

Lagerung gartenbaulicher Produkte

Martin Geyer, Ulrike Praeger

KTBL-Schrift 493



Autoren

Dr. Martin Geyer, Dr. Ulrike Praeger | Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V., Potsdam

Weitere Autoren

Prof. Dr. Hartmut Balder | Beuth Hochschule für Technik Berlin, Berlin

Dr. Franz Gasser, Dr. Ernst Höhn | Agroscope Changins-Wädenswil, Schweiz

Prof. Dr. Klaus Gottschalk, Dr. Werner B. Herppich, Manfred Linke | Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V., Potsdam

Prof. Dr. Bernhard Hauser | Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Freising

Dr. Olaf Hempel | Institut für Luft- und Kältetechnik gemeinnützige Gesellschaft mbH, Dresden

Dr. Karl-Heinz Hochhaus | Technische Universität Hamburg-Harburg, Hamburg

Ingolf Mayer | Plattenhardt und Wirth GmbH, München

Reinhard Nattefort | Systemberatung Lagertechnik und Sonderanlagen Obst- und Gemüse Kühlung, Borken

Dr. Rolf Peters | Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Dethlingen

Prof. Dr. Karl Schockert | Dienstleistungszentrum ländlicher Raum Rheinpfalz, Neustadt a. d. Weinstraße

Dr. Josef Streif | Kompetenzzentrum Obstbau Bavendorf, Ravensburg-Bavendorf

Dr. Clément Vigneault | Agriculture and Agri-Food, Quebec/Kanada

Unser besonderer Dank gilt Klaus Oelrichs, Firma Fieles, der uns intensiv mit Bildmaterial und Fachwissen unterstützte, und Monika Baur, die im Rahmen ihres Praktikums am Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V. die gesamte Schrift Korrektur las.

© 2012

Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL)

Bartningstraße 49 | 64289 Darmstadt

Telefon (06151) 7001-0 | Fax (06151) 7001-123

E-Mail: ktbl@ktbl.de | www.ktbl.de

Alle Rechte vorbehalten. Die Verwendung von Texten und Bildern, auch auszugsweise, ist ohne Zustimmung des KTBL urheberrechtswidrig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigung, Übersetzung, Mikroverfilmung sowie die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Herausgegeben mit Förderung des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Redaktion

Dr.-Ing. Norbert Fröba, Christian Reinhold, KTBL | Christine Weidenweber, Weibersbrunn

Lektorat

Christian Reinhold, Monika Pikart-Müller | KTBL

Titelfoto

Kühlager mit Verdampfern über dem Mittelgang | Firma Fieles

Vertrieb

KTBL | Darmstadt

Druck

Druckerei Lokay | Reinheim

Printed in Germany

ISBN 978-3-941583-62-7

Vorwort

Das Lagern von gartenbaulichen Produkten stellt den Praktiker immer wieder vor große Herausforderungen. Nicht nur beim Bau eines Lagers, sondern auch beim späteren Betrieb treten vielfältige Fragen und Problemstellungen auf. Die vorliegende KTBL-Schrift „Lagerung gartenbaulicher Produkte“ hilft Betriebsleitern, Beratern, Schülern und Studierenden die komplexen Zusammenhänge bei der Qualitätserhaltung gartenbaulicher Produkte nach der Ernte zu verstehen und gibt umfassende Informationen zur Planung von Lagerräumen.

Die technische Weiterentwicklung und geänderten Anforderungen von Seiten der Gesetzgebung und der Endkunden erforderten eine grundlegende Überarbeitung der KTBL-Schrift 327 „Lagerräume für Obst und Gemüse“ (J. HENZE und H. HANSEN 1988). Vor allem beim Kühlhallenbau oder dem Lagern und Verpacken unter veränderter Atmosphäre (CA bzw. MAP) gab es in den letzten Jahren viele Entwicklungen, die beschrieben werden. Zusätzlich aufgenommen wurden die Methoden der Qualitätsbestimmung bei Obst und Gemüse, das Lagern von Schnittblumen und Baumschulgehölzen, der Transport in Kühl-Lkw bzw. in Containern und das Frischhalten am „point of sale“.

Die Neuauflage der Schrift konnte nur durch die intensive Unterstützung vieler Experten aus dem In- und Ausland realisiert werden. Mein Dank gilt allen Beteiligten, die mit ihrem Fachwissen aktiv und umfangreich mitgearbeitet und die Qualität der Ergebnisse sichergestellt haben.

Kuratorium für Technik und Bauwesen
in der Landwirtschaft e.V. (KTBL)

DR. HEINRICH DE BAERY-ERNSTEN

Hauptgeschäftsführer

Inhalt

I	BETRIEBLICHE ASPEKTE	11
1	Wirtschaftliche Fragen der Lagerung.....	11
2	Voraussetzungen für eine erfolgreiche Lagerung	13
2.1	Betriebsformen von Lagern	13
2.2	Größe und Art von Lagern	14
II	WIRKUNG DER KLIMAFAKTOREN	16
1	Temperatur.....	16
2	Zusammensetzung der Atmosphäre	18
3	Luftfeuchte MANFRED LINKE	20
4	Luftströmung KLAUS GOTTSCHALK.....	25
III	PRODUKTSPEZIFISCHE ANFORDERUNGEN AN DIE LAGERUNG	30
1	Methoden der Qualitätsbestimmung bei Ernte und Aufbereitung WERNER B. HERPPICH.....	30
1.1	Produktqualität	30
1.2	Methoden der Qualitätsanalyse.....	31
1.2.1	Optische Verfahren	33
1.2.2	Mechanische Verfahren.....	37
2	Lagerschäden.....	41
2.1	Lagerkrankheiten durch Pathogenbefall.....	41
2.2	Physiologische Schädigungen.....	41
2.2.1	Gefrierschäden und Kälteschäden.....	41
2.2.2	CO ₂ - und O ₂ -Mangelschäden.....	42
3	Lagerung von Obst JOSEF STREIF.....	43
3.1	Fruchtreife.....	43
3.2	Ernte bei verschiedenen Obstarten	47
3.3	Lagerbedingungen für verschiedene Obstarten.....	50
3.4	Lagerverluste	53
3.4.1	Verluste durch Transpiration und Atmung.....	53
3.4.2	Physiologische Erkrankungen von Kernobst während der Lagerung	54

4	Lagerung von Gemüse.....	64
4.1	Kohlgemüse	64
4.2	Blatt-, Bund- und Sprossgemüse	67
4.2.1	Ernte und Aufbereitung von Salaten	67
4.2.2	Aufbereitung von Bundmöhren, Radies und Bundzwiebeln	68
4.2.3	Aufbereitung von Spargel	69
4.3	Fruchtgemüse	70
4.4	Wurzelgemüse	73
5	Lagerung von Speisepilzen am Beispiel von Champignons.....	76
6	Lagerung von Speisewiebeln	77
7	Lagerung von Kartoffeln ROLF PETERS.....	84
8	Lagerung von Zierpflanzen BERNHARD HAUSER.....	93
8.1	Schnittblumen	93
8.2	Topfpflanzen.....	96
8.3	Stecklinge und Jungpflanzen.....	97
9	Lagerung von Gehölzen HARTMUT BALDER	98
IV	LAGERVERFAHREN VON DER ERNTE BIS ZUR VERMARKTUNG	102
1	Mietenlagerung	102
2	Frischlufkühlung.....	104
3	Maschinenkühlung	106
4	Mantelkühlung	108
5	CA-Lagerung	109
5.1	Einseitige CA-Lagerung	109
5.2	Zweiseitige CA-Lagerung.....	110
5.3	Dynamische CA-Lagerung (DCA bzw. DCS und ILOS) JOSEF STREIF.....	111

6	Vorkühlungsverfahren CLÉMENT VIGNEAULT.....	114
6.1	Abkühlung im Lagerraum.....	115
6.2	Durchströmkühlung.....	116
6.3	Wasserkühlung.....	118
6.4	Kühlung mit Flüssigeis.....	122
6.5	Vakuunkühlung.....	124
6.6	Auswahl von Vorkühlverfahren.....	126
7	Spezielle Verfahren der CA-/MA-Lagerung JOSEF STREIF.....	129
7.1	Verwendung stark erhöhter CO ₂ -Konzentrationen bei der Weichobstlagerung	129
7.2	Lagerung in modifizierter Atmosphäre.....	130
8	Kühltransport.....	133
8.1	Kühlschiffe, Containerschiffe und Kühlcontainer KARL-HEINZ HOCHHAUS	133
8.2	Transport im gekühlten Lkw	137
8.3	Transport von Schnittblumen im Flugzeug.....	139
9	Frischhaltung im Handel.....	141
9.1	Offener Verkauf.....	141
9.2	Kühlmöbel ohne Luftbefeuchtung	142
9.3	Kühlmöbel mit Luftbefeuchtung und flexibler Innenausstattung	143
V	BAULICHE AUSFÜHRUNG KARL SCHOCKERT.....	146
1	Lagerraumtypen	147
2	Bauphysikalische Grundlagen	148
2.1	Wärmedämmung.....	148
2.2	Dampf- und Gassperre	152
2.2.1	Wasserdampfdiffusion.....	152
2.2.2	Gasdiffusion.....	153
2.2.3	Sperrschichten	153

3	Bauteile	155
3.1	Fußböden	155
3.2	Wände und Decke	155
3.3	Türen und Luken	159
3.4	Sonstige Bauteile	163
4	Bauliche Voraussetzungen für die technische Ausrüstung.....	165
VI	MASCHINELLE AUSRÜSTUNG	168
1	Grundbegriffe und Einheiten.....	168
2	Kältebedarfsberechnung.....	170
2.1	Wärmeeintrag bei Kühlung pflanzlicher Produkte.....	170
2.2	Berechnung des Kältebedarfs (Kälteleistung)	171
2.3	Berechnungsbeispiel	175
2.3.1	Einlagerungsphase (Abkühlung)	176
2.3.2	Kältebedarf bei beschleunigter Einlagerung.....	179
2.3.3	Lagerphase nach Vorkühlung.....	179
3	Kälteanlagen	
	OLAF HEMPEL	182
3.1	Kompressionskälteanlagen	182
3.1.1	Grundlagen	182
3.1.2	Kältemittel.....	185
3.1.3	Bauteile	186
3.1.4	Steuer- und Regeleinrichtungen	193
3.1.5	Indirekte Kühlung mit sekundärem Kältemittelkreislauf	
	REINHARD NATTEFORT	194
3.2	Absorptionskälteanlagen	
	OLAF HEMPEL	197
4	Anforderungen an Kälteanlagen für Obst- und Gemüse Kühlung	
	REINHARD NATTEFORT	199
5	CA-Ausrüstungen	205
5.1	Geräte zur Verringerung des CO ₂ -Gehaltes.....	205
5.2	Geräte zur Verringerung des O ₂ -Gehaltes.....	207
5.2.1	O ₂ -Konverter zur O ₂ -Verbrennung.....	207
5.2.2	O ₂ -Verdrängung durch Fluten	208
5.2.3	N ₂ -Separatoren mit unterschiedlichen Funktionsweisen	208
5.3	Geräte zur Verringerung des Ethylengehaltes	211
6	Kontroll- und Regelgeräte	212

VII	BETRIEB VON KÜHLRÄUMEN	
	FRANZ GASSER, ERNST HÖHN.....	215
1	Vorbereitung zur Lagerung.....	215
1.1	Lagerhygiene	215
1.2	Überprüfung der Lagereinrichtungen.....	216
1.2.1	Kälteanlagen.....	216
1.2.2	Befeuchtungsanlagen	218
1.2.3	CA-Einrichtungen	219
1.2.4	Dichtigkeitsprüfung	220
1.2.5	CO ₂ - und O ₂ -Messgeräte.....	222
2	Arbeiten während der Einlagerungs- und Abkühlphase	224
2.1	Vorbereitung der Lagerräume.....	224
2.1.1	Vorkühlung der Produkte.....	224
2.1.2	Raumbeschickung bzw. Einlagerung.....	224
2.1.3	Stapelung	225
2.1.4	Befeuchtung.....	229
2.2	CA-Einregulierung.....	229
3	Überwachung während der Lagerphase	231
3.1	Temperatur	231
3.2	Zusammensetzung der Lageratmosphäre.....	233
3.3	Luftfeuchtigkeit	234
3.4	Luftumwälzung	235
3.5	Frischluftezufuhr.....	236
4	Auslagerung und Shelf life.....	238
5	Lagerdatenauswertung	241
6	Sicherheitsmaßnahmen	242
VIII	PLANUNG VON KÜHLRÄUMEN.....	244
1	Vorbereitung der Planung.....	244
2	Grundsätzliche Hinweise	
	INGOLF MAYER	249
3	Ausschreibungen für den Kühlraumbau und die Einrichtung	
	einer Kälteanlage	249
4	Checkliste für die Planung neuer Kühlräume.....	250

IX	KOSTEN DER LAGERUNG	253
1	Fixkosten.....	253
2	Betriebskosten	259
3	Gesamtlagerungskosten.....	260
4	Kosten für Aufbereitung nach der Lagerung.....	260
	Literatur	261
	Anhang	
	Tab. A.1 Lagerraumbedarf von Obst und Gemüse	268
	Tab. A.2 Spezifische Wärme, Atmung und Ethylenproduktion verschiedener Obst- und Gemüsearten	269
	Tab. A.3 Optimale Lagerbedingungen für Obst und Gemüse.....	273
	Tab. A.4 Ansprüche von Birnensorten an das Lagerklima.....	275
	Tab. A.5 Ansprüche von Apfelsorten an das Lagerklima.....	276
	Tab. A.6 Ansprüche von Beeren- und Steinobst an das Lagerklima ..	276
	Tab. A.7 Transport- und Lagerungstemperaturen für Topfpflanzen und Schnittblumen	277
	Tab. A.8 Reifeverhalten von Früchten.....	278
	Tab. A.9 Geeignete Obst- und Gemüsearten für gemeinsame Kurzzeitlagerung (10 Tage)	279
	Abb. A.1 h,x-Diagramm nach Mollier.....	280
	Tab. A.10 Sättigungsdampfdruck E_1 von Wasser bei steigender Temperatur.....	281
	Tab. A.11 Physikalische Größen.....	282
	Tab. A.12 Formelzeichen und Symbole	283
	Abkürzungen	284
	Stichwortverzeichnis.....	285
	Anschriften.....	288
	KTBL-Veröffentlichungen.....	291
	aid-Veröffentlichungen.....	294

I BETRIEBLICHE ASPEKTE

Das Lagern von Obst, Gemüse, Zierpflanzen und Baumschulware hat sich in den letzten Jahren in Bezug auf die technische Ausstattung der Lager deutlich weiterentwickelt. Frühere Lagerverfahren, z.B. im Keller, in der Erdmiete oder auf dem Speicher haben viele Jahre gute Dienste geleistet. Sie reichen aber heute nicht mehr aus, um Wünsche und Ansprüche der Produzenten, des Handels und der Konsumenten zu befriedigen.

Der Erzeuger strebt eine verlustlose Lagerung an, um Zeitspannen mit höheren Preisen nutzen und den Markt möglichst lange mit seinen Produkten bedienen zu können. Außerdem kann er auf diese Weise besonders arbeitsaufwändige Arbeiten im Betrieb entzerren.

Der Käufer auf dem Frischmarkt wünscht vorzügliche Ware, die auch zu ausgefallenen Terminen angeboten wird und honoriert beides in vielen Fällen mit einem höheren Preis. Demgegenüber will z.B. der industrielle Verarbeiter von Gemüse in der Regel ein überschaubares, kontinuierliches Angebot, um mit einem gleichmäßigen Arbeitsanfall über Monate im Voraus planen zu können.

Die Spezialisierung der Erzeugerbetriebe schreitet fort, und das Risiko auf den schwer überschaubaren internationalen Märkten steigt. Um es zu mindern, muss das Instrumentarium der Absatzchancen immer neu durchdacht und genutzt werden. Der Bau eines Lagerraumes ist dabei mit in die Überlegungen einzubeziehen. Aber nicht jeder Lagerraum garantiert schon einen höheren Preis des Lagergutes, er bietet nur eine zusätzliche Chance.

1 Wirtschaftliche Fragen der Lagerung

Ein Lager sollte preisgünstig und vielseitig nutzbar sein und so geplant werden, dass den ständig steigenden Löhnen und dem Mangel an Arbeitskräften Rechnung getragen wird. Auf diese Weise können zumindest die innerbetriebliche Organisation und in vielen Fällen auch die Absatzmöglichkeiten verbessert werden, denn die Chancen, die das Lager bietet, sind nicht eindeutig abschätzbar.

Soll die Investition in ein Lager wirtschaftlich sein, müssen die voraussichtlich eingesparten Kosten größer sein als die durch die Investition verursachten Kosten (ORTH und VERRANT 1995). Alternativ müsste die Investition dem Unternehmen bei gleichen Kosten einen anderen wichtigen, nicht in Geldeinheiten auszudrückenden Zusatznutzen bringen. Je geringer die Investitionshöhe ist (kleiner Anschaffungswert), desto niedriger sind die durchschnittlichen einzusparenden Kosten. Eine Umsatzsteigerung ist in diesem Fall nicht unbedingt erforderlich, auch wenn sie als zusätzlicher, positiver Nebeneffekt zu begrüßen wäre.

5 Lagerung von Speisepilzen am Beispiel von Champignons

Die Qualität von Champignons hängt von vielen Faktoren ab, z. B. von der Reife der Pilze, deren Größe, der Sauberkeit und Schnittqualität, von Schäden, Flecken, Insektenbefall und von Fäulnis. Eine gleichmäßig runde Kappe mit sanft glänzender Oberfläche und intakte Velen sind Indikatoren für eine hohe Qualität. Die Pilzkappen sollten weiß oder dunkelbraun sein. Reste von Kultursubstrat auf den Kappen und fehlende Stiele sind negative Qualitätskriterien (ADAMICKI 2004).

Pilze werden nach ihrem Reifegrad und nicht nach Größe der Kappen geerntet. Die Reife ist erreicht, wenn die Kappen voll gerundet, aber die Velen noch geschlossen sind. Der Stiel sollte ausreichend lang sein, um einen späteren geringen Rückschnitt zu ermöglichen.

Pilze werden sofort nach der Ernte auf 2–4 °C vorgekühlt. Häufig wird dazu Durchströmungskühlung eingesetzt (Teil IV Kap. 6.2), um die Temperatur möglichst schnell abzusenken. Es ist aber auch möglich, Pilze erst zu verpacken, dann mit Vakuunkühlung abzukühlen und kalt zu transportieren.

Champignons sind nach schneller Abkühlung und bei Temperaturen zwischen 0–1 °C und 95 % relativer Luftfeuchte sieben bis neun Tage haltbar. Werden sie bei 2 °C gelagert, verkürzt sich die Lagerzeit auf drei bis fünf Tage, da die Oberfläche schneller verbräunt, die Stiele weiterwachsen und das Velum sich öffnet. Hohe Luftfeuchte ist wichtig, um ein Austrocknen der Pilze und Verlust von Glanz zu verhindern. Der Feuchteverlust korreliert mit Stielverbräunung und Öffnen des Velums. Daher sollten Pilze in Schalen mit perforierter PE-Folie oder PVC-Stretchfolie verpackt werden (Abb. 46). Eine Kondensation in den Verpackungen ist unter allen Umständen zu vermeiden. Die kalten Pilze sollten also nicht schlagartig in warme, feuchte Umgebung gebracht, sondern langsam in Stufen an wärmere Temperaturen gewöhnt werden.

Unter CA-Bedingungen (3 % O₂ und 10 % CO₂) (SUSLOW und CANTWELL 1998) ist eine gewisse Verlängerung der Haltbarkeit auf 12–15 Tage möglich. Da es bei niedrigen O₂-Werten leicht zu Schäden kommen kann, werden Pilze üblicherweise nicht unter CA-Bedingungen gelagert.

Unter CA-Bedingungen (3 % O₂ und 10 % CO₂) (SUSLOW und CANTWELL 1998) ist eine gewisse Verlängerung der Haltbarkeit auf 12–15 Tage möglich. Da es bei niedrigen O₂-Werten leicht zu Schäden kommen kann, werden Pilze üblicherweise nicht unter CA-Bedingungen gelagert.



Abb. 46: Champignons in Kunststoffschalen (Foto: ATB)

6 Lagerung von Speisezwiebeln

Ernte und Trocknung

Zwiebeln werden geerntet, wenn 60–70 % der Schlotten abgeknickt sind. Späteres Roden erhöht die Lagerverluste und führt zu früherem Sprossaustrieb im Lager.

Vor der Lagerung werden die Zwiebeln getrocknet, um sie vor Pathogenbefall und Wasserverlust zu schützen. Das Trocknungsverfahren ist abhängig vom Ernteverfahren. Bei der traditionellen Zweiphasenernte in Anbaugeländen mit warmem trockenem Spätsommer werden die Zwiebelschlotten auf ca. 10 cm Länge abgeschlagen, anschließend werden die Zwiebeln gerodet, wieder auf dem gewalzten Boden im Schwad abgelegt, auf dem Feld etwa zehn Tage lang vorgetrocknet und später im Lager nachgetrocknet. Erst danach wird die Temperatur für die Lagerung gesenkt. Bei verhältnismäßig trockenen Klimabedingungen kann die Trocknung bei kontinuierlicher Belüftung mit Außenluft innerhalb von drei bis vier Wochen vonstattengehen. Hierzu ist ein Luftdurchsatz von etwa 150 m³ Luft je m³ Lagergut und Stunde nötig. Um die Trocknung zu beschleunigen, d. h. die Wasserdampfdruckdifferenz zwischen Zwiebeln und Außenluft zu erhöhen, kann die Temperatur der Außenluft mittels Lufterhitzern zusätzlich um 5 bis maximal 10 K erhöht werden.

Die Trocknung ist abgeschlossen, wenn die Zwiebeln bei Bewegung rascheln und die Temperatur der in den Stapel eintretenden Luft nicht mehr höher ist als die Temperatur der oben aus dem Stapel austretenden Luft. Erkennbar sind ausreichend getrocknete Zwiebeln auch an fest geschlossenen trockenen Hälsen, deren Blätter sich bei Druck zwischen Daumen und Zeigefinger nicht mehr „Rollen“, d. h. gegeneinander bewegen lassen. Die oberste Schicht des Zwiebelstapels trocknet zuletzt.

Besteht das Risiko, dass die Zwiebeln während der Trocknungsphase auf dem Feld Niederschlägen oder starker Sonneneinstrahlung ausgesetzt sind, empfiehlt sich die Einphasenernte. Diese Trocknung im Lager ist intensiver als bei der Zweiphasenernte. Die von außen zugeführte Trocknungsluft muss zusätzlich mithilfe von Heizöl betriebenen Lufterhitzern oder Gasöfen beheizt werden. Die durch den Lagerstapel geblasene Warmluft sollte zwischen 20 und 30 °C betragen, aber nicht mehr als 10 K über der Zwiebeltemperatur liegen.

Nach der Trocknung wird die Temperatur im Lager möglichst gleichmäßig um 0,5 K pro Tag gesenkt, um Kondenswasserbildung an der Zwiebeloberfläche zu vermeiden. Es ergibt sich ein Trocknungseffekt, weil sich die kühle, täglich neu zugeführte Außenluft beim Durchströmen der Zwiebeln erwärmt und Feuchtigkeit aufnehmen kann. Die Temperatur der eingeblasenen Luft darf nicht über der Zwiebeltemperatur liegen. Günstig ist

für die Abkühlung eine Temperaturdifferenz von 2 K (maximal 4 K) bei einer Luftfeuchte von < 90 %.

Bei Außenlufttemperatur von weniger als -2 °C sollte die Außenluftzufuhr verringert werden, um Frostschäden zu vermeiden.

Lagerbedingungen und -verfahren

Die optimale Lagertemperatur für eine Langzeitlagerung von Zwiebeln liegt zwischen 0 und 2,5 °C. Bei kurzzeitiger Lagerung bis Dezember genügt es, die Temperatur auf 5 °C abzusenken.

Die Haltbarkeit von Speisezwiebeln wird hauptsächlich durch die Temperatur bestimmt. Gut lagerfähige Sorten bleiben bei 1 °C im maschinengekühlten Lager sechs bis acht Monate haltbar, Lagertemperaturen von 4-5 °C verkürzen die Lagerdauer um etwa 40 %.

Um den Feuchteverlust der Zwiebeln während der Lagerung so gering wie möglich zu halten, genügt eine relative Luftfeuchte von 75-78 %, da durch die trockene Schale ein guter Transpirationsschutz gewährleistet ist. Bei dieser Luftfeuchte liegt der Gewichtsverlust von Zwiebeln bei 0,5-0,8 %/Monat. Höhere Luftfeuchte fördert die Ausbreitung von Pathogenen, unerwünschte Dunkelfärbung der Schalen und den Wurzelaustrieb, wodurch wiederum die Neigung zu verfrühtem Sprossaustrieb verstärkt wird.

Während der Lagerung kann die Gebläseleistung reduziert werden. Etwa 100 m³ m⁻³ h⁻¹ Luftmenge ist ausreichend, um die durch Atmung und Transpiration abgegebene Wärme und Feuchtigkeit abzutransportieren. Die übliche Belüftungsdauer mit dieser Luftmenge liegt bei fünf Stunden pro Woche. Bei Lagerung in Großkisten ist eine stärkere Gebläseleistung mit etwa 200 m³ je m³ Zwiebeln und h notwendig.

Bevor die Zwiebeln ausgelagert werden, sollte die Temperatur im Lager langsam über mehrere Tage angehoben werden, damit es an den Zwiebelschalen nicht zu Kondensation kommt, und die Zwiebelschalen nass werden.

In Tabelle 9 sind Verfahrensabschnitte bei Trocknung und Lagerung von Zwiebeln zusammengefasst.

Zwiebeln werden in Frischluftlagern oder maschinengekühlten Lagern in loser Schüttung oder in Großkisten gelagert. Seit einigen Jahren gibt es in Deutschland auch zwei ULO-Lager (Teil IV Kap. 5.2), in denen Zwiebeln bei extrem niedrigem O₂-Gehalt in der Atmosphäre gelagert werden.

Tab. 9: Trocknungs- und Lagerbedingungen bei Ein- und Zweiphasenernte

Zweiphasenernte	Einphasenernte
Roden – Schwadablage Vortrocknen auf dem Feld ca. 10 Tage Aufnahme – Einlagerung	Roden – Aufnahme – Einlagerung
Nachtrocknung (für 3-4 Wochen) mit Außenluft oder erwärmter Außenluft Luftdurchsatz 150 m³ m⁻³ Zwiebeln h⁻¹	Trocknung maximal 28 °C (Winterzwiebeln) (für 1-2 Wochen) besser 20-25 °C (Sommerzwiebeln) und Nachtrocknung mit Außenluft Relative Feuchte der Trocknungsluft 30-70 % Luftdurchsatz 150 m³ m⁻³ Zwiebeln h⁻¹
Temperaturabsenkung täglich 0,5 K Belüftungstemperatur maximal 2 K < Zwiebeltemperatur	Temperaturabsenkung täglich 0,5 K Belüftungstemperatur maximal 2 K < Zwiebeltemperatur
Lagerung 1-2,5 °C (Langzeitlagerung) 5 °C bei Lagerung bis Dezember 75-78 % rel. Luftfeuchte Luftdurchsatz 100-150 m³ m⁻³ Zwiebeln h⁻¹	Lagerung 1-2,5 °C (Langzeitlagerung) 5 °C bei Lagerung bis Dezember 75-78 % rel. Luftfeuchte Luftdurchsatz 100-150 m³ m⁻³ Zwiebeln h⁻¹
Auslagerung Langsame Temperaturerhöhung	Auslagerung Langsame Temperaturerhöhung

Bei Schütt- oder Haufenlagerung werden die Zwiebeln lose im Lagerraum aufgeschichtet. Die Lagerhöhe sollte der Lagerdauer angepasst werden:

- im Kurzzeitlager bis Dezember max. 4 m
- bei Lagerung bis März/April in isolierter Halle sowie bei längerer ULO-Lagerung max. 3,5 m

Der Lagerraum wird entweder über die ganze Fläche mit Zwiebeln gefüllt oder durch Trennwände in Boxen unterteilt. Für Schüttlagerung müssen die Wände druckstabil sein. Die Lagerdichte loser Zwiebeln beträgt etwa 550 kg m⁻³. Zur Belüftung des Zwiebelstapels mit Ventilatoren wird die Luft von unten entweder durch Ober- oder Unterflurkanäle oder einen über die ganze Fläche durchgehenden Spaltenboden eingeblasen (Abb. 47).

Das Befüllen des Lagers erfolgt über Förderbänder. Eine Vorreinigung ist möglich, mithilfe von Frontladern wird das Lagergut entnommen.

Bei zwangsbelüfteten Kistenlagern werden üblicherweise Holzgroßkisten (1,40-2,40 m breit, 1,20 m tief, 1,20 m hoch) mit geschlossenen Seitenwänden verwendet. Die Zwiebeln werden bereits auf dem Feld in die Kisten gefüllt. Die Zwangsbelüftung erfolgt nicht wie bei Lagerung in loser Schüttung über den Hallenboden, sondern über Schlitze in einer Lagerraumwand, durch die der Luftstrom gedrückt wird und anschließend über die Kistenböden durch die Zwiebeln nach oben strömt. Vorne werden die Öffnungen an den Kistenböden mit Brettern verschlossen, damit die Luft dort nicht entweichen kann (Abb. 48).



Abb. 47: Schüttlagerung von Speisezwiebeln mit Überflurbelüftung (Foto: ATB)

Die Flächenauslastung ist ähnlich wie bei loser Schüttung, da bis zu sechs Kisten aufeinandergestapelt werden können.

Vorteil der Lagerung in Kisten ist die geringere mechanische Belastung der Zwiebeln beim Befüllen und Leeren des Lagers. Kleinere Partien können problemlos entnommen werden. Außerdem können sich Infektionen nicht so schnell ausbreiten, wie bei einer Lagerung in loser Schüttung.

Qualitätsverluste

Die durch ungünstige Wachstumsbedingungen verursachte Glasigkeit zeigt sich am wässrigen Aussehen der Speicherblätter von gelagerten Zwiebeln. Mechanische Belastung bei der Aufbereitung der Zwiebeln können die Symptome verstärken.

Zwiebelhalsfäulen durch Pilz- (*Botrytis allii*) oder Bakterienbefall (z.B. *Pseudomonas alliiicola*) werden noch vor der Ernte durch feuchte Witterung und schlecht abgeschlossene Zwiebelhälse begünstigt. Eine intensive Abtrocknung im Lager kann die Ausbreitung einschränken.

Weitere qualitative Minderungen bei gelagerten Zwiebeln und deren mögliche Ursachen sind in Tabelle 10 aufgelistet.

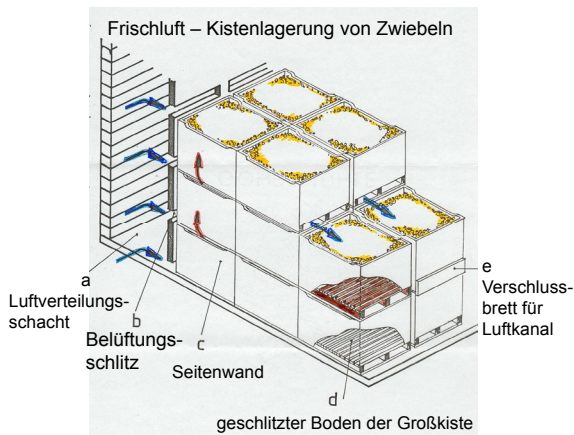


Abb. 48: Anordnung und Belüftung von Zwiebeln bei Lagerung in Großkisten (Quelle: WEICHMANN 1985)