Förderband drehen. Diese abschließende Spülung mit Frischwasser müsste vom Waschprozess mit Kreislaufwasser räumlich getrennt sein.

Im November 2006 haben erste Vorversuche in diesem Sinne an der ACW eine Verminderung des *Chalara*-Befalls gezeigt. Gewaschene Karotten wurden nach dem Waschprozess mit Frischwasser und unter Hochdruck gespült.

Um diese Ergebnisse unter Praxisbedingungen zu überprüfen, wurde im Frühjahr 2007 ein Versuch mit einer provisorischen Hochdruckanlage in einem Waschbetrieb durchgeführt. Das Versuchsergebnis wurde im Sommer 2007 in einem anderen Waschbetrieb mit derselben Hochdruckanlage bestätigt werden.

6.2 Material und Methoden

Für den Praxisversuch im Frühjahr 2007 wurden Lagerkarotten von einer einzigen Parzelle verwendet. Es wurden ungewaschene Karotten als Probe entnommen und mit der Schüttelmethode auf *Chalara*-Pilze getestet. Für den Versuch im Sommer 2007 wurden Bundkarotten aus einer Charge verwendet und ebenfalls auf *Chalara*-Kontamination untersucht.

Die Karotten wurden auf den Waschanlagen praxisüblich mit Kreislaufwasser gewaschen und auf dem üblichen Weg zum Sortierband befördert. Beim Versuch im Sommer 2007 wurden die Karotten nach dem Waschen noch zusätzlich gebürstet. Über dem Sortierband wurde die provisorische Hochdruckanlage befestigt. An dieser Konstruktion konnten die Rohre mit den Hochdruckdüsen (Flachstrahldüsen) für das zusätzlich abschließende Spülen mit Frischwasser fixiert werden. Der Wasserdruck wurde mit einem Hochdruckreiniger (Typ Kärcher HD 10/25 S) erzeugt.

Das Sortierband lief mit einer Bandgeschwindigkeit von 5.2m/min. Die Distanz zwischen Sortierband und den Düsen betrug 40cm. Der gemessene Druck an der Düse betrug bei zwei verwendeten Düsen 65 bar, bei vier Düsen noch 20 bar. Bei der sogenannten „Schmutzkillerdüse“ 170 bar. Das Hochdruckgerät förderte eine Wassermenge von 17 Liter in der Minute.



Abbildung 19: Provisorische Hochdruckanlage über dem Sortierband

Praxisversuch Frühjahr 2007:

Es wurden vier verschiedene Spültechniken mit Frischwasser unter Hochdruck untersucht. In regelmäßigen Abständen wurden während der gesamten Versuchsdauer Proben ohne zusätzliches Spülen als Kontrolle entnommen.

Bei den Spülverfahren wurde die Wirkung unterschiedlichen Wasserdruckes verglichen. Dabei wurde der Einsatz eines oder zweier Hochdruckgeräte bzw. von zwei oder vier Düsen getestet. Ebenfalls wurden unterschiedlich lange Spülzeiten getestet. Dabei wurde untersucht, ob die Spülung der Karotten durch nur eine Düse oder von zwei Düsen hintereinander einen Einfluss auf die *Chalara*-Kontamination hat.

Beim ersten Verfahren wurde ein Hochdruckgerät mit zwei Düsen zum Spülen verwendet. Beim zweiten Verfahren wurde die Anzahl Düsen zum Spülen auf vier verdoppelt. Beim dritten Verfahren wurden zwei Hochdruckgeräte verwendet und die Karotten mit je zwei Düsen gespült (Abbildung 20). Beim vierten Verfahren wurde noch ein weiterer Düsentyp untersucht. Dabei wurde eine „Schmutzkillerdüse“ verwendet. (Abbildung 21)



Abbildung 21: 4 Düsen mit 65 bar



Abbildung 20: Schmutzkillerdüse

Tabelle 8: Technische Angaben zu den gewählten Verfahren: Versuch Frühjahr 2007

Temperatur (°C)					
Karotten vor dem Waschen	3.9				
Karotten nach dem Waschen	8.4				
Wasser aus der Leitung	12.2				
Wasser bei der Düse	16.5				
Prozesswasser Waschtrommel	12.4				
		Verfahren	Anzahl Hochdruckgeräte	Anzahl Düsen	Druck an der Düse
Geschwindigkeit (m/min)		1	1	2	65
Sortierband	5.2	2	1	4	20
		3	2	je 2	65
Wasserverbrauch (Liter/min)		4	1	1 ¹⁾	170
Alle Verfahren	ca. 17	1)Schmutzkillerdüse			
Distanz (cm)					
Düse- Sortierband	40				
Schmutzkillerdüse	70				

Praxisversuch Sommer 2007:

Es wurde nur ein Spülverfahren getestet. Ein Hochdruckgerät erzeugte den Wasserdruck, und vier Düsen wurden für das Spülen verwendet. Auch bei diesem Versuch wurde in regelmäßigen Zeitabständen Kontrollproben ohne zusätzliches Spülen entnommen.

Nach jeder Behandlung wurden die Karotten direkt vom Sortierband in separate Harassen abgepackt.

Um die Verfahren vergleichen zu können, wurden die Karotten bei Raumtemperatur (20 °C) in geschlossenen Plastikbeuteln aufbewahrt. Nach 7 Tagen wurde der *Chalara*-Befall anhand der Anzahl von Auge sichtbaren *Chalara*-Flecken (Befallsstellen) auf den Karotten beurteilt. Diese Untersuchung wird auch „Shelf life Test“ genannt.

6.3 Resultate und Diskussion

Die Spülverfahren mit der abschließenden Verwendung von Frischwasser unter Hochdruck bewirkte eine signifikante Reduktion von *Chalara*-Flecken auf den behandelten Karotten im Vergleich mit der Kontrolle ohne zusätzliche Spülung. Beim Praxisversuch im Frühjahr 2007 konnte eine Reduktion von 93% beim Versuch im Sommer 2007 von 85% mit dem Spülverfahren von Frischwasser erzielt werden.

Diese Reduktion konnte in beiden Versuchen unter Praxisbedingungen bestätigt werden. Innerhalb der Spülverfahren konnte jedoch kein signifikanter Unterschied nachgewiesen werden.

Obwohl in beiden Versuchen die Verfahren mit Frischwasser unter Hochdruck den *Chalara*-Befall signifikant reduzierten, konnte in keinem Spülverfahren eine *Chalara*-Infektion vollständig verhindert werden.

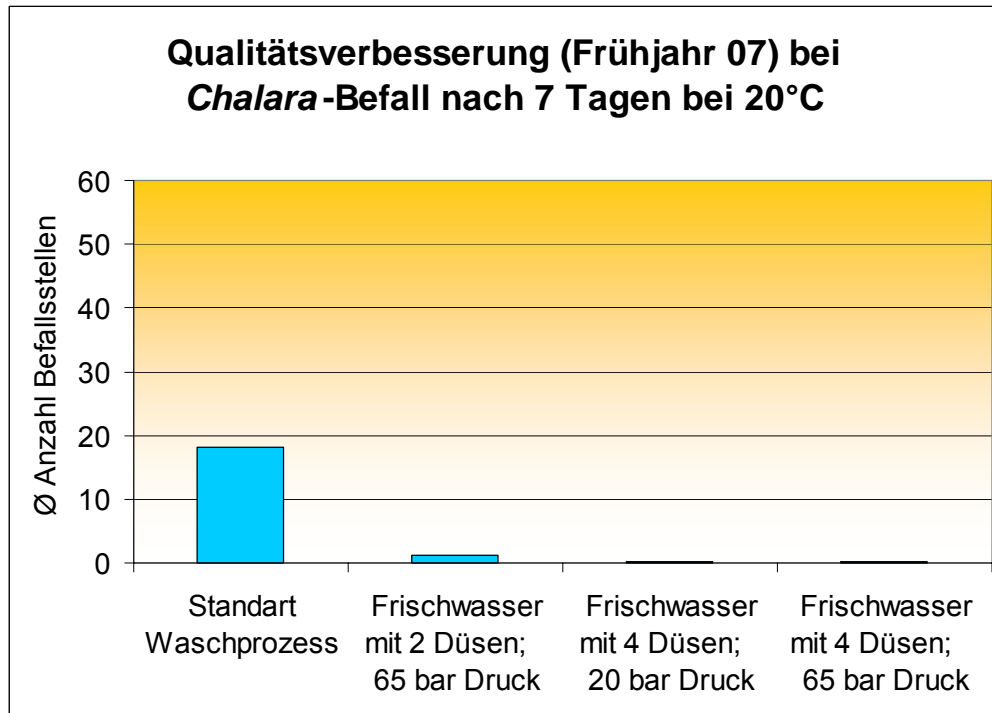


Abbildung 22: *Chalara*-Befall nach 7 Tagen beim Spülversuch im Frühjahr 2007

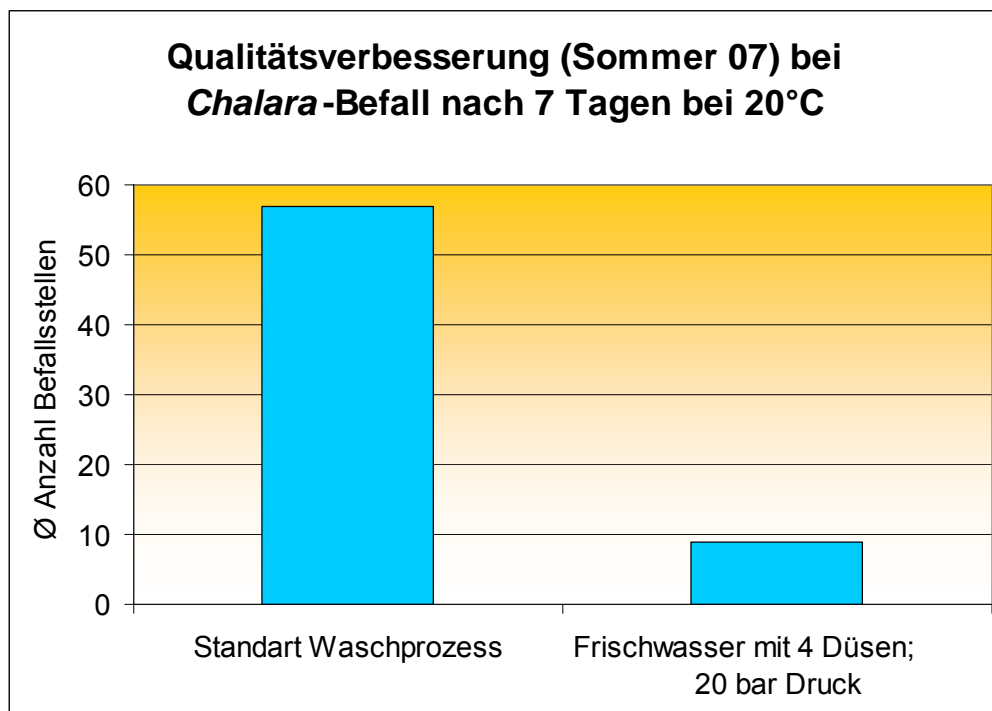


Abbildung 23: *Chalara*-Befall nach 7 Tagen beim Spülversuch im Sommer 2007

Die Abbildungen 24 a-d verdeutlichen die Wirkung eines zusätzlichen Spülens mit Frischwasser unter Hochdruck. Die Karotten weisen nach dem Spülen deutlich weniger, und auch viel kleinere *Chalara*-Flecken auf als die Karotten ohne zusätzliche Spülung.



Abb.24 a): Karotten ohne zusätzlichen Spülschritt aus dem Praxisversuch im Frühjahr 2007.



Abb. 24 b): Karotten aus dem Praxisversuch im Frühjahr 2007 mit zusätzlichem, abschließendem Spülschritt mit Frischwasser bei einem Wasserdruck von 20 bar und vier Düsen aus



Abb. 24 c): Karotten ohne zusätzlichen Spülschritt aus dem Praxisversuch im Sommer 2007



Abb. 24 d): Karotten aus dem Praxisversuch im Sommer 2007 mit zusätzlichem, abschließendem Spülschritt mit Frischwasser bei einem Wasserdruck von 20 bar und vier Düsen aus

Abbildung 24 a-d: *Chalara*-Befall mit oder ohne zusätzliches Spülen mit Frischwasser

Obwohl beim Versuch mit Lagerkarotten am Erdbesatz keine *Chalara*-Pilze nachgewiesen werden konnte, wurden auf den gewaschenen Karotten *Chalara*-Flecken festgestellt. Die Karotten mussten also während dem Waschprozess mit *Chalara*-Pilzen infiziert worden sein. Die *Chalara*-Kontamination des Waschwassers konnte an verschiedenen Stellen des Waschprozesses nachgewiesen werden. In einzelnen Fällen wurde der Befall der Karotten vor und nach dem Waschen verglichen, um den Einfluss des Waschens auf den Befall durch *Chalara* zu untersuchen. Dabei wurde festgestellt, dass der Waschprozess ein erhöhtes Risiko für Infektionen mit *Chalara* darstellt, da beim Waschprozess die Karotten unvermeidlich verletzt werden und sich die Pilzsporen aus dem Waschwasser auf nicht befallene Chargen ausbreiten können. Bei einer Konzentration von mehr als 10 Sporen pro ml Waschwasser wird das Risiko für eine *Chalara*-Infektion im Fall einer Unterbrechung der Kühlkette als sehr hoch beurteilt. Wenn Waschwasser in den Anlagen rezykliert wird („Kreislaufwasser“), sollten Aufbereitungsschritte eingebaut werden, um eine Eliminierung der *Chalara*-Sporen zu erreichen.

Beim Versuch im Sommer 2007 war der Erdbesatz der getesteten Karotten mit *Chalara*-Pilzen kontaminiert. Dies hat auch dazu beigetragen, dass auf den gewaschene Karotten vergleichsweise mehr *Chalara*-Befallsstellen als im Frühjahrsversuch nachgewiesen wurden. Der Einsatz der Bürstenmaschine bei diesem Versuch hat den *Chalara*-Befall auf den Karotten nicht nachweislich verstärkt, aber eine Infektion durch *Chalara*-Pilze begünstigt.

Ein systematisches "Enterden" vor dem Waschen, wie es bereits bei einigen Betrieben durchgeführt wird, könnte helfen, die Inokulumdichte zu reduzieren. Verletzungen der Karotten gilt es dabei aber möglichst zu vermeiden.

Die getesteten Spülverfahren konnten in beiden Versuchen die *Chalara*-Pilze auf den Karottenoberflächen im Vergleich zur Kontrolle deutlich minimieren. Die Spüldauer und der Wasserdruck scheinen dabei insofern eine Rolle zu spielen, dass die gesamte Karottenoberfläche vom Frischwasser unter Hochdruck bestrichen werden muss. Deshalb sollten sich die Karotten auf dem Sortierband drehen. Aus Kostengründen sollte nur die verkaufbare Ware mit Frischwasser behandelt werden. Der Wasserdruck sollte entsprechend hoch sein, um die Pilze wegzuspülen. Beim Verfahren mit der Schmutzkillerdüse war der Wasserdruck so hoch, so dass es zu Verletzungen an den Karotten führte. Die Feinabstimmungen zwischen Wasserverbrauch, Wasserdruck, Spülzeit und Düsenwahl muss je nach Wasch- und Sortieranlage festgelegt werden.

6.4 Fazit

1. Ein zusätzlich abschliessender Spülschritt mit Frischwasser unter Hochdruck reduziert die *Chalara*-Flecken auf gewaschenen Karotten verglichen mit unbehandelten Karotten sehr deutlich.
2. Insbesondere bei Verwendung von rezykliertem Wasser („Kreislaufwasser“) ist eine abschließende Spülung mit Frischwasser zur Reduktion des *Chalara*-Befalls zu empfehlen.
3. Der Spülschritt unter Hochdruck hinterlässt auf den Karotten keine sichtbaren Schäden.
4. Das für den abschließenden Spülschritt verwendete Frischwasser kann in den Waschprozess zurückfließen.
5. Feinabstimmungen bezüglich Wasserdruck, Wassermenge, Spülzeit und Düsenwahl müssen individuell für jede Waschanlage erfolgen.

7 Verteilung/ Verkauf

7.1 Ziel der Untersuchungen

Im Durchschnitt wird pro Person und Woche etwas mehr als eine Karotte konsumiert. Aus Gesundheitsgründen wird empfohlen mindestens fünf Portionen Obst oder Gemüse pro Tag zu konsumieren. Eine gewisse Steigerung des Karottenkonsums wäre durchaus wünschbar. Allerdings leidet die Karottenproduktion unter Qualitätsproblemen wodurch das Konsumverhalten negativ beeinflusst wird. Eine Steigerung beim Verkauf von Karotten ist nur möglich, wenn die Qualität bei der Karottenproduktion einwandfrei ist.

In der ersten Projektphase wurden die Temperaturverläufe nach dem Waschen der Karotten bis auf den Verkaufstisch mit Temperaturaufzeichnungen analysiert. (siehe Kapitel 3.3.8)

Um das Auftreten der *Chalara*-Pilze besser verstehen zu können, wurden Versuche zum Zusammenhang zwischen Pilzwachstum und Temperatur durchgeführt und daraus ein temperaturabhängiges Wachstumsmodell mit Wachstumskurven der Pilze entwickelt. Ziel der Arbeiten war es, die maximale Temperatur zu bestimmen, bei der Karotten gelagert werden können, ohne dass von Auge sichtbare *Chalara*-Flecken während 10 Tagen auftreten. Diese Zeitspanne sollte den Ansprüchen an der Verkaufsfond genügen. Der Versuch sollte zudem aufzeigen, wie sich die *Chalara*-Pilze auf Karotten bei den unterschiedlichen Temperaturen ausbreiten und entwickeln können.

7.2 Material und Methoden

Für den Versuch wurden nur Karotten verwendet, die gänzlich frei von *Chalara*-Pilzen waren. Dafür mussten Karotten in einer *Chalara*-freien Hors-sol Anlage angebaut werden. Die Karotten der Sorte 'Bolero' wurden in Seramis Pflanzgranulat (Masterfoods AG Zug) oder in ein Gemisch aus Seramis und Pflanzerde (Floraton 5) ausgesät. Das Seramis und die Pflanzerde wurden vorher mit Hitze behandelt und desinfiziert. Die ausgesäten Karotten wurden nach 120 Tagen geerntet.



Abbildung 25: *Chalara*-freie Hors-sol Anlage, ACW

Nach der Ernte wurden die Karotten bei einer Temperatur von zwischen 0 und 2 °C eingelagert. Für den Versuch wurden sie zu drei verschiedenen Zeitpunkten aus dem Lager entnommen. Für den ersten Durchgang wurden die Karotten direkt nach der Ernte verwendet. Für die zweite Serie nach zweimonatiger Lagerdauer und für die letzte Serie nach fünfmonatiger Lagerdauer.

Die Karotten wurden künstlich mit *Chalara*-Pilzen von *Chalara elegans* und *Chalara thielavioides* inokuliert. Für die künstliche Inokulation wurde eine Sporensuspension verwendet. Die Suspension wurde mit 7-10 Tage alten Pilzkulturen hergestellt, welche auf Malzagar gewachsen waren. Die Mycelfragmente wurden durch sterile Glaswolle abfiltriert. Für die Inokulation wurde die Suspension auf $30 \cdot 10^3$ Konidien/ml verdünnt.

Tabelle 9: Glossar zu Kapitel 7

Chlamydospore	Dickwandige, stark gefärbte Dauerspore
Infektion	Ein aktives oder passives Eindringen, Anhaften und Vermehren von Krankheitserregern in einen Wirt
Suspension	Ist ein Stoffgemisch aus einer Flüssigkeit und einem darin fein verteilten Feststoff
Inokulation	Aufbringen des Krankheitserregers auf den Wirt
Inokulum	Krankheitserreger oder Teile davon, die eine Infektion auslösen können
Läsion	Begrenzte Fläche von befallenem Wirtsgewebe
Mycel	Geflecht aus Pilzfäden (Hyphen)
Agar	Wird aus den Zellwänden einiger Algenarten hergestellt und dient als Geliermittel für Nährboden von Mikroorganismen
Konidien	Ungeschlechtlich gebildete Verbreitungsorgane niederer Pilze

Für die Inokulation mit den *Chalara*-Pilzen wurde jede Karotte an drei Stellen mit einem Metallbohrer verletzt. Der Bohrer hatte einen Durchmesser von 8mm und die Tiefe der Verletzung betrug 1-2 mm. Die Löcher mit dem Bohrer wurden an der Spitze, in der Mitte und im oberen Teil jeder Karotte gestochen. In jedes dieser Löcher wurde eine Sporensuspension von 10µl mit einer Pipette inokuliert. Die Karotten wurden einzeln auf ein feuchtes Papier gelegt und in einer separaten Plastikbox verschlossen. Bei Temperaturen von 1 °, 2 °, 4 °, 8 ° oder 20°C wurden die Karotten anschliessend eingelagert. Für jedes Verfahren wurden 10 Karotten verwendet. Zur Kontrolle wurden ebenfalls 10 Karotten mit dem Bohrer verletzt, aber nicht mit der Sporensuspension inokuliert.



Abbildung 26:
Metallbohrer



Abbildung 27:
Inokulation der Sporen



Abbildung 28:
Plastikboxen

Tabelle 10: Versuchsplan vom Inokulationsversuch 2006/2007 bei unterschiedlichen Temperaturen

Lagerzeit	Chalara-Pilz	Temperaturen				
		1 °C	2 °C	4 °C	8 °C	20 °C
0	<i>Chalara eleg.</i>	10 Karotten	10 Karotten	10 Karotten	10 Karotten	10 Karotten
0	<i>Chalara thiela.</i>	10 Karotten	10 Karotten	10 Karotten	10 Karotten	10 Karotten
0	Kontrolle	----	----	----	----	10 Karotten
2 Monate	<i>Chalara eleg.</i>	10 Karotten	10 Karotten	10 Karotten	10 Karotten	10 Karotten
2 Monate	<i>Chalara thiela.</i>	----	----	----	----	10 Karotten
2 Monate	Kontrolle	----	----	----	----	10 Karotten
5 Monate	<i>Chalara eleg.</i>	10 Karotten	10 Karotten	10 Karotten	10 Karotten	10 Karotten
5 Monate	<i>Chalara thiela.</i>	10 Karotten	10 Karotten	10 Karotten	10 Karotten	10 Karotten
5 Monate	Kontrolle	----	----	----	----	10 Karotten

Die drei Infektionsstellen auf jeder Karotte wurden täglich betreffend der Entwicklung von Chlamydosporen (Dauersporen) überprüft. Konnten unter der Lupe Dauersporen festgestellt werden, wurde die Ausbreitung des Pilzes gemessen. Der Durchmesser der Ausbreitung wurde sowohl in der Länge als auch Breite gemessen. Pro Serie und je Verfahren wurde die Entwicklung und Ausbreitung der Pilze während mindestens 20 und maximal 60 Tagen beobachtet.



Abbildung 29: Messung vom Durchmesser der Pilze

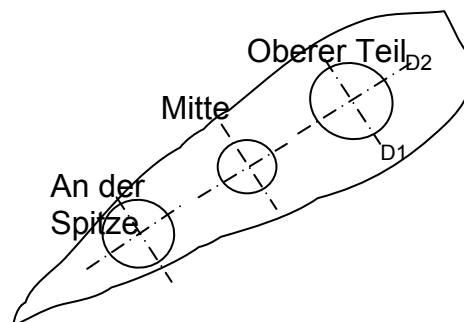


Abbildung 30: Skizze der verschiedenen Messstellen

7.3 Resultate und Diskussion

Der Versuch hat aufgezeigt, dass eine Temperatur unter 2 °C ein Auftreten von *Chalara*-Flecken vollständig verhindert. Obwohl die Karotten mit einer stark konzentrierten Sporensuspension inokuliert worden sind, konnten die typischen Krankheitssymptome von *Chalara elegans* und auch von *Chalara thielavioides* bei der Temperatur unter 2 °C gänzlich unterdrückt werden.

Zudem wurde festgestellt, dass bei einer Temperatur von 4 °C eine Entwicklung mit der Bildung von Dauersporen bei *Chalara thielavioides* während einer Zeitspanne von einem Monat verhindert werden kann. Bei der gleichen Temperatur von 4 °C wird eine Entwicklung von *Chalara elegans* während zwei Monaten unterdrückt. Während dieser Zeit wurden keine krankheitstypischen schwarzen *Chalara*-Flecken auf den Karotten festgestellt.

Bei einer Temperatur von 8 °C entwickeln sich die *Chalara*-Pilze frühestens nach 10 Tagen. Die schwarzen Dauersporen werden nach diesen 10 Tagen sichtbar unabhängig davon, ob Karotten direkt nach der Ernte oder gelagert für die Inokulation verwendet wurden.

Bereits nach drei Tagen konnte eine vollständige Entwicklung mit der Bildung von Dauersporen bei einer Temperatur von 20 °C festgestellt werden. Diese schnelle Entwicklung war bei beiden *Chalara*-Pilzen sichtbar. Das Wachstum der Pilze bei dieser Temperatur betrug nach einem Monat Messdauer etwas mehr als 7mm. Bei tieferen Temperaturen war das Wachstum der Pilze stärker gehemmt.

Bei der Inokulation mit *Chalara thielavioides* entwickelte sich der Pilz bei unterschiedlichen Temperaturen auf frisch geernteten Karotten mit folgenden Wachstumskurven:

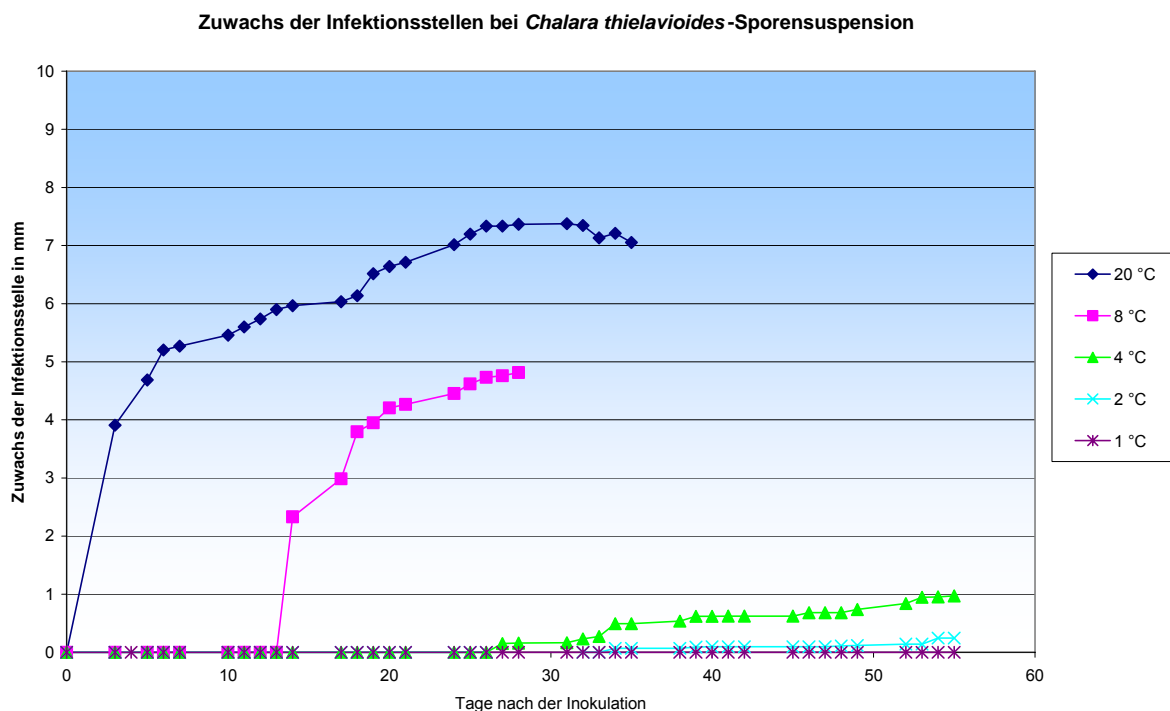


Abbildung 31: Wachstumsverlauf von *Chalara thielavioides* bei unterschiedlichen Temperaturen

Die Wachstumskurven von *Chalara elegans* auf Karotten nach fünfmonatiger Lagerdauer bei unterschiedlichen Temperaturen sind in folgender Grafik dargestellt:

Zuwachs der Infektionsstellen bei *Chalara elegans*-Sporensuspension

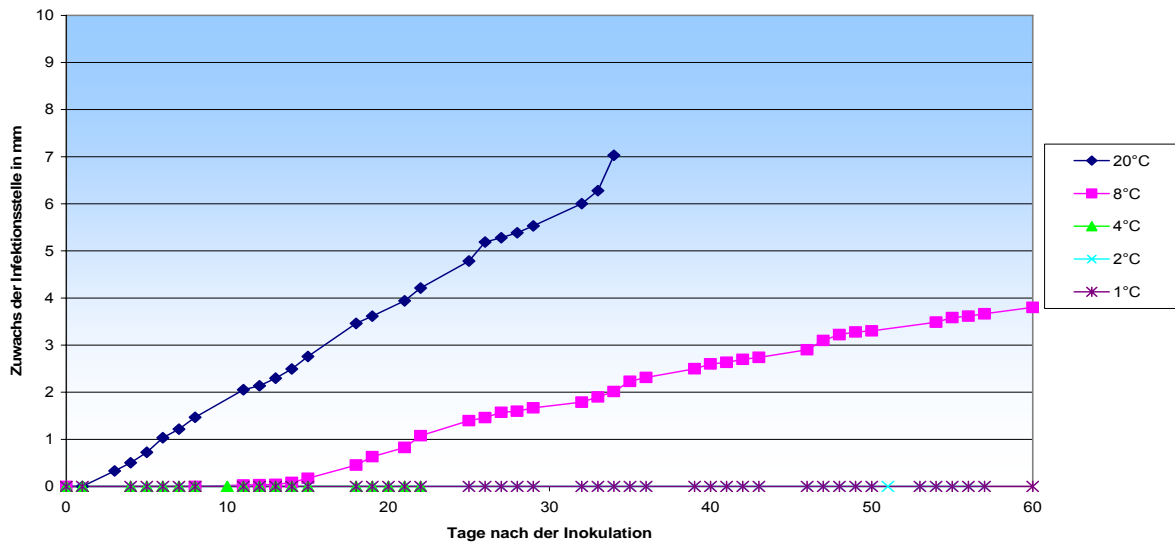


Abbildung 32: Wachstumsverlauf bei *Chalara elegans* bei unterschiedlichen Temperaturen

Bei 20 °C war das Wachstum von *Chalara elegans* auf frisch geernteten Karotten (Juli) zu Beginn exponentiell, nach 10 Tagen flachte die Entwicklung der infektionsstellen etwas ab. Auf während fünf Monaten gelagerten Karotten (Januar) war das Wachstum zu Beginn weniger schnell als auf den frisch geernteten Karotten. Das Wachstum verlief linear war aber nach einem Monat mit dem Wachstum auf frisch geernteten Karotten vergleichbar.

Bei einer Temperatur von 8 °C trat *Chalara elegans* auf den gelagerten Karotten (Januar) eine Woche früher auf. Das Wachstum war während 50 Tagen nach der Inokulation etwas schneller als auf den frisch geernteten Karotten (Juli).

Zuwachs bei *C.elegans*-Suspension Juli 2006 / Januar 2007

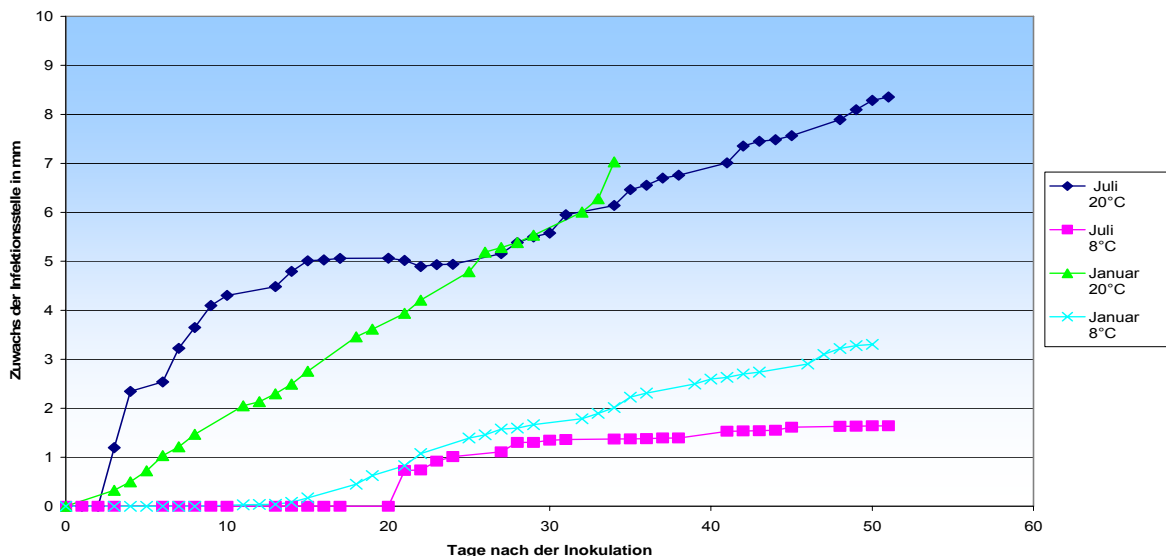


Abbildung 33: Wachstumsverlauf bei *Chalara elegans* im Juli und Januar bei 8 und 20 °C

Bei einer Temperatur von 20 °C war das Wachstum von *Chalara thielavioides* in der Spitze oder im oberen Teil des Rübenkörpers vergleichbar schnell. Bei *Chalara elegans* bei derselben Temperatur war der Zuwachs bei der Infektionsstelle am oberen Rand der Karotten etwas grösser als an der Spitze.

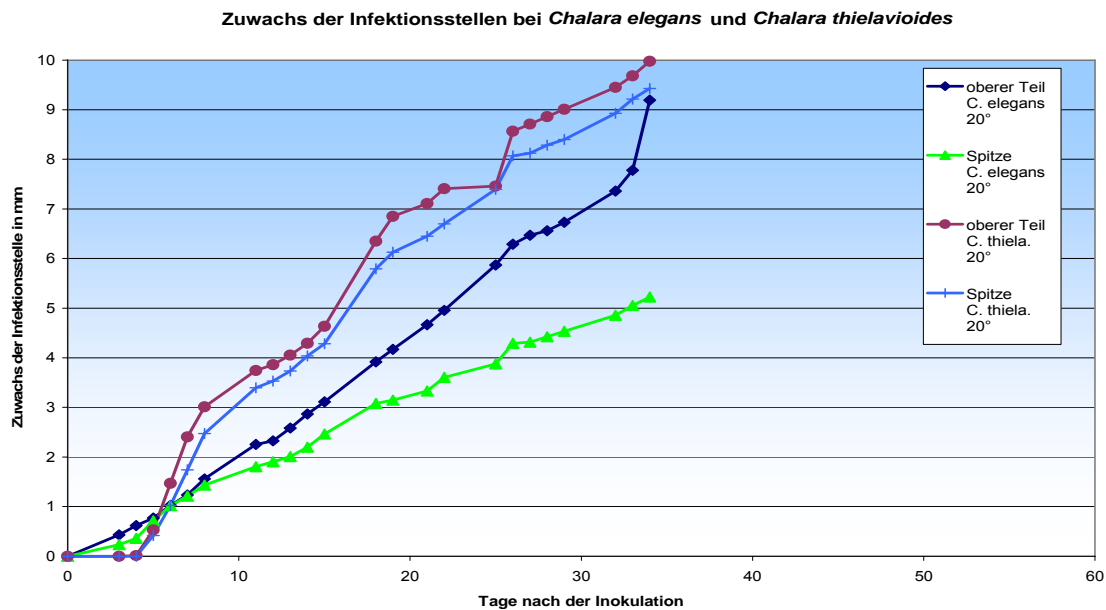


Abbildung 34: Wachstumsverlauf an unterschiedlichen Infektionsstellen

Wie sich die *Chalara*-Pilze auf dem Rübenkörper ausbreiteten, wurde durch die Messungen von D1 (Breite) und D2 (Länge) untersucht. Bei 20 °C war der Zuwachs nach einer Woche bei *Chalara thielavioides* etwas stärker in der Breite (D1) als in der Länge (D2). Bei den Temperaturen von 8 °C und 4 °C verliefen die Wachstumskurven in Länge und Weite in etwa identisch.

Bei den Wachstumskurven von *Chalara elegans* konnten keine signifikanten Unterschiede bezüglich des Zuwachs in Länge oder Breite der Infektionsstelle festgestellt werden.

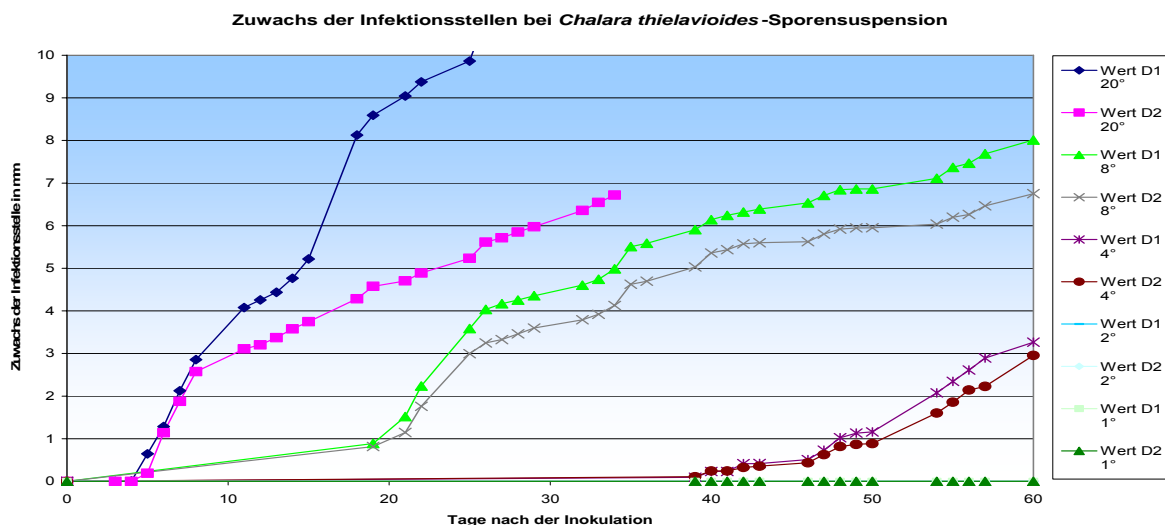


Abbildung 35: Wachstumsverlauf in der Länge und Breite der Infektionsstellen

Auf Grund der oben dargestellten Resultate und den an dieser Stelle nicht weiter vorgestellten Daten kann gesagt werden, dass kein genereller Zusammenhang zwischen Anfälligkeit der Karotten auf *Chalara*-Infektionen und der Lagerdauer gefunden werden konnte. Die Ergebnisse zeigen keine eindeutigen Trends. Das unterschiedlich schnelle Wachstum bei *Chalara elegans* bezüglich der verschiedenen gewählten Inkubationsstellen auf den Rübenkörpern, kann zur Zeit nicht weiter erklärt werden.

Der Versuch hat aber vor allem gezeigt, dass die Einhaltung der Kühlkette von entscheidender Bedeutung ist. Eine Optimale Qualität der Karotten kann nur erreicht werden, wenn die bestmögliche Kühlung der Ware von Ernte, über Lagerung, Waschprozess, Sortieren, Verkauf und Vertrieb bis hin zum Konsumenten gewährleistet ist.

Werden Karotten mit *Chalara*-Pilzen infiziert, so können sich die Pilze insbesondere bei Raumtemperatur innerhalb von zwei Wochen auf dem gesamten Rübenkörper ausbreiten.

Das Intervall vom Abpacken der gewaschenen Karotten in die Plastikbeutel und dem Verkauf dauert in der Schweiz circa 3 Tage. Wie der Versuch mit der künstlichen Inokulation zeigt, kann das Auftreten von *Chalara*-Flecken während eines Zeitraumes von 10 Tagen bei einer Temperatur von 8 °C unterdrückt werden. Bleibt die Temperatur der Karotten vom Zeitpunkt des Waschprozesses bis zum Konsument unter diesen 8 °C, so werden die *Chalara*-Flecken im schlechtesten Fall frühestens nach einer Woche sichtbar. Diese 8 °C sind somit die maximale Temperatur, bei der Karotten nach dem Waschen aufbewahrt werden sollen.

Diese Resultate werden gestützt durch Untersuchungen von Studenten der ETH. Sie stellten fest, dass je nach Waschbetrieb sichtbare *Chalara*-Flecken unterschiedlich auftreten. In Verpackungen hatten einige Karotten bereits nach einem Tag *Chalara*-Flecken bei anderen war dies erst nach einer Woche der Fall (Abbildung 36). Es konnte gezeigt werden, dass die Ursache dieser Unterschiede bei der Lagerung der Karotten im Kühlschrank oder in einem kühlen Keller respektive bei Raumtemperatur (20 °C) in der Küche lag. In der Küche wurden innerhalb von 10 Tagen bedeutend mehr *Chalara*-Flecken gezählt.

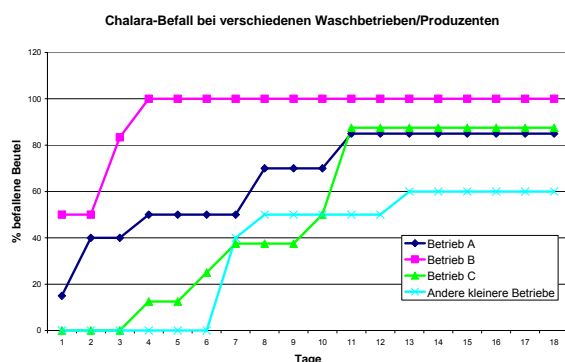


Abbildung 37: *Chalara*-Befall bei verschiedenen Waschbetrieben

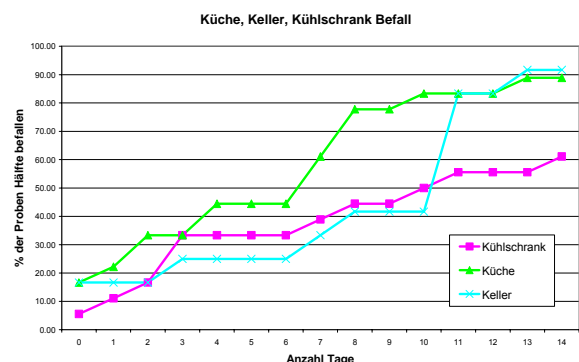


Abbildung 36: *Chalara*-Befall Kühlschrank, Küche und Keller

In den Untersuchungen der Temperaturverläufe in der ersten Projektphase wurde dargestellt, dass während des Transports in die Filialen mehrheitlich keine Kühlung der Karotten unter 8 °C stattfindet. Die Temperatur während des Transportes liegt bei ca. 12 °C. Karotten werden in der Schweiz aus logistischen und ökonomischen Gründen zusammen mit anderen Gemüsearten transportiert, daher können die Karotten während dem Transport nicht stark gekühlt werden, in der Regel ca. 12 °C; (siehe Kapitel 3.3.8). Die unter Kapitel 3.3.8 dargestellten Untersuchungen zeigten, dass die Ware nach dem Transport in drei Filialen zu Beginn abgekühlt wurde, bei den anderen die Temperatur gegen 20 °C anstieg. Beim Verkauf lag die Temperatur mehrheitlich bei Raumtemperatur (20 °C). Diese Behandlung der Karotten fördert gemäss der hier präsentierten Versuchsdaten das Auftreten von *Chalara*-Flecken.

Die Einhaltung der Kühlkette ist von entscheidender Bedeutung. Nur durch deren Einhaltung können durch Schwärzepilze verursachte Qualitätsprobleme effizient reduziert werden. Auch der Handel sollte die Ware möglichst bis an die Verkaufsfond kühlen. Für die Konsumenten wird die Lagerung der Karotten im Kühlschrank empfohlen.

Zusammenfassung Inokulationsversuch:

Tabelle 11: Die Zeitspanne der Haltbarkeit ohne sichtbare *Chalara*-Flecken an Karotten bei unterschiedlichen Temperaturen

Temperatur	Haltbarkeit in Tagen
0.5° C	>60
2° C	>60
4° C	27
8° C	10
20° C	3

7.4 Fazit

1. Die Kühlkette muss eingehalten werden von der Ernte bis zum Verkauf
2. Bei einer Raumtemperatur von 20 °C werden die typischen *Chalara*-Flecken bereits nach 3 Tagen sichtbar.
3. Wird die Temperatur der Karotten unter 8 °C gehalten, treten die *Chalara*-Flecken frühestens nach 10 Tagen auf. Somit kann bei dieser Temperatur ein sichtbare Qualitätsminderung durch *Chalara*-Pilze um 7 Tage verzögert werden.
4. Wir empfehlen den Konsumenten, die Karotten im Kühlschrank bei unter 8 °C zu lagern.

8 Weitere Versuche

8.1 Ziel der Untersuchungen

Um die Qualitätsprobleme bei Karotten zu reduzieren, sind mehrere Lösungsansätze notwendig. Wie Untersuchungen zeigten, besteht höchste Infektionsgefahr durch *Chalara*-Pilze beim Auslagern und dem Waschen der Karotten. Dabei entstehen unvermeidlich Verletzungen, die das Infektionsrisiko der Karotten erhöhen. Nach dem praxisüblichen Waschen von Karotten haften oft noch kleine Erdpartikel mit *Chalara*-Pilzen an den Karotten. Die Pilze sind von Auge aber nicht zu erkennen, sondern werden hauptsächlich bei einer Unterbrechung der Kühlkette als schwarze *Chalara*-Flecken sichtbar. Spätestens im Verkauf wird die Kühlkette unterbrochen, da die Karotten bei Raumtemperatur (20 °C) dem Konsumenten angeboten werden. Beim Konsument werden diese schwarzen Flecken dann nach einigen Tagen sichtbar. Um einwandfreie Ware anzubieten, wurde nun untersucht, wie vorhandenen *Chalara*-Pilze eliminiert werden können.

Das Ziel dieser Arbeiten war es nun, auf gewaschenen Karotten vorhandene *Chalara*-Pilze abzutöten oder ein Auftreten der von Auge sichtbaren *Chalara*-Flecken zu verzögern.

Um die *Chalara*-Pilze abzutöten, wurde eine Behandlung der gewaschenen Karotten mit UV-Licht untersucht. Wenn Mikroorganismen der UV-Strahlung ausgesetzt werden, kann der Zellkern so verändert werden, dass eine Zellteilung unmöglich wird, was zu einem Absterben der Mikroorganismen führt.

Zur Desinfektion von kontaminiertem Labormaterial kann Haushaltssessig mit einem Säuregehalt von 5% verwendet werden. Durch die Säure und bei einer Einwirkzeit von einigen Minuten werden die Dauersporen der *Chalara*-Pilze abgetötet. In einem weiteren Versuch wurde deshalb untersucht, ob gewaschene Karotten ebenfalls mit Haushaltssessig oder verdünnter Essigsäure desinfiziert werden können.

Im Gegensatz zur Schweiz ist in Frankreich das Auftreten von *Chalara*-Flecken auf gewaschenen Karotten ein sekundäres Problem, obwohl die Anbauflächen für Karotten in Frankreich ebenfalls mit *Chalara*-Pilzen kontaminiert sind. Qualitätsprobleme verursacht durch *Chalara*-Pilze treten nur gelegentlich in den heißen Sommermonaten auf, wenn das Risiko für eine Unterbrechung der Kühlkette besonders hoch ist. François Villeneuve vom Centre Technique Interprofessionel des Fruits et Légumes (CTIFL) in Lanxade stellte fest, dass Karotten anfälliger sind, wenn eine Unterbrechung der Kühlkette direkt nach dem Waschen erfolgt. Kurz vor dem Verpacken werden die Karotten deshalb schockartig mit 1 °C kaltem Wasser abgekühlt (Hydrocooling).

Um die Beobachtungen von Villeneuve unter Schweizer Verhältnissen zu überprüfen, wurde ein Versuch mit gewaschenen Karotten und einem anschließenden Hydrocooling an der ACW in Wädenswil durchgeführt. Der Versuch sollte aufzeigen, ob ein schockartiges Abkühlen die vorhandenen *Chalara*-Pilze auf den Karotten in der Entwicklung zu Dauersporen und somit zu von Auge sichtbaren schwarzen Flecken gehemmt werden können. Die Kerntemperatur der Karotten würde dabei stark abgesenkt werden und sich bei der späteren Lagerung bei Raumtemperatur wieder erhöhen.

8.2 Material Methoden

Für den Versuch mit der UV-Behandlung wurden praxisüblich gewaschene Karotten verwendet. Auf diesen Karotten waren *Chalara*-Pilze vorhanden, aber von Auge waren noch keine *Chalara*-Flecken sichtbar. Direkt nach dem Waschen wurden die Karotten mit UV-Licht bestrahlt. Das UV-Licht hatte eine Leistung von 39 Watt und 0.75 W/m^2 . Die Karotten wurden beidseitig je fünf Minuten lang bei einer Behandlung direkt oder im Wasserbad mit UV-Licht bestrahlt. Als Kontrolle wurden Karotten ohne UV-Behandlung verwendet. Nach der Behandlung wurden die Karotten bei Raumtemperatur ($20 \text{ }^\circ\text{C}$) in geschlossenen Plastikbeuteln aufbewahrt und nach 7 Tagen auf sichtbare *Chalara*-Flecken untersucht (Shelf life Test).

Die Desinfektion von gewaschenen Karotten mit Essig wurde in zwei Versuche aufgeteilt. Im ersten Versuch wurden gewaschene Karotten mit Kontamination durch *Chalara*-Pilze verwendet. Die Karotten wurden in ein Wasserbad mit 6% Essigsäure eine Minute lang eingelegt.

Diese Konzentration an Essigsäure ist vergleichbar mit einem praxisüblichen Haushaltssessig. Nach vier Tagen wurden die Karotten bonitiert.



Abbildung 38: Karotten im Essigbad

Die Karotten für den zweiten Versuch wurden künstlich mit *Chalara* inokuliert und die Ausbreitung der *Chalara*-Pilze bestimmt. Die Infektionen sollten mit unterschiedlich langer Einwirkzeit und bei unterschiedlichen Konzentrationen an Essigsäure abgetötet werden. Dazu wurden vier Verfahren gewählt. In zwei Verfahren wurden die Karotten nur kurz in ein Wasserbad mit 0.6% bzw. mit 6% Essigsäure eingetaucht. Bei den anderen Verfahren wurde die Einwirkzeit im Wasserbad mit gleichen Essigsäure-Konzentrationen auf 30 Sekunden festgelegt.

Die Karotten für den Versuch mit dem Hydrocooling wurden auf einem Waschbetrieb praxisüblich gewaschen und anschliessend in vorgekühlten Kühlboxen an die ACW transportiert. Auf den Karotten waren *Chalara*-Pilze vorhanden, aber keine Krankheitssymptome von Auge sichtbar. Für die Behandlungen wurden die Karotten während 6, 10, und 15 Minuten im $1 \text{ }^\circ\text{C}$ kalten Wasser abgekühlt (Abbildung 40). Nach dem schockartigen Abkühlen wurden die Karotten in Plastikbeutel abgepackt und im Kühlschrank bei $12 \text{ }^\circ\text{C}$ für 12 Stunden gelagert.



Abbildung 39: Karotten in der Kühlbox für den Transport an die ACW

Nach den Untersuchungen mit Temperaturaufzeichnungen nach dem Abpacken von Karotten durch P. Crespo entspricht die Temperatur von 12 °C und die Zeitdauer von 12 Stunden in etwa den praxisüblichen Transporttemperaturen und Transportzeiten bis in die Verkaufsbetriebe. Anschliessend wurden die Kisten mit den abgepackten Karotten bei Raumtemperatur (20 °C) weitergelagert, und täglich auf sichtbare *Chalara*-Flecken untersucht.



Abbildung 41: Karotten im Eiswasser bei 1 °C



Abbildung 40: Karotten im Kühlschrank bei 12 °C

8.3 Resultate und Diskussion

Beim UV-Licht-Versuch, waren alle Karotten unabhängig der Behandlung nach 7 Tagen bei Raumtemperatur (20 °C) mit von Auge sichtbaren *Chalara*-Flecken befallen. Die mit UV-Licht behandelten Karotten an der Luft hatten etwas weniger Befall als die unbehandelte Kontrolle. Die im Wasserbad mit UV-Licht behandelten Karotten waren deutlich stärker befallen als die UV-behandelten Karotten an der Luft und ebenfalls deutlich stärker als die unbehandelte Kontrolle.

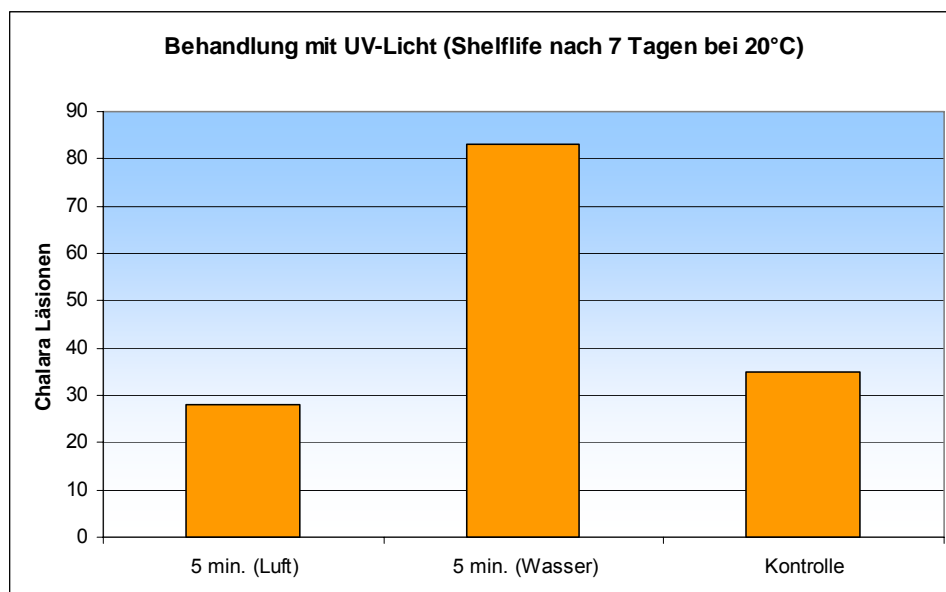


Abbildung 42: Behandlung der Karotten mit UV-Licht

Eine Bestrahlung von gewaschen Karotten mit UV-Licht konnte die vorhandenen *Chalara*-Pilze nicht abtöten. Zudem wurde festgestellt dass eine Behandlung mit UV-Licht zu Schädigungen wie Zellflüssigkeitsverlusten bei den Karotten führte.

Da auch im mehrfach benutzten Waschwasser (Kreislaufwasser) sich *Chalara*-Pilze ansammeln können, wird auch dort versucht die Pilze mit UV-Licht abzutöten. Das Kreislaufwasser ist aber oft so trüb und schmutzig, dass es sehr schwierig sein wird die schwarzen Dauersporen der *Chalara*-Pilze mit UV-Licht zu treffen und zu eliminieren. *Chalara*-Pilze werden am effektivsten in einem anaeroben Vergärungsprozess abgetötet. Dies gilt sowohl für die *Chalara*-Pilze im Kreislaufwasser, in den Schlämmen vom Waschprozess als auch in den Rüstabfällen der Rüstbetriebe. Kreislaufwasser wird optimalerweise über eine Langsam Sandfiltration mit einer anaeroben Phase gereinigt. In einem Versuch in einer Kompogas-Anlage konnten René Total und Werner Heller aufzeigen, dass stark mit *Chalara*-Pilzen kontaminierte Rüstabfälle nach einer zweiwöchigen Vergärungsphase bei Temperaturen über 55 °C als hygienisiert betrachten werden können. Im daraus entstandenen Kompost konnten keine *Chalara*-Pilze mehr nachgewiesen werden. W. Heller hatte zudem in Laborversuchen festgestellt, dass ein Vergärungsprozess in Kombination mit Temperaturen über 55 °C zusätzlich zu Krankheitserregern noch Unkrautsamen abtötet.

Die Desinfektion der Karotten im Wasserbad mit 5% Essigsäure bewirkte Verfärbungen und Verätzungen auf den behandelten Karotten. Diese starken Qualitätsbeeinträchtigungen waren bereits nach vier Tagen deutlich sichtbar, noch bevor eine Wirkung zur Abtötung der *Chalara*-Pilze untersucht werden konnte. Nach diesen vier Tagen wurden die Karotten von Fäulnisbakterien befallen und verfaulten schnell.

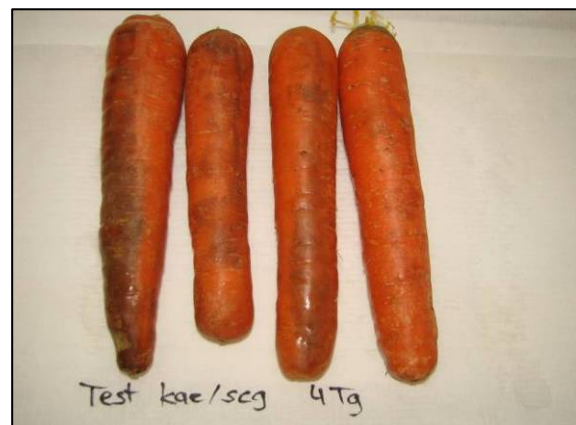


Abbildung 43: Verätzungen an Karotten

Auf den künstlich inokulierten Karotten mit bereits sichtbaren *Chalara*-Flecken konnte die Desinfektion mit verdünnter Essigsäure die *Chalara*-Pilze mit keiner Behandlung im Wachstum stoppen. Die Pilze wuchsen vergleichbar schnell auf den behandelten Karotten wie auch auf den unbehandelten Karotten der Kontrolle. In drei Behandlungen mit verdünnter Essigsäure war das Wachstum der Pilze sogar etwas grösser. Die Behandlung mit 6% Essigsäure und 30 sec. Behandlungsdauer konnte das Wachstum der Pilze tendenziell am besten hemmen.

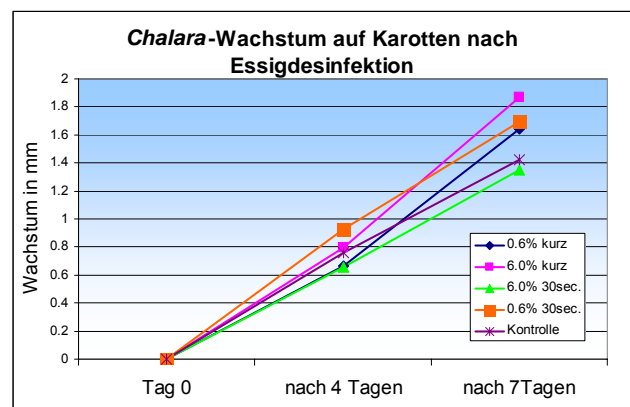


Abbildung 44: *Chalara*-Wachstum auf Karotten nach einer Essigdesinfektion

Das Eliminieren von *Chalara*-Pilzen auf gewaschen Karotten mit einer Desinfektion mit verdünnter Essigsäure zeigte in den Versuchen eine negative oder keine Wirkung. Die verdünnte Essigsäure bewirkte so starke Qualitätseinbussen, dass die Karotten nicht verkaufbar wären. Zudem brauchte es langwierige Bewilligungen für einen Einsatz von Desinfektionsmitteln auf Karotten. Essigsäure kann benutzt werden, um Geräte und Maschinen zu desinfizieren. Die effektivste Qualitätsverbesserung wurde dadurch erzielt, dass die *Chalara*-Pilze auf den gewaschenen Karotten möglichst vollständig mit einem zusätzlichen, abschliessenden Spülschritt mit Frischwasser unter Hochdruck weggespült werden. (siehe Kapitel 6 Waschprozess)

Beim Versuch mit dem Hydrocooling wurde die intensive Kältewirkung auf die vorhandenen *Chalara*-Pilze untersucht. Nach drei Tagen bei Raumtemperatur konnten aber bei allen Behandlungen und der Kontrolle *Chalara*-Flecken auf den Karotten festgestellt werden. Die Pilze entwickelten sich zu Dauersporen unabhängig davon, ob die Karotten nach dem Waschen schockartig abgekühlt wurden oder nicht.

Die im Eiswasser eingetauchten Karotten hatten durchschnittlich weniger Befallsstellen. Die Gründe dafür sind aber nicht so sehr auf eine direkte Wirkung der intensiven Kühlung zurückzuführen, sondern vielmehr auf zusätzliches Waschen im Eiswasser. Im Gegensatz zur Kontrolle wurden beim Eintauchen in das eiskalte Frischwasser vorhandene *Chalara*-Pilze auf den Karotten weggespült.

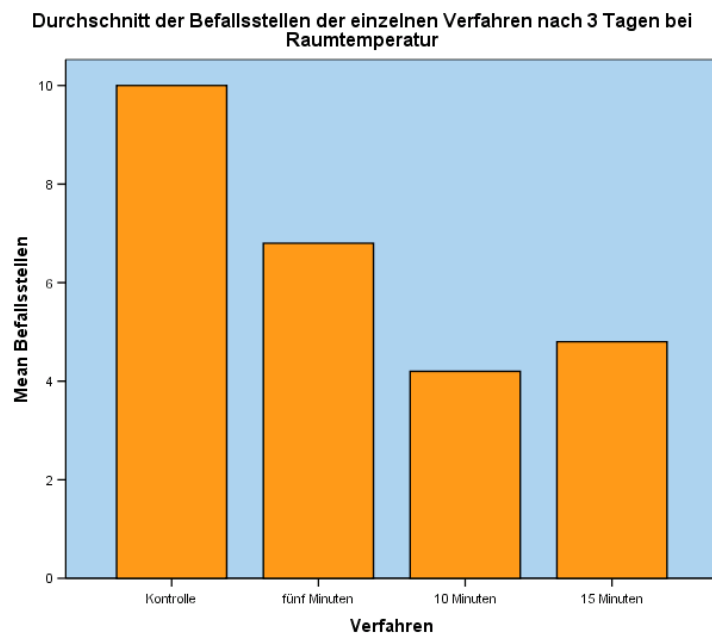


Abbildung 45: Ergebnis Hydrocooling-Verfahren

Um die Qualität der Karotten zu gewährleisten ist die Einhaltung der Kühlkette entscheidend. Werden die Karotten ins ungekühlte Verkaufsregal gestellt, steigt die Temperatur auf Raumtemperatur (20 °C) an. Im Kapitel Verteilung und Verkauf wird aufgezeigt, dass bei einer Temperatur von 20 °C sichtbare *Chalara*-Flecken nach 3 Tagen, bei einer Temperatur von 8 °C hingegen erst nach 10 Tagen festgestellt werden können.

Beim Hydrocooling-Versuch lag Kerntemperatur der Karotten direkt nach dem Waschen zwischen 12 und 14 °C. Während dem Transport in den Kühlboxen hatte sich diese kaum verändert. Mit dem Eintauchen ins 1 °C kalte Wasser konnte die

Kerntemperatur bereits nach 5 Minuten unter 8 °C abgekühlt werden. Dieses schockartige schnelle Abkühlen führte aber zu keiner Verzögerung beim Auftreten der *Chalara*-Pilze, da die Karotten nach der Abkühlung wieder bei Temperaturen über 8 °C gelagert wurden. Anders als in Frankreich wo die Karotten während dem Transport sehr kühl transportiert werden, ist dies in der Schweiz aus logistischen Gründen nicht möglich. In der Schweiz werden Karotten mit anderen Gemüsearten transportiert. Eine für Karotten ideale Kühltemperatur von 2 °C würde zu Schädigungen an den anderen Gemüsearten führen. Ein Hydrocooling nach dem Waschen ist daher nur sinnvoll, wenn die Karotten während dem Transport und dem Verkauf gekühlt werden.

8.4 Fazit

- 1. Die *Chalara*-Pilze auf gewaschenen Karotten können nicht mit einer UV-Behandlung abgetötet werden. Eine solche Behandlung führte zu Zellflüssigkeitsverlusten bei den Karotten.**
- 2. *Chalara*-Pilze im Waschwasser mit UV-Licht effizient abtöten, ist wegen der Verschmutzung durch Erdpartikel im Wasser sehr schwierig.**
- 3. Eine Desinfektion der *Chalara*-Pilze auf gewaschenen Karotten mit Essigsäure ist nicht möglich. Das Zellgewebe verfärbt sich und wird verätzt.**
- 4. Ein schockartiges Abkühlen der Karotten verzögert das Auftreten von *Chalara*-Flecken nicht, sofern die Karotten nach der Kühlung wieder bei Raumtemperatur gelagert werden.**
- 5. *Chalara*-Pilze werden am effektivsten in einem anaeroben Vergärungsprozess abgetötet. Dies kann beim Waschwasser über eine Vergärung mit Sandfiltration und bei Rüstabfällen und Schlämmen aus dem Waschprozess über eine Vergärung in einer Biogasanlage mit Temperaturen über 55 °C erfolgen.**

9 Weitere Qualitätsprobleme

Stemphylium:

Während der Lagersaison 2005-2006 wurden vermehrt Qualitätsproblemen durch das Auftreten von schwarzen Flecken beobachtet, die nicht auf *Chalara*-Pilze zurückzuführen waren. Das Problem war weit verbreitet, und mehrere Betriebe waren betroffen. Im Laufe der Lagerzeit wurde eine Zunahme dieser schwarzen Flecken festgestellt. Die Chargen waren homogen befallen. Bei befallenen Posten konnte dies zu einem Ausfall zwischen 30 und 40% führen. Im Labor an der ACW in Wädenswil wurde die Ursache für diese Flecken Pilzen der Gattung *Stemphylium* zugeordnet.



Abbildung 46: *Stemphylium*-Pilze an Karotten

Grauschimmel (*Botrytis*):

Grauschimmel an Karotten tritt hauptsächlich während der Lagerung auf. Der Pilz bildet auf den Befallsstellen einen grauen bis grauweißen Pilzrasen. Manchmal können sich auch kleine schwarze Sklerotien bilden. Später entsteht auf befallenen Karotten eine Weichfäule. Bei widerstandsfähigen Karottensorten bilden sich anstelle dieses Pilzrasens dunkelbraune bis schwarze Flecken. Am Lager tritt der Pilz vor allem bei Wasserverlust; Gefrierschäden und Verletzungen der Karotten auf. Unter 4 °C wird die Entwicklung des Pilzes stark gehemmt. Ausgereifte und unverletzte Karotten bei trockenen Bedingungen zu ernten ist die wirksamste Bekämpfungsmassnahme.



Abbildung 47: Grauschimmel *Botrytis*

Becherpilz (*Sclerotinia sp.*):

Sclerotinia tritt wie Grauschimmel hauptsächlich bei Karotten am Lager auf. Die Pilze bilden dichtes weisses watteartiges Pilzgeflecht, auf dem sich braune bis schwarze Sklerotien bilden. Auf den Sklerotien bilden sich häufig kleine glänzende Tröpfchen. Später verursachen die Pilze auf den Karotten eine Weichfäule. Meist gelangen die Pilze über im Feld infizierte Karotten in die Lager. Um ein Auftreten der Pilze zu minimieren sollten nur ausgereifte, unverletzte und ungewaschene Karotten einlagert werden. Auch bei tiefen Temperaturen um 0 °C können sich die Pilze gut entwickeln und die Karotten in den Paloxen befallen. Die Lagertemperatur von 0-1 °C sollte deshalb auch innerhalb der Paloxen eingehalten werden.



Abbildung 48: Becherpilz *Sclerotinia sp.*

Trockenfäule (*Fusarium sp.*):

Pilze der Gattung *Fusarium sp.* können die Karotten während der gesamten Vegetationsdauer befallen. Die Pilze sind bodenbürtig können aber auch über Saatgut verbreitet werden. Die Pilze infizieren die Karotten im Feld und entwickeln sich dann während der Lagerung weiter. Es entstehen dunkelbraune lederne Flecken, später eine trockene Fäulnis. Nässe im Boden, warme Temperaturen und Verletzungen an den Karotten erleichtern die Entwicklung des Pilzes. Einer Entwicklung von Trockenfäule am Lager kann durch das Vermeiden von Verletzungen, das Abtrocknen lassen der Karotten vor dem Einlagern und durch das Einhalten der empfohlenen Lagerbedingungen entgegengewirkt werden.



Abbildung 49: Trockenfäule *Fusarium sp.*

Schwarzfäule (*Alternaria radicina*):

Auf den Karottenblättern verursacht der Pilz ähnliche Symptome wie *Alternaria dauci* mit kleinen bräunlichen, gelblich umrandeten Flecken auf den Blättern und den Blattstielen. Auf den Karotten entstehen rundliche oder unregelmäßige schwarz gefärbte Flecken. Die schwarzen Flecken entstehen erst am Lager. Die Infektionen reichen tief ins Gewebe hinein und gelegentlich bildet sich auf diesen Flecken ein schwarzer Pilzrasen. *Alternaria radicina* wird mit dem Samen übertragen und kann auf Pflanzenresten bis zu 7 Jahre im Boden überdauern. Saubere Paloxen und optimale Lagertemperaturen und Luftfeuchtigkeitsführung am Lager reduzieren das Risiko von Schwarzfäule.



Abbildung 50: Schwarzfäule *Alternaria radicina*

Wasserfleckenkrankheit (Cavity Spot):

Die Wasserfleckenkrankheit kann unterschiedliche Ursachen wie zum Beispiel anhaltende Feuchtigkeit, verdichtete Böden, Sauerstoff- und Kalziummangel aber auch langsam wachsende Pilze der Gattung *Phytium sp.* haben und wird deshalb als Krankheitskomplex bezeichnet. Die Krankheit entwickelt sich auf dem Feld. Auf den Karotten bilden sich kleine eingesunkene Flecken. Je nach Karottensorte ist die Reaktion auf den Krankheitskomplex unterschiedlich. Hohe Stickstoff oder Kaligaben fördern zudem das Auftreten der Krankheit.

Möhrenfliege (*Psila rosae*):

Auf der Oberfläche der Oberfläche des Wurzelkörpers sind rostig rote Frassgänge sichtbar. Das Schadbild tritt üblicherweise im unteren Teil der Rüben auf. Bei Karotten ist ein Totalausfall bei starkem Befallsdruck möglich. Eine chemische Bekämpfung mit Flächenspritzung oder Granulaten ist bei Überschreitung der Schadschwellen möglich. Zur Vermeidung von Problemen mit Möhrenfliegen im Folgejahr müssen beschädigte und befallene Karotten nicht auf dem Feld liegen gelassen sondern abgeführt werden, damit sich die Fliegenmaden nicht fertig entwickeln können



Abbildung 51: Befallsbild durch Möhrenfliege

10 Zusammenfassung

Karotten sind mengenmäßig das wichtigste Freilandgemüse aus einheimischer Produktion, sie sind sehr gesund und enthalten viel Vitamin A. Allerdings häuften sich in den letzten Jahren Probleme mit der Qualität. Bitterkeit und Schwarzverfärbung, verursacht durch *Chalara*-Pilze, aber auch Schürfspuren, heterogene Sortierung und weitere Pilzkrankheiten haben die Produktion und den Absatz negativ belastet. Es war wenig darüber bekannt, welche Bedingungen im Verlauf der Karotten- Produktions- und -Verarbeitungskette vom Anbau über die Ernte bis zur Lagerung und zum Verkauf die Qualität beeinträchtigen. Zudem fehlten das Wissen über mögliche Bekämpfungsmethoden, um das Problem nachhaltig in den Griff zu bekommen.

Mit einer umfassenden Initiative, basierend auf einer Zusammenarbeit zwischen Gemüsebranche und Agroscope Changins-Wädenswil (ACW), sollten möglichst rasch Lösungen erarbeitet werden. ACW konnte mit verschiedenen Lösungsansätzen zu dieser Initiative beitragen: die Versuchstätigkeit, welche sich vor allem um die Bekämpfung der *Chalara*-Pilze im Boden bemühte und auch die Expertise, welche im Rahmen der Mittelprüfung erarbeitet wurde. Zusätzlich bot das europäische Interreg-Projekt PromSTAP die Möglichkeit, mit hoher Intensität Fragen der Qualitätssicherung in der Produktion von Karotten zu bearbeiten und Lösungen zu entwickeln. PromSTAP war ein europäisches Interreg-Projekt, das unter dem Oberthema Produktequalität und Produktesicherheit von 2005 bis 2007 lief und die Förderung des „from the stable to the table“ - Ansatzes in europäischen Nahrungsmittelketten zum Ziel hatte. Die Schweiz konnte mit dem Thema Karotten mitarbeiten. PromSTAP konnte nur weitgehend fremdfinanziert durchgeführt werden. Der Agroscope ACW Wädenswil gelang es, Mittel von CHF 180'000.- (seitens Staatssekretariats für Wirtschaft, Seco, und des Kantons Zürich) für die Bearbeitung der erwähnten Probleme im Rahmen von PromSTAP zu akquirieren. Zusätzlich kam eine Kofinanzierung im gleichen Ausmaß von Seite Swisscofel und VSGP zustande. Im November 2005 wurde das Projekt gestartet und deckte zwei Lagerkampagnen ab.

Es brauchte einen integralen Lösungsansatz um die Qualitätsprobleme bei den Karotten zu beheben. Massnahmen zur direkten Bekämpfung der *Chalara*-Pilze in den Böden versprachen keinen nachhaltigen Erfolg. Die Pilze im Boden sind zwar ein wichtiger Bestandteil des Problems, aber nicht seine ausschließliche Ursache. Die Dauersporen (Chlamydosporen) der *Chalara*-Pilze sind sehr robust. Auch nach mehreren Jahren im Boden sind sie für Wirtspflanzen infektiös. Auch Pflanzenschutzmittel versprechen kaum eine Lösung für die Bekämpfung der *Chalara*-Pilze im Boden. Es ist technisch und ökonomisch nicht möglich, Böden über längere Zeit mit einer genügend hohen Konzentration von fungiziden Wirkstoffen zu versorgen, um die *Chalara*-Pilze in den Böden nachhaltig zu reduzieren.

Im Rahmen des Projektes, wurden nach einer gründlichen Situationsanalyse die Kontrollpunkte Boden, Lager, Waschprozess, und Verteilung/ Verkauf identifiziert. An diesen Kontrollpunkten sollte das Risiko von Infektionen durch *Chalara*-Pilze und weitere Qualitätsprobleme reduziert werden. Im vorliegenden Schlussbericht werden diese Punkte diskutiert und die Bedingungen für eine Risikominimierung von Qualitätsproblemen formuliert.

Dabei ist es entscheidend, diese Kontrollpunkte nicht losgelöst voneinander zu betrachten, sondern als zusammenhängende Kette, in der an jedem Punkt die Bedingungen optimiert werden sollen.

Um die Risiken für Qualitätsprobleme beim Kontrollpunkt Boden beurteilen zu können, wurden in vier Gemüsebau-Gebieten in der Schweiz die Böden auf *Chalara*-Pilze getestet. In den Kantonen St. Gallen, Zürich, Luzern und Bern/Fribourg wurden insgesamt 12 Parzellen untersucht, auf denen im Vorjahr Karotten angebaut waren. In allen untersuchten Parzellen konnten *Chalara*-Pilze, unabhängig vom Bodentyp, nachgewiesen werden. Es wurden jedoch deutliche Unterschiede in der Befallsintensität festgestellt. Nur in zwei Parzellen wurde eine sehr schwache Population von *Chalara*-Pilzen nachgewiesen. Die anderen Parzellen waren mittelstark bis sehr stark mit *Chalara* kontaminiert.

So konnte gezeigt werden, dass *Chalara*-Pilze in den Parzellen mit Karottenanbau weit verbreitet sind und oft in hoher Populationsdichte vorkommen. Auf einen Anbau von Lagerkarotten in der Schweiz muss aber deshalb nicht generell verzichtet werden. Nur auf Parzellen die stark bis sehr stark kontaminiert sind, sollten möglichst keine Karotten mehr angebaut werden. Damit je nach Befallsintensität ein Anbau von Karotten empfohlen werden kann, sollten die Parzellen auf *Chalara*-Befall getestet werden. Eine Mischprobe, wie sie für eine N_{\min} -Beprobung entnommen wird, bestehend aus mindestens 30 Einstichen, reicht für eine Beurteilung aus.

Durch eine Beprobung der Böden und durch die Auswahl geeigneter Parzellen kann das Risiko von Problemen durch *Chalara*-Pilze reduziert werden. Wegen dem breiten Wirtspflanzenspektrum der *Chalara*-Pilze ist auch die Fruchtfolge zu beachten. Für eine Risikoreduktion einer Infektion mit *Chalara*-Pilzen ist der Karottenanbau nach Weizen, Roggen oder Mais zu bevorzugen, sofern der *Chalara*-Infektionsdruck in der Parzelle gering ist. Hohes Risiko besteht, wenn Karotten direkt nach Kunstwiese mit Kleeanteil, Luzerne, Erbsen oder Sojabohnen angebaut werden.

Um langfristig den Anbau von Lagerkarotten in der Schweiz nicht zu gefährden, sind nachhaltige Bodensanierungsmassnahmen notwendig.

Das Risiko von Infektionen bei der Ernte besteht darin, dass die Karotten verletzt werden und sich *Chalara*-Pilze in diesen Verletzungen entwickeln können. Eine Ernte bei kühler Witterung, eine schonende Erntetechnik und unverzüglicher Transport der Karotten ins Kühllager tragen dazu bei, dieses Risiko zu reduzieren.

Das Risiko einer Infektion mit *Chalara*-Pilzen im Lager ist weniger bedeutend. Der Lagerungsversuch 2006/2007 und Informationen aus den Lagerbetrieben hatten gezeigt, dass im Lager das Risiko für andere Qualitätsprobleme grösser ist. Bei dem Lagerungsversuch 2006/2007 wurden in allen Lagerbetrieben keine optisch sichtbaren *Chalara*-Flecken nach der fünfmonatigen Lagerzeit an den ungewaschenen Karotten beobachtet. Die Lagerbetriebe konnten somit die Karotten nach der Ernte genügend schnell abkühlen und während der Lagerzeit kühl halten. Die Karotten wurden im Durchschnitt innerhalb von 10 Tagen auf unter 4 °C abgekühlt und blieben bei 2 °C aufbewahrt. Bei diesen Temperaturverhältnissen wird die Entwicklung von sichtbaren *Chalara*-Flecken fast vollständig verhindert.

Andere Qualitätsprobleme wie Schwund, Risse, bittere oder „gummige“ Karotten, sowie Pilzbefall durch *Alternaria sp.*, *Sclerotinia*, *Phytium sp.*, *Fusarium sp.* und *Stemphylium* sind beim Kontrollpunkt Lager ein Risiko. Durch die Einlage von gelochten Plastikfolien in die Holzpaloxen wird das Risiko von Schwund, gummigen Karotten und Pilzbefall reduziert. Je nach eingebauter Lagertechnik wird deshalb der Einsatz von Folien weiterhin empfohlen. Hohe Luftfeuchtigkeit und Temperaturen zwischen 0-2 °C in den Lagern sind entscheidend, um das Risiko von Fäulnis an den Karotten zu reduzieren. Auf genügend Frischluft ist während der Lagerung zu achten. Jedoch besteht ein hohes Risiko für Bitterkeit an den Karotten, wenn mit der Frischluft Ethylen in die Lager gelangt.

Ein sehr hohes Risiko für eine Infektion mit *Chalara*-Pilzen besteht während des Waschprozesses. Das Risiko ist deshalb so hoch, weil die Karotten in der Waschtrommel und bei den Bürstmaschinen verletzt werden und weil nach dem Waschen die Karotten nicht gekühlt werden, was zur Förderung der *Chalara*-Pilze beiträgt. Der Waschprozess ist auch deshalb sehr bedeutend, weil Kreuzkontaminationen stattfinden können. Dies bedeutet, dass Karotten aus *Chalara*-Pilze freiem Boden im Waschprozess mit *Chalara* verseuchtem Wasser gewaschen werden, und so kontaminiert werden können.

Beim Lagerungsversuch 2006/2007 wurde festgestellt, dass bei einem ausschließlichen Einsatz von Frischwasser das Risiko für eine Infektion mit *Chalara*-Pilzen sehr gering bleibt. Das höhere Risiko beim Waschen mit Kreislaufwasser kann durch eine abschließende Spülung mit Frischwasser unter Hochdruck, reduziert werden. Dies wurde in mehreren Waschversuchen bestätigt. Eine Aufbereitung des Kreislaufwassers in einer „Langsam Sandfiltration“ würde das Kontaminationsrisiko zusätzlich reduzieren. Durch Sandfiltration werden die *Chalara*-Pilze zuverlässig aus dem Wasser entfernt.

Bei Verteilung und Verkauf besteht das Risiko hauptsächlich darin, dass sich vorhandene *Chalara*-Pilze zu sichtbar schwarzen *Chalara*-Flecken entwickeln können. Das Risiko von schwarzen *Chalara*-Flecken wird durch Temperaturen unter 8 °C stark reduziert. Beim Verkauf bei Raumtemperatur ist die Kühlkette unterbrochen und die Bedingungen für eine Entwicklung der *Chalara*-Pilze sind optimal. Für Verteilung und Verkauf ist es daher entscheidend, die Kühlkette möglichst lange aufrechtzuerhalten. Werden die Karotten nach dem Verkauf beim Konsument wieder kühl, bei Temperaturen um 5 °C gelagert, reduziert dies ebenfalls das Risiko der Entwicklung von *Chalara*-Flecken.

Das erarbeitete Wissen wird an Tagungen, in Publikationen (d/f) und in Form eines Handbuchs „Qualitätssicherung bei Karotten“ (d/f) der Karottenbranche zur Verfügung gestellt. So können die Erkenntnisse in der ganzen Kette vom Feld, über das Lager, die Wasch- und Konditionierungsbetriebe, über die Verteilung in den Verkauf und bis hin zum Konsumenten angewendet werden. Werden die Empfehlungen von der gesamten Kette umgesetzt, sind wir zuversichtlich grosse Fortschritte in der Verbesserung der Qualität von Karotten zu erzielen. Dadurch kann auch das *Chalara*-Problem weitgehend gelöst werden, und weitere Probleme können mit vollem Einsatz angepackt werden.

11 Wissenstransfer

Eine Projektwebsite wurde Ende April unter www.qs-karotten.ch publiziert. Auf der Website sind allgemeine Informationen zum Projekt, Kontaktpersonen, Informationsplattform mit aktuellen Publikationen zum Thema Karottenqualität zu finden. Die Seite wird regelmäßig mit den neusten Erkenntnissen aktualisiert und von zahlreichen Besuchern als Informationsplattform benutzt. In den ersten zwei Monaten wurde die Seite von über 300 unterschiedlichen Besuchern angesehen, und die Tendenz steigt Woche für Woche an.

Im Mai 2006 wurde ein Artikel von W. Heller und P. Crespo im „Gemüsebau“ publiziert, in welchem die Projektziele und der Stand der Arbeiten präsentiert wurden. Im Rahmen des EU-PromSTAP Projektes wurde QS-Karotten am Component Leader Workshop am 9. Mai 2006 von P. Crespo präsentiert.

Die SWISSCOFEL-Generalversammlung am 9. Mai 2006 und die Frühlingstagung der Schweizerischen Gesellschaft für Phytomedizin am 16. März 2006 waren ebenfalls Gelegenheiten, über das Projekt zu berichten.

Im Frühjahr 2008 wird an der Pflanzenschutztagung Gemüsebau über das „QS-Karotten“ Projekt informiert.

12 Gesamtfazit/ Empfehlungen und Schlussfolgerungen

Mit der Auswahl geeigneter Anbauflächen für die Produktion beginnt die eigentliche Qualitätssicherung bei Karotten. Mischproben, nach der praxisüblichen N_{\min} -Beprobung werden gestochen und auf Kontamination mit *Chalara*-Pilzen untersucht. Stark kontaminierte Parzellen sollten für den Anbau von Karotten möglichst gemieden werden. Das Wirtspflanzen-Spektrum der *Chalara*-Pilze ist sehr breit. Daher sollten *Chalara* anfällige Pflanzen als Vorfrucht gemieden werden.

Ist der *Chalara*-Infektionsdruck in der Parzelle gering, sollte der Anbau von Karotten nicht nach Kunstwiese mit Kleeanteil oder Luzerne, Erbsen und Sojabohnen erfolgen. Wenig kritische Vorkulturen für Karotten sind: Weizen, Roggen und Mais.

Bei der Ernte der Karotten gilt es, Verletzungen durch Erntemaschinen und grosse Fallhöhen zu vermeiden. Zudem muss darauf geachtet werden, die Karotten vor Erwärmung und Wasserverlust zu schützen. Die Ernte sollte bei möglichst kühlen Temperaturen erfolgen. Die geerntete Ware gilt es sofort zu kühlen oder bei Temperaturen unter 10 °C über Nacht vorzukühlen. Hohe Temperaturen im Erntegut erhöhen nicht nur das Risiko von Pilzinfektionen, sondern verlängern auch die Kühlzeit in den Lagern. Zudem produzieren die Karotten bei höheren Temperaturen mehr Atmungswärme. Da die Wurzeln der Karotten kaum ein Verdunstungsschutz bieten, verlieren die geernteten Karotten an der Luft schnell Wasser. Daher sollten die Paloxen nicht unnötig lange auf dem Felde stehen bleiben, sondern unverzüglich in die Kühllager gebracht werden.

Die Karotten werden mit einem Erdbesatz zwischen 5-10% eingelagert. Um den Wasserverlust am Lager gering zu halten, empfiehlt sich der Einsatz von gelochten Plastikfolien in den Paloxen. Die Folien können direkt bei der Einlagerung oben

geschlossen werden. Der Einsatz von Folien ist vor allem in Kühlräumen älterer Bauart sehr zu empfehlen. Die Folien verlangsamen zwar die Abkühlung, erlauben aber oft eine höhere Ausbeute.

Hoher Wasserverlust bewirkt Qualitätseinbussen und die Karotten werden „gummig“. In den Lagerräumen sollte die Temperatur zwischen 0-1 °C liegen. Für eine optimale Einkühlung und Kühlung während der Lagerzeit ist ein möglichst kleines Δt (Temperaturdifferenz zwischen Kühlanlage und Sollwert im Lager) zu wählen. Die Verdampferoberfläche der Kühlaggregate muss daher der Lagergrösse angepasst sein. Da jeder Kühlzyklus Wasser aus der Luft entzieht, sind möglichst wenig Kühlzyklen und keine langen Kühlmaschinen-Laufzeiten anzustreben.

Hoher Wasserverlust bewirkt nicht nur „gummige“ Karotten, sie werden auch anfälliger auf Pilzinfektionen oder Fäulnis. Daher ist eine hohe relative Luftfeuchtigkeit von 98-99% einzustellen. In neuen Kühlräumen kann dies eingehalten werden.

Holzpaloxen nehmen während der Lagerung 10-15 kg Wasser auf. Der Einsatz von Folien reduziert das Risiko, dass die Holzpaloxen dieses Wasser von den Karotten aufnehmen. Zudem ist es sinnvoll, die Böden der Lager vor der Einlagerung gut zu befeuchten. Werden keine Folien verwendet, ist zumindest der Einsatz von grösseren Holzpaloxen sinnvoll, weil das Verhältnis zwischen Volumen und Holzoberfläche grösser ist. Der Einsatz von Plastikpaloxen könnte diese Probleme elegant umgehen. Der Abstand zwischen den Paloxen ist für eine optimale Luftzirkulation entscheidend.

Während der Einlagerung sollte die Luft in den Lagerräumen oft umgewälzt werden, um eine gleichmässige Abkühlung zu erreichen. Ist die Lagertemperatur erreicht, sollte die Luftumwälzung minimiert werden, um Austrocknung zu vermeiden.

Da die Stoffwechselabläufe in den Karotten am Lager weiter gehen, wird am Lager Sauerstoff veratmet und Kohlendioxid, Wärme und Wasserdampf produziert. Daher ist während der Lagerung auf die Zufuhr von genügend Frischluft zu achten. Dabei darf aber nur „saubere“ Frischluft zugeführt werden. Ethylen in der Frischluft bewirkt die Bildung von Bitterstoffen in den Karotten. Früchte oder Fruchtgemüse, aber auch Verbrennungsmotoren oder Heizungen produzieren gewisse Mengen an Ethylen.

Nach der Auslagerung ist die Einhaltung der Kühlkette ein wichtiger Faktor, um die Qualität der Karotten zu gewährleisten. Beim Waschen der Karotten muss mindestens am Ende des Waschprozesses mit Frischwasser gespült werden. Die Wassertemperatur sollte möglichst kühl sein.

Wird ausschliesslich Frischwasser zum Waschen verwendet, kann das Risiko des Befalls durch *Chalara*-Pilze deutlich reduziert werden. Wird Kreislaufwasser zum Waschen verwendet, sollte eine zusätzliche, abschliessende Spülung mit Frischwasser unter Hochdruck erfolgen. Ohne zusätzliche Spülung mit Frischwasser unter Hochdruck besteht ein erhöhtes Risiko, dass *Chalara*-Pilze nach dem Waschen auf den Karotten bleiben und sich nach wenigen Tagen schwarze *Chalara*-Flecken bilden. Damit die Karotten nach dem Frischwasser nicht wieder mit Kreislaufwasser kontaminiert werden, muss der abschliessende Spülschritt getrennt vom übrigen

Waschprozess erfolgen. Während diesem Spülschritt müssen sich die Karotten drehen. Zudem sollten die Sortierrollen gelegentlich mit Hochdruck gereinigt werden.

Um die Anreicherung von *Chalara*-Pilzen im Kreislaufwasser zu verhindern, muss dieses aufbereitet werden. Der Einsatz einer Sandfiltration mit einer anaeroben Phase entfernt die *Chalara*-Pilze zuverlässig aus der Nährlösung. Rüstabfälle sollten in einer Kompost-Anlage zu Kompost vergoren und so hygienisiert werden.

Da sich *Chalara*-Infektionen hauptsächlich in Verletzungen der Karotten entwickeln, ist eine schonende Handhabung während dem Wasch- und Sortierprozess zu gewährleisten. Karotten sind gegenüber allen mechanischen Belastungen sehr empfindlich. Absenkbare Förderbänder, Rutschbleche und die Verwendung von Fallsegeln tragen zur schonenden Behandlung der Karotten bei. Polsterung an den „Mitnehmern“ in der Waschtrommel und auf Aufprallflächen, wo Karotten direkt auf Metall treffen, reduzieren zusätzlich die Belastungen.

An Karotten vorhandene *Chalara*-Pilze werden am besten mit Frischwasser unter Hochdruck abgewaschen. Andere Desinfektionsmassnahmen der Karotten sind wirkungslos oder schädigen die Qualität der Karotten. Nachdem die Karotten gewaschen, sortiert und abgepackt sind, wird ausschliesslich durch Kühlung das Risiko von Qualitätsproblemen reduziert. Sind nach dem Waschen noch *Chalara*-Pilze auf den Karotten vorhanden, kann die Entwicklung von schwarzen *Chalara*-Flecken nur durch Kühlung verhindert werden. Die Kerntemperatur der Karotten sollte 8 °C möglichst nicht übersteigen. Nur eine strikte Einhaltung der Kühlkette kann sichtbare Qualitätsminderungen durch *Chalara*-Pilze auf den abgepackten Karotten um mehrere Tage bis Wochen hinauszögern. Werden die Karotten bei Raumtemperatur (20 °C) gelagert, dauert es nur wenige Tage bis die *Chalara*-Schwarzflecken sichtbar werden.

Im optimalen Fall werden die Karotten nach dem Abpacken schnellstmöglich unter 8 °C gekühlt und zu den Verkaufsstellen transportiert. An der Verkaufsfreie sollten die Karotten ebenfalls gekühlt werden. Leider ist eine Kühlung an der Verkaufsfreie in der Schweiz noch nicht üblich. Es muss daher darauf geachtet werden, dass die Zeitspanne bis zum Verkauf bei Raumtemperatur möglichst kurz ist. Es ist besser kleinere Mengen an gekühlter Ware zum Verkauf anzubieten, als grosse „Karottenberge“ dem Konsumenten zu präsentieren.

Der Konsument sollte die Karotten an kühlen Orten lagern, bevorzugt im Kühlschrank. Je kühler die Karotten gelagert werden, desto geringer ist auch die Atmungswärme von den Karotten selber, und die Temperaturobergrenze von 8 °C kann eingehalten werden.

Werden diese Empfehlungen an den Kontrollpunkten, Boden/Ernte, Lager, Waschprozess und Verteilung/Verkauf umgesetzt (siehe Tabelle 12), kann die Qualität der Karotten nachhaltig gewährleistet werden. Kurzfristig, ist eine Qualitätsverbesserung bei den Karotten durch das Waschen mit Frischwasser unter Hochdruck am schnellsten zu erreichen. Eine langfristige Sicherstellung der Qualität beinhaltet aber auch, Sanierungen der *Chalara* verseuchten Böden, die Einhaltung optimaler Lagerbedingungen durch moderne Technik und die Gewährleistung der Kühlkette bis an die Verkaufsfreie. Nur wenn einwandfreie Qualität angeboten wird, kommen zufriedene Kunden wieder und nicht die Produkte.

Tabelle 12: Zusammenfassung aller Kontrollpunkte mit den empfohlenen Massnahmen

Boden	1.1 Bodenproben Parzellen, die für den Karottenanbau vorgesehen sind, mit einer Mischprobe (mind. 30 Einstiche/ ha) auf <i>Chalara</i> -Pilze testen. Bodenproben können am Labor Ins: (www.laborins.ch) auf <i>Chalara</i> -Pilze untersucht werden.	► Stark mit <i>Chalara</i> -Pilzen kontaminierte Parzellen (Befund Labor Ins) sind für den Anbau von Lagerkarotten möglichst zu meiden. Auf solchen Parzellen ist eine Direktverarbeitung der Karotten anzustreben.
	1.2 Fruchtfolge Weil <i>Chalara</i> -Pilze als Pathogene vieler Kulturpflanzen (Karotten, Tabak, Zucchetti, Erbsen, Klee und Luzerne) nachweisbar sind, gilt es die Fruchtfolge zu beachten.	► Der Karottenanbau nach Mais, Weizen oder Roggen ist zu bevorzugen. ► Grasmischungen mit Klee oder Luzerne meiden. ► Verletzungen an den Karotten durch einen optimalen Erdbesatz von 10% und Einsatz von Fallsegeln vermeiden. ► Rotationsintervall bei Karotten von 4 Jahre einhalten.
	1.3 Ernte Um Infektionen mit <i>Chalara</i> -Pilzen zu vermeiden sind Erntezeitpunkt, Erntetechnik und Erntetemperatur zu beachten.	► Optimaler Erntezeitpunkt für Lagerkarotten ist ab Mitte Oktober bei kühlen Temperaturen (Boden in 10cm < 10 °C). ► Verletzungen an den Karotten durch einen optimalen Erdbesatz von 10% und Einsatz von Fallsegeln vermeiden. ► Erntegut unverzüglich ins Kühlager bringen.
Lagerung	2.1 Lagertemperatur Die Karotten müssen nach der Ernte innerhalb von 24 Stunden auf unter 10°C, nach 3 Tagen unter 5°C und nach 4 Wochen auf eine Temperatur zwischen 0 -1 °C abgekühlt und unter Einhaltung dieser Temperatur (0-1 °C) gelagert werden.	► Bei ungenügender Einhaltung der empfohlenen Lagertemperatur muss die Kühltechnik angepasst werden. ► Obwohl Folien die Abkühlzeit verlangsamen, wird deren Einsatz je nach Lagertechnik empfohlen. (Reduktion Feuchtigkeitsverlust durch die Folien).
	2.2 Lagertechnik Bei Einhaltung der empfohlenen Lagerbedingungen (Siehe Handbuch Gemüse) ist das Risiko von Qualitätseinbussen durch <i>Chalara</i> -Pilze gering. Bei der Zufuhr von Frischluft (CO ₂ muss < 0.5% sein) darf kein Ethylen in die Lager gelangen, sonst werden die Karotten bitter. (Bildung Isocumarin)	► Je nach Lagertechnik wird die Verwendung von Folien in den Paloxen empfohlen. ► Folien reduzieren das Risiko von Schwund, „gummigen“ Karotten und Pilzbefall. ► Eine Luftfeuchtigkeit grösser 97% ist entscheidend, um Verluste durch Austrocknung zu vermeiden.
	2.3 Kühltechnik Jeder Kühlzyklus entzieht aus der Lagerluft Feuchtigkeit. Um das Risiko von Austrocknung zu vermeiden, sind möglichst wenig Kühlzyklen und keine langen Laufzeiten der Kühlmaschinen während der Lagerdauer anzustreben.	► Die Verdampferoberfläche der Kühlaggregate muss dem Kühlraumvolumen angepasst sein. ($\Delta t < 4 \text{ °C}$) ► Frischluftzufuhr möglichst bei kühlen Aussentemperaturen (in der Nacht lüften) ► Laufzeiten der Kühlmaschinen < 8h/ Tag während der Lagerung; Isolation der Lagerräume muss trocken sein!
Waschprozess	3.1 Wasserkontamination Bei Mehrfachverwendung von Wasser können sich <i>Chalara</i> -Pilze im Waschwasser ansammeln. Dabei können die Pilze auch chalarafreie Chargen infizieren. (Kreuzkontaminationen)	► Ein zusätzlich abschliessender Spülschritt mit Frischwasser unter Hochdruck führt zu einer deutlichen Reduktion des <i>Chalara</i> -Befalls an gewaschenen Karotten. ► Dieser Spülschritt muss vom übrigen Waschprozess räumlich getrennt erfolgen.
	3.2 Waschtechnik Qualitätsprobleme mit <i>Chalara</i> -Pilzen treten häufig dort auf, wo die Karottenoberflächen verletzt oder stark belastet werden.	► Fallhöhen mit Fallsegeln und Rutschblechen minimieren. ► Polsterungen an Waschtrommel und Aufprallflächen Anbringen; dies reduziert die zusätzlichen Belastungen der Karotten.
	3.3 Waschwasser Es ist aus ökonomischen, ökologischen und hygienischen Gründen sinnvoll, das Waschwasser aufzubereiten. Dabei gilt es effiziente und zuverlässige Aufbereitungsmethoden anzuwenden.	► Mit einer Langsam-Sandfiltration können <i>Chalara</i> -Pilze zuverlässig aus dem Waschwasser entfernt werden. (Dr. Walter Wohanka; Langsam-Sandfiltration)
	3.4 Rüstabfälle/ Schlämme Üblicherweise werden die in Rüstabfällen und Schlämmen gebundenen Nährstoffe dem Boden direkt zurückgeführt. Eine solche Flächenkompostierung ist zeitsparend, kostengünstig, ökologisch sinnvoll aber sehr riskant.	► Damit keine Pflanzenkrankheiten auf die Felder gelangen, müssen Rüstabfälle und Schlämme in einer Biogasanlage vergärt, oder zu Kompost verarbeitet werden. (Hygieneanforderungen Kompost: mind. 3 Wochen > 55 °C oder mind. 1 Woche > 65 °C)
Verteilung/ Verkauf	4.1 Kühlung Aus logistischen Gründen werden die Karotten in der Schweiz bei ca. 12 °C in die Verkaufszentralen transportiert. Kann die Temperatur der Karotten unter 8 °C gehalten werden, treten die schwarzen <i>Chalara</i> -Flecken frühestens 10 Tage nach dem Waschen auf.	► Die Kühlkette muss von der Ernte bis zum Verkauf tiefer 8 °C eingehalten werden.
	4.2 Ladenverkaufszeit Bei Raumtemperatur von 20 °C können die typischen schwarzen Flecken der <i>Chalara</i> -Pilze bereits nach 3 Tagen sichtbar werden.	► Die Karotten höchstens einige Stunden bei Raumtemperatur aufbewahren. (Warenträger nur Tagesmenge aufbewahren) ► Die Karotten sollten an der Verkaufsfreie gekühlt werden.
	4.3 Konsum Oft werden die schwarzen <i>Chalara</i> -Flecken erst beim Konsumenten sichtbar. Durch eine Aufbewahrung der Karotten bei kühlen Temperaturen möglichst unter 8 °C kann das Risiko von schwarzen Flecken reduziert werden.	► Die Karotten werden optimal im Kühlschrank aufbewahrt.

Einfluss auf *Chalara*-Schwarzflecken:  Einfluss mittel;  Einfluss gross

13 Dank

Das Projektteam von der Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil ACW: P. Crespo, A. Kägi, R. Baur, L. Bertschinger, E. Höhn und W. Heller bedankt sich bei

den **Projektpartnern**

- SECO
- Kanton Zürich
- SWISSCOFEL
- VSGP

für die finanzielle Unterstützung

den **Projektbetrieben**

- Fenaco Marthalen
- Gemüsezentrale Rheintal
- Rathgeb BioLog AG
- Schwab-Guillod AG
- Spavetti AG
- Steffen-Ris AG

für die gute Zusammenarbeit

und

D. Baumgartner, R. Theiler, E. Razavi, C. Zoller (ACW) für fachliche Unterstützung.

Das Projekt wurde im Rahmen des europäischen Interreg IIIC–Projekt "European regions competing jointly on world food markets - Promotion from the stable to table approach / PromSTAP" durchgeführt.

14 Literaturverzeichnis

- Amer, J. (1996). Factors Influencing Ethylene-induced Isocoumarin Formation and Increased Respiration in Carrots. *SOC.HORT.SCI* 121(3). 537-542
- Bovey, R. (1972). *La défense des plantes cultivées*. Payot Lausanne, 691.
- Bedlan, G. (1999). *Gemüsekrankheiten. AV-Fachbuch. Karotten (Möhren). Knollen und Wurzelgemüse*, 71-80.
- Fraser, H. W. (1998). Long-Term Storage of Carrots. Factsheet. ISSN1198-712X.
- Davis, M. R.; Raid R. N. (2002). *Compendium of Umbelliferous Crop Diseases*. 37-38.
- Labuschagne, N.; Kotzé, J. M. (1996). Control of groundnut blackhull and its causal fungus *Chalara elegans* with fungicides. *Plant pathology* 45, 540-546.
- Punja, Z. K. ; Gaye, M. M. (1993). Influence of postharvest handling practices and dip treatments on development of black root rot on fresh market carrots. *Plant Disease* 77, 989-995.
- Scharnhölz, A. (2005). Qualitätserhalt in der Nachernte – Kühlung unerlässlich. *Fruits & Légumes*, No. 246, Dezember 2005.
- Villeneuve, F. (2005). Les altérations de la qualité chez la carotte 1re partie: les origines pathologiques. *Infos CTIFL* 210, 40-44.
- Weber, R. W. S.; Tribe, H. T. (2004) *Thielaviopsis basicola* and *T. thielavioides*, two ubiquitous moulds on carrots sold in shops. *Mycologist* Volume 18, Part 1.
- Yarwood, C. E. (1946). Isolation of *Thielaviopsis basicola* from soil by means of carrot discs. *Mycologia* 38, 346-348.