

RICHTLINIE

TROCKNUNG NACH WASSERSCHÄDEN IM HOLZBAU

Version 01 | Juni 2021



Richtlinie

Trocknung nach Wasserschäden im Holzbau

Autor

DI Florian Tscherne

DI Sylvia Polleres

Dipl.-HTL-Ing. Irmgard Matzinger

Beteiligte Firmen

Fachverband der Holzindustrie Österreichs

Belfor Austria GmbH

Feuer & Wasser Schadensanierung Ofner GesmbH

Mibag Sanierungs GmbH

Wien, Juni 2021

INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung	5
2	Sechs Schritte zu einer erfolgreichen Trocknung.....	6
3	Holz und Holzfeuchtigkeit.....	7
3.1	Wirkung von erhöhter Feuchtigkeit auf Holz	8
3.1.1	Holzverfärbende Pilze	8
3.1.2	Holzerstörende Pilze.....	8
3.1.3	Quellen des Holzes.....	10
3.2	Bestimmung der Holzfeuchtigkeit	10
3.2.1	Messung des elektrischen Widerstandes	11
3.2.2	Kapazitive Holzfeuchtemessung	12
3.2.3	Darrmethode	13
4	Trocknungstechniken	13
4.1	Trocknung bei Umgebungsbedingungen	14
4.2	Trocknung mit Kondensationstrocknern.....	15
4.3	Trocknung mit Adsorptionstrocknern.....	16
4.4	Überdruck- und Unterdrucktrocknung.....	18
4.5	Trocknung mit Infrarotstrahlern	19
5	Trocknungsmaßnahmen im Holzbau	20

5.1	Vorarbeiten	20
5.2	Tramdecken	21
5.2.1	Aufbau Tramdecken	21
5.2.2	Trocknung von Tramdecken	22
5.3	Doppelbaumdecken	23
5.3.1	Aufbau Doppelbaumdecken	23
5.3.2	Trocknung von Doppelbaumdecken	25
5.4	Holz-Beton-Verbunddecken	25
5.4.1	Aufbau Holz-Beton-Verbunddecken	25
5.4.2	Trocknung von Holz-Beton-Verbunddecken	26
5.5	Massivholzkonstruktionen (z.B. Brettsperrholzdecken und -wände)	27
5.5.1	Aufbau Massivholzkonstruktionen	27
5.5.2	Trocknung von Massivholzkonstruktionen	28
5.6	Holzrahmenwände	29
5.6.1	Aufbau Holzrahmenwände	29
5.6.2	Trocknung von Holzrahmenwänden	30
6	Literatur	32

1 **Einleitung**

Dieses Dokument fasst Erkenntnisse des in den Jahren 2017-2019 gelaufenen Forschungsprojektes „Brand.Wasser.Schaden“, Erfahrungen aus der Begutachtung von durchgeführten Trocknungsmaßnahmen bei Wasserschäden sowie Literaturangaben zusammen. Diese Richtlinie soll den Stand der Technik festhalten und vor allem als Information für ausführende Sanierungs- bzw. Trocknungsfirmen als auch für ausschreibende Stellen und Gebäudeversicherungen dienen.

Im Jänner 2019 wurde der „Leitfaden zur technischen Bauteiltrocknung“ vom Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus veröffentlicht. Dieser Leitfaden „versteht sich als Verfahrensanweisung und Handlungsempfehlung zur Durchführung von technischen Bauteiltrocknungen“, die Empfehlungen sind nicht nur auf einzelne Baustoffe bezogen. Auch der Baustoff Holz wird darin behandelt, allerdings nur in eingeschränktem Ausmaß. Die vorliegende Richtlinie ist als Ergänzung zu dem Leitfaden anzusehen und zu verwenden. In der Richtlinie wird spezifisch auf konkrete Fragestellungen und Herausforderungen bei der Trocknung von durchfeuchteten Holzkonstruktionen eingegangen. Zu physikalischen Grundlagen von Wasser und Feuchtigkeit sowie zu genaueren Beschreibungen der technischen Geräte zur Bauteiltrocknung sei auf den Leitfaden verwiesen.

Bezüglich einer möglichen Schimmelbelastung und deren sachgerechten Sanierung sei insbesondere auf den „Leitfaden zur Vorbeugung, Erfassung und Sanierung von Schimmelbefall in Gebäuden – Schimmelleitfaden“, ebenfalls im Jänner 2019 vom Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus herausgegeben, verwiesen.

Bezüglich der Sanierung von Pilzschäden an durchfeuchteten Holzkonstruktionen wird auf die Angaben in der ÖNORM B 3802-Teil 4 – „Holzschutz im Bauwesen - Bekämpfungs- und Sanierungsmaßnahmen gegen Pilz- und Insektenbefall“ verwiesen.

2 Sechs Schritte zu einer erfolgreichen Trocknung

1. Bestimmung der Verteilung von kritischer Feuchtigkeit in der Konstruktion (Holz und angrenzende Bauteile).
2. In vielen Fällen Öffnen der Konstruktion, Entfernen von durchfeuchteter Beschüttung und Dämmmaterial.
3. Untersuchung auf feuchtebedingten Schädlingsbefall, vor allem Schimmel und holzzerstörende Pilze.
4. Beseitigung von Schädlingsbefall in Abhängigkeit von Schädlingsart und Schadensausmaß, einschließlich statisch notwendiger Maßnahmen.
5. Verwendung von technischen Trocknungstechniken, passend zur vorhandenen Konstruktion und Intensität der Durchfeuchtung.
6. Kontrolle des Trocknungserfolges durch Feuchtemessungen während und bei Abschluss der Trocknung.

3 Holz und Holzfeuchtigkeit

Holz ist ein hygroskopischer Baustoff, es kann Wasser aufnehmen und abgeben. Dies gilt sowohl für flüssiges Wasser als auch für Feuchtigkeit aus der Umgebungsluft.

Holz passt sich in seinem Feuchtegehalt dem umgebenden Klima (Temperatur und rel. Luftfeuchtigkeit) an. Je höher die Luftfeuchtigkeit, desto höher ist auch die sogenannte Holzausgleichsfeuchtigkeit. Zum Erreichen dieses Ausgleichszustandes braucht es allerdings (eine gewisse) Zeit. Sowohl beim Auffeuchten als auch beim Abtrocknen. Die höchste Feuchtigkeit, die Holz, das schon einmal trocken war, aufweisen kann, ohne in Kontakt mit flüssigem Wasser gewesen zu sein, bezeichnet man als Fasersättigung oder Fasersättigungsbereich. Das Wasser ist in den Zellwänden gebunden, die Hohlräume (Lumina) der Zellen sind noch frei von Flüssigwasser. Bei Fichtenholz liegt der Fasersättigungsbereich bei ca. 30 %. Das bedeutet wiederum, dass Holz, das eine Holzfeuchtigkeit über 30 % aufweist, mit Flüssigwasser in Kontakt gekommen sein muss. Dabei kann es sich auch um kondensierte Feuchtigkeit in einer Konstruktion handeln.

Wenn Holz mit Flüssigwasser in Kontakt kommt, wird das Wasser auch in die Hohlräume der Holzzellen aufgenommen, die Holzfeuchtigkeit liegt dann über der Fasersättigung. In den Hohlräumen der Holzzellen ist das Wasser zB für Pilze leichter verfügbar, weshalb holzerstörende Pilze Holz erst über der Fasersättigung befallen und gut abbauen können. Um einen Befall durch holzerstörende Pilze zu verhindern, muss dafür gesorgt werden, dass das Holz keine zu hohe Holzfeuchtigkeit aufweist. Gemäß ÖNORM B 3802 „Holzschutz im Bauwesen“ darf verbautes Holz auf Dauer eine Holzfeuchtigkeit von max. 20 % aufweisen. Dieser gegenüber der Fasersättigung von 30 % um 10 % geringere Grenzwert stellt einen Sicherheitsfaktor dar.

Holz nimmt in Achsrichtung (über Hirnholzflächen) Flüssigwasser besonders schnell und gut auf und das Wasser wird im Konstruktionsteil auch gut weitergeleitet (Kapillarkräfte). Daher sind Befeuchtungen an den Enden von Konstruktionsteilen besonders kritisch, wie zB bei Balkenköpfen oder Holzrahmenbauteilen.

Wenn durchfeuchtetes Holz getrocknet wird, entweicht zunächst das Flüssigwasser aus den Hohlräumen der Holzzellen. Dieser Teil der Trocknung braucht verhältnismäßig wenig Energie und geht relativ schnell. Unterhalb der Fasersättigung ist der kapillare Wassertransport unterbrochen, es müssen höhere Bindungskräfte des Wassers in den Zellwänden überwunden werden. Dies erfordert einen höheren Energieeinsatz und benötigt auch mehr Zeit.

3.1 Wirkung von erhöhter Feuchtigkeit auf Holz

3.1.1 Holzverfärbende Pilze

Wenn Holzbauteile z.B. in Folge eines Wasserschadens feucht werden, können schon nach kurzer Zeit holzverfärbende Pilze die Oberfläche des Holzes besiedeln. Zu diesen holzverfärbenden Pilzen werden Bläue- und Schimmelpilze gezählt.

Schimmelpilze bewachsen Holz oberflächlich. Bläuepilze hingegen können Holz nicht nur oberflächlich bewachsen, sondern auch den gesamten Splintbereich von anfälligen Holzarten durchwachsen. Bläuepilze und Schimmelpilze ernähren sich von Inhaltsstoffen der Holzzellen, die Zellwände werden nicht angegriffen. Insofern bewirken Bläuepilze und Schimmelpilze keine Festigkeitsverluste und auch keine Fäulnis des Holzes.

Sporen von Schimmelpilzen besitzen ein allergenes Potential, d.h. sie können Allergien hervorrufen, manche Schimmelpilze sind potenzielle Toxinbildner, d.h. Stoffwechselprodukte von diesen Schimmelpilzen können eine toxische Wirkung haben. Letztendlich können einige wenige Schimmelpilze infektiöse Wirkungen aufweisen, dies betrifft aber hauptsächlich immungeschwächte Personen. In Anbetracht der möglichen Effekte von Schimmelpilzen sollte eine Minimierung der Exposition angestrebt werden. Dies ist besonders wichtig bei Personen mit bestehender Schimmelpilz-Erkrankung und bei Risikopersonen. Dauerhafte Mehrbelastungen, wie z.B. eine kontinuierliche Innenraumquelle als Folge eines Feuchteschadens, sollten vermieden werden.

Ein Bewuchs durch holzverfärbende Pilze ist immer ein Indikator für zu hohe Feuchtigkeit, in der Folge ist ein Befall auch durch holzzerstörende Pilze möglich. Auch aus diesem Grund muss ein Wasserschaden möglichst rasch und umfassend saniert werden.

Um einen Befall durch holzverfärbende Pilze zu verhindern, dürfen Holzbauteile **auch kurzfristig keine Holzfeuchtigkeit über 20 % aufweisen**. Entsprechend dem „Leitfaden zur technischen Bauteiltrocknung“ ist zum Vermeiden eines Schimmelbefalls an Bauteiloberflächen meist das Absenken der Innenraumluftfeuchte unter 55 % r.F. ausreichend.

3.1.2 Holzerstörende Pilze

Holzerstörende Pilze ernähren sich von der Holzsubstanz, erzeugen damit einen Masseverlust und können die Festigkeit des befallenen Holzbauteils massiv herabsetzen. Wenn der holzerstörende Pilz aufgrund einer langandauernden Durchfeuchtung das Holz ungestört abbauen kann, ist ein Versagen der Holzkonstruktion möglich. Holzerstörende Pilze arbeiten oft im Verborgenen, wie zB unter Fußbodenbelägen, hinter Wandverkleidungen, in Deckenkonstruktionen oder auch im Freien unter einer schützenden Lackschicht. Ein Pilzbefall kann z.B. aufgrund folgender Merkmale bemerkt werden:

- Sichtbare Teile von holzerstörenden Pilzen, wie Pilzmyzel oder Fruchtkörper („Schwammerl“)
- Sichtbare Braunfäule („Würfelbruch“), Weißfäule („Fasriges Holz“)
- Verstärkte Rissbildung am betroffenen Holzbauteil
- Offensichtliches Versagen des Bauteils
- Einsinken einer Fußbodenkonstruktion (meist ist die Unterkonstruktion des betroffenen Fußbodens, wie Blindboden und Staffeln, geschädigt)
- Deckenabsenkungen, verstärkte Rissbildungen am Deckenputz
- Vermehrtes Auftreten von Ameisen (diese nutzen den pilzgeschädigten Holzbauteil als Lebensraum und räumen dafür geschädigtes Holz heraus)

Im Wesentlichen kommen an verbaute Holz zwei Schadenstypen von holzerstörenden Pilzen vor:

- Bei der **Braunfäule** (Abbildung 1) wird vom Pilz vor allem die Zellulose des Holzes abgebaut, sodass das braune Lignin übrigbleibt. Wenn das braunfaule Holz trocken ist, entsteht ein sogenannter Würfelbruch, ähnlich verkohltem Holz. In Gebäuden ist dies die weitaus häufigere Erscheinungsform von holzerstörenden Pilzen.
- Bei der **Weißfäule** (Abbildung 1) wird vom Pilz vor allem das Lignin des Holzes abgebaut, sodass die helle Zellulose übrigbleibt. Wenn das weißfaule Holz trocken ist, fühlt es sich fasrig an. Weißfäulepilze kommen vor allem im Freien vor, aber auch fallweise in Gebäuden bei lang andauernden stärkeren Durchfeuchtungen, wie z.B. unter undichten Bädern.

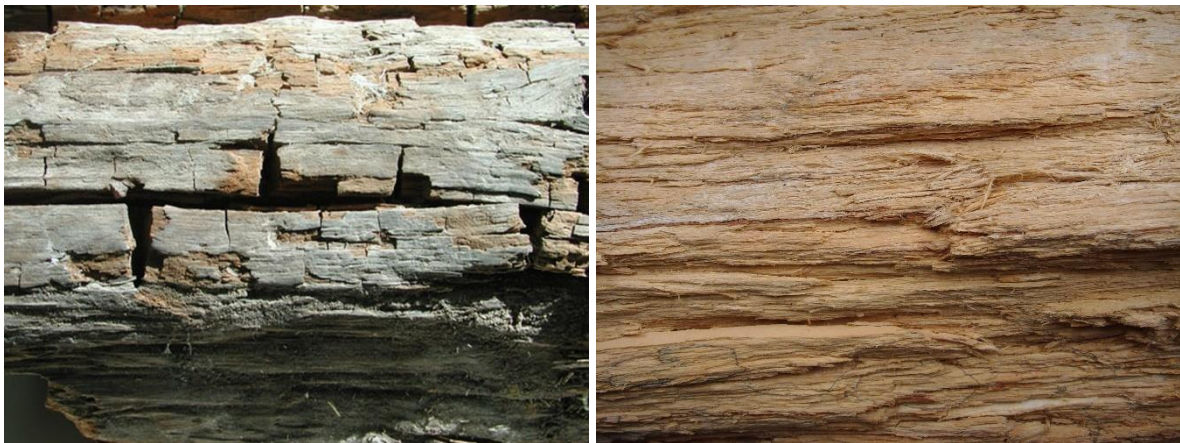


Abbildung 1: Braunfäule (links) und Weißfäule (rechts)

Alle holzerstörenden Pilze benötigen eine deutlich erhöhte Holzfeuchtigkeit, um Holz befallen und abbauen zu können. Die Feuchtigkeit kann von verschiedenen Quellen stammen, wie z.B. undichten wasserführenden Rohren oder Anschlüssen in Nassbereichen, undichte Dacheindeckungen, Kondensatbildung in der Konstruktion, aufsteigende Feuchtigkeit vom Untergrund und letztlich auch von eingebrachtem Löschwasser. Immer gilt es, die

Feuchtequelle, nachdem sie gefunden wurde, so rasch als möglich zu beseitigen und zu trocknen, um einen Befall durch Pilze bzw. deren weitere Ausbreitung zu verhindern.

Bei der Sanierung eines Befalls durch holzerstörende Pilze ist die ÖNORM B 3802-Teil 4 – „Holzschutz im Bauwesen - Bekämpfungs- und Sanierungsmaßnahmen gegen Pilz- und Insektenbefall“ zu beachten. Sie unterscheidet zwischen einem Befall durch einen **Echten Hausschwamm** und allen anderen holzerstörenden Pilzen, die als sogenannte **Nassfäulepilze** zusammengefasst werden. Der Echte Hausschwamm gilt als der gefährlichste in Gebäuden vorkommende holzerstörende Pilz, weil er in der Lage ist auf trockenes Holz überzugreifen, Mauerwerk zu durchwachsen und längere holzfreie Distanzen zu überwachsen. Aus diesem Grund sind die in der ÖNORM B 3802-Teil 4 angeführten Sanierungsmaßnahmen bei einem Hausschwammbefall deutlich umfangreicher als bei einem Befall durch Nassfäulepilze. Bei einem Befall durch holzerstörende Pilze ist es daher wesentlich, festzustellen, ob ein Befall durch einen Echten Hausschwamm vorliegt oder nicht.

3.1.3 Quellen des Holzes

Holz als hygroscopischer Baustoff kann Feuchtigkeit aufnehmen und auch wieder abgeben. Ohne Einwirkung von Flüssigwasser stellt sich bei einem verbauten Holzbauteil eine dem Umgebungsklima (bestimmt durch Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit) entsprechende Holzgleichgewichtsfeuchtigkeit ein. Diese liegt im Innenraum je nach Beheizung zwischen ca. 8 % (trockener zentralbeheizter Wohnraum) und ca. 18 % (nicht ausgebauter kalter Dachstuhl). Zwischen 0 % und der Fasersättigung (ca. 30 %) quillt das Holz bei Feuchteaufnahme (Dimensionsvergrößerung) und schwindet bei Feuchteabgabe (Dimensionsverminderung). Über 30 % ist die Faser mit Wasser gesättigt und es kommt zu keinem weiteren Quellen des Holzes mehr.

Bei Wasserschäden (Flüssigwasser kommt an den Holzbauteil) kommt es zu einer sehr raschen Erhöhung der Holzfeuchtigkeit und damit zu einem maximalen Quellen des Holzes. Dadurch kann es zu Schäden an der Holzkonstruktion kommen, wie zB einem Aufwölben von Massivholzböden, einer Dickenquellung von Holzwerkstoffplatten (zB Spanplatten, OSB-Platten) oder einer Lösung von Holzverbindungen. Nach einem Wasserschaden kann es daher auch notwendig werden, Holzwerkstoffplatten auszutauschen, da diese ihre Funktionstauglichkeit durch die Quellung verlieren können. Von einem Wasserschaden betroffene Konstruktionsteile aus Massivholz können in der Regel nach dem Trocknen verbleiben, da sie wieder ihre Ausgangsdimensionen annehmen.

3.2 Bestimmung der Holzfeuchtigkeit

Für die Bestimmung der Holzfeuchtigkeit eines Holzbauteils stehen verschiedene Methoden zur Verfügung, die in unterschiedlichen Einsatzbereichen ihre Vor- und Nachteile haben.

3.2.1 Messung des elektrischen Widerstandes

Die Messung der Holzfeuchtigkeit anhand des elektrischen Widerstandes des Holzes ist die genaueste Messmethode auf der Baustelle. Dabei werden zwei Messstifte in das Holz geschlagen, gemessen wird der elektrische Widerstand des Holzes zwischen diesen Messstiften. Je höher die Feuchtigkeit des Holzes, desto geringer ist der elektrische Widerstand. Aufgrund der Messtechnik erhält man genaue Messwerte in einem Bereich von mind. 7 % und max. der Fasersättigung. Unter 7 % ist der elektrische Widerstand zu hoch, ab der Fasersättigung zu gering für eine genauere Differenzierung. Werte über 30 % sind daher nicht als Absolutwerte zu sehen, weisen allerdings auf eine deutlich erhöhte Holzfeuchtigkeit hin. Um Messungen nicht nur an der Holzoberfläche, sondern auch in der Tiefe bestimmen zu können, werden auch sogenannte Ramm- oder Hammerelektroden mit isolierten Messstiften verwendet. Damit kann auch ein Feuchteprofil ermittelt werden. Die isolierten Messstifte gewährleisten, dass immer nur an den nicht isolierten Messspitzen gemessen wird. So ist damit zB auch bei oberflächlich feuchten Holzteilen eine sichere Messung der Holzfeuchtigkeit in der Tiefe möglich, dabei ist allerdings auf eine intakte Isolierung der Messstifte zu achten. Bei nicht isolierten Messstiften wird der Feuchtegehalt über die gesamte Länge des Messstifts ermittelt. Damit wird immer der höchste, zwischen den Messstiften befindliche Feuchtegehalt bestimmt.



Abbildung 2: Holzfeuchtemessung mit isolierten Elektroden (Messung des elektrischen Widerstandes)

Bei Feuchteschäden an dickeren Holzbauteilen, wie Trämen, Dippelbäumen oder Massivholzplatten, sollte die Holzfeuchtigkeit auch im Inneren der Bauteile kontrolliert werden.

Dafür können in die Bauteile Löcher vorgebohrt und dann mit Hilfe längerer isolierter Feuchteelektroden die Holzfeuchtigkeit bestimmt werden.



Abbildung 3: Holzfeuchtemessung mit langen Elektroden an einer durchfeuchteten Dippelbaumdecke

Bei der Messung der Holzfeuchtigkeit anhand des elektrischen Widerstandes muss am Messgerät immer die Dichte (meist in Holzarten-Gruppen) und die Temperatur des Holzes eingestellt werden.

3.2.2 Kapazitive Holzfeuchtemessung

Die kapazitive Feuchtemessung basiert auf dem Funktionsprinzip eines Kondensators. Bei den in der Praxis eingesetzten Geräten muss man zwischen speziell für die Holzfeuchtemessung entwickelten Geräten und Universal-Baustoff-Messgeräten mit Kugelelektrode unterscheiden. Die speziellen kapazitiven Holzfeuchtemessgeräte geben die Holzfeuchtigkeit in Prozent an und haben eine vergleichbare Messgenauigkeit wie die Geräte mit Messung des elektrischen Widerstandes. Allerdings sind sie auf die oberflächennahe Messung der Holzfeuchtigkeit eingeschränkt, sie liefern einen Mittelwert der Feuchtigkeit in den obersten Bereichen (Messtiefe bis ca. 20 mm). Andere Materialien, wie zB Metallrohrleitungen, können die Messwerte verfälschen. Für die Messung von Konstruktionsholz werden diese Geräte in der Praxis bisher noch wenig eingesetzt, sinnvoll wäre deren Anwendung zB bei der orientierenden Suche nach Feuchtenestern.

Viel häufiger werden im Bauwesen Universal-Baustoff-Messgeräten mit Kugelelektrode eingesetzt, da damit die Feuchtigkeit von verschiedenen, insbesondere mineralischen Baustoffen gemessen werden kann. In der Regel geben diese Geräte keine absoluten Prozentwerte an, sondern Digits. Mit diesen Geräten können Vergleiche zwischen feuchteren und trockeneren Bereichen durchgeführt werden und damit zB die Ausbreitung eines Wasserschadens ermittelt werden. Eine genaue Bestimmung der Holzfeuchtigkeit kann mit diesen Geräten nicht erfolgen, da sie in der Regel keine Holzfeuchtwerte anzeigen.

Der große Vorteil dieser Messmethode liegt darin, dass sie zerstörungsfrei ist, ein weiterer, dass relativ schnell ein Überblick über die Verteilung der Feuchtigkeit zB in einem Wand- oder Deckenbereich erhalten werden kann.

3.2.3 Darrmethode

Die Darrmethode ist die genaueste Art der Holzfeuchtebestimmung. Sie hat keine Begrenzung des Messbereichs, sie liefert also von 0 % bis zur absoluten Sättigung des Holzes mit Wasser genaue Werte. Das Prinzip beruht darauf, dass die Masse (das Gewicht) einer Holzprobe im feuchten Zustand (m_u) bestimmt wird, dann wird die Probe in einem Darrschrank bei $103 \pm 2^\circ\text{C}$ bis zur Massekonstanz getrocknet und danach wiederum die Masse der trockenen Probe (m_0) bestimmt. Mit folgender Formel kann aus den beiden Massewerten die Holzfeuchtigkeit (u) errechnet werden:

$$u = \frac{m_u - m_0}{m_0} \times 100 [\%]$$

Die Vorteile dieser Methode bestehen darin, dass sie sehr genau ist, unabhängig von Umgebungsbedingungen, weitgehend unabhängig von Holzart oder Vorbehandlungen des Holzes und dass sie keine Beschränkung auf einen Messbereich hat. Der Nachteil liegt darin, dass eine (kleine) Probe entnommen werden muss und die tatsächliche Feuchtebestimmung in der Regel nicht vor Ort durchgeführt werden kann. Diese Methode wird in der Gutachtertätigkeit im Bauwesen vor allem für die Bestimmung der Holzfeuchtigkeit von Parkettholz oder sehr feuchtem Holz angewandt.

4 Trocknungstechniken

Das Ziel der Trocknung von durchfeuchteten Holzkonstruktionen ist, die Holzfeuchtigkeit auf höchstens 20 % zu senken. Dies gilt für alle Holzteile in dem betroffenen Bereich und über die gesamten Querschnitte der Holzteile. Um dies zu gewährleisten wird empfohlen, den Trocknungsfortschritt wiederholt durch Messung der Holzfeuchtigkeit zu kontrollieren. Dabei reicht es in der Regel nicht, die Holzfeuchtigkeit nur an der Oberfläche der betroffenen Holzteile zu bestimmen: Durch die Trocknung kann es zu einer raschen Absenkung der

Holzfeuchtigkeit an der Holzoberfläche kommen, im Inneren der Holzteile kann die Holzfeuchtigkeit jedoch nach wie vor noch stark erhöht sein. Daher sollte zB bei der Trocknung von durchfeuchteten Dippelbaumdecken oder Tramdecken die Holzfeuchtigkeit an den ungünstigsten Stellen (in der Regel die Auflagerbereiche der Balken) im Inneren der Holzteile bestimmt werden.

Um überschüssiges Wasser aus einem durchfeuchteten Holzteil wieder herauszubekommen, können verschiedene Trocknungstechniken angewandt werden. Allen Methoden gemeinsam ist, dass durch die Erzeugung einer ausreichend hohen Partialdruckdifferenz zwischen dem feuchten Holz und der Umgebungsluft Feuchtigkeit aus dem Holz gezogen wird. Je größer die Partialdruckdifferenz ist, desto rascher wird die Feuchtigkeit aus dem Holzteil gebracht werden können. Allerdings besteht bei zu rascher und intensiver Trocknung die Gefahr einer sogenannten Verschalung: Die äußeren Bereiche eines Holzbauteils trocknen zwar rasch aus, dies ist auch durch Holzfeuchtemessungen an der Oberfläche leicht nachweisbar, im Inneren kann jedoch nach wie vor eine hohe Holzfeuchtigkeit vorhanden sein. Die Feuchtigkeit kann dann jedoch durch die sehr trockene Außenschicht und die Unterbrechung der Kapillaren nicht mehr so leicht nach außen abtransportiert werden. Aus diesem Grund kann in der Regel eine langsamere, stetige Trocknung empfohlen werden.

Die Trocknungsdauer hängt von folgenden Faktoren ab:

- Durchfeuchtungsintensität – wie hoch ist die Holzfeuchtigkeit der betroffenen Bauteile und wie tief ist die Feuchtigkeit eingedrungen
- Eingesetzte Trocknungstechnik und deren Leistungsfähigkeit
- Trocknungsgefälle - wie schnell oder stark wird dem Holzbauteil bzw. der Umgebungsluft die Feuchtigkeit entzogen (wobei eine zu rasche und intensive Trocknung die Trocknung des gesamten Holzbauteils auch behindern kann, siehe oben)
- Zugänglichkeit des Holzbauteils für die trockene Luft – wie viel kann freigelegt werden

Die Trocknungsdauer kann dem entsprechend zwischen wenigen Wochen und mehreren Monaten liegen.

4.1 Trocknung bei Umgebungsbedingungen

Wird ein Holzteil ausreichend lange in einem bestimmten Klima gelagert, nimmt er eine spezifische Holzfeuchtigkeit an (Holzausgleichsfeuchtigkeit). Je größer die Partialdruckdifferenz zwischen Holz und Umgebungsluft ist, desto rascher wird die Feuchtigkeit aus dem Holzteil ausdiffundieren. Es kommt auf die Intensität der Durchfeuchtung des betroffenen Holzteils sowie auf die Umgebungsbedingungen an, ob mit einer ausreichend schnellen Abtrocknung gerechnet werden kann. Diese Trocknungsmethode kann daher nur bei gering erhöhten Holzfeuchtwerten (zwischen ca. 20 und 30 %) sowie einer gewährleistet niederen Umgebungsfeuchtigkeit sinnvoll sein. Die betroffenen Holzteile müssen für die

trockene Umgebungsluft zugänglich sei, d.h. sie müssen in der Regel freigelegt werden. In geheizten Räumen ist mit einer rascheren Abtrocknung zu rechnen, dafür muss auch ausreichend gelüftet werden.

Einsatzbereiche: unter Dach, zB Dachstühle

4.2 Trocknung mit Kondensationstrocknern

Die Technik der Kondensationstrocknung besteht darin, dass die Luft des zu trocknenden Raumes an einer kühlen Fläche des Trocknungsgerätes vorbeigeführt wird, wobei die in der Luft enthaltene Feuchtigkeit an der kühlen Fläche kondensiert und damit der Luft entzogen wird. Die getrocknete und dabei abgekühlte Luft wird wieder aufgewärmt und an die Umgebungsluft abgegeben. Damit wird die relative Luftfeuchtigkeit in dem behandelten Raum gesenkt.

Die erzeugte trockene Umgebungsluft entzieht aufgrund der Partialdruckdifferenz dem zu trocknenden Holzteil Feuchtigkeit. Um einen Trocknungserfolg zu erzielen, muss die trockene Luft mit der Holzoberfläche in Kontakt kommen bzw. am besten an dieser vorbeiziehen. Dies kann zweckmäßig durch entsprechende Installation von Ventilatoren forciert werden. Die Auswahl und Anzahl der Geräte sind hinsichtlich ihrer Leistung auf den zu behandelnden Raum bzw. die gestellte Aufgabe abzustimmen.

Das anfallende Kondenswasser wird entweder in einem Behälter im Gerät gesammelt, der wiederholt entleert werden muss, oder es läuft durch einen Schlauch in einen Abfluss im gegenständlichen Objekt (WC, Waschbecken, etc.).

Für eine effektive Trocknung mit Kondensationstrocknern ist das möglichst luftdichte Abschotten des zu behandelnden Raumes notwendig.

Die Trocknung mit Kondensationstrocknern stellt die am häufigsten angewandte Methode bei durchfeuchteten Räumen und damit auch bei der Trocknung von Holzkonstruktionen dar.

Vorteile:

- einfache Technik und damit in der Regel robuste, langlebige Geräte
- günstige Anschaffungskosten
- hohe Effizienz bei relativ geringem Energieverbrauch
- keine zu rasche Abtrocknung, damit Vermeidung von Trocknungsschäden.

Nachteile:

- das Kondenswasser muss abgeführt werden
- Luftverwirbelung und damit zB Verteilung von Schimmelsporen möglich
- eingeschränkter Einsatzbereich hinsichtlich der Umgebungstemperatur (mind. 6 °C).

Einsatzbereiche: in geschlossenen bzw. abgeschotteten Räumen



Abbildung 4: Kondensationstrockner

4.3 Trocknung mit Adsorptionstrocknern

Die Geräte, die zur Bauteiltrocknung eingesetzt werden, arbeiten in der Regel nach dem Rotationsentfeuchtungsprinzip: Die feuchte Raumluft wird vom Gerät angesaugt und durch einen mit Silikagel oder Zeolith beschichteten Rotor geführt, welcher der Luft die Feuchtigkeit entzieht. Die entfeuchtete Prozessluft wird anschließend erwärmt in den Raum zurückgeführt. Mit einer heißen Luftströmung im Gegenstrom des Sorptionsrotors wird die zuvor aufgenommene Feuchte wieder aufgenommen und mit Hilfe des Rotors an die Außenluft abgegeben. Damit müssen diese Geräte einen Abluftschlauch, der aus dem zu trocknenden Raum führt, aufweisen. Üblicherweise führen die Abluftschläuche durch ein Fenster ins Freie.

Vorteile:

- Einsatz auch bei niederen Temperaturen (auch unterhalb 0 C) möglich
- größeres Einsatzspektrum als Kondensationstrockner
- Da die Feuchtigkeit über einen Luftstrom abgegeben wird, muss kein Wasserbehälter geleert werden (Betrieb ohne regelmäßige Kontrolle).
- Die getrocknete Luft hat eine sehr geringe rel. Luftfeuchtigkeit (15 – 20 %).

Nachteile:

- hoher Energieverbrauch
- Die feuchte Regenerationsluft aus dem Gegenstrom des Sorptionsrotors muss an die Außenluft über eine Gebäudeöffnung abgeführt werden.
- Da Luft aus dem Raum abgeführt wird, muss auch für eine entsprechende Zuluft im Raum gesorgt werden.
- Gefahr der Übertrocknung und daraus resultierenden Schäden (zum Beispiel Risse im Holz).

Einsatzbereiche: in geschlossenen bzw. abgeschotteten Räumen



Abbildung 5: Adsorptionstrockner (Foto: Mibag)

4.4 Überdruck- und Unterdrucktrocknung

Die trockene Luft kann bei der Trocknung von eingeschränkt zugänglichen Konstruktionen (zB durchfeuchtete Fußbodenaufbauten im Neubau) durch Überdruck oder Unterdruck in die Konstruktion gebracht werden. Für eine effektive Trocknung müssen in der Konstruktion entsprechende Hohlräume vorhanden sein, durch die die Luft strömen kann.

Beim **Überdruckverfahren** wird die trockene Luft in der Regel durch Einblasöffnungen, die in einem Raster durch den Fußbodenaufbau gebohrt werden, eingeblasen, die angefeuchtete Luft tritt an weiteren angebrachten Abluftlöchern oder auch in den freizulegenden Randfugen (Anschlussbereich Fußboden zur Wand) wieder aus der Konstruktion aus und wird mit im Raum stehenden Trocknungsgeräten wieder entfeuchtet.

Vorteile (gegenüber Unterdruckverfahren):

- größere Effektivität als das Unterdruckverfahren, damit kürzere Trocknungsdauer
- Einfachere Installation mit weniger Geräteaufwand
- Durchzug (Luftströmung) leichter herzustellen

Nachteile (gegenüber Unterdruckverfahren):

- Kontamination des Raumes durch Ausblasen zB von Schimmelpilzsporen oder weiteren gesundheitlich bedenklichen Materialien (zB Faserstäube) aus der Fußbodenkonstruktion möglich
- Filtern der Abluft nicht möglich, daher nicht in hygienesensiblen Räumen anwendbar

Beim **Unterdruckverfahren** wird mittels Vakuumpumpen durch Luftaustrittsöffnungen, die in einem Raster durch den Fußbodenaufbau gebohrt werden, die feuchte Luft aus der Fußbodenkonstruktion gezogen. Infolge des Unterdrucks in der Fußbodenkonstruktion strömt die Raumluft durch weitere Öffnungen im Fußbodenaufbau bzw. die freigelegten Randfugen nach. Die Raumluft muss daher wiederum mit Trocknungsgeräten entsprechend vorgetrocknet werden. Die abgesaugte Luft wird über ein Filtersystem gereinigt.

Vorteile (gegenüber Überdruckverfahren):

- keine Kontamination des Raumes durch Stoffe aus der durchfeuchteten Fußbodenkonstruktion, da die abgesaugte Luft gefiltert werden kann
- in hygienesensiblen Räumen anwendbar

Nachteile (gegenüber Überdruckverfahren):

- höherer Geräteaufwand

Einsatzbereiche: nicht zugängliche Bauteile, zB Fußbodenaufbauten

4.5 Trocknung mit Infrarotstrahlern

Die Trocknung mit Infrarotstrahlern stellt aus brandschutztechnischen Gründen eher eine Ausnahme dar und wird daher nur in Einzelfällen angewandt

Die Infrarotstrahlung dringt nicht tief in das zu trocknende Holz ein, die Wirkungstiefe ist daher beschränkt. Zur effektiven Trocknung von Holz ist zusätzlich zu einer Wärmequelle ein Luftstrom erforderlich, durch den Feuchtigkeit abtransportiert werden kann.

Feuchtigkeit in Bauteilen ist bestrebt, sich mit dem Wärmestrom in dieselbe Richtung zu bewegen. Eine einseitige Bestrahlung mit Wärmequellen kann zu einer Verschiebung von Feuchtigkeit weiter ins Innere von Bauteilen führen und die Trocknung deutlich verzögern.

Einsatzbereich: nur bei oberflächlicher Durchfeuchtung zu empfehlen.

5 Trocknungsmaßnahmen im Holzbau

Bei der Trocknung von durchfeuchteten Holzkonstruktionen kommt es auf die Bauweise und die örtlichen Gegebenheiten an, welche Trocknungstechniken zielführend eingesetzt werden können. Für alle Holzkonstruktionen gilt, die Trocknungsluft muss an die feuchten Holzteile herankommen, um dem Holz effektiv die Feuchtigkeit entziehen zu können.

5.1 Vorarbeiten

Bevor Trocknungsmaßnahmen durchgeführt werden, müssen folgende Sachverhalte geklärt werden:

- Ursache der Durchfeuchtung klären und beseitigen
- Schadensausmaß abklären
 - Umfang und Stärke der Durchfeuchtung
 - Eventuelle statische Beeinträchtigung infolge der Durchfeuchtung (zB Versagen nasser Holzwerkstoffplatten)
 - Eventuelles Vorliegen eines Schimmelfalls
 - Eventuelles Vorliegen von Schäden durch holzerstörende Organismen (Pilze [Fäulnis] und Insekten)

Für die Klärung dieser Fragestellungen ist es in der Regel notwendig, die Konstruktionen zu öffnen bzw. Sondierungsöffnungen anzulegen.

Im Bauwesen kommen neben akuten Wasserschäden, die relativ zeitnah entdeckt werden, oft auch schleichende Durchfeuchtungen vor, die lange Zeit nicht entdeckt werden. In dieser Zeit kann es bereits zu einem Befall durch holzerstörende Organismen und zu einer Beeinträchtigung der Tragfähigkeit der Konstruktionsteile gekommen sein. Es können daher bei der Öffnung einer Konstruktion nach einem Wasserschaden auch Schäden an den Holzteilen festgestellt werden, die nicht auf die aktuelle Durchfeuchtung zurückzuführen sind. Hier wird die Beiziehung von Sachverständigen für Schäden durch holzerstörende Organismen empfohlen, um die Zusammenhänge zwischen der aktuellen Durchfeuchtung und festgestellten Schäden abzuklären.

Bei einem Befall oder Schäden durch holzerstörende Organismen ist die ÖNORM B 3802-Teil 4 – „Holzschutz im Bauwesen - Bekämpfungs- und Sanierungsmaßnahmen gegen Pilz- und Insektenbefall“ zu beachten.

Bei einem Befall durch Schimmelpilze sollte eine Gefährdungsbeurteilung entsprechend dem Schimmelleitfaden des Bundesministeriums für Nachhaltigkeit und Tourismus erfolgen.

5.2 Tramdecken

Im Altbau sind Tramdeckenkonstruktionen vor allem in den Zwischengeschoßen sehr verbreitet. Auch im Neubau, vor allem im Holzrahmenbau und in Fertigteilhäusern, werden Tramdecken eingesetzt.

5.2.1 Aufbau Tramdecken

In Abbildung 6 ist der Aufbau einer traditionellen österreichischen Tramdeckenkonstruktion im Altbau abgebildet. Von oben nach unten gibt es dazu folgende Schichten:

- Fußbodenbelag, zB Parkettboden (1)
- Blindboden, in der Regel aus Nadelholz (2)
- Ungebundene Beschüttung mit eingelegten Staffelhölzern, auf denen der Blindboden befestigt ist (3)
- Sturzschalungsbretter, ca. 2,5 cm dick, fallweise mit Leisten über den Fugen (4)
- Träme mit ca. 80 cm Achsabstand, die Querschnitte der Träme richten sich in der Regel nach der Spannweite (übliche Höhen 18-26 cm) (5)
- Stukkatorschalung, ca. 2,5 cm dick (6)
- Putzträger (in der Regel Schilf, das mit Drähten und Nägeln auf den Stukkatorschalungsbrettern montiert ist) und Putz (7)

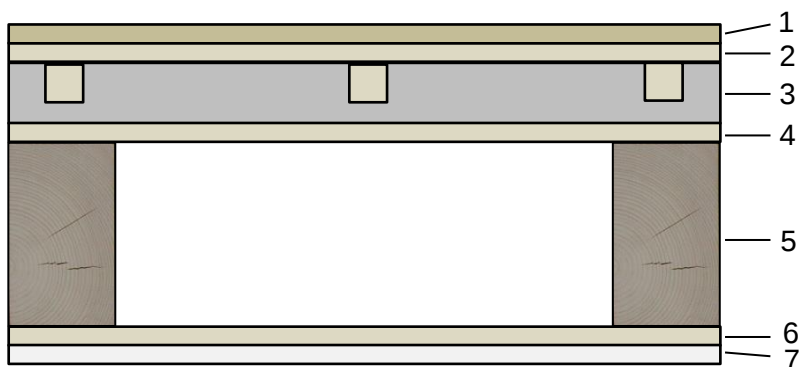


Abbildung 6: Schematischer Aufbau einer (historischen) Tramdecke

Im Neubau befinden sich unterhalb der Balkenlage (Träme) meist Sparschalungen (6), auf denen Gipsplatten (7) montiert sind. Die Deckenbalken sind an der Oberseite meistens mit unterschiedlichen Holzwerkstoffplatten beplankt und weisen verschiedene Fußbodenaufbauten mit Nass- oder Trockenestrich, mit und ohne Beschüttung, sowie mit und ohne Fußbodenheizung auf. In den Gefachen zwischen den Trämen kann sich Dämmmaterial als Hohlraumdämpfung (Schallschutz) befinden. An der Unterseite der Tramdecke kann die Gipsplattenebene auch aus Schallschutzgründen oder zur Schaffung einer Installationsebene abgehängt sein (siehe dazu auch www.dataholz.eu)

5.2.2 Trocknung von Tramdecken

Tramdecken haben hinsichtlich einer technischen Trocknung den großen Vorteil, dass sie große Hohlräume aufweisen. Damit kann, sofern die Hohlräume nicht gedämmt sind, direkt die Luft zwischen den Trämen getrocknet werden. Durch Überdruck oder Unterdruck können damit relativ einfach durchfeuchtete Träme, die beiden Schalungen sowie der Deckenputz getrocknet werden. Sinnvollerweise werden dafür in jedes Gefach Zu- und Abluftöffnungen gebohrt. Befindet sich, wie häufig bei neuen Tramdecken, Dämmmaterial in den Gefachen, so ist die Deckenkonstruktion von unten zu öffnen und das Dämmmaterial zu entnehmen. Dann kann wiederum eine herkömmliche Trocknung mit Kondensations- oder Adsorptionstrocknungsgeräten durchgeführt werden, unterstützt durch Ventilatoren.



Abbildung 7: Trocknung einer durchfeuchteten Tramdeckenkonstruktion im Überdruckverfahren

Die Trocknung eines durchfeuchteten Fußbodenaufbaus oberhalb der Tramdecke, also der Beschüttung und der Holzteile des Fußbodens kann mit dieser Trocknungsmethode von der Unterseite nicht gewährleistet werden. **Sind Beschüttung und Fußboden durchfeuchtet, ist die Demontage des Fußbodens und die Entfernung bzw. Umschichtung und Trocknung der Beschüttung erforderlich. Danach kann die Sturzschalung auch von der Oberseite getrocknet werden.**

Die Trocknung einer durchfeuchteten ungebundenen Beschüttung kann von der Oberseite durch Überdruck- oder Unterdruck-Trocknungsverfahren nicht gesichert durchgeführt werden.

Erfahrungsgemäß bilden sich unter der Fußbodenkonstruktion „Trocknungsstraßen“, in deren Bereichen es tatsächlich zu einer Austrocknung der Beschüttung kommt, in anderen Bereichen zieht jedoch die Trocknungsluft kaum durch, sodass feuchte Bereiche verbleiben. **Bei durchfeuchteten Fußbodenkonstruktionen mit ungebundener Beschüttung ist daher, wie oben beschrieben, die Demontage des Fußbodens und die Entfernung bzw. Umschichtung und Trocknung der Beschüttung erforderlich.**

Ist bei neuen Tramdecken auch die Fußbodenkonstruktion durchfeuchtet, wird diese in der Regel im Überdruckverfahren getrocknet.

5.3 Dippelbaumdecken

5.3.1 Aufbau Dippelbaumdecken

Dippelbaumdecken (auch Dübeldecken genannt) sind alte Deckenkonstruktionen, die bei Gründerzeitbauten vor allem die oberste Geschoßdecke zum Dachraum hin ausbilden. Es können aber, vor allem bei noch älteren Gebäuden, auch Zwischendecken aus Dippelbäumen gefertigt sein.

Dippelbaumdecken bestehen aus halben Baumstämmen, die an den Seitenflächen und zum Teil auch an den Oberseiten flächig behauen sind. Diese Dippelbäume wurden „Mann an Mann“ nebeneinandergelegt und durch Holzdübel miteinander verbunden, sodass eine Art Flächentragwerk entstand. Von oben nach unten gibt es dazu folgende Schichten:

Aufbau oberste Geschoßdecken:

- Dachbodenpflaster (Ziegel) (1)
- ungebundene Beschüttung (2)
- Dippelbäume, durch Dübel miteinander verbunden (3)
- Putzträger (in der Regel Schilf, das mit Drähten und Nägeln auf den Dippelbäumen montiert ist) und Putz (4)

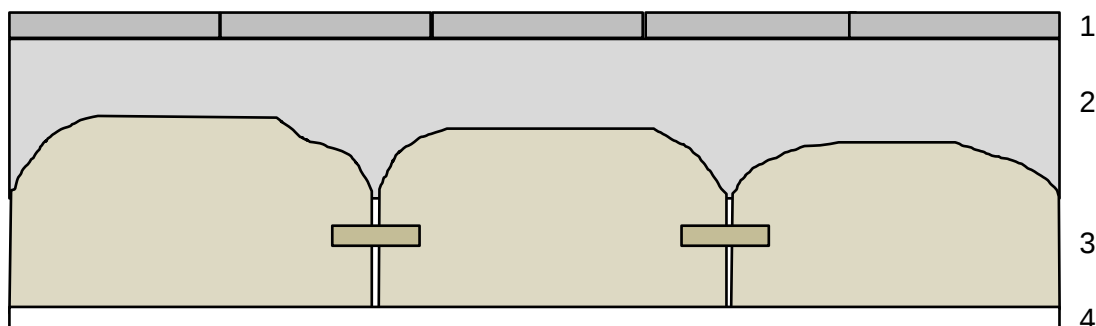


Abbildung 8: Schematischer Aufbau einer Dippelbaumdecke als oberste Geschoßdecke



Abbildung 9: Freigelegte Doppelbaumdecke

Aufbau Zwischendecken:

- Fußbodenbelag, zB Parkettboden (1)
- Blindboden, in der Regel aus Nadelholz (2)
- ungebundene Beschüttung mit eingelegten Staffelhölzern, auf denen der Blindboden befestigt ist (3)
- Doppelbäume, durch Dübel miteinander verbunden (4)
- Putzträger (in der Regel Schilf, das mit Drähten und Nägeln auf den Doppelbäumen montiert ist) und Putz (5)

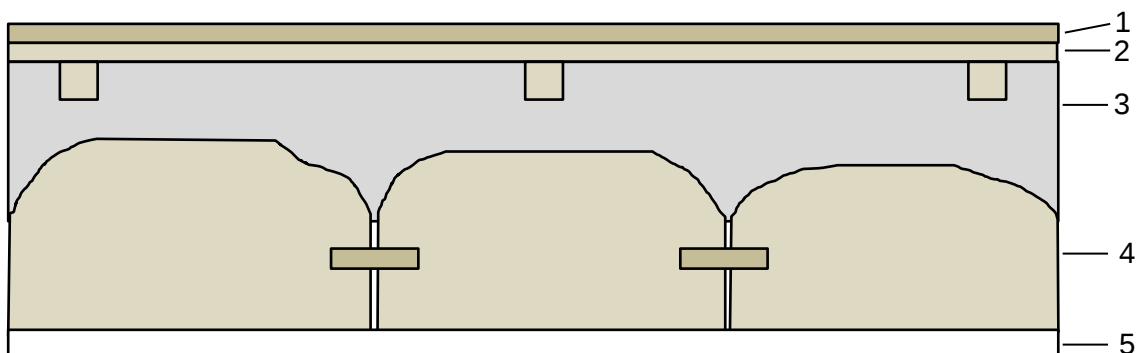


Abbildung 10: Schematischer Aufbau einer Doppelbaumdecke als Zwischendecke

5.3.2 Trocknung von Dippelbaumdecken

Dippelbaumdecken haben gegenüber Tramdecken hinsichtlich der Trocknung den Nachteil, dass sie keine Hohlräume aufweisen, durch die Trocknungsluft geblasen werden kann. Um durchfeuchtete Dippelbäume sinnvoll trocknen zu können, müssen diese daher in der Regel freigelegt werden. Je nach baulichen Gegebenheiten werden die Dippelbäume von der Oberseite oder der Unterseite freigelegt, optimalerweise von beiden Seiten. Die Trocknung der Dippelbäume erfolgt dann in den meisten Fällen mit Hilfe von Kondensationstrocknern und Ventilatoren.

Die Trocknung eines durchfeuchteten Fußbodenaufbaus, also der Beschüttung und der Holzteile des Fußbodens oberhalb der Dippelbäume, kann durch Trocknung von der Unterseite nicht gewährleistet werden. **Sind Beschüttung und Fußboden durchfeuchtet, ist die Demontage des Fußbodens und die Entfernung bzw. Umschichtung und Trocknung der Beschüttung und der Dippelbäume von der Oberseite erforderlich.**

Die Trocknung der Dippelbäume mitsamt einer durchfeuchteten Beschüttung kann von der Oberseite durch Überdruck- oder Unterdruck-Trocknungsverfahren nicht gesichert durchgeführt werden. Erfahrungsgemäß bilden sich unter der Fußbodenkonstruktion „Trocknungsstraßen“, in deren Bereichen es tatsächlich zu einer Austrocknung der Beschüttung kommt, in anderen Bereichen zieht jedoch die Trocknungsluft kaum durch, sodass feuchte Bereiche verbleiben. **Bei durchfeuchteten Dippelbaumdecken mit ungebundener Beschüttung ist daher, wie oben beschrieben, die Demontage des Fußbodens und die Entfernung bzw. Umschichtung und Trocknung der Beschüttung und der Dippelbäume erforderlich.**

5.4 Holz-Beton-Verbunddecken

Bei der Sanierung bzw. dem Ausbau von alten Gebäuden werden häufig zu Erhöhung der Tragfähigkeit Holz-Beton-Verbunddecken gefertigt.

5.4.1 Aufbau Holz-Beton-Verbunddecken

Über die bestehende Tramdecken- bzw. Dippelbaumdeckenkonstruktion wird eine Betonschicht gegossen, wobei diese mit den darunter liegenden tragenden Holzteilen (Träme, Dippelbäume) durch spezielle Schrauben oder andere Schubverbinder verbunden werden.

Die Dippelbäume werden dafür von der Oberseite freigelegt, Tramdecken werden bis zur Sturzschalung freigelegt, auf die Dippelbäume bzw. die Sturzschalung der Tramdecken wird in der Regel eine Kunststoffolie gelegt, um eine Durchfeuchtung der Holzteile bzw. ein Durchrinnen von Beton zu verhindern. Sodann werden die Schubverbinder (zB Schrauben) versetzt, Bewehrungsgitter verlegt und der Beton gegossen.

Aufbau Holz-Beton-Verbunddecken:

- Fußbodenaufbau - variabel (1)
- Betonschicht, darunter meist eine Kunststoffolie (2)
- Dippelbäume, durch Dübel miteinander verbunden, Schrauben (rot) zur Verbindung mit der Betonschicht (3)
- Putzträger (in der Regel Schilf, das mit Drähten und Nägeln auf den Dippelbäumen montiert ist) und Putz (4)

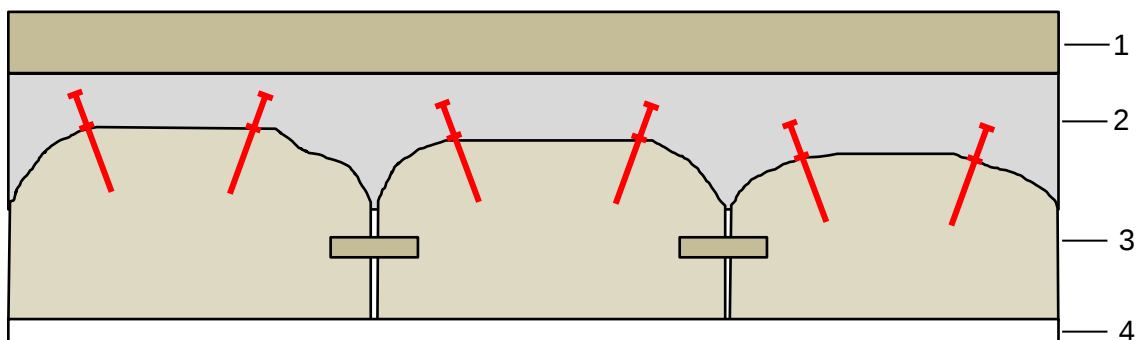


Abbildung 11: Schematischer Aufbau einer Holz-Beton-Verbunddecke

5.4.2 Trocknung von Holz-Beton-Verbunddecken

Kommt es zu einem Wasserschaden oberhalb einer Holz-Beton-Verbunddecke, kann das Wasser in der Regel in der Fläche nicht durch die Betonschicht dringen, oft gelangt es jedoch im Auflagerbereich in die darunter liegende Deckenkonstruktion. Wasser kann in axialer Richtung leicht in Holzteile einziehen. Daher werden bei Wasserschäden oberhalb von Holz-Beton-Verbunddecken meist die Auflagerköpfe der Dippelbäume bzw. Träme stark durchfeuchtet. Daher gilt es vor allem, diese Bereiche zu trocknen.

Die Trocknung von Holz-Beton-Verbunddecken wird in der Regel von der Unterseite durchgeführt. Dabei werden dieselben Techniken, wie oben bei der Trocknung von Tramdecken bzw. Dippelbaumdecken angeführt, angewandt. Nachdem in diesem Fall meistens nur der Auflagerbereich durchfeuchtet ist, kann es sinnvoll sein, diese Bereiche gezielt durch entsprechende Einhausung des zu trocknenden Bereichs zu entfeuchten. Die durchfeuchteten Bereiche sind dementsprechend abzugrenzen. Nachdem bei diesen Deckenkonstruktionen die Feuchtigkeit nicht nach oben ausdiffundieren kann, ist hier besonders darauf zu achten, dass die Dippelbäume bzw. Träme über die gesamten Querschnitte ausreichend getrocknet werden. Der Trocknungserfolg kann in diesem Fall praktisch nur durch Messung der Holzfeuchtigkeit in den Querschnitten, also auch in den obersten Bereichen der Dippelbäume bzw. Träme, mit entsprechend langen Elektroden kontrolliert bzw. bestätigt werden. Die Messung der Holzfeuchtigkeit nur an den Unterseiten/äußeren Bereichen der Holzteile bzw. der Anfall an Kondensat an den

Trocknungsgeräten als Maß für den Trocknungsfortschritt sind nicht ausreichend, da die Holzteile zwar an den zugänglichen Oberflächen rasch getrocknet werden können, in den oberen Teilen bzw. im Auflagerbereich in der Mauer jedoch die Holzfeuchtigkeit nach wie vor erhöht sein kann.



Abbildung 12: Messung der Holzfeuchtigkeit mit langen Elektroden im Inneren der Dippelbäume einer Holz-Beton-Verbunddecke

5.5 Massivholzkonstruktionen (z.B. Brettsperrholzdecken und -wände)

In Holzbau, vor allem im mehrgeschoßigen Holzbau, werden für Wand- und Deckenkonstruktionen vermehrt auch Brettsperrholzelemente oder Brettstapelelemente eingesetzt.

5.5.1 Aufbau Massivholzkonstruktionen

Bei Brettsperrholzplatten handelt es sich um ein Holzprodukt, das aus mindestens drei rechtwinklig miteinander verklebten Brettlagen besteht. Damit entsteht ein mehrlagiger Plattenwerkstoff, der für Decken- und Wandkonstruktionen verwendet werden kann. Die Dicke der Platten und die Anzahl der Lagen hängen von den statischen Erfordernissen ab. Übliche Plattendicken sind 80 – 240 mm bei 3-7 Lagen.

Die einzelnen Brettsperrholzelemente werden nebeneinander gelegt bzw. montiert, je nach Ausführungsvariante werden die Platten stumpf aneinander gestoßen oder mittels Stufenfalz, eingelegter Feder oder Falzbrett miteinander verbunden.

Brettsperrholzdecken können an der Unterseite frei sichtbar bleiben oder eine abgehängte Decke aufweisen. Auf den Brettsperrholzdecken können wie bei einer modernen Tramdeckenkonstruktion verschiedene Fußbodenaufbauten realisiert werden. Wände in Brettsperrholzbauweise können ebenso an der Innenseite frei sichtbar bleiben oder auch vorgesetzte Schalungen aufweisen. Außenwände in Brettsperrholzbauweise können an der Außenseite zur Dämmung und Fassadengestaltung verschiedenste Aufbauten haben.

Die Ausführungen gelten sinngemäß auch für die Brettstapelbauweise, bei der nebeneinanderstehende Bretter durch Nägel oder Hartholzdübel miteinander zu flächigen Bauteilen verbunden werden.



Abbildung 13: Wand- und Deckenkonstruktion aus Brettsperrholz

5.5.2 Trocknung von Massivholzkonstruktionen

Bei durchfeuchteten Massivholzkonstruktionen stellt sich wie bei Dippelbaumdecken das Problem, dass es in der Decken- bzw. Wandkonstruktion keine Hohlräume gibt, durch die Trocknungsluft geblasen werden kann. Zielführend ist daher das rasche Freilegen der betroffenen Massivholzkonstruktion, bevor mit der Trocknung begonnen wird.

Die Trocknung kann wieder mit Kondensations- oder Adsorptionstrocknungsgeräten durchgeführt werden, unterstützt von Ventilatoren. Besonderes Augenmerk ist auf alle Anschlussfugen, Stoßstellen und Hirnholzbereiche zu legen, um Feuchtenester zu vermeiden.

Das Ziel ist, wie bei allen durchfeuchteten Holzkonstruktionen, die Holzfeuchtigkeit auf $\leq 20\%$ zu senken.



Abbildung 14: Durchfeuchtete Decken- und Wandkonstruktionen aus Brettsperrholzplatten

Vor dem Verschließen der Konstruktion ist die Holzfeuchtigkeit zu kontrollieren, vor allem an für die Trocknung ungünstig gelegenen Stellen. Auch hier gilt, dass die Holzfeuchtigkeit nicht nur an der Oberfläche der Bauteile kontrolliert werden muss, sondern auch im Inneren der Platten und vor allem auch in den Verbindungsbereichen der Holzteile.

5.6 Holzrahmenwände

Holzrahmenwände sind eine Standardkonstruktion bei Neubauten aus Holz. In Mitteleuropa wird vorwiegend im Einfamilienhausbau aber auch im mehrgeschoßigen Holzbau die Holzrahmenbauweise mit vorgefertigten Elementen eingesetzt.

5.6.1 Aufbau Holzrahmenwände

Die Holzrahmenbauweise ist gekennzeichnet durch ein Raster aus Konstruktionshölzern (in der Regel im Abstand von 62,5 cm), welches mit Plattenwerkstoffen auf Holz- oder Gipsbasis beidseitig beplankt wird. Die Beplankung kann unter anderem die horizontale Aussteifung

übernehmen. In der Ebene der Konstruktionshölzer werden Dämmstoffe eingebracht (siehe dazu auch www.dataholz.eu)

5.6.2 Trocknung von Holzrahmenwänden

Ist eine Holzrahmenwand durchfeuchtet worden, ist davon auszugehen, dass die dazwischenliegende Dämmschicht ebenfalls durchfeuchtet wurde. Eine sinnvolle Trocknung des gesamten Aufbaues ist nur nach einem raschen Öffnen der Wand, vorzugsweise von innen, und dem Entnehmen der durchfeuchteten Wärmedämmung möglich. Gipskartonplatten und organisches Dämmmaterial können besonders schnell von Schimmelpilzen befallen werden. Beim Entfernen der Innenbeplankung ist darauf zu achten, dass zumindest eine Plattenebene mit aussteifender Funktion verbleibt (zB jene auf der Außenseite). Ist dies nicht möglich, kann diese aus statischen Gründen nur kleinflächig entfernt und sofort wieder Schritt für Schritt ersetzt werden.

Die Trocknung kann wieder mit Kondensations- oder Adsorptionstrocknungsgeräten durchgeführt werden, unterstützt von Ventilatoren. Besonderes Augenmerk ist auf alle Anschlussfugen, Stoßstellen und Hirnholzbereiche zu legen, um Feuchtenester zu vermeiden. Insbesondere ist auf eine ausreichende Trocknung der oft schwer zugänglichen Fußschwellen zu achten. Das Ziel ist, wie bei allen durchfeuchteten Holzkonstruktionen, die Holzfeuchtigkeit auf $\leq 20\%$ zu senken.



Abbildung 15: Geöffnete durchfeuchtete Holzrahmenwand (Estrich und Fliesenboden noch vorhanden)

Bei kleinflächigen Durchfeuchtungen können außenliegende Holzwerkstoffplatten auch von der Innenseite mitgetrocknet werden, bei größeren Schäden müssen auch diese entfernt werden.

Vor dem Verschließen der Konstruktion ist die Holzfeuchtigkeit zu kontrollieren, vor allem an für die Trocknung ungünstig gelegenen Stellen. Auch hier gilt, dass die Holzfeuchtigkeit nicht nur an der Oberfläche der Bauteile kontrolliert werden muss, sondern auch im Inneren der Konstruktionsteile und vor allem auch in den Verbindungsbereichen der Holzteile. In der Regel reicht bei gut zugänglichen Konstruktionen die Messung mit Einschlagelektroden mit ca. 4 cm Länge.

Nach der Trocknung sind die Wände wieder in statischer und bauphysikalischer Sicht entsprechend herzustellen. Bzgl. Statik ist besonders auf die aussteifende Funktion der neuen Beplankung zu achten, bzgl. Bauphysik auf den Brand-, Schall- und Wärmeschutz. Äußerst wichtig sind dabei auch der Feuchteschutz und damit die Wiederherstellung der luftdichten Ebene bzw. eine ordnungsgemäße Verlegung der Dampfbremse.

6 Literatur

Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus (01/2019): Leitfaden zur technischen Bauteiltrocknung, Wien

Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus (01/2019): Leitfaden zur Vorbeugung, Erfassung und Sanierung von Schimmelbefall in Gebäuden – Schimmelleitfaden, Wien

Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege (WTA) e.V. (2013): WTA-Merkblatt E 6-15-13/D: Technische Trocknung an durchfeuchteten Bauteilen, Teil 1: Grundlagen, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart

Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege (WTA) e.V. (2019): WTA-Merkblatt E 6-16-19/D: Technische Trocknung durchfeuchteter Bauteile – Teil 2: Planung, Ausführung und Kontrolle, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart

Holzforschung Austria (2016): Sanierung von hochwassergeschädigten Holzhausbauten, Wien