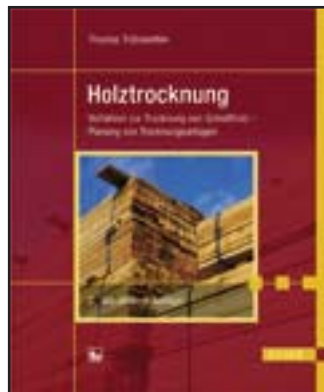


HANSER



Leseprobe

Thomas Trübswetter

Holztrocknung

Verfahren zur Trocknung von Schnittholz - Planung von
Trocknungsanlagen

ISBN: 978-3-446-41877-6

Weitere Informationen oder Bestellungen unter

<http://www.hanser.de/978-3-446-41877-6>

sowie im Buchhandel.

9 Trocknungsanlagen

Eine **Trocknungsanlage** besteht im Wesentlichen aus einem Trockenraum – der eigentlichen Trockenkammer, die das Holz aufnimmt – sowie einem Raum für die Energiezufuhr und der Steuerung. Schließlich gehört meist Raum für die Bereitstellung und die Nachlagerung des Holzes dazu. Für den Transport gibt es oft Einrichtungen speziell für die Trocknung.

Größere Anlagen bestehen aus mehreren Trockenkammern, die zu **Batterien** zusammengefasst sind (Bild 9-1). In Trockenkammern wird Holz diskontinuierlich getrocknet. Seltener anzutreffen sind nicht ortsfeste Anlagen, z. B. Kammeroberteile, die mit einem Kran über das vorbereitete Holz gesetzt oder auf Gleisen darüber geschoben werden.

Besonders betont werden muss die Notwendigkeit des **Brandschutzes**. Gerade bei großen Kammeranlagen kommt es durch Brand immer wieder zu Total Schäden. Das Gelände der Trocknungsanlagen sollte in **Brandabschnitte** aufgeteilt werden. Die Kammern oder Kanäle sollten dazu **Brandschutzmauern** erhalten. Eine besondere Idee wurde in einem großen Sägewerk realisiert: Unter den Trockenkammern wurde ein Löschwasserreservoir untergebracht, das



Bild 9-1 In Reihe gebaute Trockenkammern mit Beschickung durch Frontstapler und Hebeschiebetor (Bild: EISENMANN)

einen frostsicheren Zugriff für alle Sprinkleranlagen ermöglicht (ANONYMUS 2004).

Die Kammer muss allseitig gut gegen Wärmeverluste gedämmt sein. Die Tore müssen groß genug sein, um auch die größten Stapel mit einem geeigneten Transportgerät einfahren zu können. Zusätzlich müssen bei größeren Kammern **Schlupftüren** vorhanden sein, um den Trockenraum betreten und auch verlassen zu können, ohne ein Tor zu öffnen.

Die nachfolgend beschriebenen Einbauten sind in Bild 9-2 zu sehen. Die Heizung wird meist über **Rippenrohre** bewirkt, jedoch gibt es auch andere Heizeinrichtungen. Die Belüf-

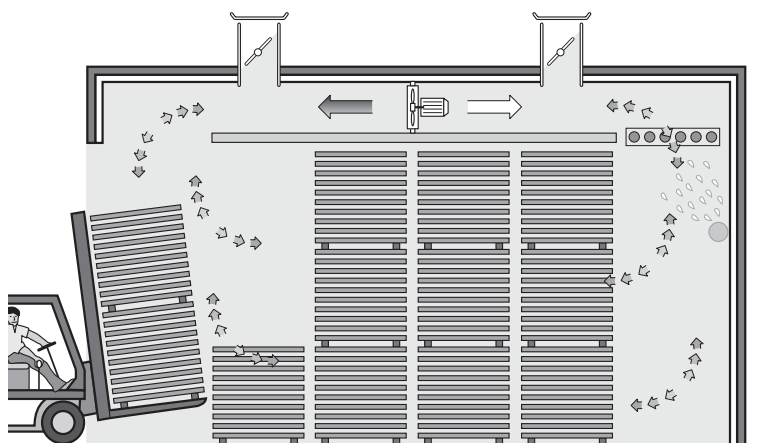


Bild 9-2 Skizze einer Großraumkammer mit Querbelüftung, beschickt mit einem Frontstapler (Bild: EISENMANN)

tungseinrichtung besteht aus den **Ventilatoren**, die meist zusammen mit den Antriebsmotoren im Trockenraum montiert sind. Dazu gibt es **Luftleitbleche** zur Optimierung der Luftströmung und ausreichend bemessene Stauräume. Die Luftströmung ist reversierend dargestellt. In Decke oder Wänden sind normalerweise Öffnungen angeordnet, meist in Form von verschließbaren **Schächten**, durch die der Luftwechsel ermöglicht wird. Zur **Luftbefeuchtung** sind Sprührohre vorhanden. Schließlich gibt es Geräte zur Klima- und Holzfeuchtemessung und von Fall zu Fall weitere Einrichtungen. Für die Steuerung bedarf es eines eigenen kleinen Raums, der vorteilhaft direkt der oder den Kammern zugeordnet ist, um Regelvorgänge beobachten zu können. Er kann aber auch an anderer Stelle untergebracht sein kann.

Bild 9-2 ist idealisiert; die Stapelsäulen werden beim Besichtigen keinesfalls einen gleichmäßigen Abstand voneinander haben, weil der Staplerfahrer „auf Anschlag“ fahren muss und dann meist sofort absetzt. Zu beachten ist, dass für die Luft beiderseits der Stapelblöcke ein ausreichender Stauraum erforderlich ist, dass also keinesfalls zur besseren Füllung der Kammer in den linken Stauraum noch ein zusätzlicher Stapel oder gar eine ganze Säule platziert werden darf.

Der Einsatzbereich von **Kleintrocknern** („Trockenmaschinen“) erfolgt vorwiegend in handwerklichen Betrieben, Laboratorien und berufsorientierten Schulen, aber auch in Fabrikbetrieben, wo man für Sonderwünsche der Kunden kleine Mengen hochwertiger Edelhölzer oder Ergänzungsmaterial zu

trocknen hat, die man nicht in großen Partien vorhalten will und wozu das Anfahren eines großen Trockners unwirtschaftlich wäre. Kleintrockner werden entweder als ganze Einheit oder im Baukastensystem hergestellt. Auch Selbstbauteile für kleine Kammern sind auf dem Markt. Eine Besonderheit ist die häufig anzutreffende **Längsbelüftung** der Stapel. Hierfür werden spezielle Alu-Leisten verwendet (Bild 9-3). Meist sind ein oder mehrere Ventilatoren am Stirnende eingebaut. Die Luft kann nach dem Durchgang durch den Stapel z. B. unter dem Wagen zurückgeführt werden. Trocknungstechnisch ist die **Längsbelüftung** der Querbelüftung vorzuziehen, weil eine Ablüftung aller vier langen Flächen der Werkstücke erfolgt und die ohnehin empfindlichen Hirnenden der Bretter weniger belüftet werden. Voraussetzung ist, dass es sich um besäumte Bretter handelt; Baumkante stört die Verdunstung aus dem Holz. Kleintrockner gibt es als Kammern mit Längsbeschickung auf Wagen, als Schrank mit Querbeschickung von einer Seite (Bild 9-4), beide mit ca. 2 ... 11 m³ Stapelraum, mit oder ohne Wagen, und als Truhe mit 0,8 ... 2,5 m³ Stapelraum, in die von oben eingestapelt wird. Beheizt werden kann elektrisch (was bei Kleintrocknern noch wirtschaftlich sein kann) oder mit betriebsüblichen Heizmedien. Die Regelung kann nach Wunsch automatisiert werden.

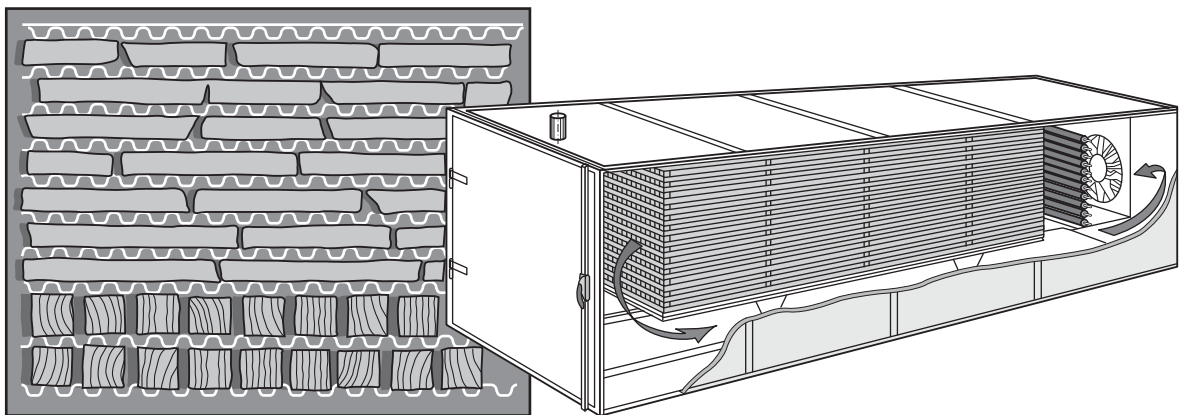


Bild 9-3 Skizze eines Kleintrockners mit Längsbelüftung. Links sind die gewellten Alu-Leisten zu sehen, die den Luftstrom längs des Stapels ermöglichen (Bild: LAUBER)



Bild 9-4 Trockenschrank mit Längsbelüftung und Hubschwenktor. Vollautomatische Computerregelung (Bild: LAUBER)

Auch **Vakuumtrockner** und **Kondensationstrockner** gibt es als Kleintrockner. Besonders Vakuumtrockner sind verbreitet wegen der raschen Trocknung der in Handwerksbetrieben oft üblichen Harthölzer (Kap. 6.3.4.).

Die bisher angesprochenen Trockner arbeiten nach zeitlich aufeinander folgenden Trocknungsvorgaben. Im Gegensatz dazu werden in Kanälen räumlich aufeinander folgende **Klimabereiche** eingerichtet. Diese **Trockenkanäle** dienen der Durchlauf-trocknung. Die Stapel werden kontinuierlich oder auch taktweise quer gestellt durch den Trockner hindurch gefördert. Bei einem Verfahren werden die Stapel in Längsrichtung eingefahren und im Kanal quer belüftet. Sie durchlaufen Zonen sich verschärfenden Trocknungsklimas (Bild 9-5). Häufiger ist die **Querförderung** der Stapel, wobei die Belüftung im Gegenstromprinzip von einem Ende des Kanals aus entgegen der Bewegungsrichtung des Holzes erfolgt (Bild 9-6). Durch die Vorschubgeschwindigkeit oder Taktung kann in beiden Fällen ein Trocknungsplan gestaltet werden. Vorteile ergeben sich, wenn die Endtrocknung in einer Kammer mit geregelter Klima erfolgt, deren Trocknungsdauer dann den Fördertakt bestimmt.

Bei **Querförderung** kann alternativ die Luft mittig eingeführt werden und dann nach beiden Seiten abströmen. Auch eine Zuführung der Luft von beiden Kanalenden aus und Abführung in der Mitte

wird praktiziert. Dabei gibt es nur ein konstantes Klima der eingeführten Luft. Die Endfeuchte des Trocknungsgutes weist in der Regel größere Streuungen auf.

Kanäle werden vorwiegend dort eingesetzt, wo große Mengen eines für längere Zeit gleich bleibenden und leicht zu trocknenden Materials ohne größere Anforderungen an die Genauigkeit der Endfeuchte getrocknet werden sollen (Bild 9-7). In Schweden und Finnland wird etwa die Hälfte allen Holzes auf diese Weise getrocknet.

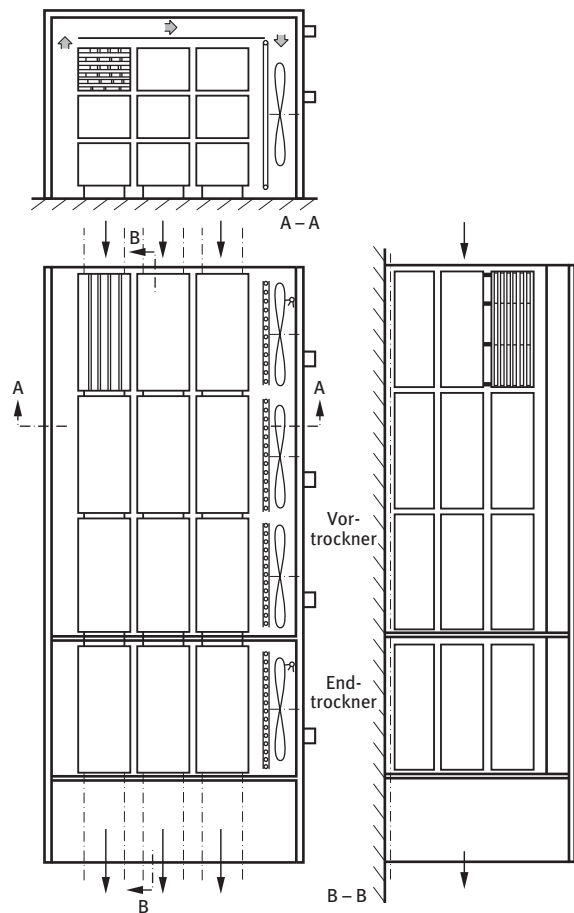


Bild 9-5 Taktdurchlauf-trockner mit Längsförderung der Stapel (Prinzipdarstellung)

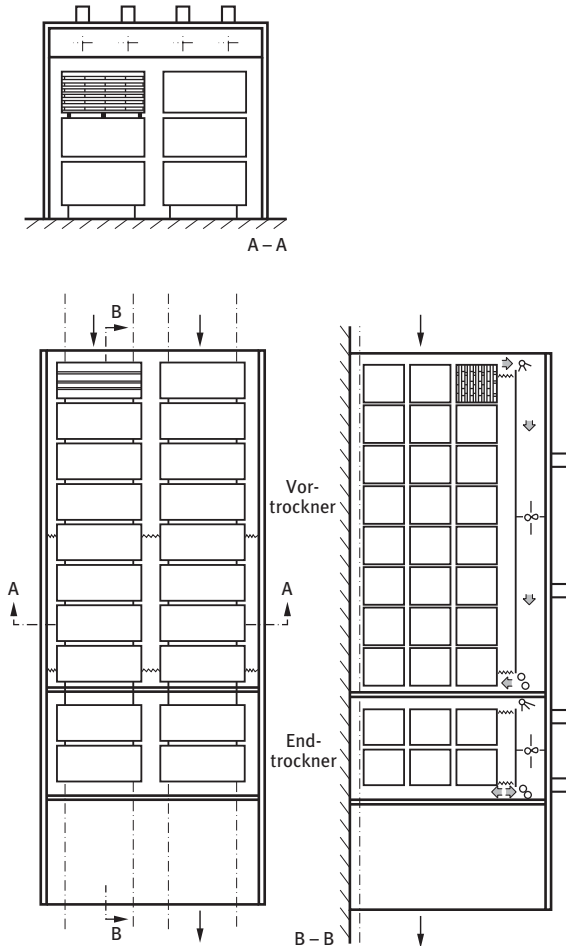


Bild 9-6 Taktdurchlauf-trockner mit Querförderung der Stapel (Prinzipdarstellung)

Für den Bau einer Trocknungsanlage ist zweckmäßigerweise eine **Bauvoranfrage** gemäß Bauordnung des jeweiligen Landes an die zuständige Behörde zu richten. Darauf erfolgt ein schriftlicher **Vorbescheid**. Eine **Genehmigungsfreistellung** wird i. d. R. erteilt, wenn der Trockner nicht mehr als ein Volumen von 75 m³ (oder anders, je nach Bauordnung) umfasst. Angeordnet wird von der Behörde, besonders bei größeren Anlagen, der **Nachweis der Standsicherheit** einschließlich der **Feuerwiderstandsdauer** tragender Bauteile. Ein Gulli führt



Bild 9-7 Beschickseite eines großen Trockenkanals mit Längsanordnung der Stapel, kontinuierlich gefördert auf Rollenböcken (Bild: BRUNNER-HILDEBRAND)

immer zur Notwendigkeit einer Erklärung bezüglich der Abwasserentsorgung. Kammern mit Direktbeheizung, d. h. mit einem Brenner in direktem baulichem Verbund mit der Kammer, werden zusätzlich nach der **Feuerungsanlagenverordnung** beurteilt. Die bei den Behörden einzureichenden Unterlagen hat der vorgesehene Anlagenlieferant bereitzustellen. Das ist bereits vor Auftragserteilung zu vereinbaren. Siehe auch Kap. 15.

9.1 Layout, innerbetrieblicher Transport

Die Holztrocknung soll in den Betrieb geplant eingebunden werden. Damit kann eine erhöhte Wirtschaftlichkeit erzielt werden.

Die **Energieversorgung** der Trocknungsanlage soll auf kurzem Weg erfolgen, um die unvermeidlichen Wärmeverluste zu minimieren. Es ist dafür zu sorgen, dass eine ausreichende Wärmemenge in den Trockenraum gelangt und eine ausreichend hohe Temperatur erreicht wird. Beides ist bei langen Leitungen nicht immer gewährleistet. Die Nutzung der Abwärme wird ebenfalls durch die Distanzen der Übertragung beeinflusst. Einerseits ist ein **Rücklauf** zum Heizkessel nur sinnvoll, wenn ausreichende Restwärme gewonnen werden kann. Andererseits ist die Nutzung der **Abwärme** für weitere betriebliche

Zwecke, z. B. für die Hallenheizung, nur bei kurzen Leitungsstrecken sinnvoll. Daraus ergibt sich, dass die Platzierung der Trocknung nahe dem Kesselhaus und nahe dem Restwärmeverbraucher sinnvoll ist.

Die **optimale Lage im Betriebsablauf** hängt von der Art des Trocknungsbetriebs ab. Häufig steht die Holz Trocknung am Anfang einer Produktion. In diesem Fall wird die Trocknungsanlage optimal eingeplant zwischen dem Frischholzlager und einem der Fertigung vorgelagerten Trockenholzlager, das zur Vorratshaltung und zum Ausklimatisieren des Holzes dient. Dieses Lager einzurichten, ist ebenfalls zweckmäßig, wenn das Holz den Betrieb ohne weitere Bearbeitung verlassen soll, weil durch Klimaausgleich die Holzqualität eher gewährleistet werden kann.

Im Produktionsbetrieb sollte der Trocknungsvorgang in die **Fertigung** integriert werden. Optimal für die Trocknung ist, wenn das Schnittholz ungetrocknet zunächst zu Zuschnitten (Rohfriesen, Kanteln o. ä.) aufgearbeitet, und dann erst gestapelt und getrocknet wird. Anschließend muss klimatisiert werden, bevor eine Weiterbearbeitung oder der Abtransport erfolgt. In diesem Fall werden Trocknungsanlagen auch in Hallen inmitten der Produktion aufgestellt.

Innerbetriebliche Transporte erhöhen die Kosten, ohne eine Wertsteigerung zu bewirken; eine Minimierung von Transportzeiten erhöht demnach die Wirtschaftlichkeit.

Das zu trocknende Holz soll vor dem Beschicken nahe der Trocknungsanlage bereit gestellt sein. Antransport über lange Wege kann die Beschickzeit einer Kammer unzutraglich verlängern. Das fertig getrocknete Holz soll nahe der Trocknungsanlage unter Dach oder wenigstens unter Plane/Folie gelagert werden.

Der **Zeitaufwand** für die Beschickung und Entleerung, zusammenfassend als „**Manipulation**“ bezeichnet, muss zur Gesamttrockenzeit ins Verhältnis gesetzt werden. Je kürzer die Trockenzeit, umso rascher muss beschickt werden können. Wenn z. B.

die Trocknung 30 Stunden benötigt, darf die Manipulation kaum mehr als eine Stunde dauern. Wenn dagegen die Trocknung 500 Stunden dauert, kann das Beschicken und Entleeren auch einen Tag dauern. Zu berücksichtigen ist in jedem Fall, dass **Stillstandszeiten** zur Unwirtschaftlichkeit einer Trocknungsanlage führen können. Ein Blick in die Frühzeit der technischen Trocknung – auslaufend etwa um 1930 bis 1950 – zeigt hier die zweifellos größte Veränderung in der Betriebsweise: Man hat damals das Holz in die Kammern Stück für Stück eingestapelt und nach der Trocknung ebenso wieder herausgeholt.

Die Wahl des **Transportmittels** ist abhängig von der sonstigen Fördertechnik im Betrieb. Allerdings gibt es auch Insellösungen, die speziell auf Trocknungsanlagen zugeschnitten sind.

Gabelstapler werden vor allem als **Frontstapler** häufig für die Manipulation eingesetzt. Der erste, aber nicht sehr logische Grund ist, dass man meist schon Gabelstapler im Betrieb besitzt und der Meinung ist, der oder die vorhandenen Stapler könnten dann für eine neue Trockenkammer auch noch eingesetzt werden. Weil aber tatsächlich die vorhandene Förderkapazität häufig schon ausgelastet ist, werden dann Kammern nur verzögert entleert oder beschickt – mit entsprechenden Mehrkosten für die Trocknung.

In größeren Kammern werden für eine rasche Manipulation auch schon einmal zwei oder drei Stapler eingesetzt. Das ist besonders zweckmäßig bei der Bedienung von großen Kammern mit kleinen Stapeln, z. B. Rohfriesenstapeln. Die Anzahl der Anfahrten zur Beschickung kann bei nur einem Stapler zu untragbar verlängerter Beschickzeit führen.

Mit **Frontstaplern** (Bild 9-1) kann die Manipulation einer Kammer im Einmannbetrieb durchgeführt werden. Bei der Beschickung werden die ersten Stapel gegen fest einbetonierte Polder gefahren, die vor der rückwärtigen Kammerwand stehen. Die nächsten Stapelreihen werden dann jeweils gegen die vorher eingefahrenen Stapel angefahren und abgesetzt. Diese Art der Beschickung führt allerdings immer wieder zu Problemen, weil Bretter sich gegeneinander verschieben und dann kein durchgehender Luftspalt mehr für die Durchlüftung mehr zur Verfügung steht.

Seitenstapler benötigen für die Beschickung mehr Platz in einer Kammer (Bild 9-8). Sie sind dafür besser geeignet für den Transport von Stapeln über eine weitere Strecke.



Bild 9-8 Beschickung einer Trockenkammer mit Bauholz. Ein Gleiswagen wird durch einen Seitenstapler beladen (Bild: EISENMANN)

Gleisgebundene Rollwagen sind durch die Stapler vom Spitzenplatz verdrängt worden, sie waren früher am häufigsten im Einsatz. Das hing damit zusammen, dass auch sonst Sägewerke dieses Fördersystem im ganzen Betrieb eingerichtet hatten. Ausgedient haben Rollwagen heute nicht. Sie sind robust, langlebig und wartungsarm. Vielfach wird besonders geschätzt, dass die Stapel vor dem Beschicken auf den Wagen fertig vorbereitet werden (Bild 9-8) und dann mit geringen Zeitaufwand in die Kammern geschoben oder gezogen werden können. Den Spitzenplatz bezüglich der Manipulationszeit nehmen Kammern mit stirnseitig gegenüber liegenden Toren ein. Mit einer Winde oder einem Gabelstapler können in diesem Fall die Wagen mit den getrockneten Stapeln ausgeschoben und zugleich das frische Holz eingezogen werden. Die Rollwagenmanipulation ist nur möglich, wenn die Kammern nicht zu groß sind. Zwar kann man Gleise nebeneinander verlegen und damit mehrere Stapelstränge nebeneinander transportieren. In der Höhe ist aber bei ca. 3,5 m eine Grenze, die zu überschreiten aus Stabilitätsgründen und wegen des Transportgewichts nicht empfehlenswert ist.

Neben der Kammergröße gibt es weitere Gründe, warum die Anwendung der gleisgebundenen Rollwagen zurückgeht. Zum Be- und Entladen der Wagen ist ein Gabelstapler notwendig. Die Manipulation der leeren Wagen ist umständlich und wird ebenfalls meist mit Gabelstapler bewerkstelligt, der jeweils einen ganzen Stapel von Wagen an die für die Beladung richtige Seite transportiert. Wenn hier auf Gabelstapler verzichtet wird, so müssen vor den Kammern und auch an Abładestellen Querverschiebeebenen vorhanden sein. Schließ-



Bild 9-9 Einfahrseite eines Trockenkanals mit Querförderung. Die Stapel werden auf Gleiswagen bewegt, deren Spurräder quer montiert sind. Die Wagen klinken in Drahtseilzüge ein

lich sind die Kosten zu berücksichtigen. Bei größeren Kammern sind die Beschaffungskosten der Wagen höher als jene eines großen Gabelstaplers. Hinzu kommt das Verlegen von Gleisen. Diese stellen, selbst wenn unter Flur verlegt, immer eine Schwachstelle bezüglich Kammerdichtigkeit und Wärmedämmung unterhalb der Tore dar.

Rollwagen können auch für Querförderung ausgerüstet sein, wenn nämlich die Achsen der Gleisräder parallel zur Längsachse montiert sind. Sie werden nur speziell für Trocknungsanlagen verwendet, eine Nutzung außerhalb der Trocknungsanlage scheint kaum vorteilhaft.

Eine besondere Eignung besitzen **Gleiswagen** für die Förderung von Holz durch Trockenkanäle. Sie können mit Seilzügen oder Kettenschiebern kontinuierlich oder taktweise bewegt werden (Bild 9-9).

Insbesondere für Durchlauftrockner werden auch **Rollbahnen** oder **Kettentransportvorrichtungen** mit Quertraversen verwendet. Problematisch ist dabei die Wartung wegen der aggressiven Atmosphäre in den Trocknern.

Weitgehend wartungsfrei sind **Hubwagen**, die auf Gleisen laufen oder auch gleislos fahren können. Sie unterfahren einen Stapel, heben ihn an, verfahren ihn in die Kammer und setzen ihn dort auf seitlichen Mauerbänken ab (Bild 9-10). Ein gleisloser Wagen kann einen Stapel direkt in die Fertigungshalle bringen. Für große Kammern sind diese Förderer nicht geeignet, die Manipulation dauert zu lang.



Bild 9-10 Stapel sind durch einen Hubwagen auf zwei Mauerbänken in der Kammer abgestellt worden

Diese kurze Aufzählung ist nicht erschöpfend. Mancher Betrieb benutzt ein selbst zusammengestelltes Transportsystem. Wesentlich ist die Planung bereits vor einer Investition, weil man durch die Entscheidung zu einem Fördermittel festgelegt wird. Unglücklich wird die Situation, wenn der Betrieb erweitert wird und dann das einmal beschaffte Fördermittel nicht mehr passt. Daher müssen zukünftige Planungen für den Betrieb nach Möglichkeit in die Entscheidung für Transportmittel einbezogen werden.

9.2 Konstruktion

9.2.1 Ganzmetallkammern

Für Ganzmetallkammern ist ein **Fundament** notwendig. Dieses wird nach dem Plan des Kammerlieferanten betoniert. Es ist auf die Belastung durch

die Stapel zuzüglich der Transportmittel auszuliegen. Unter der Betonplatte ist eine ca. 50 mm dicke befahrbare **Schwerlastisolierung** als Wärmedämmschicht einzubringen. **Abwasserrinnen** für das Kondensat sind vorzusehen. Der Boden insgesamt sollte ein Gefälle von ca. 1,5 % besitzen. Falls ein Ablauf eingebaut werden soll (siehe Kap. 14), muss dieser ein **Schwerlastgulli** sein. Vor der Kammer muss eine befahrbare **Schwerlastrinne** eingeplant werden. Für die Abführung des Regenwassers ist zu sorgen. Als Basis für die Kammerwände sollte ein Sockel von ca. 30 cm Höhe betoniert werden, der als **Anfahrerschutz** dient sowie dafür sorgt, dass kein Bodenwasser von einer Kammer zur anderen läuft. Für die Kammertragelemente werden Aussparungen vorgesehen. Als einfachere Ausführung wird oft eine ebene Bodenplatte hergestellt und die Gerüstkonstruktion dann einfach aufgeflanscht.

Bei geplanter Beschickung mit Frontstaplern müssen **Widerlager** ins Fundament einbetoniert werden. Sie sind notwendig, um die erste Stapelreihe richtig zu platzieren, weil der Stapel nach Anfahren am Widerlager abgesetzt wird.

Tragende Elemente der Kammer sind verschweißte Aluminiumprofile, für die ein statischer Nachweis zu erbringen ist. Je nach Kammergröße und Situation sind zusätzliche **statische Elemente** einzubauen. Bei Aufstellung im Freien sind **Windlast** gemäß DIN 1055-4 und **Schneelast** gemäß DIN 1055-5 zu berücksichtigen.

Die Kammerwände sind zweischalig aufgebaut. Die Innenschalen und auch metallische Einbauteile werden vorzugsweise aus Reinaluminium (Al 99,8 %), aus den Legierungen AlMg3, AlMgSi1 oder aus Edelstahl hergestellt. **Korrosion** kann trotzdem auftreten, sie ist entweder auf die Alkalität des Sprühmediums oder chemische Reaktion mit anderen Metallen zurückzuführen – Ursachen, die bei einiger Sorgfalt abgestellt werden können. Stahlträger und Stahlblech gelten als überholt. Zwar gibt es hervorragende Beschichtungen, jedoch können kleinste Beschädigungen wegen der aggressiven Kammeratmosphäre zur Korrosion führen.

Die **Außenschale** ist meist aus Aluminium, jedoch kann auch ein anderer Werkstoff gewählt werden. So wird eine Kammer in einem Gebirgsort oft nur genehmigt, wenn sie mit Holz verschalt wird. Wesentlich ist vor allem, dass die Außenschale hinterlüftet wird. Die Wärmedämmung besteht meist aus Mineralfaserdämmplatten mit 120 ... 200 mm Dicke je nach Klimabeanspruchung.

Die Wand wird an der Baustelle zusammengesetzt. Trocken Wetter ist Voraussetzung, weil die Dämmplatten keinesfalls nass verbaut werden dürfen. Selbst bei Kunstharzimpregnierung der Platten ist trockener Einbau wichtig.

Alle Fugen müssen sorgfältig gedichtet werden. Die Dichtung muss säureresistent und temperaturbeständig sein. Meist kommt Silikonkautschuk zum Einsatz. Für die Dichtigkeit der Wände, Decken und Anschlüsse sollte vom Hersteller eine Gewährleistung von ca. zehn Jahren übernommen werden.

Üblicherweise wird gefordert, dass der Wandaufbau keine **Wärmebrücken** enthalten darf. Zu bedenken ist aber, dass es für die unvermeidlichen Durchbrechungen der Wände für Tore, Türen, Schächte, Rohr- und Kabeldurchführungen sowie für die kritische Fuge am Fuß der Wand bisher kaum einen Ansatz zu wirksamer Wärmedämmung gibt. Selbst die Forderung nach Dämmung der häufig ziemlich großen Klappen wird von Herstellern nur ungern akzeptiert. **Wärmebrücken** sind bei aufgeheizter Kammer von außen durch Abfühlen festzustellen. An den warmen Stellen schlägt sich innen Kondensat (Schwitzwasser) nieder. Folge davon sind erhöhter Wärmeverlust sowie Verringerung der Luftfeuchte, daraus resultieren Probleme mit der Klimaführung, vor allem beim Aufheizen (siehe Kap. 5.2.).

Die Wand wird meist auf die Außenkanten des Traggerüsts montiert, um auf diese Weise eine glatte Außenfläche des Bauwerks zu bekommen. Möglich ist aber auch die Montage von innen mit dem Vorteil, dass die Stützen außerhalb des Beschickungsraums stehen und nicht der Gefahr ausgesetzt sind, beim Manipulieren der Stapel beschädigt zu werden.

Zum Schutz innenliegender Stützen und Wände können auch Holzbohlen in geeigneter Höhe umlaufend oder wenigstens an den Seiten angebracht werden. Dazu muss als Tragelement eine Alu-Schiene vom Hersteller vorgesehen werden.

Die Kammern können in einer Halle aufgestellt werden. Größere Kammerbatterien stehen aber normalerweise im Freien. Dann erhalten sie ein **Schutzdach**, unter dem auch ein Bedienungsraum Platz finden kann. Die notwendige Zugangsleiter zum Dach muss mit einem Sperrmechanismus nach Richtlinie der Berufsgenossenschaft versehen werden, damit Unbefugten der Aufstieg verwehrt wird.

Oft trifft man noch Kammern in **Kassettenbauweise** an. Die Kassetten bestehen aus einem Kern aus Dämmstoff und einer geschlossenen Rundumbeplankung mit Alu-Blech. Die Montage der Kassetten ist zeitsparend. Allerdings werden die um die Kanten herum gezogenen Bleche leicht zu Wärmebrücken, wenn die Fugen nicht besonders gedämmt werden.

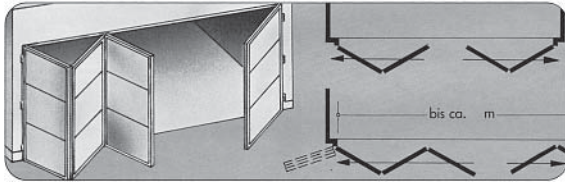
Im Inneren der Kassettenelemente kann sich bei großem Temperaturunterschied zwischen Innen- und Außenluft wegen fehlender Hinterlüftung Kondensat bilden. Durch den Druck des eingeschlossenen Wasserdampfs erscheinen Dampfbeulen am Außenblech. In der Folge wird die Wärmedämmung, z. B. aus Styropor, zerstört oder zumindest durchnässt.

Die Konstruktion der **Tore** entspricht meist dem Wandaufbau. Die Einfass- und Anschlagrahmenkonstruktion wird aus Alu-Profilen hergestellt, die Innenschale aus dem gleichen Material wie in der Kammer. Die Wärmedämmung ist in gleicher Art und Dicke auszuführen wie bei der Kammerwand. Tore und Türen werden mit speziellen Abdichtungen versehen, die leicht austauschbar sein müssen. Die Varianten der Trocknertore sind in Bild 9-11 dargestellt.

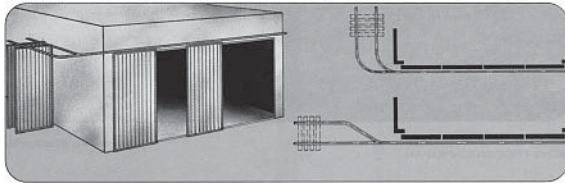
Beschläge und Montagematerial in der Anlage (Dübel, Schrauben, Muttern u. a.) müssen je nach technischer Beanspruchung in Edelstahl, Alu oder Spezialkunststoffen ausgeführt werden.



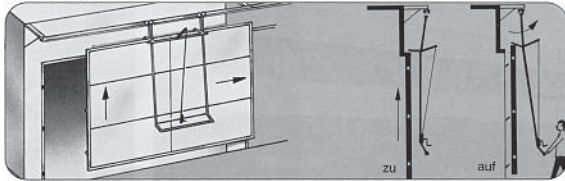
a)



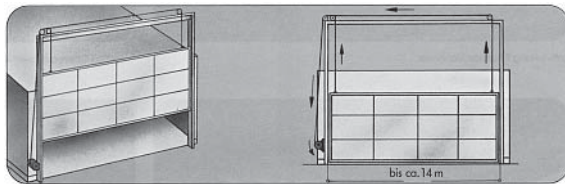
b)



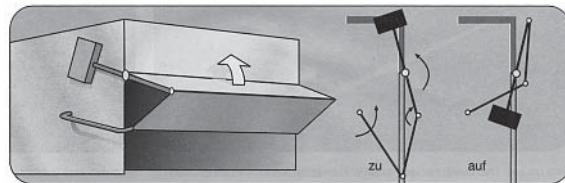
c)



d)



e)



f)

Bild 9-11 Varianten von Trocknertoren (von oben nach unten). (Bild: BRUNNER-HILDEBRAND)

- a) Flügelator, ein- und zweiflügelig, für kleinere, rollwagenbeschickte Trockner bis zu ca. 5 m Torbreite,
 b) Falttor, bei breiten Toren und beengten Raumverhältnissen, bis 14 m Breite
 c) Lamellen-Schiebetor, raumsparend in geöffnetem Zustand
 d) Hebe-Schiebetor, für große Toröffnungen bis ca. 18 m Torbreite in ein- und zweiteiliger Ausführung. Gute Abdichtung durch Verwendung des Eigengewichts als Anpressdruck. Bei Doppelkammern nur ein Laufwagen erforderlich
 e) Hubtor, für große Toröffnungen bis ca. 14 m. Bedienung mit Seilwinde. Auch für Durchlauftrockner mit Taktbetrieb geeignet
 f) Hub-Falttor, Schwing-Falttor, bei Toröffnungen bis ca. 14 m und beengten Platzverhältnissen für Einzelkammern. Hubvorgang manuell oder elektrisch

Ein Vorteil der hier beschriebenen **Ganzmetallkammern** ist die Möglichkeit der Demontage und Umsetzung der Kammer. Weiter ist für den gesamten Trockner nur ein Lieferant zuständig, wenn man vom Fundament absieht.

Für Trockenkanäle aus Metall gelten die gleichen Bauprinzipien.

9.2.2 Gemauerte Anlagen

Diese Art der Konstruktion ist in Europa fast verschwunden, aber in Ländern mit niedrigen Löhnen durchaus noch Standard. Dort ist die Massivbauweise kostenmäßig einer Ganzmetallkammer überlegen. Bestimmte Regeln sind zu beachten. Das Fundament muss in gleicher Weise ausgeführt werden wie bei Ganzmetallkammern. Die Mauern müssen zweischalig ausgelegt sein, um eine ausreichende Wärmedämmung zu erreichen. Bei aneinander gebauten Kammern muss auch die Trennmauer zweischalig sein, weil sonst die Einzelregelung der Kammern unmöglich ist. So kann z. B. eine Kammer nicht kontrolliert abgekühlt werden, wenn die benachbarten Kammern auf hoher Temperatur fahren. Als **Baumaterial** wird Beton oder auch Ziegelmauerwerk verwendet. Die Decke ist normalerweise aus Beton und muss auf der Mauerkrone schwimmend aufgelegt werden, z. B. auf einer Gleitschicht aus Kunst-

stoff, weil mit erheblicher Wärmedehnung und -schrumpfung zu rechnen ist. Wird das versäumt, werden bald Risse im aufsteigenden Mauerwerk auftreten. Diese Grundlagen für eine ordnungsgemäße Bauausführung erhält der Käufer einer Kammer mit dem Bauplan. Gebaut wird dann mit lokalen Firmen. Geliefert und montiert werden vom Kammerhersteller nur die Einbauteile, für die gemäß Plan Aussparungen o. ä. freigelassen sind.

Es gibt Gründe, die diese Kammern als weniger vorteilhaft erscheinen lassen:

- Für gemauerte Anlagen gibt es zwar spezielle Zementputze und bitumenhaltige Anstriche. Das Mauerwerk muss jedoch trotzdem innen zum Schutz vor der aggressiven Kammeratmosphäre alljährlich gestrichen werden, was eine Unterbrechung des Kammerbetriebs über mehrere Tage bedeutet.
- Ein Versetzen der gemauerten Kammer bei betrieblichen Umplanungen ist ausgeschlossen, ein Abbruch die Folge.
- Die Steuerung des Klimas ist auch bei guter Wärmedämmung schwerfällig, weil das massive Mauerwerk erheblich Wärme speichert, d. h. beim Aufheizen Wärme schluckt und beim Abkühlen nur ungerne wieder abgibt.

9.2.3 Stahlkessel, Stahlkammern

Diese druckfesten Behälter werden bei Anwendung von Über- oder Unterdruck eingesetzt, siehe Kap. 6.

9.3 Klimatechnische Ausstattung

9.3.1 Wärmeenergie

Holztrocknungsanlagen sind häufig die größten Wärmeverbraucher in einem Betrieb. Daher ist es unerlässlich, die Wärmeversorgung genau zu planen, um die Wirtschaftlichkeit nicht zu gefährden. Für den ganzen Betrieb sollte daher eine **Wärmebilanz** aufgestellt werden. Hierfür ist ein Energie-

fachmann beizuziehen. In den nachfolgenden Kapiteln wird die Trocknungsanlage lediglich wärmetechnisch betrachtet.

9.3.1.1 Zuführung der Wärme

In den meisten Holztrocknungsanlagen dient die **Luft** als Heizmedium. Sie muss erwärmt werden und wird dazu über Wärmetauscher geleitet. Gleichmäßigkeit der Heizung ist wichtig. Lokale Strahlung ist zu vermeiden. Die Wärmetauscher sind unterschiedlich ausgebildet, meistens handelt es sich um Rippenrohre. Zur Beheizung der Wärmetauscher dient normalerweise eine Heizkesselanlage, die in der Holzindustrie oft mit Holzresten beheizt wird (LWF 2003).

Mögliche **Wärmeträger**:

- Warmwasser (drucklos), Vorlauf bis 95 °C, keine externe Überwachung vorgeschrieben
- Heißwasser (Überdruck)
- Dampf (Nieder- oder Hochdruck)
- Thermoöl (drucklos)
- elektrische Widerstandsheizung, allerdings aus Wirtschaftlichkeitsgründen kaum zu finden.

Wärmetauscher

Rippenrohre aus Bimetall. Sie bestehen aus einem Stahlrohr mit aufgewalzten Aluminium-Rippen (Bild 9-12). Stahl ist weitgehend unempfindlich gegen Kesselwasser, jedoch gegenüber der sauren Kammerluft nicht ausreichend korrosionssicher. Daher werden Heizrippen aus Aluminium aufgewalzt, das widerstandsfähig gegen Säuren ist. Dagegen ist eine Rohrleitung aus diesem Material nicht möglich, weil Zusätze des Kesselwassers das Aluminium angreifen. Beheizt werden kann durch Warmwasser, Dampf oder Thermoöl. Die Stahlrohre für Vor- und Rücklauf sind außerhalb der Heizrippen dem Kammerklima ausgesetzt. Sie müssen durch säurefeste Anstriche gegen Korrosion geschützt sein. Zweckmäßig ist eine **Frostschutzaktivierung** über Temperaturfühler im Rücklauf des Heizregisters.