



Lagerung von Kartoffeln

Wenn Sie als Erzeuger eine verlustlose Lagerung anstreben, um Zeitspannen mit höheren Preisen nutzen und den Markt möglichst lange bedienen zu können, dann ist der Einsatz eines Lagers unverzichtbar. Außerdem können Sie durch dessen Einsatz besonders zeitaufwendige Arbeiten im Betrieb entzerren.

Ernte

Kartoffeln werden in Dämmen mit einer Reihenweite von 0,75-0,90 m angebaut. Zur Ernte werden in Deutschland vor allem ein- und zweireihige Roder eingesetzt, die die Knollen bunkern und am Feldende auf Transportfahrzeuge überladen. Da die Kartoffeln in dem gerodeten Damm weniger als 10 % ausmachen, muss der Roder hauptsächlich Erde absieben. Deutlich schwieriger ist dagegen die maschinelle Abtrennung knollenähnlicher Beimengungen wie Steine und Erdkluten. Für das dazu erforderliche manuelle Verlesen des Erntegutes müssen ein bis zwei Personen auf den Rodern eingesetzt werden.

Lagerbedingungen und -verfahren

Eine erfolgreiche Kartoffellagerung hängt sowohl von der technischen Ausstattung und dem Betrieb des Lagers als auch von der Qualität der einzulagernden Kartoffeln ab. Dabei sind die Voraussetzungen für die Lagerung von Kartoffeln durch deren hohen Wassergehalt von über 75 %, eine temperaturabhängige Atmung und das starke Beschädigungsrisiko ungünstig. Hinzu kommt eine Vielzahl von Schaderegern, die mit den Kartoffeln vom Feld ins Lager gelangen und sich dort bei günstigen Bedingungen ausbreiten.

Für die Lagerung von Kartoffeln sind folgende Verfahren gebräuchlich: Miete, Gebäude mit Lose- oder Kistenlagerung.

Die Mietenlagerung ist mit einigen Nachteilen, wie hoher Arbeitsaufwand, erhöhtes Lagerungsrisiko und eingeschränkte Kartoffelverfügbarkeit, verbunden. In vielen Betrieben mit Stärkekartoffelanbau hat sie dennoch ihren Stellenwert behalten, da die Lagerungskosten deutlich geringer sind als bei der Gebäudelagerung. Aufgrund der einfachen Handhabung hat sich die Mietenabdeckung mit Vlies in vielen Betrieben durchgesetzt. Das Vlies ist luftdurchlässig und bietet gleichzeitig einen ausreichenden Schutz gegen Niederschläge, sodass durch eine schnelle Abtrocknung und Abkühlung des Erntegutes die Klimatisierung der Kartoffelmieten unterstützt wird. Als nachteilig ist die Lichtdurchlässigkeit des Materials (mehr ergrünte Knollen, stärkere Glykoalkaloidbildung) und der geringere Frostschutz anzusehen. Ein erhöhtes Frostrisiko tritt auch bei Stroh-Vlies-Mieten bei Temperaturen unter -5 °C auf. Eine längerfristige Lagerung erfordert daher eine zweite Abdeckung mit einer windundurchlässigen Folie, die der Auskühlung des Mietenstapels entgegenwirkt.

Bei der Gebäudelagerung stehen dem geringeren Arbeitsaufwand deutlich höhere Kosten als bei der Mietenlagerung gegenüber. Das Lagerungsklima lässt sich dann aber weitestgehend unabhängig von kurzzeitigen Schwankungen der Außentemperatur regeln, sodass die Kartoffelqualität auch über einen längeren Lagerungszeitraum gewährleistet ist. Eine hohe innere und zunehmend auch äußere Qualität der Kartoffel sind die Grundvoraussetzungen für eine erfolgreiche Vermarktung, die die Wirtschaftlichkeit des Kartoffelanbaus viel stärker beeinflussen als die jeweiligen Produktionskosten (Abb. 1).



Abb.1: Skizze der Gebäudelagerung von Kartoffeln
 (Quelle: Fa. Gaugele)

Qualitätsverluste

In allen Verwertungsrichtungen sind noch immer die vorwiegend bei der maschinellen Ernte hervorgerufenen Knollenbeschädigungen als wichtigste Qualitätsmängel zu nennen. Durch mechanische Belastungen der Knollen werden die Zellen zusammengedrückt, verfärbt, zerquetscht oder zerrissen. Bei der Kartoffelernte führen die mechanischen Belastungen an den erntefrischen Knollen meistens zu scharf abgegrenzten inneren Schädigungen. Die nach einigen Stunden bis Tagen sichtbare rötliche bis schwarze Verfärbung geht nach etwa einer Woche durch Austrocknung der zerstörten Zellen und Nekrotisierung des Gewebes allmählich in Grauweiß über (Abb. 2).

Demgegenüber tritt die Schwarzfleckigkeit (Abb. 3) als dauerhafte Verfärbung von belasteten, aber noch aktiven Zellen, vor allem bei der Aufbereitung länger gelagerter Kartoffeln, auf.



Abb. 2: Mechanische Belastungen bei der Ernte führen vor allem zu inneren Knollenschäden mit zerstörten und ausgetrockneten Zellen (Nekrosen) (Foto: Peters)

Knollenbeschädigungen sind nicht nur direkte Qualitätsmängel, sondern führen auch zu einer Vielzahl weiterer Risikofaktoren, die die Lagerqualität negativ beeinflussen können. Auswirkungen stark beschädigter Kartoffeln können sein:

- ansteigende Gewichts- und Stärkeverluste durch intensivere Atmung und ungehinderte Wasserabgabe,
- verminderte Lagerfähigkeit durch leichte Eintrittspforten für Fäulniserreger,
- eingeschränkte Haltbarkeit, die bei hohem Infektionsdruck bis zum Totalverlust führen kann,
- verstärkte Keimbereitschaft und damit verbundener Anstieg der Atmung und des Wasserverlusts,
- zunehmende physiologische Alterung von Pflanzkartoffeln und
- erhöhte Gefahr von Auflaufschäden, die durch weitere mechanische Belastungen bei der Aufbereitung und dem Legen verstärkt werden.



Abb. 3: Durch Stoßbelastung hervorgerufene Schwarzfleckigkeit in gelagerten Kartoffeln (Foto: ATB)

Knollenbeschädigungen sollten ebenfalls in den Bereichen Transport und Einlagerung vermieden werden. Hier gilt es jedoch, verschiedene Interessen abzuwägen. Ein Vorsortieren der Knollen bei der Einlagerung bietet einerseits die Möglichkeit, Unter- und Übergrößen einer geson-

erten Vermarktung zuzuführen. Andererseits sind mit diesem zusätzlichen Aufbereitungsschritt auch erhebliche mechanische Belastungen verbunden, die die Fäulnisgefahr der Knollen erhöhen. Hinzu kommen Sorten- und Partienunterschiede, die die Risikoabwägung deutlich erschweren.

Loselagerung

Der mengenmäßig größte Teil der Kartoffeln wird gegenwärtig noch lose gelagert, da hier mit zunehmenden Lagermengen der Anteil der Festkosten pro Tonne deutlich abnimmt. Diese Lagerungsform ist deshalb vor allem bei Kartoffeln für die Veredelungsindustrie aber auch bei größeren Einzelpartien von Speisekartoffeln interessant. Für die Loselagerung ist ein Gebäude mit wärmegeprägter Außenhülle erforderlich, das zusätzlich noch den Schüttdruck des bis zu 4 m hohen Kartoffelstapels aufnehmen kann. Neben einfachen Lösungen, wie mobilen Stellwänden oder Strohballen, haben sich zusätzliche schüttdruckbelastbare Seitenwände in den Gebäuden bewährt (Abb. 4), die zusammen mit der Außenwand den Hauptbelüftungskanal bilden.

Für die Luftverteilung innerhalb des Stapels sorgen Ober- oder Unterflurkanäle. Oberflurkanäle erlauben einen durchgehenden Betonfußboden und damit eine universelle Gebäudenutzung (Abb. 5). Sie sind zudem in der Anschaffung billiger, erfordern aber einen deutlich höheren Arbeitsaufwand beim Auf- und Abbau und unterliegen einem größeren Beschädigungsrisiko bei der Auslagerung. Darüber hinaus werden Oberflurkanäle häufig zu weit auseinander gestellt, um einfacher auslagern zu können. Der mittige Kanalabstand sollte aber bei Oberflurkanälen das 1,0-Fache und bei Unterflurkanälen das 0,8-Fache der Lagerhöhe nicht überschreiten und die unbelüftete Fläche zwischen den Kanälen sollte nicht breiter als 1,60 m sein.

Bei der Lagerung loser Kartoffeln wird die Außenluft z. B. über einen Hauptkanal sowie davon abgehende Ober- oder Unterflurkanäle mittels Gebläsen gleichmäßig im Stapel verteilt. Durch die Nutzung von Mischluftklappen kann im Hauptkanal zu kalte Außenluft mit der wärmeren Raumluft so gemischt werden, dass eine für die Abtrocknung oder Abkühlung ideale Temperatur entsteht. Um eine gleichmäßige Durchströmung des Stapels zu erreichen, werden die Seitenkanäle in Abhängigkeit von der Gesamtlänge verzünkt und die Luftaustrittsöffnungen an die Lagermenge angepasst. Zu einer gleichmäßigen Luftverteilung trägt auch die schüttkegelfreie Befüllung des Lagers und ein geringer Erdbe-
satz der zu lagernden Kartoffeln bei. Ein Aussortieren der kleinen Kartoffeln vor der Einlagerung ist dagegen nicht erforderlich, da bei erd- und klutenfreier Ware die Freiräume zwischen den Knollen

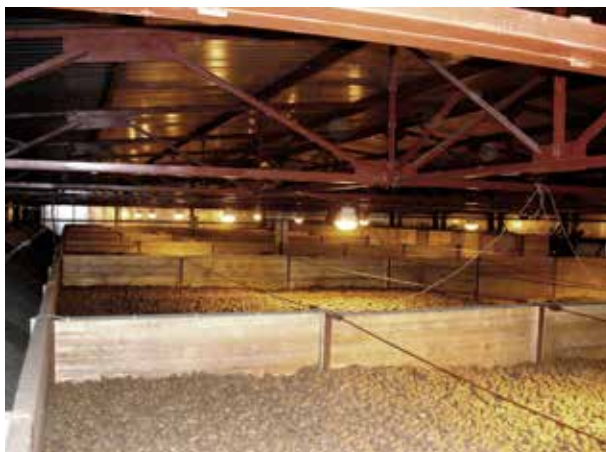


Abb. 4: Lose Lagerung von Kartoffeln (Foto: Fa. Fieles)

für die Luftbewegung ausreichen. Die Außenluft nimmt bei der Durchströmung des Stapels weitere Feuchtigkeit und Wärme von den Knollen auf. Die über die Abluftklappen ausströmende Luft ist daher zumeist wassergesättigt und entspricht mit ihrer Temperatur der Kartoffeltemperatur an der Stapeloberfläche.

Die Atmungstätigkeit der Knollen sorgt für eine ständige Selbsterwärmung des Stapels, sodass auch nach dem Erreichen der in den verschiedenen Lagerungsphasen vorgegebenen Solltemperatur wiederholt belüftet werden muss. Im Winterhalbjahr kann dies vorrangig mit Außenluft erfolgen. Sie muss allerdings



Abb. 5: Quer zur Einlagerungsrichtung angeordneter Oberflurkanal zur Luftverteilung im Kartoffelstapel (Foto: Peters)

mindestens 2 K kälter als die Kartoffeln in der oberen Stapelzone sein und mindestens 80 % relative Luftfeuchte aufweisen. Diese hohe relative Luftfeuchte der eingeblasenen Außenluft ist notwendig, um eine übermäßige Austrocknung der unteren Stapelzone und damit das verstärkte Auftreten von Lagerdruckstellen zu verhindern. Allerdings kann durch diese zweiseitige Begrenzung der Anteil nutzbarer Außenluft unter den Mindestbedarf gesenkt werden. Es sollte deshalb immer für einen hohen Wirkungsgrad der Belüftungsanlage gesorgt werden, der durch ein dichtes, wärmegeprägtes Gebäude, die Installation einer ausreichend hohen, stündlichen Luftmenge

(150 m³/t), die Minimierung von Luftverlusten und die Vermeidung eines ungewollten Kreislaufs von Ab- und Zuluft erreicht wird. Als Maßstab für den Wirkungsgrad einer Belüftungsanlage kann die erforderliche Belüftungsdauer mit Außenluft herangezogen werden, die bei zwangsbelüfteten Loselagern im Bereich von 1,5 h pro Tag liegen sollte.

Für die Einlagerung der lose angelieferten Kartoffeln kommen heute vorwiegend Heckannahmen mit Enterdungseinrichtungen, mobile Förderbänder sowie schwenkbare Hallenfüller zum Einsatz. Ausgelagert wird überwiegend mit Gabelstaplern mit speziellen Aufnahmeschaufeln.

Kistenlagerung

Großkisten werden entweder direkt auf dem Feld durch den Sammelroder befüllt oder nach der Loseanlieferung auf dem Betrieb mithilfe eines Kistenfüllers am Ende der Einlagerungskette. Der Gabelstapler ist bei der Kistenlagerung die Schlüsselmaschine, da er sowohl bei der Ein- als auch bei der Auslagerung genutzt wird. In Deutschland gibt es eine Vielzahl von Kistenmaßen mit einem Fassungsvermögen von 0,5-5 t, wobei der Schwerpunkt zurzeit noch bei 1-1,5 t liegt. Die vorwiegend aus Holz gebauten Großkisten werden in der Praxis bis zu sechs Kisten übereinander gestapelt. Der Lagerdruck auf die Knollen bleibt jedoch immer auf die Kistenhöhe beschränkt, sodass im Vergleich zur Loselagerung deutlich weniger Lagerdruckstellen auftreten. Ein weiterer Vorteil ergibt sich bei der Auslagerung, da die Kisten mit den kalten Kartoffeln ohne Eigenbewegung in einen Anwärmraum gebracht werden können. Knollentemperaturen von 8-10 °C bei der Aufbereitung vermindern das Auftreten der Schwarzfleckigkeit.

Insbesondere durch diese Qualitätsvorteile setzt sich die Kistenlagerung bei Speise- und Pflanzkartoffeln immer mehr durch. Für die Belüftung der Großkisten stehen unterschiedliche Systeme zur Verfügung, die sich in ihren Anforderungen an die Bauweise und den Stapelplan der Kisten, aber auch in ihrer Belüftungseffektivität unterscheiden.

Die Zwangsbelüftung von Großkisten ist vergleichbar mit der von Loselagerung. Die Luft wird zwischen den Kartoffeln hindurchgedrückt und kann so wirkungsvoll Wärme und Feuchtigkeit von der Knollenoberfläche abführen. Die Gefahr von Fäulnisverlusten wird damit verringert und auch andere Krankheitserreger, z.B. Silberschorf, sind besser kontrollierbar. Dem steht ein etwas höherer Aufwand gegenüber, da eine Belüftungswand und spezielle Kisten mit geschlossenen Seitenwänden erforderlich sind. Außerdem müssen die Kisten beim Einlagern ganz dicht hintereinander stehen, damit die Palettenböden einen durchgehenden Luftkanal bilden.

Eine Zwangsbelüftung der Kisten kann auch durch die Saugbelüftung erfolgen, bei der die Luft aus dem Freiraum zwischen jeweils zwei Kistenreihen in eine Belüftungswand abgesaugt wird. Wird dieser Freiraum an der Vorderseite und über dem Kistenstapel mit einer Plane abgedeckt, kann die Luft nur durch die seitlich offenen Kisten nachströmen. Dazu werden allerdings offene Kisten mit seitlich geschlossenen Palettenböden benötigt, um einen Luftkurzschluss zu vermeiden. Andernfalls sind diese Bereiche in jeder Palettenebene zu verschließen. Dem Vorteil der schnellen Abkühlung und Abtrocknung der Kartoffeln in den offenen Großkisten steht ein erhöhter Arbeitsaufwand für das Auflegen und Abnehmen der Plane sowie die schwierigere Mischung von zu kalter Außenluft mit einem Teil der Lagerluft gegenüber.

Seitlich offene Kisten sind auch für die Raumbelüftung erforderlich, da die über Ventilatoren zugeführte kältere Luft nur die Großkisten umstreicht und dabei über Konvektion Wärme und Feuchtigkeit von den Kartoffeln aufnimmt (Abb. 6).

Hierbei kühlen und trocknen die Kartoffeln in den Großkisten von außen nach innen sehr langsam ab, wodurch das Fäulnisrisiko während der Einlagerungsphase erheblich ansteigt. Bei einem einfacher zu handhabenden Belüftungssystem entfällt demgegenüber sowohl der Bau einer Belüftungswand als auch das exakte Stapeln der Kisten bei der Einlagerung. Durch den Verzicht auf ein spezielles Luftverteilungssystem im Lager können zudem Großkisten mit unterschiedlichen Maßen gemeinsam in einen Raum eingelagert werden.

Raumbelüftungssysteme ohne Ventilatoren basieren ausschließlich auf Wind- und thermischen Auftriebsbewegungen der Luft. Sie verursachen zwar kaum Energiekosten und Geräuschmissionen, lassen sich aber aufgrund des geringen Luftaustauschs nur stark eingeschränkt bei der Regulierung der Lagerungstemperatur einsetzen.

Zwangsbelüftete Großkistenlager sind in Bezug auf die Belüftung ähnlich effektiv wie die Loselager. Bei raumbelüfteten Kistenlagern ist dagegen ein deutlich höherer Zeitaufwand für die Abtrocknung und Abkühlung der Kartoffeln erforderlich. Die Frischluft wird hier nur durch den Raum und nicht direkt zwischen den Kartoffeln durchgedrückt. So reduziert sich die Austauschfläche zwischen Luft und Kartoffeln auf ein Zehntel und es ergeben sich im praktischen Betrieb etwa zwei- bis dreifach längere Lüfungszeiten als bei der Loselagerung. Nicht immer steht dafür kältere Außenluft in ausreichendem Maße zur Verfügung, sodass die Temperatur im Lager stärker schwankt und teilweise auch Schwitzschichten in

den Kisten entstehen. In diesen schlecht belüfteten Phasen verbessern sich die Lebensbedingungen der Schaderreger auf den Knollen deutlich und gefährden die Lagerungsqualität. Der pilzliche Erreger des Silberschorfs reagiert beispielsweise auf das Vorhandensein von Feuchtigkeit auf den Knollen mit einem verstärkten Wachstum und einer deutlich ansteigenden Sporulation. Diese Sporen werden dann mit dem Luftstrom im Lager verteilt und können neue Knollen infizieren.

Der hohe Wassergehalt und die temperaturabhängige Atmung der Knollen sowie das große Schaderregerpotenzial auf den frisch gerodeten Kartoffeln stellen hohe Ansprüche an das



Abb. 6: Raumbelüftung von offenen Großkisten über eine Mischlufteinheit (Foto: Peters)

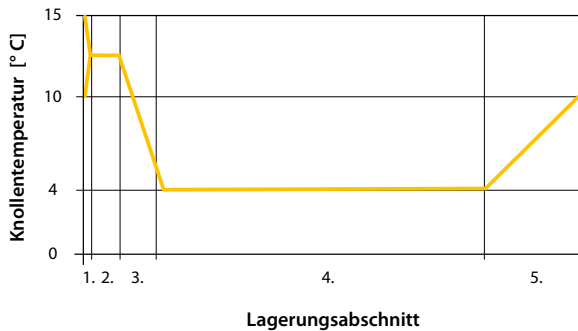


Abb. 7: Phasen der Kartoffellagerung (1 = Abtrocknen, 2 = Wundheilen, 3 = Abkühlen, 4 = Erhalten, 5 = Anwärmen)

Lagerklima. Um Gewichtsverluste, Fäulnis und Keimung während der Lagerung zu minimieren, hat sich die Einhaltung der folgenden Lagerphasen bewährt (Abb. 7).

Abtrocknung

Die Einlagerungszeit ist die wichtigste Phase der Belüftung. Frisch gerodete, erdfeuchte Kartoffeln müssen schnell abgetrocknet werden, um Infektionen durch anhaftende Fäulniserreger zu verhindern. Die Kartoffeln werden solange mit 2-5 K kälterer Außenluft belüftet, bis sich kein freies

Wasser mehr auf der Schale und im anhaftenden Boden befindet. Es darf jedoch auch keine Überbelüftung erfolgen, da frische Kartoffeln aufgrund der noch offenen Schadstellen sowie der durchlässigen und teilweise noch losen Schale in kurzer Zeit viel Wasser verlieren können.

Die Erfassung der Regelgrößen wie Stapeltemperatur und Außenluft sowie die automatische Umsetzung der hinterlegten Handlungsanweisungen übernimmt in den meisten Fällen ein Lüftungsprozessor. Dieser regelt beim Vorhandensein der geeigneten Außenluft die Stellung der Zu- und Abluftklappen sowie den Betrieb der Gebläse, um den Luftaustausch innerhalb des Lagers sicherzustellen.

Wundheilung

Damit Beschädigungen ausreichend verkorken können, sollten die abgetrockneten Kartoffeln etwa 14 Tage bei einer Temperatur von 12-15 °C verbleiben. In dieser Zeit wird nur belüftet, um das von den Knollen gebildete CO₂ sowie die Atmungswärme abzuführen. Eine hoher O₂-Gehalt und eine hohe relative Luftfeuchte beschleunigen die Wundheilung. Es darf aber nicht zur Kondensation kommen, da Wasser auf den Knollen die Infektionsgefahr wieder erheblich ansteigen lässt. In Zeiten mit ungünstigen Außenlufttemperaturen ist eine tägliche Erfrischungsbelüftung erforderlich.

Abkühlung

Aufgrund langjähriger Erfahrungen hat sich gezeigt, dass Kartoffeln in Westeuropa bis etwa Mitte November durch kältere Außenluft auf eine Lagertemperatur von etwa 5 K abgekühlt werden können. Diese Kaltlagerung ist notwendig, um die natürliche Keimruhe der Knollen zu verlängern. Bei einer späteren Abkühlung verringert sich die keimhemmende Wirkung der niedrigen Temperaturen deutlich. Zur Minimierung der Gewichtsverluste wird eine langsame Abkühlung von täglich maximal 0,2-0,3 K mit relativ feuchter (> 80 %) und mindestens 2 K kälterer Außenluft empfohlen. Für eine von der Außenluft unabhängige Temperaturführung im Lager werden vermehrt maschinelle Kühlanlagen eingesetzt, deren Effektivität aber auch vom Wirkungsgrad der Belüftungsanlage abhängig ist. Die damit verbundenen Kosten können größtenteils nur über eine bessere Qualität der vermarkteten Knollen aufgefangen werden.

Erhaltung

Für die langfristige Lagerung von Speise- und Pflanzkartoffeln wird die Temperatur nach der Abkühlungsphase auf 3-4 °C abgesenkt. Während der Erhaltungsphase darf es nicht zu Unterkühlung und Kondensation kommen. Außerdem muss ein regelmäßiger Luftaustausch sichergestellt werden. Die Gewichtsverluste lassen sich durch eine hohe relative Luftfeuchte und eine geringe Belüftungsdauer mit

Außenluft begrenzen. Periodisch zugeführte Umluft, möglichst im Saugbetrieb, löst Temperatur- und Feuchtigkeitsschichtungen auf und vermindert die Kondensation auf den Kartoffeln und an der Decke. Veredelungskartoffeln werden dagegen bei 8-10 °C gelagert, um in den Knollen die vermehrte Bildung von reduzierenden Zuckern als Ausgangsstoff für eine Dunkelfärbung der Fertigprodukte zu verhindern. Gleichzeitig ist der Einsatz von keimhemmenden Mitteln erforderlich, da die natürliche Keimruhe der Kartoffeln bei diesen hohen Temperaturen nicht für eine Langzeitlagerung ausreicht.

Anwärmung

Vor der Auslagerung sollten kalt gelagerte Kartoffeln wieder auf etwa 8-10 °C erwärmt werden, um die Beschädigungsgefahr zu senken bzw. das gleichmäßige Auflaufen von Pflanzkartoffeln abzusichern.

Eine ausführliche Beschreibung der Lagerung gartenbaulicher Produkte finden Sie in der gleichnamigen KTBL-Schrift 493. In dieser Schrift erhalten Sie einen Einblick in die Grundlagen der Lagerung gartenbaulicher Produkte wie beispielsweise Obst, Gemüse, Zierpflanzen oder Gehölze. Schwerpunkte der Schrift sind neben der Planung und der maschinellen Ausstattung der Betrieb von Kühllagern und die Beschreibung der Kühlverfahren von der Ernte bis zur Vermarktung. Eine beispielhafte Kältebedarfsberechnung hilft Ihnen Lagerkonzepte zu erstellen.

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

Bartningstraße 49 | 64289 Darmstadt
Telefon: +49 6151 7001-0 | Fax: +49 6151 7001-123
E-Mail: ktbl@ktbl.de | www.ktbl.de

Eingetragen im Vereinsregister beim Amtsgericht Darmstadt,
Aktenzeichen 8 VR 1351

Vereinspräsident: Prof. Dr. Thomas Jungbluth
Geschäftsführer: Dr. Heinrich de Baey-Ernsten
Verantwortlich im Sinne des Presserechts: Dr. Heinrich de Baey-Ernsten

Diese Information wurde vom KTBL und den Autoren nach bestem Wissen und Gewissen zusammengestellt. Das KTBL und die Autoren übernehmen keine Gewähr für Aktualität, Vollständigkeit und Fehlerfreiheit der bereitgestellten Inhalte. Herausgegeben mit Förderung des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages.

© 2013 Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V. Nachdruck nur mit Quellenangabe.