

# BAUWEISEN HOLLANDISCHER KARTOFFELLAGERHÄUSER

In Völkrode befassen sich einige Institute in gemeinsamer Arbeit mit dem gesamten Fragenkomplex der Lagerung der Hackfrüchte. Während das Institut für Pflanzenbau und Saatguterzeugung den biologischen Fragen, die durch die Lagerung bedingt sind, nachgeht, beschäftigt sich das Institut für Landmaschinenforschung in diesem Zusammenhang mit Fragen der Luftführung. Das Institut für landwirtschaftliche Bauforschung hat sich die Aufgabe gestellt, zweckdienliche Aufbewahrungsräume nach modernen Erkenntnissen für alle Betriebsgrößen unter rationellen Gesichtspunkten zu entwickeln.

Bei der Kompliziertheit, die mit den Fragen der Lagerung zusammenhängt, ist ein Institut kaum in der Lage, allen Fragen nachzugehen. Aus diesem Grunde ist heute mehr denn je eine Zusammenarbeit aller Fachgebiete unerlässlich. Die Schriftleitung

Eine Reise im Rahmen des ETA-Programmes im Oktober 1954 bot dem Institut für landwirtschaftliche Bauforschung die Möglichkeit, die holländischen Kartoffelanbaugebiete und die dort geschaffenen Lagerhäuser zu besuchen. Grosszügig unterstützt und beraten wurden wir dabei in dankenswerter Weise von Herren des Institutes für Aardappelbewaaring (Kartoffellagerung) in Wageningen.

Holland besitzt auf Grund seiner Bodenstruktur und seines Seeklimas ausgezeichnete Kartoffelanbaugebiete mit grossen Flächenerträgen, die es zu einem Kartofflexportland machen. Die für das Wachstum günstigen, klimatischen Verhältnisse sind für die Aufbewahrung des Erntegutes nachteilig, zumal man in Holland die Saatkartoffeln relativ frühzeitig erntet.

Unter diesen Umständen ist es nicht möglich, die Kartoffeln in Mieten genügend kühl zu lagern. Selbst Ausstattung der Mieten mit Belüftungsrosten vermag hier keine Abhilfe zu schaffen, weil die Mietentemperatur dem mittleren Tagesmaximum folgt. Das Institut für Kartoffellagerung stellte bei seinen ersten Versuchsbauten mit Zwangslüftung fest, dass es bei geschickt gewählten Belüftungszeiten möglich ist, die Temperatur im Kartoffelstapel auf das gemittelte Tagesminimum herabzudrücken, das durchschnittlich 8°C unter dem gemittelten Tagesmaximum liegt. Damit war eine Lagerungsmethode gefunden, die die Erhaltung einer optimalen Pflanzgutqualität bei minimalen Lagerverlusten ermöglichte und sich entsprechend der Bedeutung des Kartoffelbaues für Holland schnell durchsetzte. 1950 entstanden die ersten Lagerhäuser, deren Zahl bis 1954 auf etwa 1 000 Stück mit einer Lagerkapazität von etwa 300 000 t anwuchs.

## Arten von Lagerhäusern

Träger des Lagerhausbaues für Kartoffeln sind:

1. der Grosshandel,
2. die Anbaugenossenschaften,
3. die privaten Anbaubetriebe.

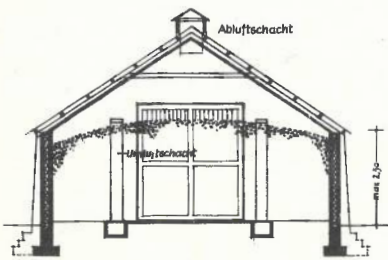
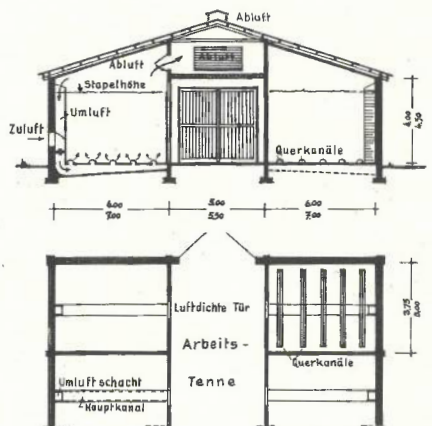
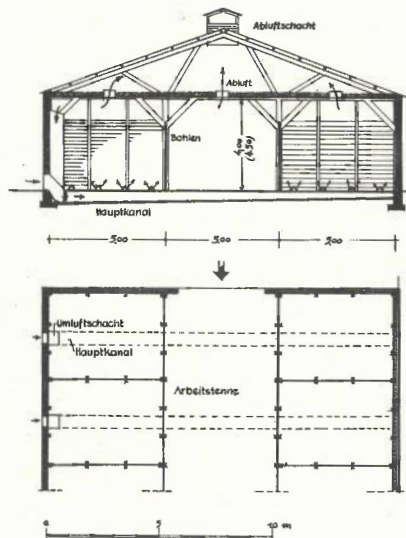
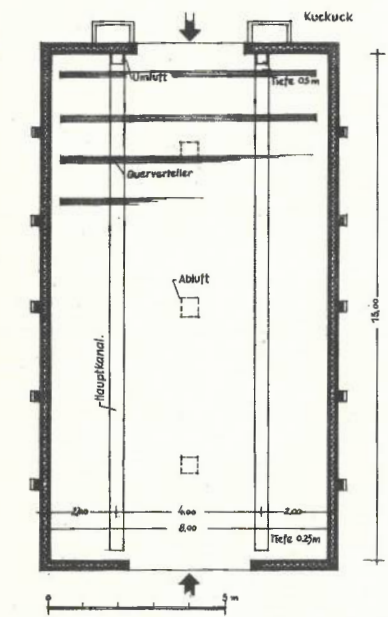


Abb. 1: Lagerhaus ohne Arbeitstenne.

Abb. 3: Lagerhaus mit eingebauten Holzboxen.

Abb. 5a: Lagerhaus mit geschlossenen Boxen.



Die Grosshandelslagerhäuser für Speisekartoffeln, die genossenschaftlichen, z.T. als Kühllhäuser eingerichteten Lagerhäuser für Pflanzkartoffeln und die in Privatbetrieben erstellten Glashäuser zum Vorkeimen von Saatgut stellen Sonderformen der Lagerhaltung dar. Sie sind mit besonderem baulichem Aufwand verbunden und nehmen innerhalb der Gesamtkapazität nur einen kleinen Raum ein. Kühllhäuser eignen sich vor allem zur Lagerung von Saatkartoffeln früher und mittelfrüher Sorten, während die Vorkeimhäuser mit Glaswänden sehr viel Raum beanspruchen und einer Zusatzheizung während der Frostperioden bedürfen.

Der Grossteil der Lagerhäuser arbeitet mit Aussenluftkühlung, die mit Hilfe von Ventilatoren (Zwangslüftung) erzielt wird.

#### Entwicklung im Lagerhausbau

Die ersten Lagerhäuser mit Aussenluftkühlung sind als längsdurchfahrbare Gebäude ohne innere Einbauten erstellt worden (Abb. 1). Die gesamte Grundfläche kann bis zu max. 2,50 m Höhe beschüttet werden. Der Stapel wird durch zwei vertieft liegende Hauptkanäle in Gebäudelängsrichtung mit aufgelegten Querkanälen gelüftet. Die Gebäudebreite beträgt höchstens 8 m, die Gebäudelänge 15 m oder bei Einsatz mehrerer Ventilatoren ein Vielfaches hiervon. Der Nachteil dieser sehr billigen Gebäude liegt darin, dass sie ein Durchfahren bei Befüllung und Entnahme nicht zulassen. Eine Verbesserung dieses ersten Typs erfolgte daher sehr bald. Beiderseits der Längsdurchfahrt wurden Holzboxen angeordnet, die eine Behinderung bei Befüllung und Entnahme ausschalteten. Diese Holzeinbauten konnten zur Aufnahme des Seitendrucks der Kartoffeln herangezogen und dadurch die Schütthöhe erheblich vergrössert werden. Die Hauptkanäle liegen quer zur Gebäudelängsrichtung und versorgen durch einen Ventilator jeweils zwei gegenüber liegende Boxen (Abb. 2, 3 und 4). Auch bei diesen Häusern kann die Durchfahrts- und Arbeitstenne als zusätzlicher Lagerraum benutzt werden, wenn die Kanalabdeckung im Tennensboden aus beweglichen Betonplatten besteht.

Die neuesten, luftgekühlten Lagerhäuser arbeiten mit einer Aneinanderreihung vollkommen geschlossener Einzelboxen beiderseits einer Durchfahrtstenne. Jede Box ist mit einem Ventilator und einem Umluftkanal versehen. Die Boxentiefen betragen bis zu 6 m, während für die Arbeitstenne 5 m Breite selten überschritten wird (Abb. 5a u. 5b). Versuche mit Hauptkanälen unter der Arbeitstenne (sog. Luftkellern) und davon rechtwinklig abzweigenden Zuluftkanälen zu den einzelnen Boxen haben nicht die erwarteten Erfolge gebracht und sich daher nicht durchgesetzt.

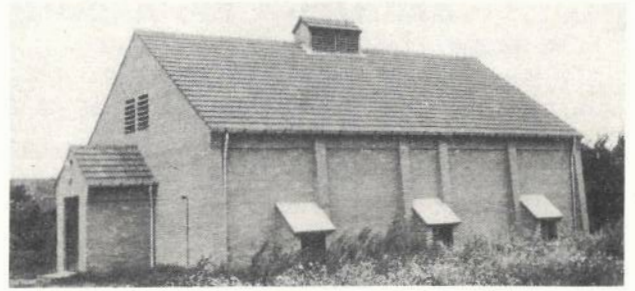


Abb. 2. Kleines Lagerhaus für Kistenlagerung.

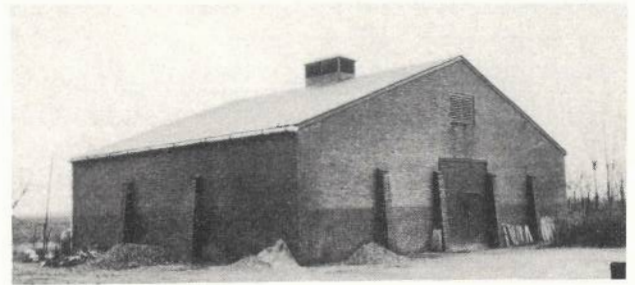


Abb. 4: Bäuerliches Kartoffellagerhaus. Die Jalousie-Klappe über der Tür zur mittleren Arbeitstenne und der Firstentlüfter dienen der Luftabfuhr.



Abb. 5b: Neuester Typ; die Zuluftklappen liegen in der Aussenwand etwa 1 m über dem Boden, Luftabfuhr erfolgt durch Öffnungen im Giebel und im First.

#### Wandkonstruktionen

Die Küstennähe mit starkem Wind- und Schlagregen-anfall fordert beim Lagerhausbau für Kartoffeln eine äussere Mauerschale als Feuchtigkeitsschutz für die wärmedämmenden Wandteile. Diese Aussenschale wird in fast allen Fällen aus verfügbaren, kleinformatischen Klinkern gebildet.

Für die ersten Lagerhäuser mit geringem Seitendruck genügte eine zweischalige Wand mit innerer Torf- oder Flachsschevenfüllung (Abb. 6a und 1). Die Aussenschale wurde von innen geputzt und mit einer Feuchtigkeitsisolierung versehen. Diese Wand ist sehr billig; sie kann aber die Gefahr der Durchfeuchtung der Dämmschicht nicht mit Sicherheit ausschalten. Besser ist die zweischalige Aussenwand mit Luftschicht und Dämmschicht auf der Innenseite der inneren Schale. Wichtig ist dabei eine Feuchtigkeitsisolierung zwischen Innenschale und Dämmschicht und die Vermeidung von Kältebrücken durch die Fugen zwischen den Dämmplatten (Abb. 6b). Die

Dämmschicht wird daher fast ausnahmslos zweilagig mit versetzten Fugen ausgeführt. Gebräuchliche Materialien hierfür sind 6 cm starke Atmota-Platten (zementgebundene Holzfaserplatten), Rudi-Korkstein (zementgebundene Platten oder Steine aus expandiertem Korkschröt) und Heraklith. Diese Dämmmaterialien werden z.T. mit einem Putz versehen, der eine Feuchtigkeitsaufnahme aus dem frisch eingebrachten Kartoffelstapel unterbinden soll. Bei den neueren Lagerhäusern mit allseitig geschlossenen Boxen ist die Aufnahme des Seitendruckes durch eine innere Holzkonstruktion nicht möglich. Hier eignet sich am besten der Stahlbetonskelettbau. Die Aussenschale wird zwischen den Stahlbetonpfosten eingespannt oder vor diesen als geschlossene Wand hindurchgeführt. Die Innenschale zwischen den Stützen wird bewehrt und, wie oben geschildert, mit einer Wärmedämmschicht versehen. Die Bewehrung der Innenschale und der Trennwände erfolgt durch Rundeisen, die in die Fugen vermauerter Spezialsteine eingelegt werden (Abb. 6c). Wände dieser Art lassen Schütthöhen bis zu 4 m in den Kartoffelboxen zu.

Werden Lagerräume für Kartoffeln in bestehenden Gebäuden eingerichtet, ist neben ausreichendem Wärmeschutz für die Verstärkung der Aussenwände zur Aufnahme des Seitendruckes zu sorgen. Holzeinbauten können zweckmässig sein (Abb. 7). Andernfalls wird die Wand durch eine Stahlbetonschale verstärkt, die sich im Fussboden fortsetzt und ausreichende Kippsicherheit bieten muss. Der Übergang vom Fussboden zur Wand ist besonders sorgfältig auszubilden und zusätzlich zu bewehren. Die Eckverstärkung ruht auf einer Verbreiterung des vorhandenen Fundamentes, die aus Stampfbeton gebildet wird (Abb. 6d).

Zur Vermeidung einer Unterkühlung der Lagerhäuser bei Frost soll der k-Wert sowohl für Decken als auch für Wände  $k = 0,54 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$  nicht überschreiten. Andererseits ist es wichtig, an die Wärmestrahlung zu denken und sie durch die Wahl der Baustoffe in erträglichen Grenzen zu halten, d.h. der k-Wert muss hierfür  $0,5\text{--}0,6 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$  betragen.

## Dach und Decken

Grundsätzlich ist hier zwischen Lagerhäusern mit horizontaler, isolierter Decke und solchen mit isolierter Dachhaut zu unterscheiden. Letztere fanden Anwendung beim ersten Typ des Lagerhauses, weil dabei trotz niedriger Aussenwände ausreichender Arbeitsraum über dem Stapel verblieb. Lagerhäuser mit hölzernen Boxeneinbauten haben fast ausnahmslos horizontale Decken. Die Lagerhäuser der letzten Zeit mit ummauerten Boxen zeigen eine Kombination aus beiden Möglichkeiten. Die Dachhaut über den Boxen ist mit Mevriet oder Heraklith isoliert, während über der Arbeitstenne in etwa 4,50 m Höhe eine mit Flachsscheven und Heraklith isolierte Decke eingezogen ist. Der verbleibende Dachraum über der Arbeitstenne wird nicht isoliert und dient der Luftabfuhr.

## Fussböden

Zunächst blieben die reinen Schütfflächen unbefestigt. Ein Lehmstampfboden wurde bevorzugt, da man sich hierdurch eine günstige Beeinflussung des Lagerklimas (Luftfeuchtigkeitsgehalt) versprach. Nachdem Versuche ergeben hatten, dass eine langsame Feuchtigkeitsabgabe vom Boden an den Kartoffelstapel keine Vorteile bringt und der unbefestigt

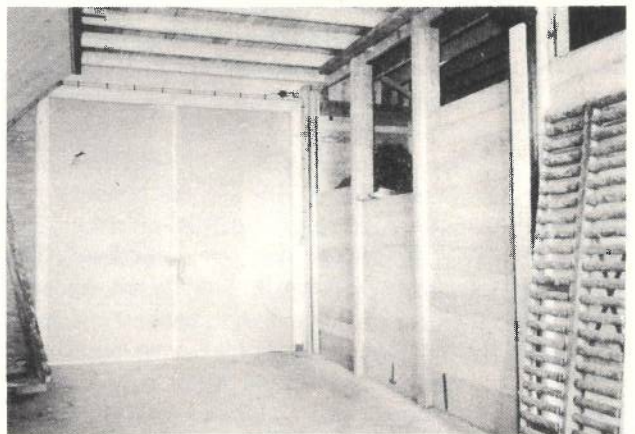
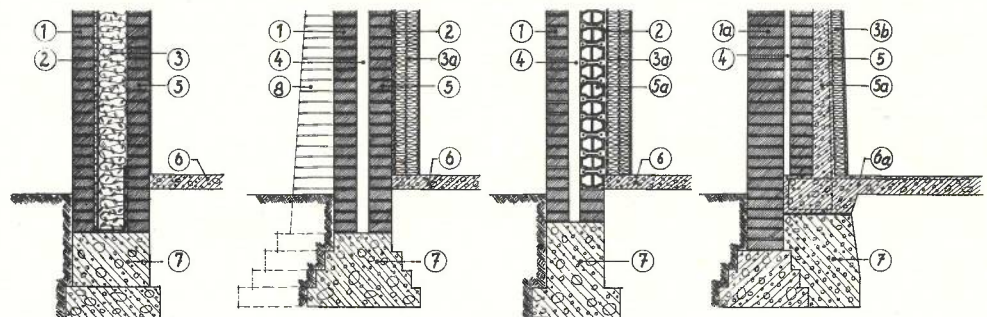


Abb. 7: Nachträglicher Einbau eines Kartoffellagers in ein vorhandenes Gebäude. Boxenvorderwände aus Bohlen zwischen zum Teil beweglichen Holzstielen. Rechts im Bild zwei Rollenbänder zum Transport der in Kisten geernteten Kartoffeln.

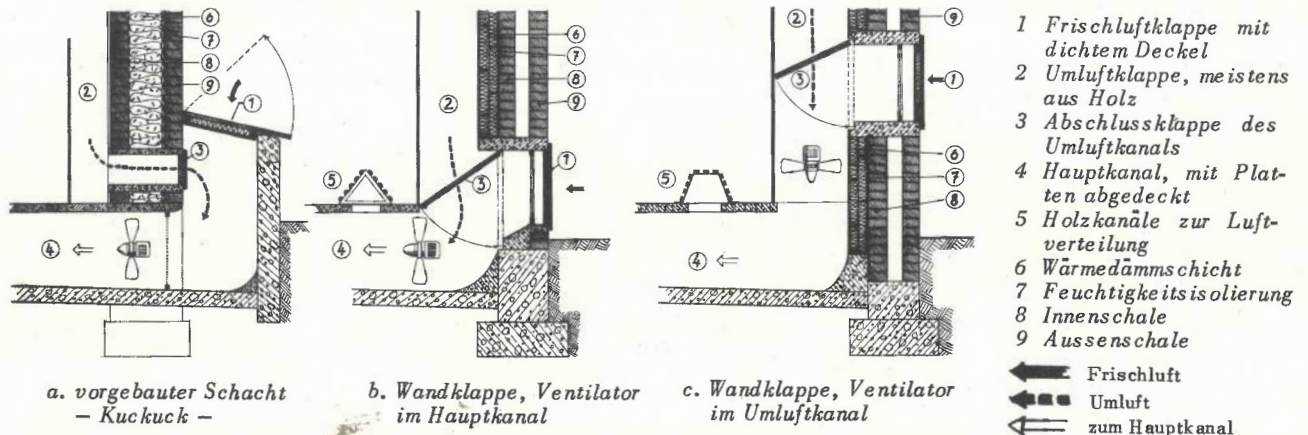
Abb. 6a bis d: Wandausbildungen für Kartoffellagerhäuser.

- 1 Aussenschale
- 1a vorhandenes Mauerwerk
- 2 Putz mit Feuchtigkeitsisolierung
- 3 Wärmedämmschicht (lose)
- 3a „ „ (2-lagig)
- 3b „ „ (1-lagig)
- 4 Luftschicht
- 5 Innenschale
- 5a „ „ bewehrt
- 6 Fussboden, Stampfbeton
- 6a „ „ Stahlbeton
- 7 Fundament, Stampfbeton
- 8 Pfeilervorlage



a. einfache zwei-schalige Wand    b. zweischalige Wand mit Pfeilervorlagen    c. Stahlbetonskelett mit bewehrter Innenschale    d. Einbau in vorh. Gebäude Innenschale: Stahlbeton.

Abb. 8a bis c: Entwicklungsstufen in der Frischluft- und Umluftführung.



te Boden beim Ausgabeln der Kartoffeln nur Schwierigkeiten macht, werden heute alle Fussbodenflächen im Lagerhaus mit einem Stampfbetonboden versehen.

Eine besondere Behandlung der Fundamentinnen-seiten zur Vermeidung von Kältebrücken zwischen Aussenwand und Fussboden ist nicht üblich. Wahrscheinlich sind die Frostperioden so kurz, dass sich Massnahmen dieser Art erübrigen. In diesem Zusammenhang muss allerdings erwähnt werden, dass ein Temperatenausgleich am Boden der Box leicht geschaffen werden kann, wenn die Ventilatoren in beiden Richtungen laufen können und die Luft durch den Stapel in den Hauptkanal saugen.

#### Luftführung

Die Abbildung 8a-c zeigt die verschiedenen Möglichkeiten der Frischluftzufuhr zum Lagerhaus. Der in der Erde liegende gemauerte Kasten mit Abdeckplatte (Kuckuck) gehört der Vergangenheit an, weil die Überleitung vom Umluftkanal zum Ventilator schlecht ist (8a). Die folgende Form mit dem Umluftschacht ausserhalb des Gebäudes verbessert die Umluftführung, sie fordert jedoch eine sorgfältige Wärmedämmung im gesamten Umluftschacht und ist daher sehr teuer. Wird der Umluftschacht in das Gebäude gelegt und der Ventilator weit genug in den Hauptkanal hineingeschoben, werden damit bei guter Luftführung Kosten gespart. Die beste und bequemste Lösung ist der im Umluftschacht aufgehängte Ventilator, bei dem die Zuluftöffnung in der Aussenwand etwa 1,50 m über der Erdoberfläche liegt (Abb. 8c u. 5a). Die Klappe in der Aussenwand ist frostsicher, die Umluftklappe ist bei Umluftstellung zusätzlich Frost-sicherung, bei Zuluftstellung schliesst sie den Umluftkanal. Diese Anordnung der Klappe lässt eine halbautomatische Steuerung der Luftzufuhr zu.

Viele holländische Lagerhäuser arbeiten mit Frostthermostaten, die es ermöglichen, Ventilatoren selbst bei Nachtfrostgefahr laufen zu lassen. Sinkt die Aussentemperatur unter 0°C, werden alle Ventilatoren ausgeschaltet. Mit Differenzialthermostaten

ausgestattete Anlagen schalten sich automatisch ein, sobald die Aussentemperatur zwei Grad tiefer liegt als die im Kartoffelstapel. Die Luftabfuhr erfolgt durch Deckenöffnungen mit Klappen in den freien Dachraum und von dort durch Jalousieklappen in den Giebeln nach aussen (Abb. 4). Wenn der Gesamtquerschnitt der Giebelöffnungen nicht ausreicht, werden zusätzlich Firstentlüfter gebaut. Versuche mit vollautomatischen Anlagen, bei denen auch das Öffnen und Schliessen aller Klappen automatisch geschieht, sind noch nicht zum Abschluss gebracht. Heute kann jedoch festgestellt werden, dass die halbautomatischen Anlagen gut, zuverlässig und wirtschaftlich arbeiten.

Die Hauptkanäle liegen meistens vertieft im Boden, ihre Breite ist über die ganze Länge gleichbleibend, so dass die Abdeckplatten an allen Stellen des Kanals passen. Um alle Luftaustrittschlitze zwischen den Platten zu den aufgelegten Querverteilern gleich breit machen zu können, verjüngen sich die Hauptkanäle vom Anfang bis zum Ende auf 1/8 bis 1/12 der Anfangshöhe. Ursprünglich begnügte man sich mit einer Querschnittsreduzierung von 50% (Abb. 1). Querverteiler werden halbrund, trapezförmig oder dreieckig ausgebildet. Ihr Abstand beträgt von Mitte zu Mitte gemessen etwa 1,25 m. Sie enden etwa 50 cm vor der Boxenwand.

Abb. 9: Sacklagerung in einer Normalbox. Zu beachten sind die Holzroste auf dem Boden der Box, die sorgfältige Stapelung der Säcke über dem Querkanal und vor dessen Stirnseite und der Abschluss der Boxenvorderseite durch eine luftundurchlässige Papplage.



### Einlagerungsarten und -methoden

Der Grossteil der Kartoffeln wird lose eingelagert, auf eine Vorsortierung wird zum Teil verzichtet. Das gilt vor allem, wenn die Kartoffeln in Kisten geerntet und in das Lagerhaus gebracht werden. Die Kisten werden mit Hilfe einfacher Rollenbänder (Abb. 7) in die Boxen transportiert und dort entleert. Natürlich gibt es auch moderne Schräg- und Steilförderer zur Befüllung der Boxen. Lagerung in Kisten fordert viel Platz und ist daher nur für Saatgut gebräuchlich. Die Sacklagerung erfreut sich zunehmender Beliebtheit, weil sich Kartoffeln hinter der Sortiermaschine leicht ein-

sacken lassen und die gesackte Ware bequem zu handhaben ist (Abb. 9).

Die aufgezeigte Entwicklung des holländischen Kartoffellagerhausbaues innerhalb weniger Jahre war nur möglich durch die fruchtbare Zusammenarbeit von Wissenschaft und Praxis. Aus diesem Blickwinkel gesehen verdient das, was auf dem beschriebenen Gebiet von Holland geleistet wurde, unsere Beachtung und Anerkennung.

Dipl.-Ing. W. Hillendahl

Institut für landwirtschaftliche Bauforschung

## BRANDGEFAHR DURCH INFRAROTSTRAHLER?

Infrarotstrahler haben in den letzten Jahren als Hilfsmittel bei der Jungtieraufzucht grosse Bedeutung gewonnen. Leider sind aber auch durch Infrarotstrahler in weniger als drei Jahren für mehr als zwei Millionen DM Brandschäden und mehrere tödliche Unfälle vorgekommen. Mit Eintritt des Frostwetters Anfang 1954 stieg die Zahl der Brandschäden durch Infrarotstrahler ungewöhnlich stark an, so dass sich die Notwendigkeit ergab, durch neue VDE-Vorschriften die Konstruktion der Strahler und Armaturen sowie den Umgang mit Infrarotstrahlern in der Landwirtschaft zu regeln. Fast gleichzeitig begannen auch im Ausland die Bemühungen um solche Vorschriften, weil dort die gleichen bedauerlichen Erfahrungen gemacht wurden wie in Deutschland. Die Herausgabe von Vorschriften zur Abstellung von Mängeln setzt natürlich die Kenntnis der Ursachen solcher Mängel voraus. Da diese Ursachen bei den Infrarotstrahlern aber nicht ohne weiteres erkennbar waren, mussten Untersuchungen über die Temperaturverteilung an der Oberfläche und über die Strahlungsleistung von Infrarotstrahlern angestellt werden. Über einige Ergebnisse dieser Untersuchungen soll hier berichtet werden.

### Hellstrahler – Dunkelstrahler

Es gibt im wesentlichen zwei Typen von Infrarotstrahlern, die sogenannten Hellstrahler und die Dunkelstrahler. Hellstrahler haben die bekannte Form der Glühlampen, d.h. eine Heizwendel befindet sich in einem Schutzgas, das von einem Glaskolben umschlossen wird. Zur Dämpfung des sichtbaren Anteiles der Strahlung wird häufig Rubinglas verwendet, das als Hartglas gegen plötzliche Temperatursprünge (Wasserspritzer) unempfindlich sein soll. Bei Hellstrahlern wird die Wärme also unmittelbar von der sehr heissen, aber im Schutzgas und Glaskolben untergebrachten Heizwendel abgestrahlt. Bei Dunkelstrahlern ist die Heizwendel fast immer von einem Keramikkörper umschlossen, der durch Wärmeleitung von der Wendel erwärmt wird und seinerseits dann die Wärme von seiner Oberfläche abstrahlt. Nach

dem *Stefan-Boltzmannschen* Gesetz wächst die Strahlung eines Körpers mit der vierten Potenz seiner absoluten Oberflächentemperatur. Bei Hellstrahlern beträgt diese Temperatur an der Wendel über 2000°C, beim Dunkelstrahler an dessen Oberfläche zwischen 600 und 700°C. Da weder das Schutzgas noch der Glaskolben wesentliche Anteile der von der Heizwendel abgegebenen Strahlung absorbieren, ist es einleuchtend, dass dort, wo es auf die durch Strahlung und nicht durch Wärmeleitung oder Luftkonvektion abgegebenen Wärmemengen ankommt, die hohe Temperatur der Heizwendel in Hellstrahlern günstiger ist, als die geringere Oberflächentemperatur der Dunkelstrahler. Für die Brandentstehung ist aber fast ausschliesslich die Temperatur an der von der Aussenluft berührbaren Oberfläche der Strahler entscheidend, denn mit den heutigen Infrarotstrahlern kann Stroh und Heu durch Wärmestrahlung schon in 15 cm Entfernung praktisch nicht mehr entzündet werden. Berührt jedoch leicht entzündliches Material den äusseren Mantel der Dunkelstrahler, der meist eine Temperatur von über 600°C hat, so brennt Stroh und Heu sofort, während bei der Berührung einzelner Halme mit dem Glaskolben von Hellstrahlern, der Temperaturen von ca. 200°C annehmen kann, eine Entzündung nur möglich ist, wenn gleichzeitig die Wärmeabfuhr durch Luftströmung erschwert wird. Der Dunkelstrahler ist also wegen seiner höheren Temperatur an der Oberfläche trotz geringerer Strahlungsleistung eine ungleich höhere Brandgefahr als der Hellstrahler. Die Brandgefahr durch Wärmestrahlung ist in beiden Fällen sehr gering. Würde ein Hellstrahler mit seinem Glaskolben in Stroh oder Heu fallen, oder würde sich auf dem Glaskolben leicht entzündliches Material und Staub in grösserer Menge ablagern, so würde es nach einiger Zeit auch hier durch Wärmestau zum Brand kommen. Es muss also dafür gesorgt werden, dass eine unmittelbare Berührung zwischen Glaskolben und leichtentzündlichem Material durch ein Schutzgehäuse vermieden wird. Dieses Schutzgehäuse muss so konstruiert