

Verbesserung der Lager- qualität von Äpfeln

Schriftenreihe, Heft 7/2013



Verbesserung der Lagerqualität von Äpfeln

Ricarda Amani, Dr. Olaf Krieghoff

Inhalt

1	Einleitung	6
2	Material und Methoden	7
2.1	Versuchsablauf	7
2.2	Datenerfassung	11
3	Ergebnisse	12
3.1	Fruchtanalyse Sorte 'Gala'	12
3.1.1	Einzelfruchtgewicht und Fruchtgröße	12
3.1.2	Fruchtfleischfestigkeit	12
3.1.3	Stärkeabbau	14
3.1.4	Gehalte an löslicher Trockensubstanz, Säure und Zucker-Säure-Verhältnis	14
3.1.5	Verluste durch Lagerfäulen und physiologische Schäden	14
3.1.6	Gehalte an Gärstoffen	15
3.2	Fruchtanalyse Sorte 'Shampion'	15
3.2.1	Einzelfruchtgewicht und Fruchtgröße	15
3.2.2	Fruchtfleischfestigkeit	15
3.2.3	Stärkeabbau	16
3.2.4	Gehalte an löslicher Trockensubstanz, Säure und Zucker-Säure-Verhältnis	16
3.2.5	Verluste durch Lagerfäulen und physiologische Schäden	17
3.2.6	Gehalte an Gärstoffen	17
3.3	Ethylenkonzentration in der Lageratmosphäre	17
3.4	Fruchtgewicht	18
3.5	Abtauwassermenge	18
3.6	Laufzeiten und Energieverbrauch der technischen Anlagen	18
3.7	Betriebswirtschaftliche Betrachtung	20
4	Diskussion	21
4.1	Fruchtanalysen	21
4.1.1	Fruchtqualität	21
4.1.2	Gärstoffanalyse	23
4.2	Fruchtgewicht und Abtauwassermenge	23
4.3	Betriebswirtschaftliche Betrachtung	24
5	Zusammenfassung	25
6	Quellenverzeichnis	27
7	Anhang	29

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Box mit Fluoreszenzsensor.....	7
Abbildung 2:	Verlauf der Kohlendioxid-, Sauerstoff- und Chlorophyllfluoreszenzwerte – Variante DCA-Lagerung (16.12.2009-09.02.2010).....	9
Abbildung 3:	Verlauf der Kohlendioxid-, Sauerstoff- und Chlorophyllfluoreszenzwerte – Variante DCA-Lagerung (10.10.2010-24.01.2011).....	10
Abbildung 4:	Verlauf der Kohlendioxid-, Sauerstoff- und Chlorophyllfluoreszenzwerte – Variante DCA-Lagerung (01.10.2011-30.01.2012).....	10
Abbildung 5:	Fruchtfleischfestigkeit Sorte 'Gala' nach Entnahme aus dem Lager (Saison 2009/2010)	12
Abbildung 6:	Fruchtfleischfestigkeit Sorte 'Gala' nach Entnahme aus dem Lager (Saison 2010/2011)	13
Abbildung 7:	Fruchtfleischfestigkeit Sorte 'Gala' nach Entnahme aus dem Lager (Saison 2011/2012)	13
Abbildung 8:	Fruchtfleischfestigkeit Sorte 'Gala' nach Entnahme aus dem Lager (Lagerdauer 18 Wochen) und unterschiedlichen Nachlagerzeiten bei 2,5 °C (kühl) und 17 °C (warm) (Saison 2010/2011).....	13
Abbildung 9:	Fruchtfleischfestigkeit Sorte 'Gala' nach Entnahme aus dem Lager (Lagerdauer 23 Wochen) und unterschiedlichen Nachlagerzeiten bei 2,5 °C (kühl) und 17 °C (warm) (Saison 2011/2012).....	14
Abbildung 10:	Fruchtfleischfestigkeit Sorte 'Shampion' nach Entnahme aus dem Lager (Lagerdauer 18 Wochen) und unterschiedlichen Nachlagerzeiten bei 2,5 °C (kühl) und 17 °C (warm) (Saison 2010/2011).....	16
Abbildung 11:	Fruchtfleischfestigkeit Sorte 'Shampion' nach Entnahme aus dem Lager (Lagerdauer 23 Wochen) und unterschiedlichen Nachlagerzeiten bei 2,5 °C (kühl) und 17 °C (warm) (Saison 2011/2012).....	16
Abbildung 12:	Ethylengehalte [ppm] in der Lageratmosphäre (Saison 2011/2012)	17
Abbildung 13:	Verbrauch [kWh] vom 25.09.2010 bis 23.01.2011 (2. Versuchsjahr)	19
Abbildung 14:	Verbrauch [kWh] vom 09.09.2011 bis 13.02.2012 (3. Versuchsjahr)	19

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Daten zum Ablauf der Lagerung	7
Tabelle 2:	Sollwerte für Sauerstoff und Kohlendioxid	8
Tabelle 3:	Anteil an Früchten Sorte 'Gala' mit Lagerschorf in Prozent.....	15
Tabelle 4:	Gärstoffgehalte Sorte 'Gala' nach Erreichen des ACP (Versuchsjahr 3).....	15
Tabelle 5:	Gärstoffgehalte Sorte 'Shampion' nach Erreichen des ACP (Versuchsjahr 3)	17
Tabelle 6:	Prozentualer Gewichtsverlust während der gesamten Lagerdauer – Sorte 'Shampion'.....	18
Tabelle 7:	Durchschnittliche Abtauwassermenge in Liter pro Tonne und Monat	18
Tabelle 8:	Zusätzliche jährliche Kosten im Vergleich zur ULO-Lagerung	20

1 Einleitung

Eine der Aufgaben der Erzeugerorganisation Dresdener Obst eG besteht darin, die Wettbewerbsfähigkeit sächsischer Obsterzeuger zu verbessern. Durch einen zunehmenden Konkurrenzdruck auf dem Markt steigen u. a. die Anforderungen an die Qualität und die zeitliche Verfügbarkeit von Äpfeln. Daher wurde ein Projekt zur „Verbesserung der Lagerqualität von Äpfeln“ initiiert, welches durch den Freistaat Sachsen nach der „Richtlinie des Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landwirtschaft für die Förderung von besonderen Initiativen zur Entwicklung der Land- und Forstwirtschaft, des ländlichen Raumes sowie des Umwelt- und Naturschutzes zur Minderung der Belastung durch Umwelteinwirkungen, der Imkerei sowie von Berufsbildungsmaßnahmen der Land, Forst- und Hauswirtschaft im Freistaat Sachsen“ gefördert wurde.

Als derzeitiges Standardverfahren für die Lagerung von Äpfeln gilt die ULO-Lagerung (Ultra Low Oxygene). Diese Lagermethode bewirkt durch eine Absenkung der Temperatur und der Einstellung einer konstanten Atmosphäre mit im Vergleich zur Normalatmosphäre verringertem Sauerstoff- (1,0-1,5 %) und erhöhten Kohlendioxidwerten (1,0-3,5 %) eine Verlangsamung des Reifeprozesses der Äpfel. Durch den Einsatz neuer Lagerverfahren ist es jedoch möglich, eine noch stärkere Reifeverzögerung zu erzielen und somit länger Früchte mit einer hohen Qualität anbieten zu können.

Für das durchgeführte Projekt wurden zwei der neuen Verfahren - DCA-Lagerung (Dynamic Controlled Atmosphere) und ULO-Lagerung unter Reduktion des Reifehormons Ethylen - ausgewählt, die hinsichtlich des Qualitätserhalts der Äpfel, aber auch in Bezug auf ihr Kosten-Nutzen-Verhältnis untersucht und mit der Standard-ULO-Lagerung verglichen werden sollten.

Bei der DCA-Lagerung wird die Sauerstoffkonzentration der Lageratmosphäre noch weiter verringert als bei der ULO-Lagerung. Die Werte werden hier bis knapp über den so genannten anaeroben Umkehrpunkt (Anaerobic Compensation Point – ACP), welcher in der Regel bei ca. 0,2-0,6 % O₂ liegt und an welchem Gärprozesse einsetzen, gesenkt. Dadurch wird der Stoffwechsel der Früchte und somit ihre Reife weiter verlangsamt.

Die Atmosphäre im Lager bei so niedrigen Sauerstoffwerten zu halten, ohne dabei ein Ansteigen der Kohlendioxidwerte zuzulassen, stellt erhöhte Anforderungen an die Technik. Außerdem werden spezielle Chlorophyllfluoreszenzsensoren benötigt, die Stresssignale, die von den Früchten bei zu geringen Sauerstoffkonzentrationen abgegeben werden, erfassen. Bei Feststellung von Stresssymptomen muss eine Anpassung der Sauerstoffwerte erfolgen. Somit entstehen im Vergleich zur ULO-Lagerung zusätzliche Investitionskosten für eine bessere CA-Technik sowie für die Fluoreszenzsensoren. Weiterhin besteht ein erhöhter Kontrollaufwand und auch die Energiekosten steigen.

Bei dem zweiten zu untersuchenden Verfahren soll das Phytohormon Ethylen, welches maßgeblich für die Reife der Früchte verantwortlich ist, aus der Lageratmosphäre entfernt werden. Dies kann u. a. durch die Verbrennung des Gases bei ca. 250 °C erfolgen, bei ansonsten unveränderten ULO-Bedingungen. Zu klären war, wie stark dabei der Reifeprozess verzögert werden kann. Zusätzliche Kosten entstehen bei diesem Verfahren für den Ethylenkonverter und auch hier fallen höhere Energiekosten an.

Ziel ist es, aus den gewonnenen Ergebnissen Empfehlungen für die Lagerung von Äpfeln in Sachsen abzuleiten, um durch eine Erhöhung der Lagerqualität den Ansprüchen unserer Kunden zu genügen und die weitere Zukunft der Vermarktung zu sichern.

2 Material und Methoden

2.1 Versuchsablauf

Für den Versuch wurden drei benachbarte Zellen ausgewählt, die mit derselben Verbundkälteanlage gekühlt werden. Das Raumvolumen betrug dabei jeweils ca. 1.300 m³. In allen drei Zellen wurden ein automatisches Waagesystem für die Erfassung der Gewichtsverluste an je zwei Großkisten und Feuchtesensoren angebracht. Für die Variante DCA-Lagerung wurde ein Kohlendioxidadsorber mit zusätzlicher Zwischenspülung, eine Stickstoffkompressionsanlage, Chlorophyllfluoreszenzsensoren (HarvestWatch™, Fa. Satlantic Inc., Canada) und die entsprechende Hard- und Software installiert. Die Fluoreszenzsensoren befinden sich in Boxen, die mit je sechs bis acht Äpfeln bestückt werden (siehe Abbildung 1). In den Sensoren sind LED-Lampen integriert, welche Licht aussenden. Dieses wird zum Teil vom Chlorophyll der Äpfel absorbiert und zum Teil als Fluoreszenz (F-α) wieder abgegeben (Satlantic Inc. 2007; LAFER 2009). Sobald die Äpfel, die sich in der Box befinden, aufgrund von zu niedrigen Sauerstoffwerten unter Stress geraten, tritt eine deutliche Zunahme der Chlorophyllfluoreszenz auf.

Für die Variante Ethylenreduktion wurde ein Ethylenkonverter KATOX 400 angeschlossen, der das Reifehormon durch Verbrennung bei ca. 250 °C aus der Zellenatmosphäre entfernt. Zur Überwachung der Ethylengehalte in den Zellen wurden entsprechende Sensoren eingesetzt.



Abbildung 1: Box mit Fluoreszenzsensor

Die Daten zum Ablauf der Lagerung in den drei Jahren sind aus der nachfolgenden Tabelle ersichtlich.

Tabelle 1: Daten zum Ablauf der Lagerung

	2009/2010	2010/2011	2011/2012
Befüllung je Raum	290 t ´Gala´ 1,0 t ´Shampion´	300 t ´Gala´ 0,7 t ´Shampion´	310 t ´Gala´ 0,9 t ´Shampion´
Datum der Einlagerung	10.09.-18.09.2009	17.09.-25.09.2010	03.09.-09.09.2011
Pull down	07.10.2009 (08.11.2009)	07.10.2010	22.09.2011
Öffnen der Zellen	01.02.2010	24.01.2011	14.02.2012
Lagerdauer	144 d	129 d	164 d

Nach der Einlagerung wurden die Äpfel zuerst kühl gelagert. Im ersten Versuchsjahr wurde am 07.10.2009 mit der Absenkung des Sauerstoffgehaltes begonnen. Weil in diesem Jahr zu Beginn des Pull down noch nicht alle Installationsarbeiten für die Varianten Ethylenreduktion und DCA-Lagerung abgeschlossen waren, mussten die Zellen am 02.11.2009 nochmals geöffnet werden. Nach Abschluss der Arbeiten wurden die Zellen am 08.11.2009 wieder verschlossen.

Die eingestellten Sollwerte für die Lagervarianten in den einzelnen Jahren sind der Tabelle 2 zu entnehmen.

Tabelle 2: Sollwerte für Sauerstoff und Kohlendioxid

	2009/2010	2010/2011	2011/2012
Sollwerte Sauerstoffkonzentration:			
ULO und ULO mit Ethylenreduktion	1,2 %	1,0 %	1,0 %
DCA	dynamisch	dynamisch	dynamisch
Sollwerte Kohlendioxidkonzentration:			
ULO und ULO mit Ethylenreduktion	2,1 % (2,0 %)	2,0 %	2,0 %
DCA	3 : 1	3 : 1	3 : 1

Für die Temperatur wurde ein Sollwert von 1,4 bis 1,8 °C eingestellt.

Im Verlauf der Lagerung wurde bei der Variante DCA-Lagerung der Sollwert für CO₂ schrittweise herabgesetzt. Auch die Sauerstoffkonzentration wurde stufenweise verringert, mit dem Ziel, den anaeroben Umkehrpunkt (ACP) zu ermitteln, an dem die alkoholische Gärung beginnt.

Im Versuchsjahr 2009/2010 gab es anfänglich Probleme, den Sauerstoffgehalt ausreichend abzusenken. Ursache dafür war, dass mit dem im N₂-Kompressor erzeugten Stickstoff für die Spülung des Adsorbers ein noch zu hoher Anteil an Sauerstoff in den Adsorber eingebracht wurde. Aufgrund des niedrigen Sollwertes für Kohlendioxid war eine hohe Anzahl an CO₂-Adsorptionstakten notwendig, mit einem entsprechenden Eintrag an Sauerstoff in die Zelle. Daher wurde am 08.01.2010 der Sollwert für Kohlendioxid auf 2,0 % angehoben. Ebenso wurde in den beiden anderen Varianten der Sollwert auf 2,0 % gesetzt, sodass ein Vergleich der Laufzeiten des CO₂-Adsorbers zwischen den Varianten ermöglicht wurde.

Auch das Erreichen des ACP, welcher im ersten Versuchsjahr bei unter 0,1 % Sauerstoff ermittelt wurde, war nur durch das Aussetzen der Kohlendioxidadsorption durch Anhebung des CO₂-Sollwertes möglich. Beim Erreichen des ACP war eine leichte Erhöhung der Chlorophyllfluoreszenz zu verzeichnen. Beabsichtigt war, die Sauerstoffwerte für einige Zeit auf diesem sehr niedrigen Niveau zu halten, um eine deutlichere Erhöhung der Fluoreszenz zu erzielen. Dies war jedoch leider nicht möglich, weil mit Erreichen des neuen CO₂-Sollwertes wieder adsorbiert wurde und damit erneut geringe Mengen an Sauerstoff eingetragen wurden (siehe Abbildung 2). Um eine sichere Lagerung ohne eine Beeinträchtigung der Fruchtqualität zu gewährleisten, wurde am 18.01.2010 der Sauerstoffsollwert auf 0,3 % erhöht und der Kohlendioxidsollwert wieder auf 1,5 % gesenkt. Dadurch ging die Chlorophyllfluoreszenz in etwa auf das vorherige Niveau zurück.

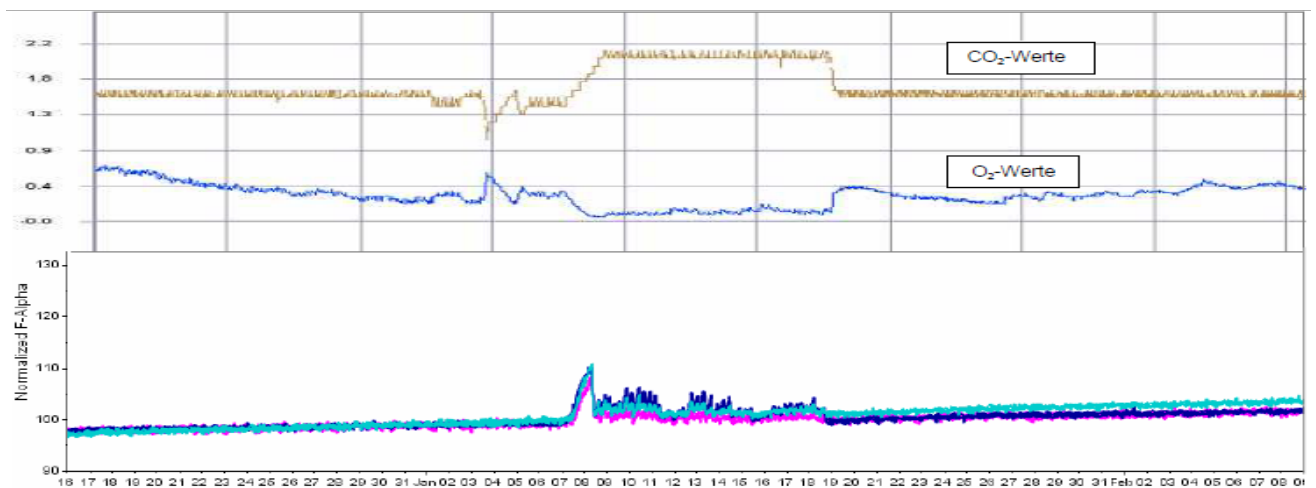


Abbildung 2: Verlauf der Kohlendioxid-, Sauerstoff- und Chlorophyllfluoreszenzwerte – Variante DCA-Lagerung (16.12.2009-09.02.2010)

Bei der Variante ULO-Lagerung mit Ethylenreduktion sollte eine Entfernung des entstehenden Ethylens ab Ende der Einlagerung erfolgen. Aufgrund technischer Komplikationen beim Betrieb des KATOX war dies allerdings erst ab Mitte Dezember möglich.

In der Saison 2010/2011 gab es anfangs wiederum Probleme mit dem Kohlendioxidadsorber und der Stickstoffmaschine, sodass eine Absenkung der Sauerstoffkonzentration erst ab 07.10.2010 möglich war. Nach Erreichen der Sollwerte für die ULO-Lagerung wurde in der Variante DCA-Lagerung der Sauerstoffwert Ende November und nochmals Mitte Dezember bis zum anaeroben Umkehrpunkt (ACP) abgesenkt. Dies war allerdings wieder nur bei gleichzeitiger Erhöhung der CO₂-Werte auf 1,5 bzw. 1,6 % möglich. Der kritische Sauerstoffwert lag dabei jeweils bei 0,1 % O₂.

Um zu prüfen, inwieweit eine DCA-Lagerung auch ohne Stickstoffspülung des Kohlendioxidadsorbers möglich ist, wurde am 17.01.2011 die N₂-Maschine abgeschaltet. Dabei zeigte sich, dass eine Lagerung bei Konzentrationen von 1,5 % CO₂ und 0,4 % O₂ ohne Stickstoffspülung durchführbar ist. Mitte Januar wurde der Punkt, an dem die alkoholische Gärung einsetzt, nochmals ausgetestet. Eine ausreichende Absenkung der Sauerstoffwerte war ohne N₂-Spülung hier jedoch nur bei gleichzeitiger Anhebung des CO₂-Wertes auf 2,0 % möglich. Der anaerobe Umkehrpunkt wurde auch diesmal wieder bei 0,1 % O₂ erreicht (siehe Abbildung 3).

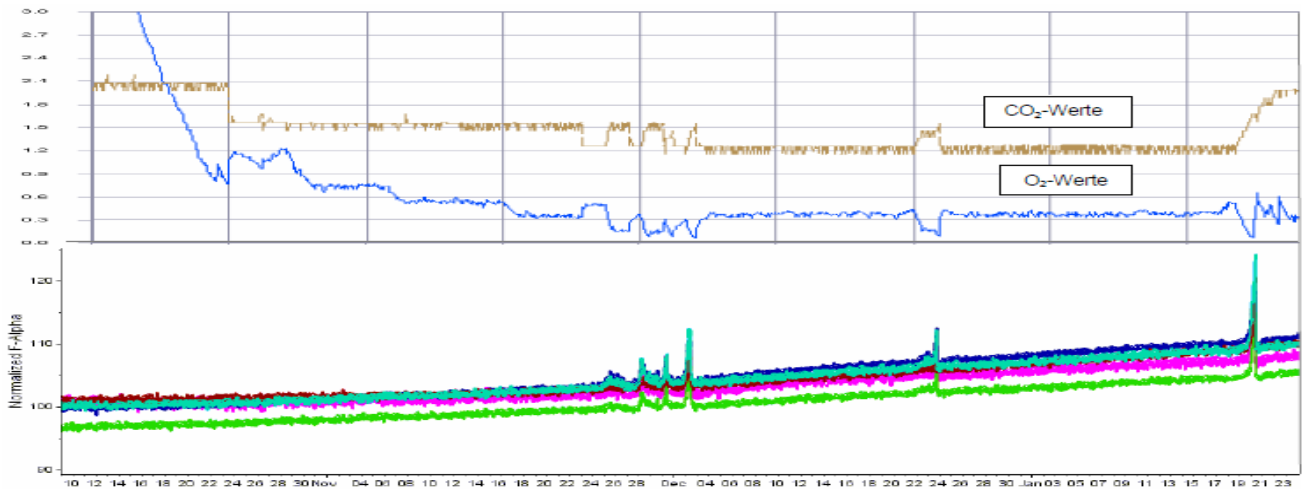


Abbildung 3: Verlauf der Kohlendioxid-, Sauerstoff- und Chlorophyllfluoreszenzwerte – Variante DCA-Lagerung (10.10.2010-24.01.2011)

Der Ethylenkonverter konnte im zweiten Versuchsjahr bereits während der Einlagerung in Betrieb genommen werden.

Auch im dritten Jahr traten wieder Probleme mit der Stickstoffmaschine auf, sodass die angestrebten niedrigen Sauerstoffgehalte bei gleichzeitig niedrigen Kohlendioxidgehalten nicht eingehalten werden konnten. In der letzten Saison wurde ebenfalls dreimal (Ende Oktober, Mitte Dezember und Ende Januar) der anaerobe Umkehrpunkt (ACP) ausgetestet. Bei der Sorte 'Gala' lag er jeweils bei 0,1 % Sauerstoff (siehe Abbildung 4). Bei der Sorte 'Shampion' wurde dieser Punkt Mitte Oktober bei 0,2 % Sauerstoff erreicht, zu den beiden anderen Terminen jeweils, wie bei der Sorte 'Gala', bei 0,1 % O₂. Danach wurde der Sollwert für Sauerstoff wieder leicht angehoben.

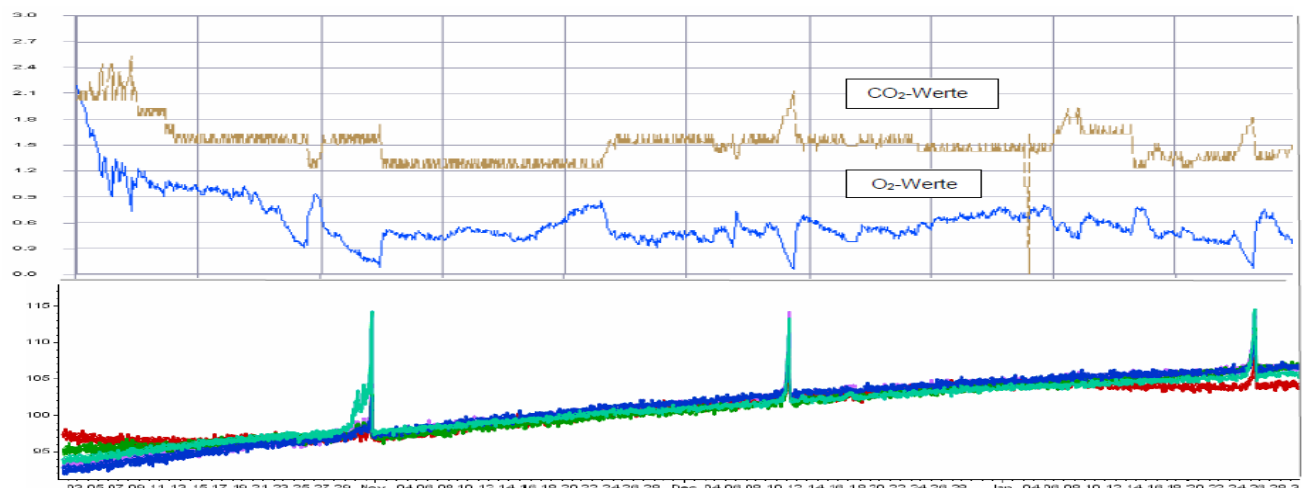


Abbildung 4: Verlauf der Kohlendioxid-, Sauerstoff- und Chlorophyllfluoreszenzwerte – Variante DCA-Lagerung (01.10.2011-30.01.2012)

In der Variante Ethylenreduktion erfolgte die Entfernung des Ethylens ab Ende der Einlagerung. Komplikationen beim Betrieb des Gerätes traten im zweiten und dritten Versuchsjahr nicht mehr auf.

2.2 Datenerfassung

Während des Versuches wurden in regelmäßigen Abständen Fruchtanalysen durchgeführt. Erfasst wurden Fruchtgröße, Einzelfruchtgewicht, Fruchtfleischfestigkeit, Gehalt an titrierbarer Säure und löslicher Trockensubstanz, Stärkeabbau sowie Verluste durch Lagerfäulen und physiologische Schäden.

Die Untersuchungen wurden einmal direkt nach Entnahme aus dem Lager bzw. die Untersuchungen hinsichtlich des Shelf-life-Verhaltens nach einer Nachlagerdauer von einer Woche bei 15 °C (erstes Versuchsjahr) bzw. 17 °C (zweites und drittes Versuchsjahr), sechs Wochen in der Kühlzelle (bei 2,0-2,5 °C) und sechs Wochen in der Kühlzelle und anschließend einer Woche bei 15 °C bzw. bei 17 °C durchgeführt. Im zweiten und dritten Versuchsjahr erfolgten die Untersuchungen zusätzlich nach zwei Wochen in der Kühlagerung und zwei Wochen Kühlagerung plus einer Woche Lagerung bei 17 °C. Der Umfang der Stichproben betrug dabei in der ersten Versuchssaison jeweils zehn Früchte pro Variante. Ab dem zweiten Jahr wurde der Umfang auf 20 Früchte pro Variante erhöht.

Für die Bewertung der bei den Fruchtanalysen erfassten Daten wurde in der Saison 2009/2010 auf eine statistische Auswertung verzichtet, weil sich herausstellte, dass die Streuung innerhalb der Stichprobe zu groß war, sodass keine statistisch gesicherten Aussagen getroffen werden konnten. Im zweiten und dritten Jahr erfolgte eine statistische Auswertung der Fruchtfleischfestigkeit mittels einfaktorieller Varianzanalyse und t-Test (Irrtumswahrscheinlichkeit $\alpha = 0,05$).

Regelmäßig wurden bei den Varianten DCA- und ULO-Lagerung Fruchtproben daraufhin untersucht, ob eine alkoholische Gärung eingesetzt hat. Dazu erfolgte eine Verkostung und eine Analyse des Ethanol-, Acetaldehyd- und Ethylacetatgehaltes mittels Headspace-Gaschromatographie durch das Institut Dr. Appelt GmbH & Co. KG. Die Ermittlung des Gehaltes an Gärstoffen im Labor erfolgte im ersten Versuchsjahr aus zerkleinerten Fruchtstücken und im zweiten und dritten Jahr aus dem Fruchtsaft.

Des Weiteren wurden fortlaufend die Abtauwassermengen, die Laufzeiten der Geräte und die Gewichtsveränderungen an je zwei Großkisten pro Zelle erfasst. Für die Variante Ethylenreduktion wurden stündlich die Ethylenwerte bestimmt. Für die Varianten DCA- und ULO-Lagerung wurden in größeren Abständen die Ethylenkonzentrationen in der Lageratmosphäre aufgezeichnet, um Vergleichsdaten zu gewinnen.

3 Ergebnisse

3.1 Fruchtanalyse Sorte 'Gala'

Im Folgenden sind die Ergebnisse der Untersuchungen des Einzelfruchtgewichtes, der Fruchtgröße, der Fruchtfleischfestigkeit, des Stärkeabbaus und des Gehaltes an titrierbarer Säure und löslicher Trockensubstanz sowie das daraus ermittelte Zucker-Säure-Verhältnis bei der Sorte 'Gala' dargestellt. Die Analysen erfolgten dabei einmal direkt nach Entnahme aus dem Lager und nach verschiedenen Nachlagerzeiten und -temperaturen.

3.1.1 Einzelfruchtgewicht und Fruchtgröße

Bei den drei Varianten konnten im Verlauf des Versuches keine Unterschiede in der Abnahme des durchschnittlichen Einzelfruchtgewichtes und der Fruchtgröße beobachtet werden und insgesamt war diese sowohl während der Lagerung als auch in der Nachlagerungsphase sehr gering (siehe Abb. 1 - Abb. 6 und Tab. 1 - Tab. 6 im Anhang).

3.1.2 Fruchtfleischfestigkeit

In allen drei Versuchsjahren war die Abnahme der Fruchtfleischfestigkeit während der Lagerung bei der Variante ULO-Lagerung mit Ethylenentfernung am niedrigsten (siehe Abbildung 5 bis Abbildung 7). Im ersten und zweiten Versuchsjahr zeigte die Variante DCA-Lagerung eine geringere Abnahme der Festigkeit als die Variante ULO-Lagerung. Im letzten Versuchsjahr konnte kein Unterschied zwischen den beiden Varianten festgestellt werden.

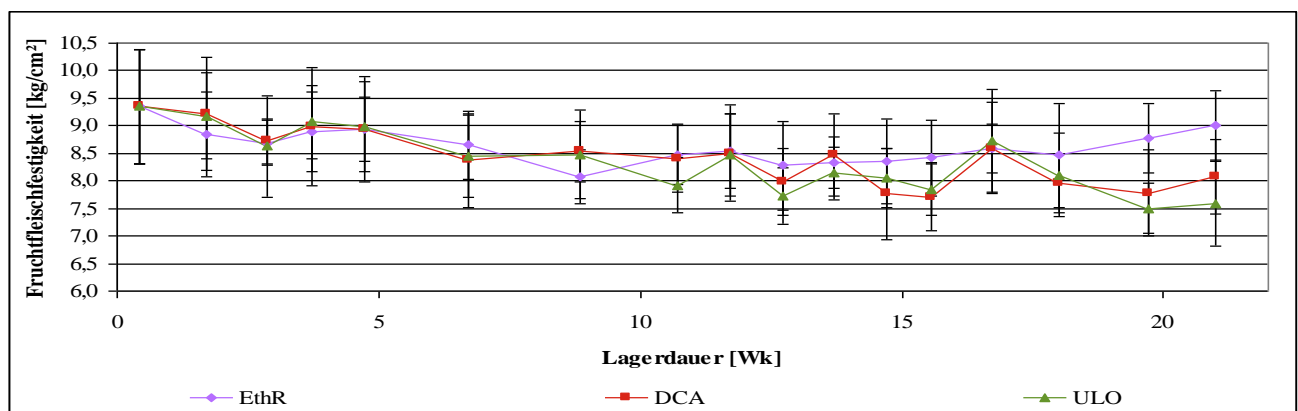


Abbildung 5: Fruchtfleischfestigkeit Sorte 'Gala' nach Entnahme aus dem Lager (Saison 2009/2010)

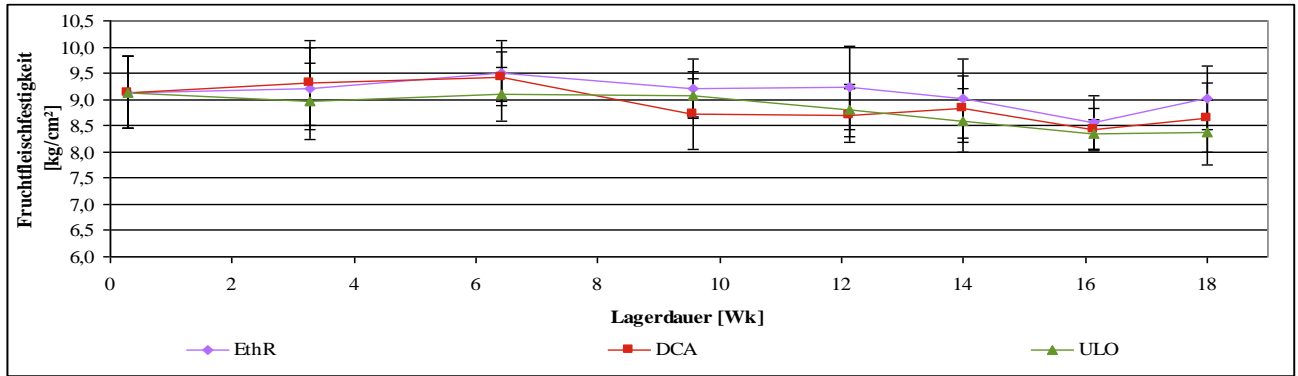


Abbildung 6: Fruchtfleischfestigkeit Sorte 'Gala' nach Entnahme aus dem Lager (Saison 2010/2011)

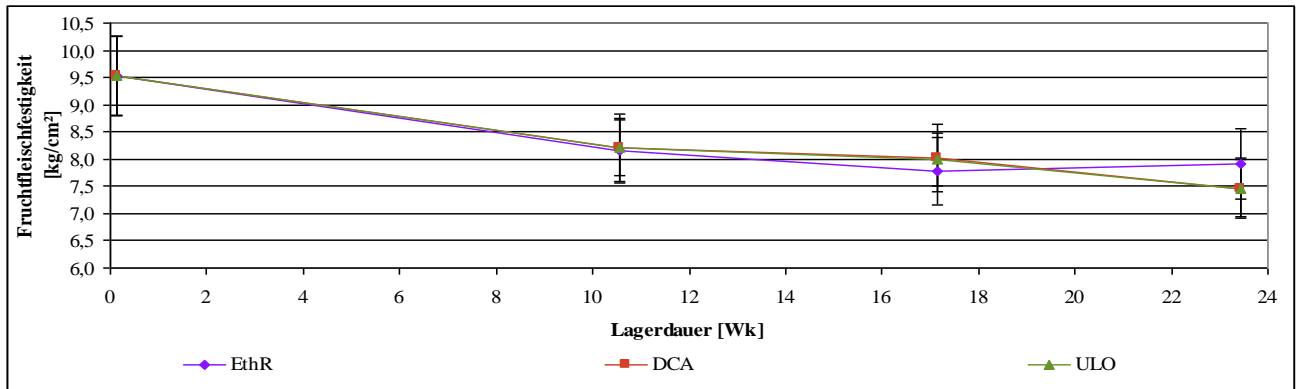


Abbildung 7: Fruchtfleischfestigkeit Sorte 'Gala' nach Entnahme aus dem Lager (Saison 2011/2012)

Das Ausgangsniveau war dabei in allen drei Jahren etwa gleich. Während des letzten Versuchsjahres war der Abbau während der Lagerung trotz vergleichbarer Lagerbedingungen jedoch viel stärker.

Die Differenz in der Fruchtfleischfestigkeit blieb im zweiten Jahr bei der Variante DCA-Lagerung gegenüber der Variante ULO-Lagerung bis zu einer Nachlagerdauer von sieben Wochen erhalten. Bei der Variante ULO-Lagerung mit Ethylenreduktion war der Unterschied zum Standardverfahren jedoch nur bis zu drei Wochen Nachlagerung zu beobachten (siehe Abbildung 8). Im ersten und dritten Versuchsjahr wurden im Verlauf der Nachlagerung keine deutlichen Unterschiede in der Festigkeit der Früchte ermittelt (Ergebnisse Jahr 3 siehe Abbildung 9).

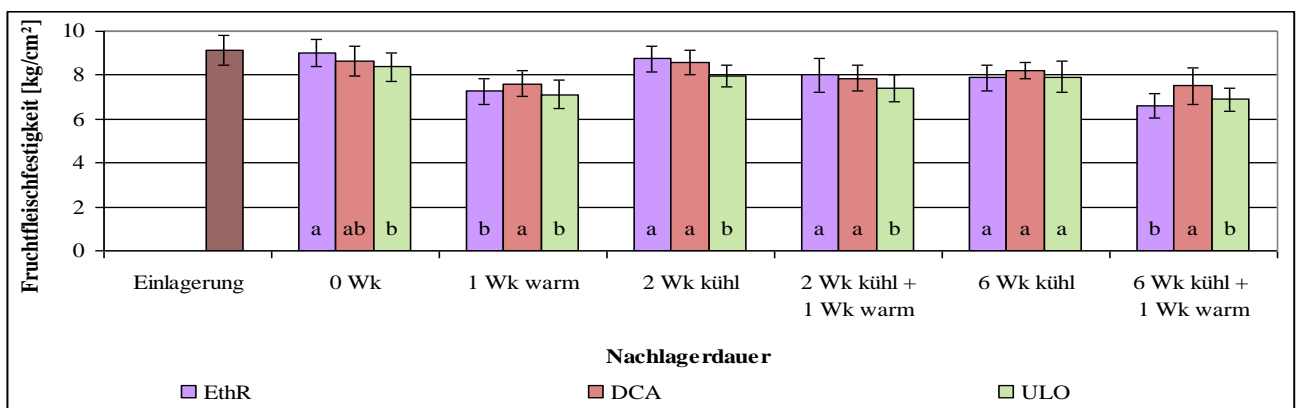


Abbildung 8: Fruchtfleischfestigkeit Sorte 'Gala' nach Entnahme aus dem Lager (Lagerdauer 18 Wochen) und unterschiedlichen Nachlagerzeiten bei 2,5 °C (kühl) und 17 °C (warm) (Saison 2010/2011)

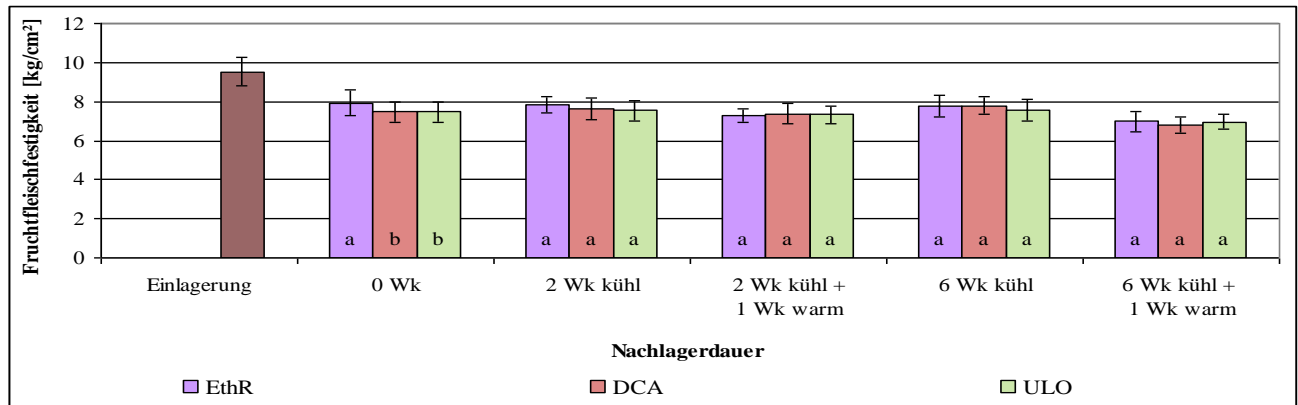


Abbildung 9: Fruchtfleischfestigkeit Sorte 'Gala' nach Entnahme aus dem Lager (Lagerdauer 23 Wochen) und unterschiedlichen Nachlagerzeiten bei 2,5 °C (kühl) und 17 °C (warm) (Saison 2011/2012)

3.1.3 Stärkeabbau

In allen drei Versuchsjahren konnte hinsichtlich der Geschwindigkeit des Stärkeabbaus kein Unterschied zwischen den Varianten festgestellt werden. Zwischen den Jahren gab es jedoch in Abhängigkeit von den Ausgangswerten Differenzen bei der Dauer des Stärkeabbaus. Im zweiten Versuchsjahr wiesen die Früchte zur Einlagerung bereits einen Stärkeabbauwert von 3,9 auf. Die restliche Stärke war nach 16 Wochen Lagerung abgebaut. Im dritten Jahr, bei einem Ausgangswert von 2,9, war die Stärke erst nach 25 Wochen vollständig abgebaut.

3.1.4 Gehalte an löslicher Trockensubstanz, Säure und Zucker-Säure-Verhältnis

Im Verlauf des Versuches konnte kein Unterschied in der Entwicklung der Gehalte an löslicher Trockensubstanz und titrierbarer Säure und damit auch im Zucker-Säure-Verhältnis zwischen den Varianten beobachtet werden (siehe Tab. 13 bis Tab. 18 im Anhang).

Die Gehalte an löslicher Trockensubstanz stiegen im ersten Jahr des Lagerversuches um durchschnittlich 1,7 °Brix (Ausgangswert: 11,1 °Brix, Lagerdauer 21 Wochen), im zweiten Jahr um etwa 1,0 °Brix (Ausgangswert: 11,5 °Brix, Lagerdauer 18 Wochen) und im dritten Jahr um 2,1 °Brix (Ausgangswert: 10,8 °Brix, Lagerdauer 23 Wochen) an. Während der Nachlagerung wurden keine deutlichen Veränderungen im Zuckergehalt ermittelt.

Der Säuregehalt verringerte sich in der Saison 2009/2010 in den 21 Wochen der Lagerung um etwa 1 g/l, in der Saison 2010/2011 in 18 Wochen Lagerung um durchschnittlich 0,6 g/l (Ausgangswert 4,5 g/l) und 2011/2012 in 23 Wochen Lagerung um 0,4 g/l (Ausgangswert 3,7 g/l). Für das erste Versuchsjahr liegt aufgrund von Fehlern beim Kalibrieren des Titriergerätes leider kein verwendbarer Ausgangswert vor. In allen drei Versuchsjahren war während der Nachlagerung ein weiterer Rückgang des Säuregehaltes zu verzeichnen. Unterschiede zwischen den Varianten traten jedoch nicht auf.

Im Verlauf der Lagerung und Nachlagerung kam es erwartungsgemäß zu einem Anstieg des Zucker-Säure-Verhältnisses.

3.1.5 Verluste durch Lagerfäulen und physiologische Schäden

Während der gesamten Versuchsdauer wurden keine physiologischen Schäden beobachtet. Es gab jedoch Unterschiede hinsichtlich des Auftretens von Lagerschorf. In den ersten beiden Jahren war der sichtbare Befall bei der Variante ULO-Lagerung am höchsten und bei der Variante DCA-Lagerung am niedrigsten (siehe Tabelle 3). Im dritten Jahr trat kein Lagerschorf auf.

Tabelle 3: Anteil an Früchten Sorte 'Gala' mit Lagerschorf in Prozent

	ULO-Lagerung mit Ethylen-reduktion	DCA-Lagerung	ULO-Lagerung
Saison 2009/2010	11,0 %	10,0 %	12,7 %
Saison 2010/2011	8,5 %	5,4 %	12,7 %

3.1.6 Gehalte an Gärstoffen

Im Verlauf des Versuches wurden durch das Institut Dr. Appelt GmbH & Co. KG regelmäßig Fruchtproben aus den Varianten ULO- und DCA-Lagerung auf den Gehalt an Gärstoffen untersucht. In den ersten beiden Jahren konnte kein Zusammenhang zwischen dem Erreichen des anaeroben Umkehrpunktes (ACP) und einem Anstieg der Gärstoffgehalte festgestellt werden. Im dritten Versuchsjahr wurde die Probenahme jeweils kurz nach der Erhöhung des Fluoreszenzsignals vorgenommen. Hier war zum Teil ein Anstieg der Ethanolgehalte zu verzeichnen (siehe Tabelle 4). Hinsichtlich der Gehalte an Acetaldehyd und Ethylacetat traten jedoch keine Unterschiede zwischen den beiden Varianten auf.

Tabelle 4: Gärstoffgehalte Sorte 'Gala' nach Erreichen des ACP (Versuchsjahr 3)

Analysendatum	Acetaldehyd [mg/l]		Ethylacetat [mg/l]		Ethanol [mg/l]	
	ULO	DCA	ULO	DCA	ULO	DCA
03.11.2011	3,8	3,0	0,4	0,5	5,1	16,7
12.12.2011	2,2	1,7	0,1	1,1	1,2	23,8
30.01.2012	2,6	2,1	0,1	0,1	0,7	1,3

3.2 Fruchtanalyse Sorte 'Shampion'

Nachstehend sind die Ergebnisse der Untersuchungen zum Einzelfruchtgewicht, der Fruchtgröße, der Fruchtfleischfestigkeit, des Stärkeabbaus und des Gehaltes an titrierbarer Säure und löslicher Trockensubstanz sowie das daraus ermittelte Zucker-Säure-Verhältnis bei der Sorte 'Shampion' dargestellt. Auch hier erfolgten die Analysen einmal direkt nach Entnahme aus dem Lager und die Untersuchungen zum Shelf-life-Verhalten nach verschiedenen Nachlagerzeiten und -temperaturen.

3.2.1 Einzelfruchtgewicht und Fruchtgröße

Bei der Sorte 'Shampion' wurde ebenfalls bei allen drei Varianten während der Lagerung und im Shelf-life nur eine geringe Abnahme des Einzelfruchtgewichtes und der Fruchtgröße beobachtet. Dabei gab es keine deutlichen Unterschiede zwischen den Varianten (siehe Abb. 7 bis Abb. 10 und Tab. 7 bis Tab. 12 im Anhang).

3.2.2 Fruchtfleischfestigkeit

Im zweiten Jahr zeigten die Früchte der Variante DCA-Lagerung nach einer Lagerdauer von 18 Wochen im Vergleich zur ULO-Lagerung eine signifikant höhere Festigkeit. Dies konnte auch nach einer Nachlagerdauer von zwei Wochen im Kühllager nochmals bestätigt werden (siehe Abbildung 10). Im ersten und dritten Versuchsjahr waren die Differenzen hinsichtlich der Abnahme der Fruchtfleischfestigkeit zwischen den unterschiedlichen Lagerverfahren sehr gering (Ergebnisse Jahr 3 siehe Abbildung 11).

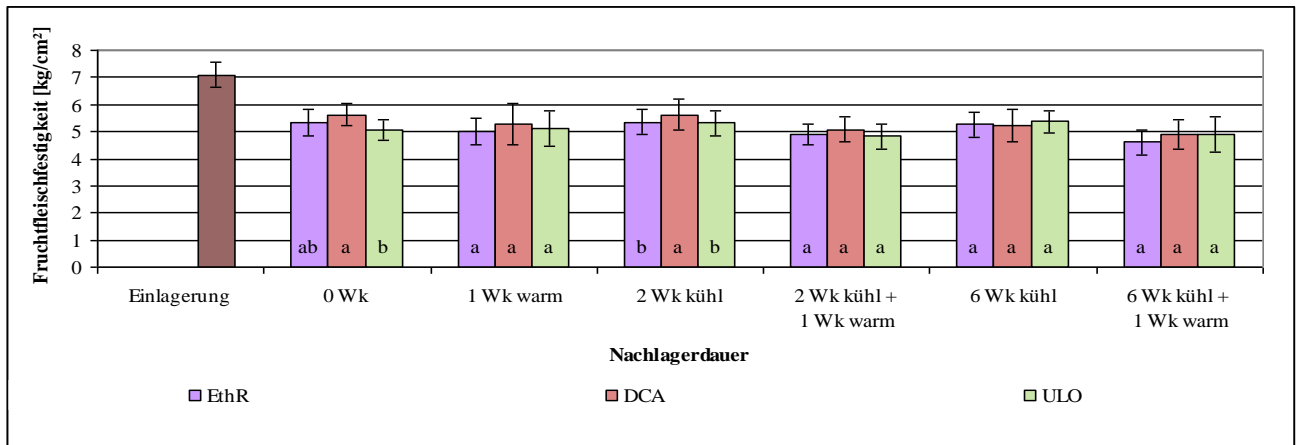


Abbildung 10: Fruchtfleischfestigkeit Sorte 'Shampion' nach Entnahme aus dem Lager (Lagerdauer 18 Wochen) und unterschiedlichen Nachlagerzeiten bei 2,5 °C (kühl) und 17 °C (warm) (Saison 2010/2011)

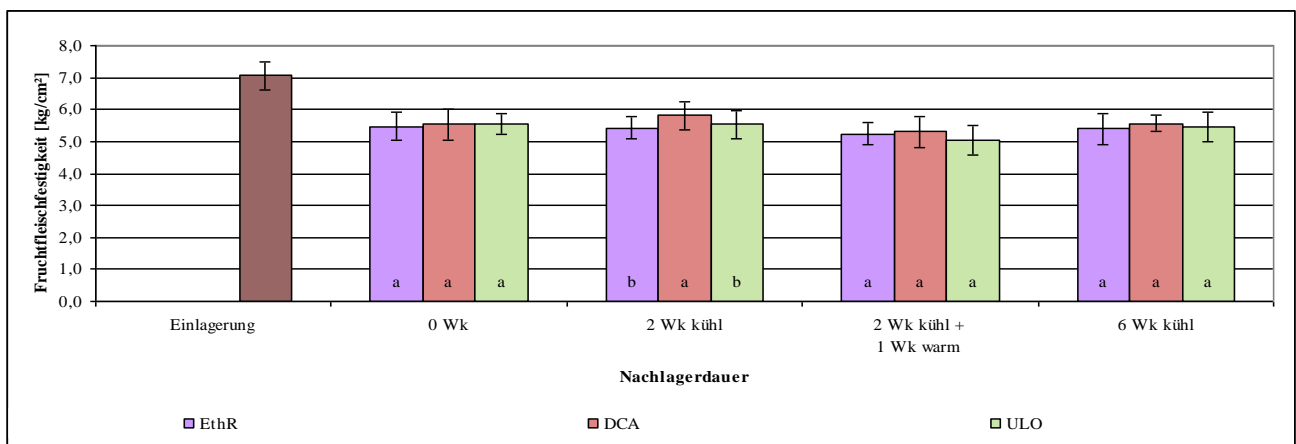


Abbildung 11: Fruchtfleischfestigkeit Sorte 'Shampion' nach Entnahme aus dem Lager (Lagerdauer 23 Wochen) und unterschiedlichen Nachlagerzeiten bei 2,5 °C (kühl) und 17 °C (warm) (Saison 2011/2012)

3.2.3 Stärkeabbau

Der Stärkeabbau war bei der Sorte 'Shampion' in den ersten beiden Jahren nach 16 Wochen Lagerzeit abgeschlossen, wobei der Ausgangswert 2009 bei 4,2 und 2010 bei 3,6 lag. Unterschiede zwischen den Lagerverfahren traten in beiden Jahren nicht auf. Im dritten Versuchsjahr lag der Anfangswert bei 2,5. In der letzten Saison wurde der Stärkeabbau erst wieder nach 23 Wochen zum Ende der Lagerung untersucht. Zu diesem Zeitpunkt war keine Stärke mehr vorhanden.

3.2.4 Gehalte an löslicher Trockensubstanz, Säure und Zucker-Säure-Verhältnis

Im ersten und dritten Versuchsjahr war während der Lagerung ein Anstieg des Gehaltes an löslicher Trockensubstanz von rund 1,5 bis 1,7 °Brix (Ausgangswert 2009: 11,5 °Brix, 2011: 11,8 °Brix) zu verzeichnen. Im zweiten Jahr fiel die Erhöhung mit einer Steigerung von nur 0,3 °Brix (Ausgangswert: 11,8) geringer aus. Deutliche Unterschiede zwischen den Varianten wurden dabei nicht festgestellt. Während der Nachlagerung traten kaum noch Veränderungen in der Höhe des Gehalts auf.

Erwartungsgemäß erfolgte während der Lagerung ein Abbau der titrierbaren Säure, welcher sich während der Nachlagerung fortsetzte. Deutliche Unterschiede zwischen den Varianten gab es aber auch hier nicht.

Beim Zucker-Säure-Verhältnis war in allen drei Jahren durch die Zunahme der löslichen Trockensubstanz und die Abnahme des Säuregehaltes während der Lagerung ein Anstieg zu verzeichnen. Während der Nachlagerung wurde ein weiterer leichter Anstieg des Verhältnisses, ohne größere Abweichungen zwischen den Varianten, beobachtet.

3.2.5 Verluste durch Lagerfäulen und physiologische Schäden

Bei der Sorte 'Shampion' wurden zwischen den Varianten keine Unterschiede beim Auftreten von Lagerschorf festgestellt. Der Befall war allerdings auch sehr gering. Physiologische Schäden traten nicht auf.

3.2.6 Gehalte an Gärstoffen

Wie bei der Sorte 'Gala' konnte auch hier nur im dritten Jahr, bei einer Durchführung der Analysen kurz nach Erreichen des anaeroben Umkehrpunktes, zum Teil eine Erhöhung der Ethanolgehalte beobachtet werden (siehe Tabelle 5).

Tabelle 5: Gärstoffgehalte Sorte 'Shampion' nach Erreichen des ACP (Versuchsjahr 3)

Analysendatum	Acetaldehyd [mg/l]		Ethylacetat [mg/l]		Ethanol [mg/l]	
	ULO	DCA	ULO	DCA	ULO	DCA
03.11.2011	3,3	4,5	0,1	0,8	5,1	13,1
12.12.2011	2,4	2,3	0,1	0,2	2,2	4,6
30.01.2012	3,7	3,7	0,1	0,5	2,0	17,3

3.3 Ethylenkonzentration in der Lageratmosphäre

In Abbildung 12 sind die in der Lageratmosphäre der einzelnen Zellen gemessenen Ethylenkonzentrationen für die Saison 2011/2012 dargestellt. Die Messung erfolgte dabei jeweils parallel mit zwei separaten Geräten. In allen drei Jahren zeigten sich Differenzen in den Ethylengehalten in der Lageratmosphäre zwischen den verschiedenen Varianten. Bei der ULO-Lagerung mit Ethylenreduktion wurden durch die Verbrennung des Ethylens sehr niedrige Gehalte erzielt. Auch bei der DCA-Lagerung lagen ab einer gewissen Lagerdauer die Werte unter denen bei normaler ULO-Lagerung.

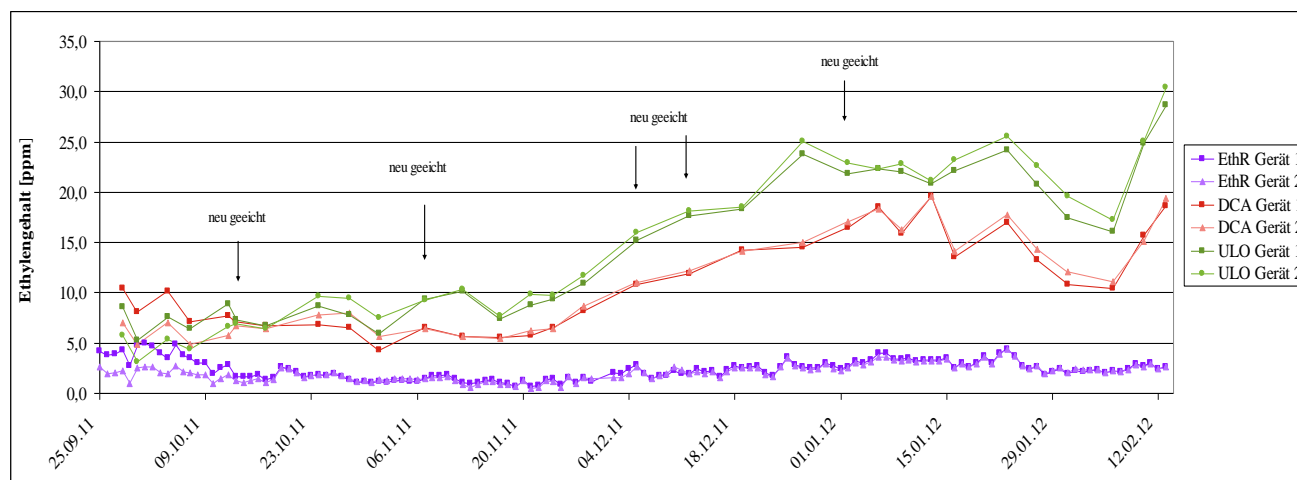


Abbildung 12: Ethylengehalte [ppm] in der Lageratmosphäre (Saison 2011/2012)

3.4 Fruchtgewicht

Bei der Erfassung des Fruchtgewichtes während der Lagerung, die an je zwei Großkisten mit Früchten der Sorte 'Shampion' durchgeführt wurde, zeigte sich in allen drei Jahren nur ein geringer Rückgang von 1,0 % bis 1,5 % (siehe Tabelle 6). Im zweiten Versuchsjahr traten bei der Variante ULO-Lagerung mit Ethylenreduktion Probleme mit dem Waagesystem auf, sodass hierfür leider keine verwertbaren Daten vorliegen. Im Vergleich der Varianten untereinander wurden in den drei Jahren keine deutlichen Unterschiede festgestellt.

Tabelle 6: Prozentualer Gewichtsverlust während der gesamten Lagerdauer – Sorte 'Shampion'

Versuchsjahr	Lagerdauer	ULO-Lagerung mit Ethylenreduktion	DCA-Lagerung	ULO-Lagerung
2009 / 2010	144 d	1,4 %	1,3 %	1,5 %
2010 / 2011	129 d	keine Daten	1,4 %	1,4 %
2011 / 2012	164 d	1,0 %	1,2 %	1,5 %

3.5 Abtauwassermenge

Im ersten Versuchsjahr konnte die Abtauwassermenge erst ab Mitte Dezember aufgezeichnet werden. Daher liegen hier nur für einen Monat Daten vor. In den beiden folgenden Jahren wurden die Werte ab 14 Tagen nach dem Pull down für die Ermittlung der durchschnittlichen Kondenswassermenge einbezogen. Die höheren Abtauwassermengen fallen dabei zu Beginn der Lagerung an, wenn die Kühllaufzeiten am höchsten sind. Auch hier waren die Differenzen zwischen den Varianten nicht so deutlich ausgeprägt (siehe Tabelle 7).

Tabelle 7: Durchschnittliche Abtauwassermenge in Liter pro Tonne und Monat

Versuchsjahr	Lagerdauer	ULO-Lagerung mit Ethylenreduktion	DCA-Lagerung	ULO-Lagerung
2009/2010	144 d	1,9	1,4	1,5
2010/2011	129 d	2,3 – 3,0	1,9 – 2,8	2,2 – 2,8
2011/2012	164 d	1,6 – 2,4	1,4 – 2,2	1,5 – 2,3

3.6 Laufzeiten und Energieverbrauch der technischen Anlagen

In allen drei Jahren waren bei der Variante ULO-Lagerung mit Ethylenreduktion etwas längere Kühlzeiten zu verzeichnen, welche auf einen Wärmeeintrag durch den Ethylenkonverter zurückzuführen sind. Für diesen fallen außerdem auch noch zusätzliche Laufzeiten an. Ab dem zweiten Versuchsjahr wurde von Heißgas- auf Umluftabtauung umgestellt, um eine Beeinflussung der Kühlzeiten durch eine Zwangskühlung von Zellen für die Bereitstellung von Heißgas zu vermeiden.

Bei der Variante DCA-Lagerung lagen aufgrund der niedrigeren Sollwerte für Kohlendioxid die Laufzeiten für die Kohlendioxidadsorption um 60 bis 70 % höher. Des Weiteren kamen hier noch Laufzeiten der Stickstoffmaschine für die Spülung des Adsorbers hinzu. Die Kühlzeiten waren gegenüber der Variante ULO-Lagerung leicht erhöht.

Die Unterschiede in den Laufzeiten und dem Energieverbrauch der Ventilation in den einzelnen Varianten waren zu vernachlässigen. In den folgenden Darstellungen sind die Verbrauchsdaten für das zweite und dritte Versuchsjahr ab Ende der Einlagerung dargestellt (siehe Abbildung 13 und Abbildung 14).

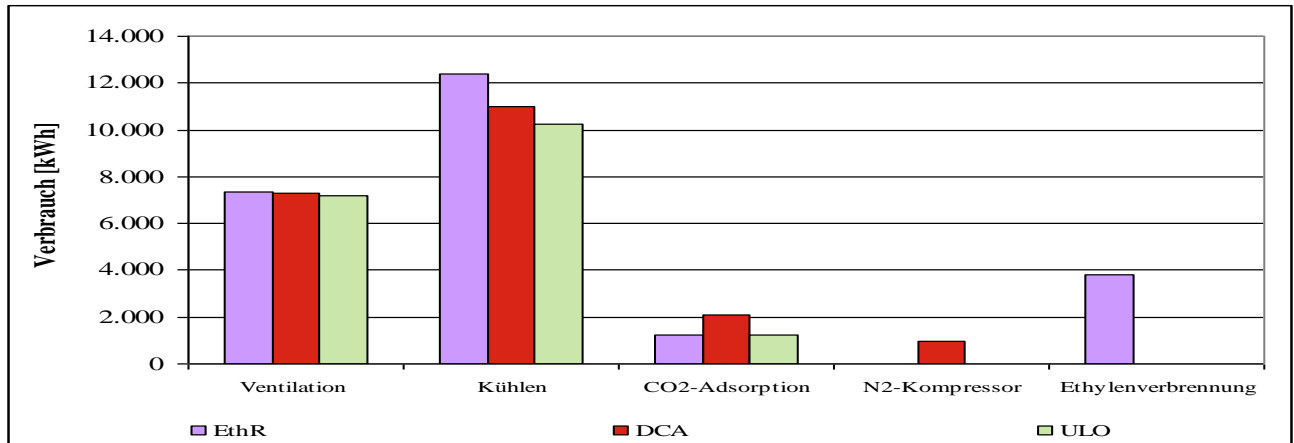


Abbildung 13: Verbrauch [kWh] vom 25.09.2010 bis 23.01.2011 (2. Versuchsjahr)

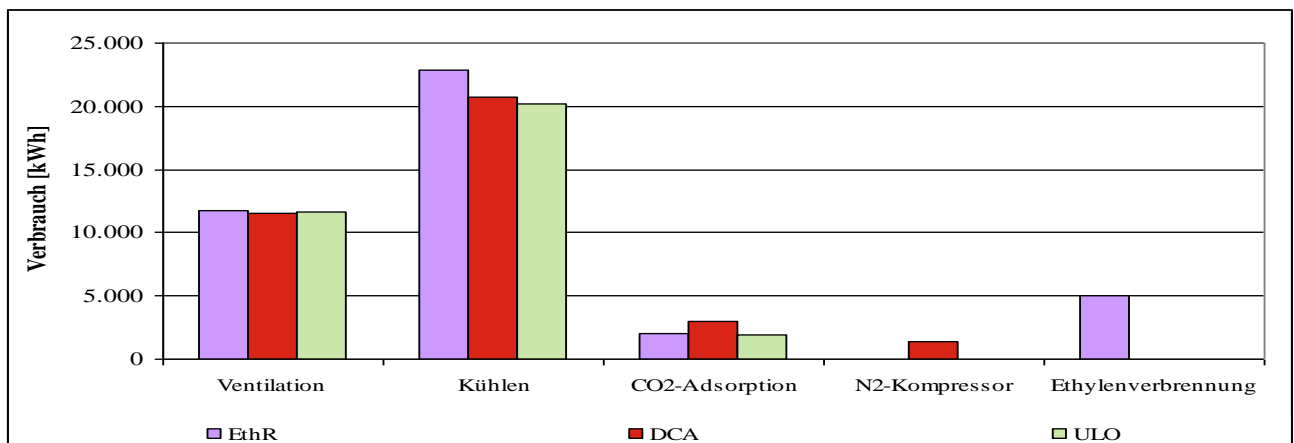


Abbildung 14: Verbrauch [kWh] vom 09.09.2011 bis 13.02.2012 (3. Versuchsjahr)

Vom 23. bis 30.01.2011 wurde der Sollwert für Kohlendioxid in der Variante DCA-Lagerung ebenfalls auf 2,0 % (wie in den beiden anderen Varianten) gesetzt, um einen Vergleich der Laufzeiten des Adsorbers bei höheren CO₂-Werten zu ermöglichen, weil noch nicht endgültig geklärt ist, ob eine proportionale Absenkung des Gehaltes an CO₂ notwendig ist. Dabei verringerten sich die Laufzeiten für die Adsorption bei der DCA-Lagerung um ca. 30 % im Vergleich zur ULO-Lagerung.

3.7 Betriebswirtschaftliche Betrachtung

Beim Einsatz der DCA-Lagerung und der ULO-Lagerung mit Ethylenreduktion entstehen im Vergleich zur Standard-ULO-Lagerung zusätzliche Kosten. Diese sind in der nachstehenden Tabelle 8 aufgeführt. Für den Stromverbrauch wurden hier die Daten aus dem zweiten Versuchsjahr zugrunde gelegt.

Tabelle 8: Zusätzliche jährliche Kosten im Vergleich zur ULO-Lagerung

	ULO-Lagerung mit Ethylenreduktion	DCA-Lagerung
jährliche fixe Kosten (pro Lagerraum)		
Abschreibungen (ND 8 a)	1.929,79 €	1.582,45 €
Zinsen (6 %)	463,15 €	364,31 €
jährliche variable Kosten (pro Lagerraum)		
Wartung und Reparaturen	308,77 €	190,00 €
Strom	964,00 €	497,80 €
Summe zusätzliche Kosten (pro Lagerraum)	3.665,71 €	2.634,56 €
Summe zusätzliche Kosten (pro kg Äpfel)	1,22 ct	0,88 ct

Für die DCA-Lagerung sind dabei pro Zelle Investitionskosten von ca. 9.500 € für die Fluoreszenzanlage zu veranschlagen. Als Nutzungsdauer wurden acht Jahre angenommen. Hinzu kommen zusätzliche Abschreibungskosten für den Kohlendioxidadsorber aufgrund der um etwa 70 % höheren Laufzeiten und damit kürzeren Nutzungsdauer, wie auch zusätzliche Wartungskosten für die Stickstoffmaschine. Für die Berechnung wurde weiterhin ein Zinssatz von 6 % angesetzt und Reparaturkosten von 2 % des Anschaffungswertes. Hinzu kommen noch Stromkosten für den längeren Betrieb des Kohlendioxidadsorbers und der Stickstoffmaschine und aufgrund der leicht erhöhten Kühlzeiten. Bei einer Lagermenge von 300 t pro Zelle ergeben sich somit bei einer Lagerdauer von fünf Monaten pro Jahr zusätzliche Kosten von rund 0,9 ct/kg Äpfel.

Bei einer ULO-Lagerung mit Ethylenreduktion fallen Investitionskosten für den Ethylenkonverter an. Diese betragen ca. 15.400 € pro Zelle. Auch hier wurde von einer Nutzungsdauer von acht Jahren ausgegangen. Durch den Betrieb des Ethylenkonverters und die höheren Kühllaufzeiten fallen dazu weitere Stromkosten an. Damit ergeben sich zusätzliche Kosten von ca. 1,2 ct/kg Äpfel.

4 Diskussion

4.1 Fruchtanalysen

4.1.1 Fruchtqualität

Um bis zum Zeitpunkt der Auslagerung eine gute Fruchtqualität zu erhalten, ist es notwendig, die Früchte innerhalb eines bestimmten Erntefensters, d. h. mit einer bestimmten Reife, zu ernten. Für die verschiedenen Sorten gibt es dabei Empfehlungswerte, die in Abhängigkeit von der Anbauregion etwas variieren.

Bei der Sorte 'Gala' sollte zur Ernte die Festigkeit bei 8,0-10,0 kg/cm², der Zuckergehalt zwischen 10,0-12,5 °Brix und der Stärkeabbau bei 4 bis 6 liegen (HÖHN 2001; STREIF 2004). WILCKE (1999) empfiehlt bei 'Gala' zur Einlagerung einen Gehalt an löslicher Trockensubstanz von 12,5 °Brix, eine Fruchtfleischfestigkeit von 8,0 kg/cm², einen Säuregehalt von 4,0 g/l und einen Stärkeabbauwert von 5.

Die für den Versuch verwendeten Äpfel wiesen zum Einlagerungszeitpunkt eine durchschnittliche Fruchtfleischfestigkeit von 9,4 kg/cm² (2009), 9,1 kg/cm² (2010) bzw. 9,5 kg/cm² (2011) auf, der Gehalt an löslicher Trockensubstanz betrug im Mittel 11,1 °Brix (2009), 11,5 °Brix (2010) bzw. 10,8 °Brix (2011), der Säuregehalt 4,5 g/l (2010) bzw. 3,7 g/l (2011) und der Stärkeabbau durchschnittlich 3,5 (2009), 3,9 (2010) bzw. 2,9 (2011). Die Werte für die Festigkeit sowie die Zucker- und Säuregehalte lagen damit im empfohlenen Bereich, der Stärkeabbauwert leicht unterhalb. Somit waren die Äpfel als für die Langzeitlagerung geeignet anzusehen.

Für die Sorte 'Shampion' empfiehlt WILCKE (1999) Einlagerungswerte von 12 °Brix, einen Stärkeabbauwert von 5, einen Säuregehalt von 5,0 g/l und eine Fruchtfleischfestigkeit von 6,5 kg/cm². Die Äpfel der Sorte 'Shampion', die für den Versuch eingelagert wurden, wiesen zur Einlagerung Festigkeitswerte von 6,7 kg/cm² (2009) bzw. 7,1 kg/cm² (2010 und 2011), einen Stärkeabbauwert von 4,2 (2009), 3,6 (2010) bzw. 2,5 (2011), einen Säuregehalt von 5,0 g/l (2010) bzw. 3,8 g/l (2011) und einen Zuckergehalt von 11,5 °Brix (2009) bzw. 11,8 °Brix (2010 und 2011) auf und lagen damit ebenfalls im für die Langzeitlagerung geeigneten Bereich, wenn auch der Stärkeabbau vor allem im letzten Versuchsjahr noch relativ niedrig war.

Aufgrund von Problemen bei der Kalibrierung des eingesetzten Titriergerätes liegen für das erste Versuchsjahr für den Zeitpunkt der Einlagerung leider keine verwendbaren Messergebnisse für den Säuregehalt vor.

Durch verbesserte Lagerverfahren soll erreicht werden, dass die Qualität der eingelagerten Äpfel noch länger erhalten werden kann. So kann durch den Einsatz der DCA-Lagerung die Fruchtreife verzögert werden, was sich durch eine langsamere Verringerung der Fruchtfleischfestigkeit und des Säuregehaltes, einem besseren Erhalt der Grundfarbe, auch im Shelf-life, und einer Verminderung des Auftretens von Schalen-, Fleisch- und Kernhausbräune sowie Fäulnis zeigt (STREIF 2008; ZANELLA et al. 2008b; LAFER 2009). Die Stärke der Reifeverzögerung ist dabei allerdings auch abhängig von der Dauer der Lagerung und der Sorte (GASSER 2008; HENNECKE et al. 2008). So konnten ZANELLA et al. (2008b) bei Äpfeln der Sorte 'Gala' nach einer Lagerdauer von zwei Monaten hinsichtlich der Fruchtfleischfestigkeit keine Unterschiede zwischen ULO- und DCA-gelagerten Früchten feststellen, nach einer Lagerdauer von sieben Monaten lag die Fruchtfleischfestigkeit bei Früchten aus der DCA-Lagerung jedoch über derjenigen von Früchten aus der ULO-Lagerung.

Auch GASSER et al. (2009) stellten bei der Sorte 'Golden Delicious' nach einer dreieinhalb Monate dauernden Lagerung kaum Unterschiede hinsichtlich der Fruchtfleischfestigkeit zwischen Äpfeln, die unter ULO- und DCA-Bedingungen gelagert wurden, fest. Nach sieben Monaten Lagerung konnte bei den DCA-gelagerten

Früchten jedoch eine signifikant höhere Festigkeit ermittelt werden, auch nach einer Nachlagerung von sieben Tagen bei Raumtemperatur. Ebenso war der Säuregehalt tendenziell höher.

Die verstärkte Reifeverzögerung wird dabei durch die sehr niedrige Sauerstoffkonzentration erreicht, die zu einer Verringerung der Atmungsrate und einer niedrigeren Ethylenproduktion führt (SAQUET & STREIF 2002; ZANELLA et al. 2008a). Laut ZANELLA (2004) ist für die Erzielung der positiven Wirkung jedoch ebenso die rasche Absenkung des Sauerstoffwertes von großer Bedeutung.

Im hier durchgeführten Versuch wurde im zweiten Jahr bei der Sorte 'Gala' bei Lagerung unter DCA-Bedingungen ein besserer Erhalt der Fruchtfleischfestigkeit um 0,3 bis 0,6 kg/cm² festgestellt, auch noch nach einer Nachlagerdauer von sieben Wochen. Dies ist insofern von Bedeutung, dass von Öffnung der Zelle bis zur vollständigen Auslieferung der Ware an den Kunden mit einer Dauer von einigen Wochen gerechnet werden muss.

Ein deutlich besserer Festigkeitserhalt wurde in einem in der Saison 2011/2012 parallel bei der Sorte 'Jonagold' durchgeführten Vergleich von ULO- und DCA-Lagerung festgestellt. Hier konnte durch die DCA-Lagerung eine um 0,6 bis 0,9 kg/cm² höhere Festigkeit, auch noch in der Nachlagerung, erzielt werden. Die Lagerdauer betrug dabei jedoch 7,5 Monate und war somit deutlich länger.

Allerdings scheint es auch notwendig zu sein, eine Sauerstoffkonzentration knapp über dem anaeroben Umkehrpunkt (ACP) beizubehalten. Sofern dies, wie im ersten und dritten Versuchsjahr bei den Sorten 'Gala' und 'Shampion', nicht möglich ist, kann anscheinend nicht mit einer verbesserten Fruchtqualität im Vergleich zu einer strengen ULO-Lagerung gerechnet werden. Des Weiteren kann eine DCA-Lagerung nur erfolgreich durchgeführt werden, wenn die Zellen eine ausreichende Dichtigkeit aufweisen und leistungsfähige Kohlendioxidadsorber eingesetzt werden, die nur sehr geringe Sauerstoffmengen in die Räume einbringen.

Eine Reifeverzögerung kann neben der Absenkung der Sauerstoffkonzentration aber auch durch eine Reduktion des Ethylengehaltes in der Lageratmosphäre erzielt werden. Durch eine Entfernung von Ethylen aus der Lageratmosphäre bis auf Konzentrationen unter 0,4 ppm konnten BRACKMANN et al. (2000, 2003) bei der Sorte 'Gala' bei einer achtmonatigen Lagerung die Erhaltung einer höheren Fruchtfleischfestigkeit und höherer Säurewerte erzielen. Weiterhin wurden weniger Fäulnis und physiologische Schäden beobachtet und es traten weniger mehligere Früchte auf. Außerdem konnte ein besserer Erhalt der Grundfarbe erreicht werden (BRACKMANN & SAQUET 1999; BRACKMANN et al. 2003).

Zu den hier im Versuch ermittelten Ethylengehalten in den Zellen ist anzumerken, dass vor allem in den ersten beiden Jahren aufgrund mangelhafter Möglichkeiten der Kalibrierung die beiden je Raum ermittelten Messwerte jeweils stark voneinander abwichen und keine sicheren Aussagen zu den absoluten Messwerten getroffen werden können. Konzentrationen unter 0,4 ppm wurden jedoch mit großer Wahrscheinlichkeit nicht erreicht. Zwischen den Varianten zeigten sich allerdings in allen drei Jahren deutliche Unterschiede. Die Differenzen zwischen den Verfahren ULO- und DCA-Lagerung sind dabei einmal dadurch zu erklären, dass die Ethylensynthese von der Höhe des Sauerstoffangebots abhängig ist (GREIFENBERG undatiert, BLEECKER & KENDE 2000) und andererseits ein Teil des Ethylens während der Entfernung des Kohlendioxids im Adsorber gebunden wird (HÖHN et al. 2009). Des Weiteren regt Ethylen auch seine eigene Biosynthese an (GREIFENBERG undatiert; BLEECKER & KENDE 2000).

Im Versuch zeigte sich, dass eine Ethylenreduktion während der Lagerung zu einer gewissen Verzögerung des Abbaus der Fruchtfleischfestigkeit führen kann. Die Auswirkungen auf das Shelf-life-Verhalten waren al-

lerdings relativ gering. Um bessere Effekte zu erzielen, wären wahrscheinlich eine noch stärkere Verringerung des Ethylengehaltes und eine längere Lagerdauer notwendig.

4.1.2 Gärstoffanalyse

In den ersten beiden Jahren konnte kein Zusammenhang zwischen dem Erreichen des anaeroben Umkehrpunktes (ACP) und einem Anstieg der Gärstoffkonzentrationen beobachtet werden. Im dritten Versuchsjahr wurden zum Teil erhöhte Ethanolgehalte bei der Variante DCA-Lagerung festgestellt. Auch bei den Verkostungen, die bei Erreichen des ACP durchgeführt wurden, trat mitunter ein leichter Fehlgeschmack auf, welcher allerdings nach einer Nachlagerdauer von ein bis zwei Tagen nicht mehr vorhanden war. Laut QUAST (1991, 2004) ist mit einer geschmacklichen Beeinträchtigung ab einem Ethylacetatgehalt bzw. einem Acetaldehydgehalt im Fruchtsaft von jeweils 5 ppm zu rechnen. Werte in dieser Höhe wurden bei den Analysen jedoch nicht ermittelt.

Dass durch das Labor nur teilweise erhöhte Gärstoffgehalte festgestellt wurden, könnte darin begründet sein, dass nach dem Anstieg des Fluoreszenzsignals die Sauerstoffkonzentration in der Zelle umgehend wieder erhöht wurde, die Früchte also nicht für längere Zeit anaeroben Bedingungen ausgesetzt waren (KÖPCKE 2011). Des Weiteren erfolgte die Analyse der Äpfel in den ersten beiden Jahren in regelmäßigen Abständen, aller ein bis zwei Wochen, jedoch in der Regel nicht unmittelbar nach Erreichen des ACP, sodass sich eventuell gebildete Gärstoffe in der Zwischenzeit bereits wieder abgebaut haben könnten. Im dritten Versuchsjahr wurde die Analyse jeweils kurz nach Erhöhung des Fluoreszenzsignals durchgeführt.

Durch die Chlorophyllfluoreszenzsensoren wurde der kritische Sauerstoffwert aber stets sicher ermittelt. Der zusätzliche Kontrollaufwand ist mit dieser Methode somit gering. Laut PRANGE et al. (2012) zeigen die Sensoren zusätzlich auch Stress, hervorgerufen durch andere Ursachen wie zu hohe CO₂-Konzentrationen oder zu niedrige Lagertemperaturen, an. Sofern sich das bestätigen sollte, würde es eine zusätzliche Sicherheit für die Lagerung bedeuten. Dies war jedoch nicht Gegenstand unserer Untersuchungen.

4.2 Fruchtgewicht und Abtauwassermenge

Während der Lagerung kommt es zu einer Verringerung des Fruchtgewichtes. Ursache dafür ist einmal der Kohlenhydratabbau durch Atmung und andererseits die Verdunstung von Wasser aus den Früchten. Durch Kühlung wird den Lagerzellen Feuchtigkeit entzogen, welche vorrangig aus dem Lagergut nachgeliefert wird. Durch höhere Laufzeiten der Kühlung wird daher mehr Wasser aus den Äpfeln verdunstet, sodass ein größerer Gewichtsverlust entsteht.

Des Weiteren wird durch den Wasserverlust auch die Festigkeit der Äpfel verringert. Gewisse Verluste sind jedoch erwünscht, um Fruchtschäden durch die Anreicherung von toxischen Stoffwechselprodukten zu vermeiden (STREIF 2004). Der Richtwert für die Wasserabgabe liegt bei der Sorte 'Gala' bei 1,5 bis 2,5 Liter pro Tonne und Monat. Diese Werte wurden im Durchschnitt erreicht, wobei zu Beginn der Lagerung aufgrund der längeren Kühllaufzeiten erwartungsgemäß höhere Wasserabgabemengen auftraten.

Aufgrund der etwas längeren Kühllaufzeiten bei der Variante ULO-Lagerung mit Ethylenreduktion wäre zu erwarten gewesen, dass hier eine höhere Abtauwassermenge anfällt, womit auch ein stärkerer Gewichtsverlust verbunden wäre. Dies konnte allerdings nicht bestätigt werden. Alle drei Varianten wiesen keine großen Abweichungen hinsichtlich der Gewichtsentwicklung auf.

4.3 Betriebswirtschaftliche Betrachtung

Durch einen möglicherweise geringeren Schwund beim Einsatz verbesserter Lagerverfahren und einem niedrigeren Anteil an Verderb und physiologischen Schäden stiege auch der Anteil der nicht vermarktungsfähigen Ware im Verlauf der Lagerperiode weniger stark an. Ebenso könnte durch eine geringere Schrumpfung der Früchte die Größenverschiebung in niedrigere, schlechter bezahlte Sortierungen verringert werden.

Im hier durchgeführten Versuch konnte dies nicht erreicht werden, lediglich das Auftreten von Lagerschorf war bei den Verfahren ULO-Lagerung mit Ethylenentfernung und DCA-Lagerung etwas verringert, bei allerdings insgesamt niedrigem Befall, der auch nicht in allen drei Versuchsjahren auftrat. Hierzu sind noch weitere Untersuchungen nötig.

Zu berücksichtigen ist aber ebenso, dass die Anforderungen der Konsumenten an Äpfel steigen. Wichtige Kaufkriterien für die Kunden sind einerseits äußere Merkmale wie Größe, Form, Farbe, Glanz oder Nichtvorhandensein von sichtbaren Mängeln (HÖHN 2001; STREIF 2003; STAINER 2004), zunehmend wird jedoch ebenso auf Merkmale wie Geschmack, Saftigkeit, Zucker- und Säuregehalt und vor allem Festigkeit Wert gelegt. Des Weiteren ist die Fruchtfleischfestigkeit im Hinblick auf das Handling der Äpfel nach der Auslagerung von Interesse. So besteht zwischen der Festigkeit der Früchte und der Entstehung von Druckstellen ein enger Zusammenhang (KÖPCKE 2010). Bei einer höheren Fruchtfleischfestigkeit sind die Äpfel weniger anfällig für Druckstellen.

Für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit müssen des Weiteren die Kosten, die bei den einzelnen Varianten entstehen, betrachtet werden. Bei der DCA-Lagerung fallen bei einer Lagerdauer von fünf Monaten zusätzliche Kosten von ca. 0,9 ct/kg Äpfel an. Bei einer ULO-Lagerung mit Ethylenreduktion betragen die zusätzlichen Kosten in etwa 1,2 ct/kg Äpfel. Nimmt man eine längere Lagerdauer von beispielsweise sechs Monaten an, ist bei der DCA-Lagerung mit 1,0 ct/kg und bei der Ethylenreduktion mit 1,3 ct/kg zu rechnen. Sofern bei der ULO-Lagerung mit Ethylenreduktion noch niedrigere Ethylenkonzentrationen erreicht werden sollen, müsste hier ein größerer Konverter eingesetzt werden, welcher weitere Kosten verursachen würde.

Bisher wurde davon ausgegangen, dass bei einer Absenkung der Sauerstoffkonzentration in den Lagerräumen auch eine proportionale Absenkung der Konzentration an Kohlendioxid erfolgen muss, um Schäden an den Früchten zu vermeiden (GASSER et al. 2009). Um eine so starke Absenkung der Kohlendioxidkonzentration zu erreichen, sind sehr leistungsfähige Adsorber notwendig, welche in Anschaffung und Betrieb hohe Kosten verursachen.

In einigen Versuchen wurden jedoch auch bei im Verhältnis höheren Kohlendioxidgehalten ('Golden Delicious': 3 % CO₂ bei 0,11 % O₂) keine Schäden an den Äpfeln festgestellt (GASSER 2008; GASSER et al. 2009). Sofern eine starke Absenkung des CO₂-Wertes nicht notwendig sein sollte, hätte das positive Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens. Dies würde bedeuten, dass keine zusätzlichen Kosten für den Kohlendioxidadsorber in Bezug auf Abschreibung und Stromverbrauch entstünden bzw. sogar Einsparungsmöglichkeiten gegeben wären, weil die Früchte aufgrund ihres verringerten Stoffwechsels weniger Kohlendioxid produzieren. Hier müssen allerdings erst noch weitere Erfahrungen gesammelt werden.

Insgesamt liegen die für die Verfahren DCA-Lagerung und ULO-Lagerung mit Ethylenentfernung anfallenden Kosten jedoch über denen, die bei der Standard-ULO-Lagerung entstehen, was vor allem durch die zusätzlichen Abschreibungskosten verursacht wird. Im Vergleich zu einer 1-MCP-Behandlung sind sie jedoch geringer. Allerdings wird durch die beiden Verfahren auch nicht die gleiche Wirkung auf den Erhalt der Fruchtquali-

tät wie bei einer 1-MCP-Anwendung erreicht. Vor allem im Shelf-life kann hier eine noch stärkere Reifeverzögerung erzielt werden.

Eine direkte Kompensierung der zusätzlich anfallenden Kosten durch die Erzielung höherer Preise für Äpfel mit einer besseren Fruchtfleischfestigkeit ist, obwohl dies den Wünschen des Marktes entspricht, nicht zu erwarten. Trotzdem kann ein Einsatz, vor allem der DCA-Lagerung, in der Praxis sinnvoll sein, um eine längere Lagerdauer und damit Verfügbarkeit von Äpfeln zu gewährleisten und somit ein flexibleres Reagieren auf die Anforderungen des Marktes zu ermöglichen. Auch bei Partien, an welche höhere Ansprüche an die Fruchtfleischfestigkeit gestellt werden, wie beispielsweise bei Exporten nach Großbritannien, kann der Einsatz ratsam sein. Sofern sich eine deutliche Verringerung des Auftretens von inneren Verbräunungen bei dafür anfälligen Sorten wie Braeburn durch den Einsatz der DCA-Lagerung bestätigen sollte, würde auch dies dazu beitragen, die Anwendung des Verfahrens rentabler zu gestalten. Die ULO-Lagerung mit Ethylenreduktion ist, aufgrund der geringeren Auswirkung auf den Erhalt der Festigkeit in der Nachlagerung und der höheren Kosten, aus Sicht der Autoren für den Einsatz in der Praxis allerdings nicht zu empfehlen.

5 Zusammenfassung

Ziel des Projektes war es, die Verfahren DCA-Lagerung und ULO-Lagerung unter Reduktion des Reifehormons Ethylen mit dem derzeitigen Standardlagerverfahren, der ULO-Lagerung, zu vergleichen und daraus Empfehlungen für die Lagerung von Äpfeln in Sachsen unter Berücksichtigung der steigenden Anforderungen des Marktes abzuleiten. Dabei sollte einerseits der Erhalt der Fruchtqualität, andererseits aber auch die Wirtschaftlichkeit der Verfahren betrachtet werden.

Der Versuch lief über einen Zeitraum von drei Jahren und wurde mit den Sorten 'Gala' und 'Shampion' durchgeführt. In allen drei Versuchsjahren konnten keine deutlichen Unterschiede hinsichtlich der Entwicklung von Fruchtgröße und -gewicht, löslicher Trockensubstanz und titrierbarer Säure zwischen den verschiedenen Varianten festgestellt werden. Nur in Bezug auf die Fruchtfleischfestigkeit wurden, vor allem im zweiten Jahr, Differenzen zwischen den Verfahren beobachtet. Bei der Variante DCA-Lagerung blieb diese bei der Sorte 'Gala' bis zu einer Nachlagerdauer von sechs Wochen in der Kühllagerung und zusätzlich einer Woche Lagerung bei 17 °C und bei der Sorte 'Shampion' bis zu einer Nachlagerdauer von zwei Wochen in der Kühllagerung besser erhalten als bei der Standard-ULO-Lagerung. Ebenso wurde bei der Variante ULO-Lagerung mit Ethylenreduktion eine bessere Fruchtfleischfestigkeit, jedoch nur bei der Sorte 'Gala' und nur bis zu einer Nachlagerdauer von zwei Wochen in der Kühllagerung und einer Woche bei 17 °C, erzielt. Anzumerken ist dabei, dass hier die angestrebten Ethylengehalte von unter 0,4 ppm nicht erreicht werden konnten.

Bei der DCA-Lagerung scheint es für die Erzielung besserer Ergebnisse hinsichtlich des Erhalts der Fruchtfleischfestigkeit notwendig zu sein, die Sauerstoffkonzentration knapp über dem anaeroben Umkehrpunkt (ACP) zu halten. Dafür sind eine ausreichende Dichtigkeit der Zellen und ein leistungsfähiger Kohlendioxidadsorber unbedingt erforderlich. Aufgrund der niedrigen Sauerstoffgehalte in den Räumen besteht natürlich auch ein erhöhtes Risiko bei der Lagerung. Daher muss eine optimale Überwachung gewährleistet sein. Durch die verwendeten Chlorophyllfluoreszenzsensoren wurden das Erreichen des ACP und damit der Übergang zur Gärung jedoch sicher angezeigt.

Bei der DCA-Lagerung und der ULO-Lagerung mit Ethylenreduktion entstehen im Vergleich zur normalen ULO-Lagerung aber auch höhere Kosten. Dies sind neben den zusätzlichen Kosten für Strom, Reparaturen

und Wartung vor allem Investitionskosten. Bei einer Lagerdauer von fünf Monaten betragen die hinzukommenden Kosten bei der DCA-Lagerung rund 0,9 ct/kg Äpfel und bei der ULO-Lagerung mit Ethylenreduktion etwa 1,2 ct/kg Äpfel. Mit einer Kompensierung dieser Kosten durch die Erzielung höherer Preise aufgrund der besseren Fruchtfleischfestigkeit ist nicht zu rechnen.

Eine Empfehlung für den Einsatz der ULO-Lagerung mit Ethylenreduktion in der Praxis kann aus unserer Sicht nicht gegeben werden, weil hier nur geringe Auswirkungen auf die Fruchtqualität bei gleichzeitig relativ hohen zusätzlichen Kosten zu erwarten sind. Die Anwendung der DCA-Lagerung kann jedoch sinnvoll sein, um eine längere Lagerdauer und damit Verfügbarkeit zu ermöglichen und auch um den steigenden Anforderungen des Handels gerecht zu werden. Dies gilt insbesondere bei Exporten nach Großbritannien, wo sehr hohe Ansprüche an die Fruchtfleischfestigkeit gestellt werden. Ein im Vergleich zur Standard-ULO-Lagerung besserer Qualitätserhalt ist allerdings nur nach einer längeren Lagerdauer zu erzielen.

Weitere Untersuchungen sind notwendig hinsichtlich der Auswirkungen der DCA-Lagerung auf das Auftreten von inneren Verbräunungen bei dafür anfälligen Sorten wie 'Braeburn' und von Lagerschorf. Sofern hierbei eine Verringerung durch dieses Lagerverfahren erreichbar sein sollte, würde dies natürlich auch zu einer besseren Rentabilität führen.

6 Quellenverzeichnis

- BLEECKER, A. B. und H. KENDE (2000), neu bearbeitet von M. SAUTER: Ethylen. Online: <http://www.biologie.uni-hamburg.de/b-online/d31/31g.htm> (abgerufen am 14.04.2010)
- BRACKMANN, A. und A.A. SAQUET (1999): Low Ethylene and rapid CA Storage of 'Gala' Apples. *Acta Hort.* 485, 79-84.
- BRACKMANN, A., STEFFENS, C. A., NEUWALD, D. A. und A. M. de MELLO (2000): Armazenamento de maçã 'Gala' em atmosfera controlada com remoção de etileno. *Rev. Bras. de AGROCIÊNCIA* 6, (1), 39-41.
- BRACKMANN, A., STEFFENS, C. A., NEUWALD, D. A. und I. SESTARI (2003): Armazenamento de maçã 'Gala' em atmosfera controlada com remoção de etileno. *Cienc. Rural* 33, (4), 647-650.
- GASSER, F., EPPLER, T., NAUNHEIM, W., GABIOUD, S. und E. HÖHN (2008): Control of the Critical Oxygen Level during Dynamic CA Storage of Apples by Monitoring Respiration as Well as Chlorophyll Fluorescence. *Acta Horticulturae* 796, 69-76.
- GASSER, F., GABIOUD, S. und A. BOZZI NISING (2009): Dynamische CA-Lagerung und Einsatz von 1-MCP. *Obstbau* 34, (12), 622-625.
- GREIFENBERG, S. (undatiert): Ethylen.
- HENNECKE, C., KÖPCKE, D. und W. DIEREND (2008): Dynamische Absenkung des Sauerstoffgehaltes bei der Lagerung von Äpfeln. *Erwerbs-Obstbau* 50, 19-29.
- HÖHN, E (2001): Fruchtfleischfestigkeit bei Tafeläpfeln: Marktanspruch, Erntezeitpunkt und Lagerung. *Schweiz. Z. Obst-Weinbau* 139, (15), 410-413.
- HÖHN, E., PRANGE, R. K. und C. VIGNEAULT (2009): Storage Technology and Applications. In: Yahia, E. M. (Hrsg.): *Modified and Controlled Atmospheres for the Storage, Transportation, and Packaging of Horticultural Commodities*. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, 608 S.
- KÖPCKE, D. (2011): Persönliche Mitteilung
- KÖPCKE, D. (2010): Einflussfaktoren auf das Entstehen von Druckstellen an Äpfeln. *Mitt. OVR* 65, (3), 73-78.
- LAFER, G. (2009): Erfahrungen mit neuen Lagerungstechnologien in Österreich – Dynamische CA-Lagerung und SmartFresh™. *EfM – European Fruit Magazine* 2, (1), 30-33.
- PRANGE, R. K., DELONG, J. M. und A. H. WRIGHT (2012): Improving our Understanding of Storage Stress using Chlorophyll Fluorescence. *Acta Horticulturae* 945, 89-96.
- QUAST, P. (1991): Gärungsartige Fehlentwicklungen im Stoffwechsel von Äpfeln bei fehlerhaft zu niedrigen Sauerstoffgehalten in der CA/ULO-Lagerung. *Mitt. OVR* 46, 400-404.
- QUAST, P. (2004): Dynamic Control System (DCS) nur für 'Elstar' oder Metabolic Controlled Storage (MCS) zur Kontrolle sehr niedriger O₂-Gegehalten bei der CA/ULO-Lagerung von verschiedenen Apfelsorten. *Mitt. OVR* 59, 387-390.
- SAQUET, A. und J. STREIF (2002): Respiração e Produção de Etileno de Maçãs armazenadas em diversas Concentrações de Oxigênio. Online:<http://www.ufpel.tche.br/faem/agrociencia/v8n1/artigo13.pdf> (abgerufen am 15.04.2010)
- SATLANTIC INC. (2007): Harvest Watch™ - Enhancing the Quality of Fruit in CA Storage. Satlantic Inc., Halifax, Nova Scotia. Online: [http://www.harvestwatch.com/images/harvest/support%20docs/Harvest Watch% 20-%20Enhancing%20 Quality%2001Nov07.pdf](http://www.harvestwatch.com/images/harvest/support%20docs/Harvest%20Watch%20Enhancing%20Quality%2001Nov07.pdf) (abgerufen am 29.03.2010)
- STAINER, R. (2004): Lokale Sorten oder Premium Sorten: Wer macht das Rennen? Land- und Forstwirtschaftliches Versuchszentrum Laimburg. Online: [http://www.obstbau.rlp.de/Internet/global/themen.nsf/0/8D23D924FAE5D1FDC1256F5600445C42?OpenDocument&Highlight=\(FRUCHTFLEISCHFESTIGKEIT,MIND ESTWERTE\),\[VERÖFFENTLICHEN\]=JA](http://www.obstbau.rlp.de/Internet/global/themen.nsf/0/8D23D924FAE5D1FDC1256F5600445C42?OpenDocument&Highlight=(FRUCHTFLEISCHFESTIGKEIT,MIND ESTWERTE),[VERÖFFENTLICHEN]=JA) (abgerufen am 15.04.2010)

- STREIF, J. (2003): Der Apfel im Winterschlaf, Maßnahmen zur Qualitätserhaltung bei der Langzeitlagerung von Kernobst. Ergebnisprotokoll der 24. Geisenheimer Tagung. Online: <http://www.leaderplus.de/data/000BA9B09C9811878BDD6521C0A8D816.0.pdf> (abgerufen 14.04.2010)
- STREIF, J. (2004): Kernobst erfolgreich lagern. *Monatsschrift*, (9), 517-520.
- STREIF, J. (2008): Haltbarkeit und Fruchtqualität von Äpfeln durch Fortschritte in der Lagertechnik verbessern: CA/ULO pur, DCA pur oder mit MCP? *Besseres Obst*, (8), 8-11.
- WILCKE, C. (1999): Grenzwerte für Ein- und Auslagerung von Apfelsorten in Sachsen. Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Fachbereich Gartenbau und Landespflege Dresden-Pillnitz.
- ZANELLA, A. (2004): Dynamische CA-Lagerung und Anwendung von 1-MCP. *Obst*, (4), 11-13.
- ZANELLA, A., CAZZANELLI, P. und O. ROSSI (2008a): Dynamic Controlled Atmosphere (DCA) Storage by the Means of Chlorophyll Fluorescence Response for Firmness Retention in Apple. *Acta Horticulturae* 796, 77-82.
- ZANELLA, A., CAZZANELLI, P., SANIN, D., ROSSI, O. und I. EBNER (2008b): Lagerung in dynamischer CA mittels Chlorophyll-Fluoreszenz: Aktueller Stand.

7 Anhang

Abbildungen

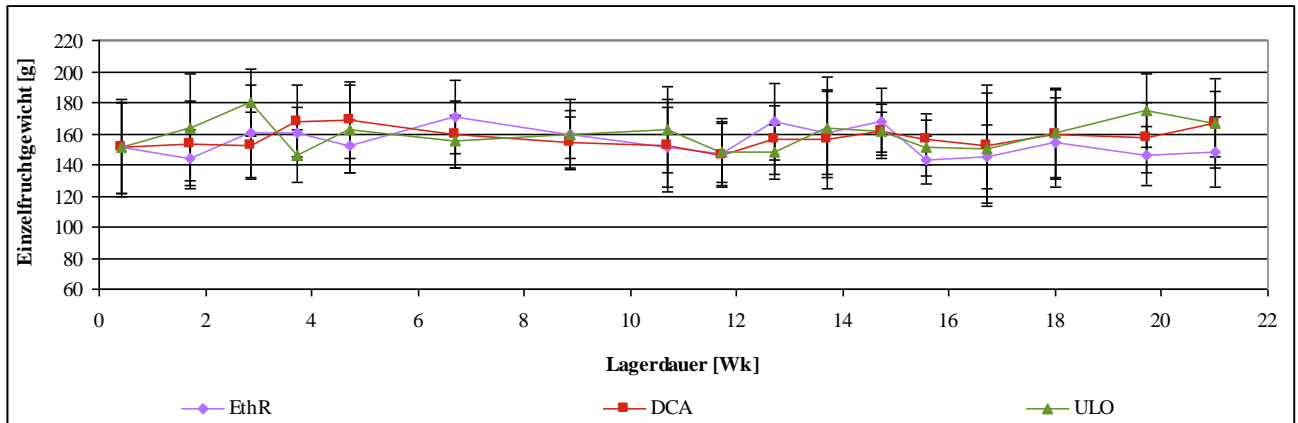


Abb. 1: Durchschnittliches Einzelfruchtgewicht [g] Sorte 'Gala' (Versuchsjahr 1)

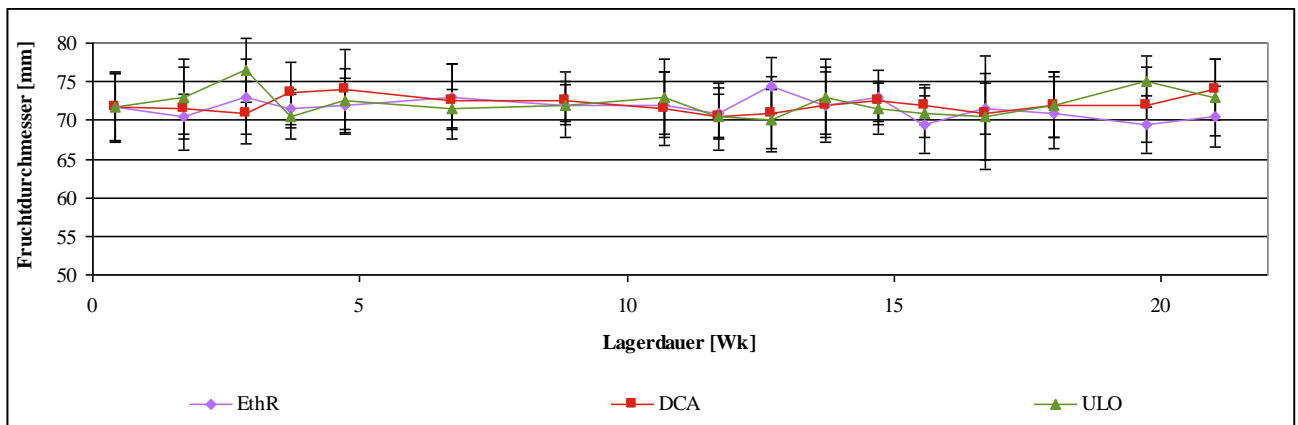


Abb. 2: Durchschnittlicher Fruchtdurchmesser [mm] Sorte 'Gala' (Versuchsjahr 1)

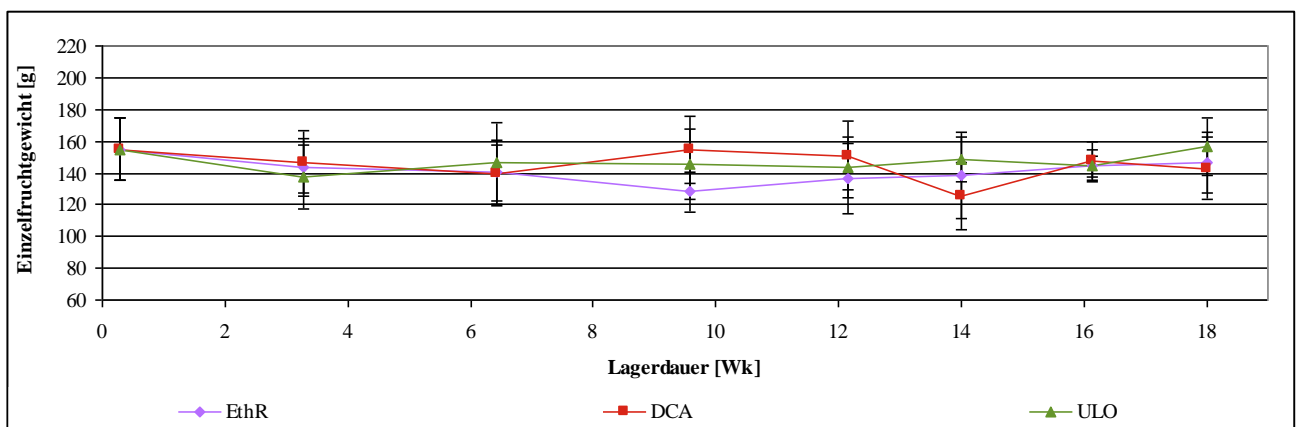


Abb. 3: Durchschnittliches Einzelfruchtgewicht [g] Sorte 'Gala' (Versuchsjahr 2)

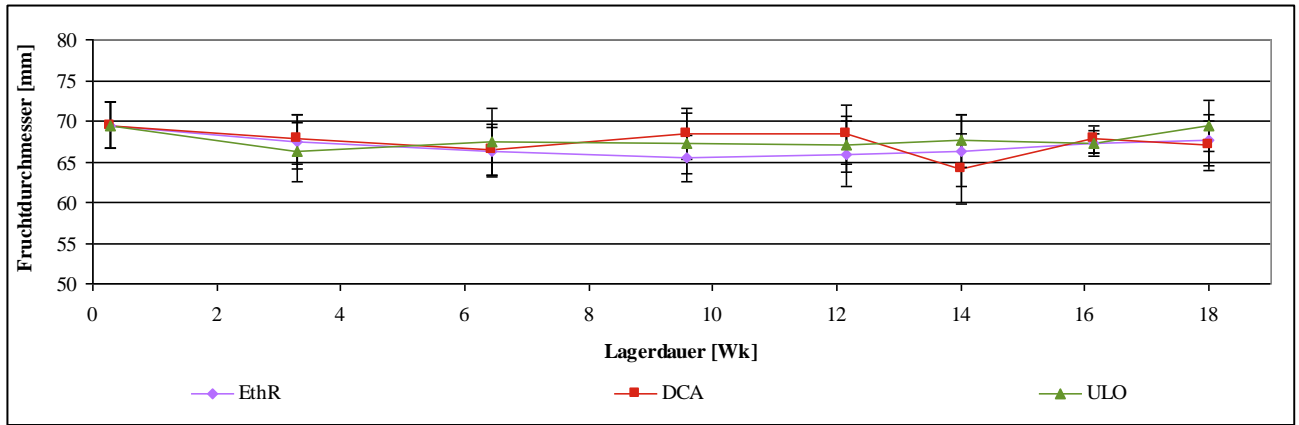


Abb. 4: Durchschnittlicher Fruchtdurchmesser [mm] Sorte 'Gala' (Versuchsjahr 2)

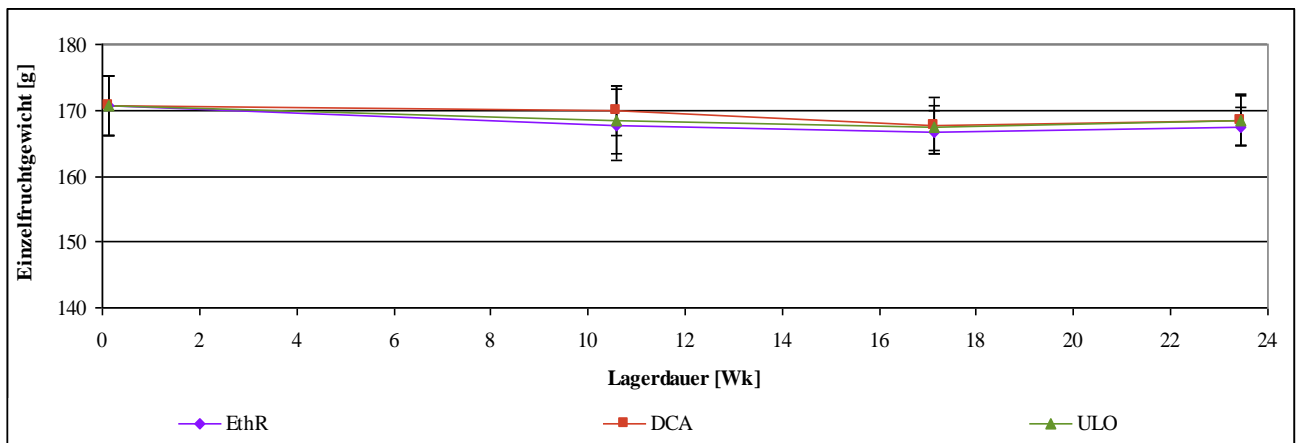


Abb. 5: Durchschnittliches Einzelfruchtgewicht [g] Sorte 'Gala' (vorsortiert) (Versuchsjahr 3)

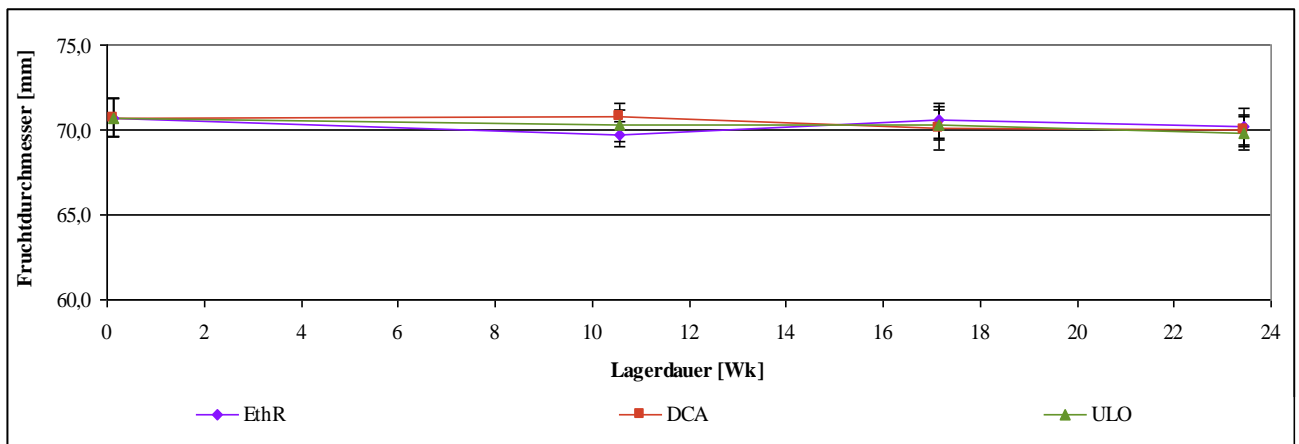


Abb. 6: Durchschnittlicher Fruchtdurchmesser [mm] Sorte 'Gala' (vorsortiert) (Versuchsjahr 3)

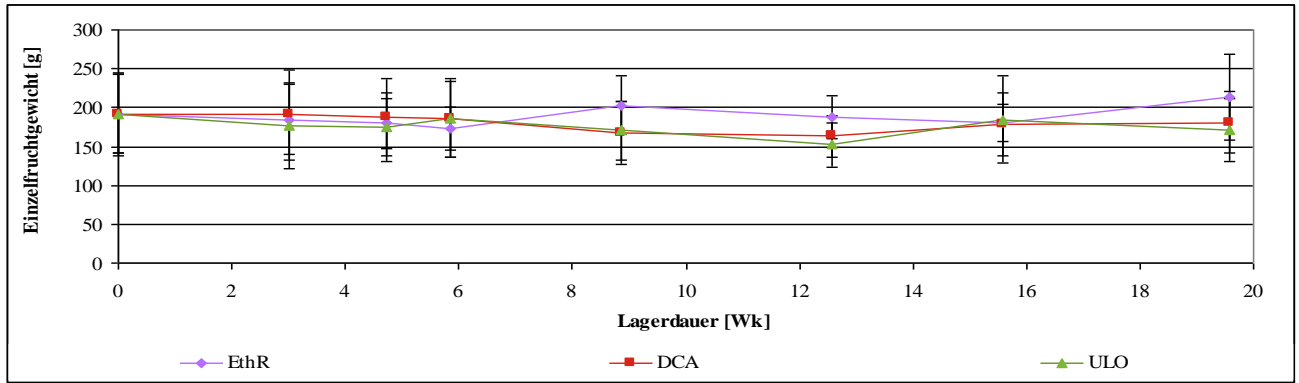


Abb. 7: Durchschnittliches Einzelfruchtgewicht [g] Sorte 'Shampion' (Versuchsjahr 1)

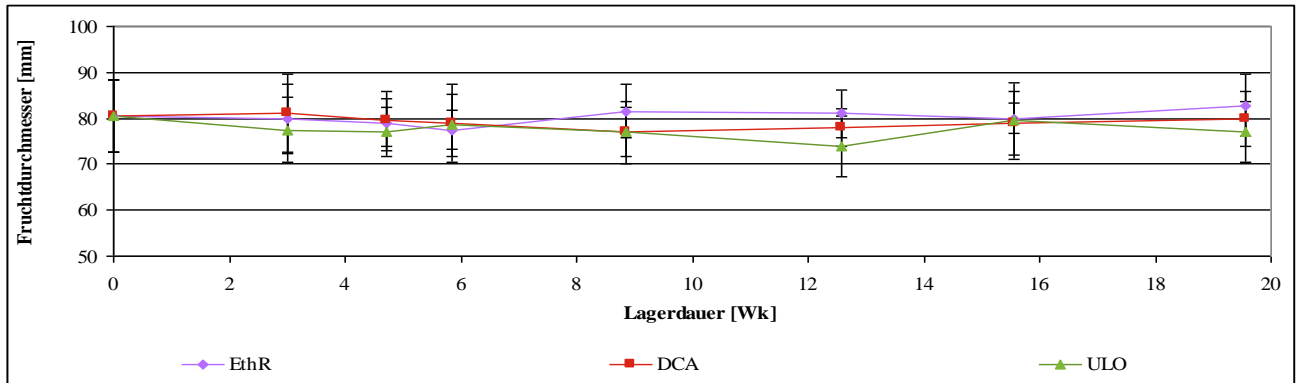


Abb. 8: Durchschnittlicher Fruchtdurchmesser [mm] Sorte 'Shampion' (Versuchsjahr 1)

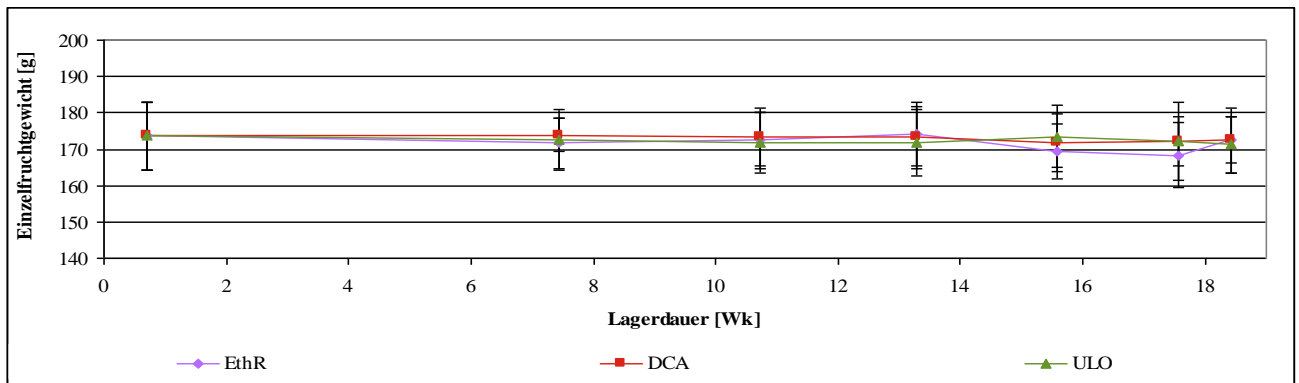


Abb. 9: Durchschnittliches Einzelfruchtgewicht [g] Sorte 'Shampion' (vorsortiert) (Versuchsjahr 2)

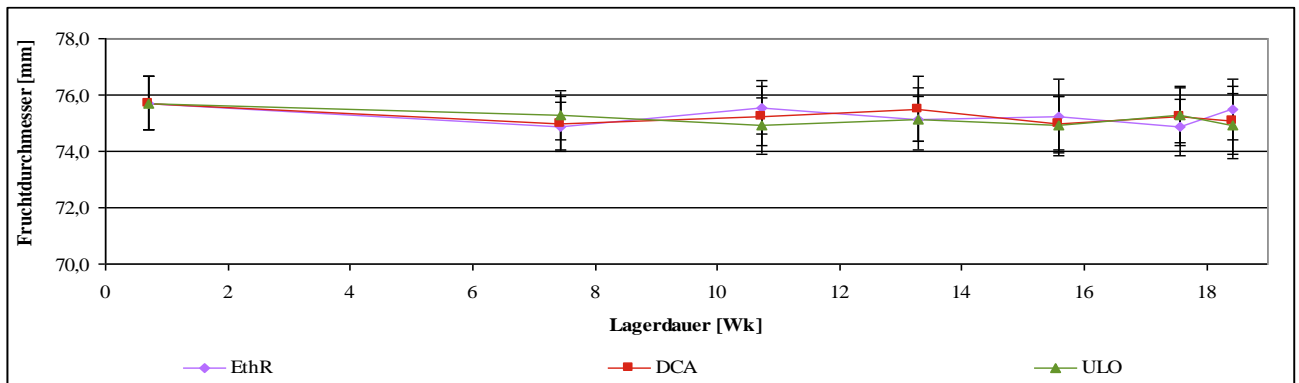


Abb. 10: Durchschnittlicher Fruchtdurchmesser [mm] Sorte 'Shampion' (vorsortiert) (Versuchsjahr 2)

Tabellen

Tab. 1: Durchschnittliches Einzelfruchtgewicht [g] Sorte 'Gala' nach 18 Wochen Lagerung und verschiedenen Nachlagerzeiten und -temperaturen (Versuchsjahr 1)

	ULO-Lagerung mit Ethylen- reduktion	DCA-Lagerung	ULO-Lagerung
Auslagerung	155 (± 29)	159 (± 28)	160 (± 29)
1 Woche (15 °C)	154 (± 32)	161 (± 30)	147 (± 22)
6 Wochen (2,5 °C)	153 (± 29)	156 (± 15)	143 (± 14)
6 Wochen (2,5 °C) + 1 Woche (15 °C)	144 (± 18)	162 (± 33)	152 (± 13)

Tab. 2: Durchschnittlicher Fruchtdurchmesser [mm] Sorte 'Gala' nach 18 Wochen Lagerung und verschiedenen Nachlagerzeiten und -temperaturen (Versuchsjahr 1)

	ULO-Lagerung mit Ethylen- reduktion	DCA-Lagerung	ULO-Lagerung
Auslagerung	71,0 (± 4,6)	72,0 (± 4,2)	72,0 (± 4,2)
1 Woche (15 °C)	70,5 (± 6,0)	72,0 (± 5,9)	70,5 (± 3,7)
6 Wochen (2,5 °C)	72,0 (± 4,8)	72,0 (± 3,5)	69,5 (± 2,8)
6 Wochen (2,5 °C) + 1 Woche (15 °C)	69,0 (± 3,2)	73,5 (± 5,8)	69,5 (± 1,6)

Tab. 3: Durchschnittliches Einzelfruchtgewicht [g] Sorte 'Gala' nach 18 Wochen Lagerung und verschiedenen Nachlagerzeiten und -temperaturen (Versuchsjahr 2)

	ULO-Lagerung mit Ethylen- reduktion	DCA-Lagerung	ULO-Lagerung
Auslagerung	147 (± 19)	143 (± 20)	156 (± 18)
1 Woche (17 °C)	156 (± 19)	137 (± 16)	145 (± 23)
2 Wochen (2,5 °C)	153 (± 13)	143 (± 15)	154 (± 15)
2 Wochen (2,5 °C) + 1 Woche (17 °C)	135 (± 17)	139 (± 12)	138 (± 18)
6 Wochen (2,5 °C)	150 (± 15)	148 (± 17)	142 (± 17)
6 Wochen (2,5 °C) + 1 Woche (17 °C)	145 (± 21)	139 (± 20)	142 (± 21)

Tab. 4: Durchschnittlicher Fruchtdurchmesser [mm] Sorte ´Gala´ nach 18 Wochen Lagerung und verschiedenen Nachlagerzeiten und -temperaturen (Versuchsjahr 2)

	ULO-Lagerung mit Ethylen-reduktion	DCA-Lagerung	ULO-Lagerung
Auslagerung	67,7 (± 3,1)	67,0 (± 3,0)	69,5 (± 3,1)
1 Woche (17 °C)	69,3 (± 2,7)	66,1 (± 2,4)	67,7 (± 3,7)
2 Wochen (2,5 °C)	68,3 (± 2,1)	66,7 (± 2,6)	68,8 (± 2,8)
2 Wochen (2,5 °C) + 1 Woche (17 °C)	65,9 (± 3,3)	66,5 (± 1,8)	66,2 (± 2,9)
6 Wochen (2,5 °C)	68,0 (± 2,9)	68,0 (± 2,8)	67,2 (± 2,9)
6 Wochen (2,5 °C) + 1 Woche (17 °C)	66,8 (± 3,7)	66,1 (± 3,5)	67,2 (± 3,8)

Tab. 5: Durchschnittliches Einzelfruchtgewicht [g] Sorte ´Gala´ (vorsortiert) nach 23 Wochen Lagerung und verschiedenen Nachlagerzeiten und -temperaturen (Versuchsjahr 3)-

	ULO-Lagerung mit Ethylen-reduktion	DCA-Lagerung	ULO-Lagerung
Auslagerung	168 (± 3)	169 (± 4)	168 (± 4)
2 Wochen (2,5 °C)	165 (± 4)	168 (± 5)	167 (± 4)
2 Wochen (2,5 °C) + 1 Woche (17 °C)	166 (± 5)	166 (± 4)	166 (± 4)
6 Wochen (2,5 °C)	166 (± 4)	167 (± 5)	167 (± 4)
6 Wochen (2,5 °C) + 1 Woche (17 °C)	165 (± 4)	163 (± 4)	164 (± 4)

Tab. 6: Durchschnittlicher Fruchtdurchmesser [mm] Sorte ´Gala´ (vorsortiert) nach 23 Wochen Lagerung und verschiedenen Nachlagerzeiten und -temperaturen (Versuchsjahr 3)

	ULO-Lagerung mit Ethylen-reduktion	DCA-Lagerung	ULO-Lagerung
Auslagerung	70,2 (± 1,1)	70,0 (± 0,9)	69,8 (± 1,0)
2 Wochen (2,5 °C)	69,8 (± 1,1)	70,2 (± 0,8)	70,1 (± 0,8)
2 Wochen (2,5 °C) + 1 Woche (17 °C)	69,8 (± 1,2)	69,7 (± 1,2)	69,9 (± 1,0)
6 Wochen (2,5 °C)	70,0 (± 1,0)	70,2 (± 1,4)	70,0 (± 0,8)
6 Wochen (2,5 °C) + 1 Woche (17 °C)	69,4 (± 1,1)	69,2 (± 1,2)	69,7 (± 0,9)

Tab. 7: Durchschnittliches Einzelfruchtgewicht [g] Sorte 'Shampion' nach 16 Wochen Lagerung und verschiedenen Nachlagerzeiten und -temperaturen (Versuchsjahr 1)

	ULO-Lagerung mit Ethylen- reduktion	DCA-Lagerung	ULO-Lagerung
Auslagerung	181 (± 24)	179 (± 41)	185 (± 56)
1 Woche (15 °C)	197 (± 37)	183 (± 51)	169 (± 41)
6 Wochen (2,5 °C)	165 (± 38)	195 (± 57)	180 (± 59)
6 Wochen (2,5 °C) + 1 Woche (15 °C)	188 (± 40)	157 (± 34)	173 (± 26)

Tab. 8: Durchschnittlicher Fruchtdurchmesser [mm] Sorte 'Shampion' nach 16 Wochen Lagerung und verschiedenen Nachlagerzeiten und -temperaturen (Versuchsjahr 1)

	ULO-Lagerung mit Ethylen- reduktion	DCA-Lagerung	ULO-Lagerung
Auslagerung	80,0 (± 3,3)	79,0 (± 7,0)	79,5 (± 8,3)
1 Woche (15 °C)	80,0 (± 5,3)	80,0 (± 8,5)	76,5 (± 7,5)
6 Wochen (2,5 °C)	77,0 (± 4,8)	80,5 (± 9,0)	79,5 (± 9,8)
6 Wochen (2,5 °C) + 1 Woche (15 °C)	79,0 (± 6,1)	76,0 (± 5,7)	77,0 (± 5,4)

Tab. 9: Durchschnittliches Einzelfruchtgewicht [g] Sorte 'Shampion' (vorsortiert) nach 18 Wochen Lagerung und verschiedenen Nachlagerzeiten und -temperaturen (Versuchsjahr 2)

	ULO-Lagerung mit Ethylen- reduktion	DCA-Lagerung	ULO-Lagerung
Auslagerung	173 (± 6)	172 (± 9)	171 (± 8)
1 Woche (17 °C)	167 (± 10)	170 (± 11)	165 (± 7)
2 Wochen (2,5 °C)	171 (± 9)	172 (± 9)	172 (± 7)
2 Wochen (2,5 °C) + 1 Woche (17 °C)	167 (± 7)	167 (± 9)	170 (± 8)
6 Wochen (2,5 °C)	169 (± 11)	165 (± 7)	171 (± 13)
6 Wochen (2,5 °C) + 1 Woche (17 °C)	163 (± 10)	167 (± 8)	166 (± 10)

Tab. 10: Durchschnittlicher Fruchtdurchmesser [mm] Sorte 'Shampion' (vorsortiert) nach 18 Wochen Lagerung und verschiedenen Nachlagerzeiten und -temperaturen (Versuchsjahr 2)

	ULO-Lagerung mit Ethylen- reduktion	DCA-Lagerung	ULO-Lagerung
Auslagerung	75,5 (± 1,1)	75,1 (± 1,2)	74,9 (± 1,2)
1 Woche (17 °C)	74,5 (± 1,4)	75,0 (± 1,3)	73,8 (± 1,0)
2 Wochen (2,5 °C)	74,7 (± 1,3)	74,8 (± 0,9)	74,6 (± 1,1)
2 Wochen (2,5 °C) + 1 Woche (17 °C)	73,7 (± 1,0)	74,6 (± 1,5)	74,2 (± 1,2)
6 Wochen (2,5 °C)	74,5 (± 1,3)	74,2 (± 1,1)	74,7 (± 1,5)
6 Wochen (2,5 °C) + 1 Woche (17 °C)	73,4 (± 1,0)	74,4 (± 1,4)	74,1 (± 0,9)

Tab. 11: Durchschnittliches Einzelfruchtgewicht [g] Sorte 'Shampion' nach 23 Wochen Lagerung und verschiedenen Nachlagerzeiten und -temperaturen (Versuchsjahr 3)

	ULO-Lagerung mit Ethylen- reduktion	DCA-Lagerung	ULO-Lagerung
Auslagerung	236 (± 21)	221 (± 46)	236 (± 31)
1 Woche (17 °C)	245 (± 41)	233 (± 33)	231 (± 38)
6 Wochen (2,5 °C)	237 (± 30)	221 (± 24)	229 (± 29)
6 Wochen (2,5 °C) + 1 Woche (17 °C)	235 (± 30)	226 (± 35)	236 (± 32)

Tab. 12: Durchschnittlicher Fruchtdurchmesser [mm] Sorte 'Shampion' nach 23 Wochen Lagerung und verschiedenen Nachlagerzeiten und -temperaturen (Versuchsjahr 3)

	ULO-Lagerung mit Ethylen- reduktion	DCA-Lagerung	ULO-Lagerung
Auslagerung	82,8 (± 2,9)	80,8 (± 5,7)	83,3 (± 4,0)
1 Woche (17 °C)	84,2 (± 4,4)	83,0 (± 4,4)	81,8 (± 5,1)
6 Wochen (2,5 °C)	83,4 (± 4,3)	80,9 (± 3,3)	82,1 (± 3,4)
6 Wochen (2,5 °C) + 1 Woche (17 °C)	83,1 (± 3,5)	81,7 (± 4,1)	82,8 (± 4,2)

Tab. 13: Gehalt an löslicher Trockensubstanz [°Brix] Sorte ´Gala´ nach 18 Wochen Lagerung und verschiedenen Nachlagerzeiten und -temperaturen (Versuchsjahr 1)

	ULO-Lagerung mit Ethylen- reduktion	DCA-Lagerung	ULO-Lagerung
Auslagerung	12,9 (± 1,3)	13,2 (± 1,5)	12,2 (± 1,1)
1 Woche (15 °C)	13,0 (± 1,8)	13,0 (± 0,9)	12,8 (± 1,1)
6 Wochen (2,5 °C)	12,0 (± 0,6)	12,7 (± 0,7)	12,5 (± 1,2)
6 Wochen (2,5 °C) + 1 Woche (15 °C)	12,6 (± 0,7)	12,4 (± 0,9)	12,8 (± 0,9)

Tab. 14: Gehalt an löslicher Trockensubstanz [°Brix] Sorte ´Gala´ nach 18 Wochen Lagerung und verschiedenen Nachlagerzeiten und -temperaturen (Versuchsjahr 2)

	ULO-Lagerung mit Ethylen- reduktion	DCA-Lagerung	ULO-Lagerung
Auslagerung	13,0 (± 1,1)	12,2 (± 1,3)	12,3 (± 1,0)
1 Woche (17 °C)	12,5 (± 0,7)	12,1 (± 0,8)	12,2 (± 1,1)
2 Wochen (2,5 °C)	12,4 (± 1,0)	12,3 (± 1,0)	11,6 (± 0,9)
2 Wochen (2,5 °C) + 1 Woche (17 °C)	11,9 (± 1,2)	12,3 (± 1,1)	11,7 (± 1,0)
6 Wochen (2,5 °C)	12,5 (± 0,9)	12,0 (± 0,8)	12,4 (± 1,4)
6 Wochen (2,5 °C) + 1 Woche (17 °C)	12,6 (± 1,1)	12,1 (± 1,0)	11,6 (± 0,8)

Tab. 15: Gehalt an löslicher Trockensubstanz [°Brix] Sorte ´Gala´ nach 23 Wochen Lagerung und verschiedenen Nachlagerzeiten und -temperaturen (Versuchsjahr 3)

	ULO-Lagerung mit Ethylen- reduktion	DCA-Lagerung	ULO-Lagerung
Auslagerung	13,0 (± 0,8)	12,6 (± 0,5)	13,1 (± 0,7)
2 Wochen (2,5 °C)	12,0 (± 1,0)	12,6 (± 0,6)	12,1 (± 0,6)
2 Wochen (2,5 °C) + 1 Woche (17 °C)	13,2 (± 0,9)	12,4 (± 0,9)	12,9 (± 0,7)
6 Wochen (2,5 °C)	12,7 (± 0,9)	12,5 (± 0,7)	12,7 (± 0,6)
6 Wochen (2,5 °C) + 1 Woche (17 °C)	12,6 (± 0,8)	12,7 (± 0,7)	12,8 (± 0,9)

Tab. 16: Gehalt an titrierbarer Säure [g/l] Sorte 'Gala' nach 18 Wochen Lagerung und verschiedenen Nachlagerzeiten und -temperaturen (Versuchsjahr 1)

	ULO-Lagerung mit Ethylen- reduktion	DCA-Lagerung	ULO-Lagerung
Auslagerung	3,4	3,7	3,1
1 Woche (15 °C)	3,6	3,5	3,6
6 Wochen (2,5 °C)	3,1	3,2	3,1
6 Wochen (2,5 °C) + 1 Woche (15 °C)	2,6	2,7	2,8

Tab. 17: Gehalt an titrierbarer Säure [g/l] Sorte 'Gala' nach 18 Wochen Lagerung und verschiedenen Nachlagerzeiten und -temperaturen (Versuchsjahr 2)

	ULO-Lagerung mit Ethylen- reduktion	DCA-Lagerung	ULO-Lagerung
Auslagerung	4,1	3,8	3,8
1 Woche (17 °C)	3,4	3,2	3,4
2 Wochen (2,5 °C)	3,9	3,7	3,5
2 Wochen (2,5 °C) + 1 Woche (17 °C)	3,3	3,5	3,1
6 Wochen (2,5 °C)	3,4	3,4	3,6
6 Wochen (2,5 °C) + 1 Woche (17 °C)	3,1	3,0	2,8

Tab. 18: Gehalt an titrierbarer Säure [g/l] Sorte 'Gala' nach 23 Wochen Lagerung und verschiedenen Nachlagerzeiten und -temperaturen (Versuchsjahr 3)

	ULO-Lagerung mit Ethylen- reduktion	DCA-Lagerung	ULO-Lagerung
Auslagerung	3,3	3,2	3,3
2 Wochen (2,5 °C)	3,3	3,1	3,1
2 Wochen (2,5 °C) + 1 Woche (17 °C)	2,8	2,9	2,9
6 Wochen (2,5 °C)	3,0	3,1	2,9
6 Wochen (2,5 °C) + 1 Woche (17 °C)	2,7	2,8	2,6

Herausgeber:

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG)
Pillnitzer Platz 3, 01326 Dresden
Telefon: +49 351 2612-0
Telefax: +49 351 2612-1099
E-Mail: lfulg@smul.sachsen.de
www.smul.sachsen.de/lfulg

Autoren:

Ricarda Amani, Dr. Olaf Krieghoff
Erzeugerorganisation Dresdener Obst e.G.
Hauptstr. 2A, 01809 Dohna OT Röhrsdorf
Telefon: +49 351 6416600
Telefax: +49 351 6416602
E-Mail: ramani@veos.de

Redaktion:

Dr. Gerald Lattauschke
LfULG, Abteilung Gartenbau/Referat Obst-, Gemüse- und Weinbau
Pillnitzer Platz 3, 01326 Dresden
Telefon: +49 351 2612-8100
Telefax: +49 351 2612-8200
E-Mail: gerald.lattauschke@smul.sachsen.de

Fotos:

Ricarda Amani

Redaktionsschluss:

25.04.2013

ISSN:

1867-2868

Hinweis:

Die Broschüre steht nicht als Printmedium zur Verfügung, kann aber als PDF-Datei unter <https://publikationen.sachsen.de/bdb/> heruntergeladen werden.

Verteilerhinweis

Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsregierung im Rahmen ihrer verfassungsmäßigen Verpflichtung zur Information der Öffentlichkeit herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von deren Kandidaten oder Helfern im Zeitraum von sechs Monaten vor einer Wahl zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen.

Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist auch die Weitergabe an Dritte zur Verwendung bei der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die vorliegende Druckschrift nicht so verwendet werden, dass dies als Parteinahme des Herausgebers zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.

Diese Beschränkungen gelten unabhängig vom Vertriebsweg, also unabhängig davon, auf welchem Wege und in welcher Anzahl diese Informationsschrift dem Empfänger zugegangen ist. Erlaubt ist jedoch den Parteien, diese Informationsschrift zur Unterrichtung ihrer Mitglieder zu verwenden.