

Leitfaden zur technischen Bauteiltrocknung



Leitfaden zur technischen Bauteiltrocknung

Impressum

Medieninhaber, Verleger und Herausgeber:
Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus
Stubenring 1, 1010 Wien
+43 1 123 45-0
bmnt.gv.at

Autorinnen und Autoren:
Projektleitung der österreichischen Ausgabe:
SV Ing. Peter-Ingo Harrer, Dipl. (HTL) Ing.
Emanuel Mairinger, SV Dipl. Ing. Peter Tappler

Arbeitskreis Innenraumlufthilfe am BMNT: OA
Assoz. Prof. Dipl. Ing. Dr. med. Hans-Peter
Hutter, Univ. Prof. Dr. Michael Kundi, Dr. med.
Peter Wallner

**Bundesverband für Schimmelsanierung und
technische Bauteiltrocknung:** Dipl. Ing. Dr.
Clemens Hecht, Univ.-Prof. DDr. Peter Kautsch,
Günther Mössner, Ing. Ulrike Schwarz-Privilij
MSc, SV DI Felix Twrdik, Ing. Harald Weiss

**Allgemeine Unfallversicherungsanstalt
(AUVA):** Dipl. Ing. Manfred Hinker, Dipl. Ing.
Martina Seibert

Fotonachweis:
Zastolskiy Victor/Shutterstock.com (Titelseite),
IanRedding/Shutterstock.com (S. 6), iStock.
com/youngvet (S. 26, 56)

Gestaltung:
LAGOTA – Michael Hudritsch, www.lagota.at

Druck:
Grasl FairPrint, www.grasl.eu

Die Erstellung dieses Leitfadens erfolgte
unter Mitwirkung der Allgemeinen Unfall-
versicherungsanstalt (AUVA), 1200 Wien und
des Bundesverbandes für Schimmelsanierung
und technische Bauteiltrocknung, 1150 Wien.

Werden Personenbezeichnungen aufgrund der
besseren Lesbarkeit lediglich in der männlichen
oder weiblichen Form verwendet, so schließt
dies das jeweils andere Geschlecht mit ein.

Copyright und Haftung:
Auszugsweiser Abdruck ist nur mit Quellen-
angabe gestattet, alle sonstigen Rechte
sind ohne schriftliche Zustimmung des
Medieninhabers unzulässig. Es wird darauf
verwiesen, dass alle Angaben in dieser
Publikation trotz sorgfältiger Bearbeitung
ohne Gewähr erfolgen und eine Haftung des
BMNT und der Autoren ausgeschlossen ist.
Rechtsauslegungen stellen die unverbindliche
Meinung der Autoren dar und können der
Rechtssprechung der unabhängigen Gerichte
keinesfalls vorgehen.

Wien, Januar 2019



Dieses Produkt entspricht dem Österreichischen
Umweltzeichen für schadstoffarme Druck-
produkte (UZ 24), UW-Nr. 715, Grasl FairPrint,
Bad Vöslau, www.grasl.eu

Vorwort

Unsere Gesundheit und Lebensqualität hängen eng mit der Luftbeschaffenheit in unserer Umgebung zusammen. Im Durchschnitt verbringen wir mehr als 90 Prozent der Lebenszeit in Innenräumen. Schimmel und Feuchte sowie deren Auswirkungen auf die Innenraumluft sind in den letzten Jahren immer stärker in den Fokus der Öffentlichkeit gerückt.

Unser Ministerium hat vor einiger Zeit kurze Positionspapiere zu Schimmel und zu technischer Bauteiltrocknung veröffentlicht. Doch immer wieder wurden Unsicherheiten an uns herangetragen, wie mit der Sanierung von Feuchteschäden und Schimmelbefall richtig umzugehen sei.

Darum hat unser Arbeitskreis Innenraumluft gemeinsam mit der AUVA und dem Bundesverband für Schimmelsanierung und technische Bauteiltrocknung einen vertiefenden Leitfaden zur technischen Bauteiltrocknung erarbeitet – ergänzend zum bestehenden, umfassenden „Leitfaden zur Vorbeugung, Erfassung und Sanierung von Schimmelbefall in Gebäuden“ („Schimmelleitfaden“).

Die vorliegende Publikation spiegelt den aktuellsten Stand der Technik wider und präsentiert nützliche, praxisorientierte Anleitungen. So können Sie im Schadensfall die richtigen Maßnahmen für eine fachgerechte Sanierung ergreifen.

Elisabeth Köstinger

Bundesministerin für Nachhaltigkeit und Tourismus



Bundesministerin für
Nachhaltigkeit und Tourismus
Elisabeth Köstinger

Information zum Leitfaden

Leitfäden des Arbeitskreises Innenraumluft des Bundesministeriums für Nachhaltigkeit und Tourismus werden zu aktuellen Themen im Bereich Innenraumklimatologie in umfassender Form ausgearbeitet. Sie werden von Fachleuten aus den Bereichen Umwelthygiene der Medizinischen Universität Wien, der Bundesländer, der Allgemeinen Unfallversicherungsanstalt (AUVA) und der Messtechnik sowie privater Forschungseinrichtungen erstellt.

Die „Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft“ wurde unter Mitwirkung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften erstellt und definiert Richt- und Referenzkonzentrationen für häufig auftretende Schadstoffe in Innenräumen. Beim „Wegweiser für eine gesunde Raumluft“ handelt es sich um eine Konsumentenbroschüre, in der in leicht verständlicher Form Empfehlungen zum Thema gegeben werden. Ergänzt werden die Leitfäden durch Positionspapiere, in denen in kürzerer, leicht aktualisierbarer Form Informationen bereitgestellt werden.

Leitfäden und Positionspapiere legen prinzipielle Vorgangsweisen für Experten fest und schneiden offene Fachfragen an. Sie spiegeln die Fachmeinung der im Arbeitskreis vertretenen Experten und Expertinnen (Umwelthygiene, Messtechnik) zu einem aktuellen Problem des Themas Innenraumluft wider. Sie haben keinen normativen Charakter und können nach einer Evaluierung auch neu bearbeitet werden.

Neben der vorliegenden Publikation sind bisher erschienen:

- Leitfaden Gerüche in Innenräumen
- Leitfaden zur Vorbeugung, Erfassung und Sanierung von Schimmelbefall in Gebäuden („Schimmelleitfaden“)
- Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft (unter Mitwirkung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften)
- Wegweiser für eine gesunde Raumluft (Konsumentenbroschüre)
- Positionspapier zu Luftströmungen in Gebäuden
- Positionspapier zu Schimmel in Innenräumen
- Positionspapier zu Lüftungserfordernissen in Schul-, Unterrichts- und Vortragsräumen
- Positionspapier zur Schadstoffvermeidung in Saunaanlagen
- Positionspapier zur technischen Bauteiltrocknung
- Positionspapier zu Verbrennungsprozessen und Feuerstellen in Innenräumen
- Positionspapier zur Sanierung von Schimmelbefall nach Wasserschäden in Krankenanstalten

Alle Publikationen des Arbeitskreises Innenraumluft können online bezogen werden unter: <https://www.bmnt.gv.at/umwelt/luft-laerm-verkehr/luft/innenraumluft.html>.

Einleitung

Die Richtlinie versteht sich als Verfahrensanweisung und Handlungsempfehlung zur Durchführung von technischen Bauteiltrocknungen. Sie gibt eine Übersicht zu den physikalischen Grundlagen, zu Trocknungsgeräten, zum Stand der Technik, zu den erforderlichen Prüfungen, zu den möglichen Verfahren samt deren Vor- und Nachteilen, zu den vorbereitenden und flankierenden Maßnahmen sowie zur Durchführung der technischen Bauteiltrocknung und Kontrolle des Trocknungserfolgs. Sie richtet sich primär an mit dem Thema befasste öffentliche Einrichtungen und Beratungsstellen, Sachverständige, Schadenbesichtiger, Trocknungs- und Sanierungsfachbetriebe, Unternehmen aus dem Bau- und Baunebengewerbe, Wohnbaugenossenschaften, Hausverwaltungen, Versicherungsunternehmen und an betroffene Mieter und Eigentümer.

Mit der vorliegenden Richtlinie soll die Lücke zwischen theoretischen Grundlagen und praktischer Anwendung geschlossen werden. Dementsprechend soll die Richtlinie eine Hilfestellung für das ausführende Fachpersonal sowie Sachverständige und Betroffene bieten. Im Positionspapier zur technischen Bauteiltrocknung des Bundesministeriums für Nachhaltigkeit und Tourismus (BMNT) wurde der Inhalt des gegenständlichen Leitfadens in Kurzform dargestellt. Zur schematischen Beurteilung von Fußbodenkonstruktionen hinsichtlich des Risikos von Schimmelbefall wird auf den österreichischen „Schimmelleitfaden“ des BMNT, insbesondere auf Anhang 6: „Handlungsempfehlung zur Beurteilung von Feuchte- und Schimmelschäden in Fußböden“ verwiesen. Bevor Bodenaufbauten aufgrund eines lediglich vermuteten mikrobiellen Befalls rückgebaut werden, sind in der Regel allfällige Belastungen über geeignete mikrobiologische Untersuchungen nachzuweisen.

Aufgrund der Vielzahl an möglichen Konstruktionen und individuellen Lösungen, wie auch der auftragsspezifischen abweichenden Anforderungen, ist es nicht möglich, eine für alle Problemstellungen und Anwendungen passende Handlungsanleitung bereitzustellen. Die vorliegenden Empfehlungen zielen vor allem auf Maßnahmen in Aufenthaltsbereichen (Nutzungsklasse II laut „Schimmelleitfaden“ des BMNT) ab. Für hygienisch besonders anspruchsvolle Bereiche wird auf das Positionspapier zur Sanierung von Schimmelbefall nach Wasserschäden in Krankenanstalten verwiesen. Die angeführten ÖNORMen gelten in der zum Zeitpunkt der Drucklegung gültigen Fassung.

Inhalt

1 Grundlagen	6
1.1 Ursachen von erhöhter Feuchtigkeit in Bauteilen.....	7
1.2 Physikalische Grundlagen.....	8
1.2.1 Wasser.....	8
1.2.2 Feuchtespeicherung.....	8
1.2.3 Feuchtetransportmechanismen.....	10
1.2.4 Trocknung.....	11
1.3 Geräte zur technischen Trocknung.....	11
1.3.1 Kondensationstrockner.....	11
1.3.2 Adsorptionstrockner.....	13
1.3.3 Ventilatoren.....	14
1.3.4 Infrarot-Heizgeräte.....	17
1.3.5 Elektrische Heizstäbe.....	18
1.4 Bestimmung der Materialfeuchte/Methoden.....	18
1.4.1 Thermogravimetrische Bestimmung nach dem Darr-Verfahren.....	18
1.4.2 CM-Messung.....	19
1.4.3 Möglichkeiten elektronischer Feuchtigkeitsmessungen.....	20
1.4.4 Grenzen elektronischer Feuchtigkeitsmessungen.....	22
1.5 Messung der Luftgeschwindigkeit.....	22
1.6 Messung der Lufttemperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit.....	24
1.7 Messung der Oberflächentemperatur.....	24
2 Planung der Maßnahmen, Vorbereitungen, Erhebungen	26
2.1 Ziel der technischen Bauteiltrocknung.....	27
2.2 Erstmaßnahmen/Überbrückungsmaßnahmen.....	28
2.3 Feuchtigkeitsverteilung/Abgrenzung Schadensbereich.....	29
2.4 Weitere Prüfungen.....	30
2.5 Feststellung der Schadensursache.....	30

2.6 Anwendbarkeit einer technischen Bauteiltrocknung.....	31
2.7 Beurteilungsgrundlagen für Feuchteschäden in Fußböden.....	34
2.8 Auswahl des geeigneten Trocknungsverfahrens.....	35
2.9 Abschätzung der Trocknungsdauer.....	36
2.10 Flankierende Maßnahmen/Maßnahmen vor der Trocknung.....	36
2.11 Dokumentation.....	37
3 Durchführung der technischen Bauteiltrocknung.....	38
3.1 Trocknung von Bauteilen über die Innenraumluft.....	39
3.2 Trocknung von Hohlräumen/Bodenaufbauten.....	41
3.2.1 Allgemeines.....	41
3.2.2 Überdruckverfahren.....	42
3.2.3 Unterdruck- oder Saugverfahren.....	43
3.2.4 Hygientrocknung als Kombination von Maßnahmen.....	47
3.2.5 Einblas- und Abluftöffnungen, Wandschienen.....	49
3.3 Trocknung von Holztramdecken.....	50
3.4 Trocknung von mehrschichtigen Wandaufbauten.....	51
3.5 Aufbau der Trocknungsanlagen.....	52
3.6 Kontrollmessungen an den Trocknungsanlagen.....	52
3.7 Abbau der Trocknungsanlagen.....	53
3.8 Reinigung und Freimessungen.....	54
Anhang.....	55
1 Fachliteratur, Normen, technische Merkblätter und Richtlinien.....	56
A Fachliteratur (Auszug).....	56
B Gesetzestexte und Normen.....	57
C Technische Merkblätter und Richtlinien.....	58
2 Glossar.....	60
3 Beispiel Messprotokoll.....	64

1

Grundlagen



1.1 Ursachen von erhöhter Feuchtigkeit in Bauteilen

Erhöhte Feuchtigkeit in Bauteilen kann auf sehr unterschiedliche Ursachen zurückzuführen sein. Neben einmaligen Schadenereignissen wie Wasser- und Brandschäden können auch wiederkehrende Ursachen wie Wassereintritt durch unzureichenden Feuchteschutz sowie langfristig zu Feuchtigkeitsansammlungen führende bauphysikalisch bedingte Ursachen, wie Tauwasserausfall im Bauteilinneren oder an der Bauteiloberfläche, vorliegen.

Häufige Schadensursachen von Feuchtigkeitschäden sind:

- Leitungswasserschäden
- Abflussverstopfungen/Rückstau
- Spritzwasser im Innenbereich
- Rest-Baufeuchte
- Hygroskopische Feuchtigkeitsaufnahme
- Löschwasser nach Bränden
- Eintritt von Niederschlags- bzw. Meteor-Wasser
- Überschwemmungsschäden
- Eintritt von vadosem Wasser
- Eintritt von Grundwasser
- Tauwasserausfall im Bauteilinneren
- Tauwasserausfall an Bauteiloberflächen
- kapillar aufsteigende bzw. seitlich eintretende Bodenfeuchte

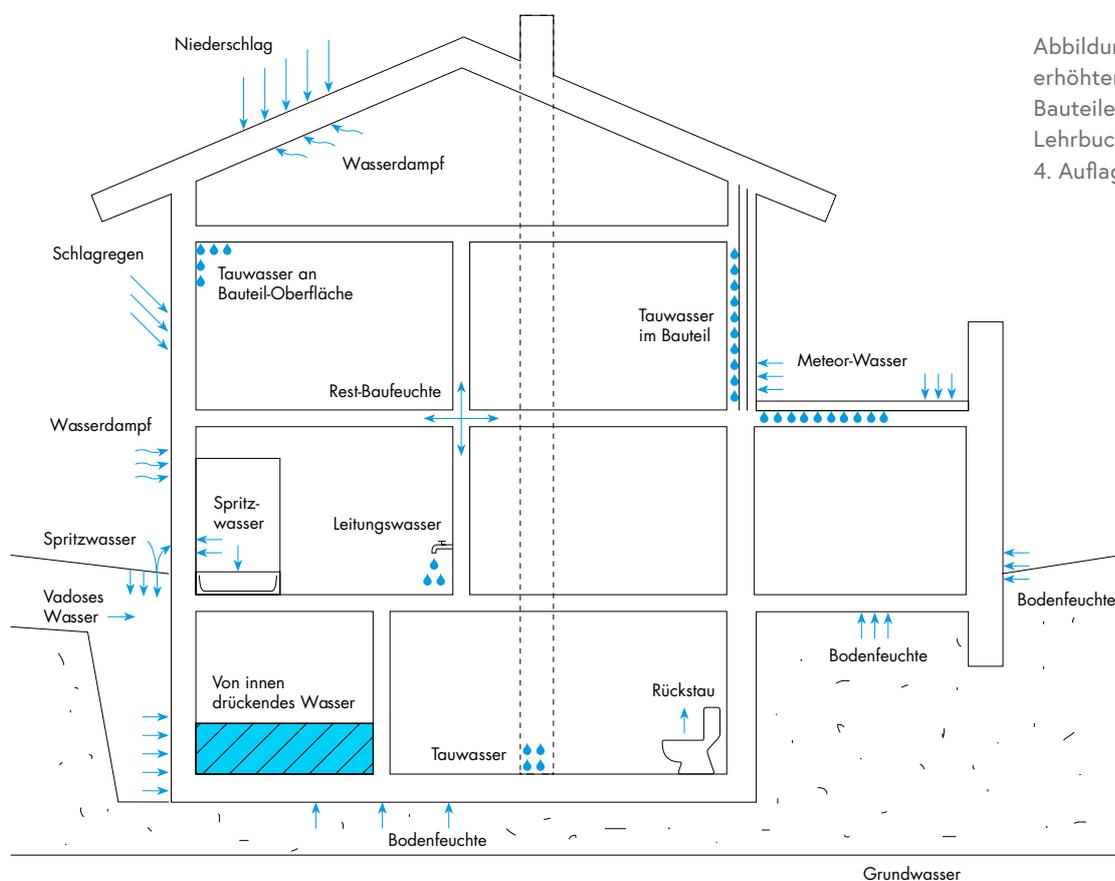


Abbildung 1: Ursachen erhöhter Feuchtigkeit in Bauteilen (Quelle: Klopfer, Lehrbuch der Bauphysik 4. Auflage)

1.2 Physikalische Grundlagen

1.2.1 Wasser

Das relativ kleine Wassermolekül liegt mit einem Durchmesser von ca. 0,28 nm innerhalb des Größenbereichs der Atome. Aufgrund der Polarität der Wassermoleküle (als Ganzes elektrisch neutral, Ladungsverteilung im Molekül ungleichmäßig) neigen Wassermoleküle dazu, sich zu größeren Einheiten zusammen zu lagern. Die Molekülstrukturen des Wassers sind in allen drei Aggregatzuständen (fest, flüssig, gasförmig) durch die Richtungsabhängigkeit und die ungewöhnlich große Kraft der Wasserstoffbrückenbindung bestimmt.

Durch die Polarität des Wassermoleküls bestehen auch starke Wechselwirkungen zu Oberflächen von Metallen und Metalloxiden. Aus Metalloxiden bestehende mineralische Baustoffe sind unter normalen Umständen an ihren inneren und äußeren Oberflächen mit dünnen Wasserfilmen überzogen. Stoffe mit großer Wechselwirkung zu Wassermolekülen werden als hydrophil (wasseranziehend), Stoffe mit geringer Wechselwirkung als hydrophob (wasserabweisend) bezeichnet. Hydrophile, feinporige Stoffe sind hygroskopisch, d.h. lagern Wasser an ihrer großen inneren Oberfläche ab.

Die Polarität der Wassermoleküle führt auch zur sogenannten Anomalie des Wassers. Diese zeigt sich in hoher spezifischer Wärmekapazität, hoher Verdunstungs- und Kondensationswärme sowie großer Oberflächenspannung. Wasser kann beim Verdampfen Energie binden und beim Kondensieren wieder abgeben.

1.2.2 Feuchtespeicherung

Wasser kann in festen Stoffen und in Luft gespeichert werden.

Wasserdampfgehalt der Luft

Luft kann nur eine begrenzte Menge Wasserdampf aufnehmen. Das maximal mögliche Aufnahmevermögen (Sättigungsdampfmenge) ist stark temperaturabhängig und steigt mit zunehmender Temperatur.

Der Wasserdampfpartialdruck ist der Druck, den man dem Wasserdampf, entsprechend seinem Anteil am Gasgemisch Luft zuteilen müsste, damit zusammen mit den anderen Gasbestandteilen ein Gesamtdruck von ca. 1 bar auf die Erdoberfläche vorliegt.

Im Mollier-h,x-Diagramm sind Zustandsänderungen feuchter Luft durch Erwärmung, Befeuchtung, Entfeuchtung, Kühlung und Mischung verschiedener Luftmengen (Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Enthalpie und Dichte) abzulesen oder grafisch ermittelbar.

Feuchtespeicherung in Baustoffen

Die Baustoff-Feuchte kann als enthaltene Menge Wasser in Masse-% oder Volumen-%, bezogen auf Masse oder Volumen des Baustoffes, angegeben werden. In porigen Baustoffen liegen vereinfacht Poren und Kapillarröhrchen vor. Die Poren dienen als Transportwege und Speicherräume für Wasser. Sie werden in Makroporen (ab ca. $> 10^{-4}\text{m}$), Kapillarporen (ca. $> 10^{-7}\text{m}$ bis $< 10^{-4}\text{m}$) und Mikroporen (ca. $< 10^{-7}\text{m}$) eingeteilt.

Die möglichen Wassergehalte sind in nachfolgendem Diagramm schematisch dargestellt:

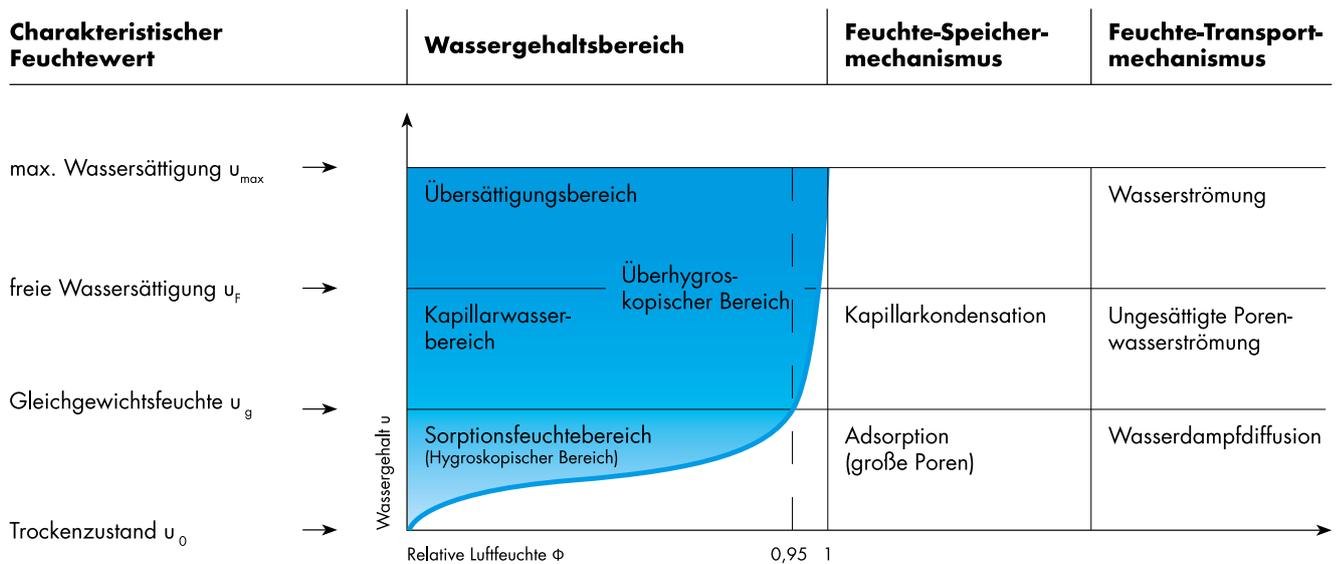


Abbildung 2: Wassergehaltsbereiche in einem feinporigen, hygroskopischen Baustoff.
(Quelle: Homann M., Lehrbuch der Bauphysik 6. Auflage)

Sorptionsfeuchtebereich/hygroskopischer Wassergehaltsbereich

Die Baustoff-Feuchte liegt als hygroskopische Gleichgewichtsfeuchte vor und wird durch die relative Luftfeuchte bestimmt. Die entsprechende Baustoff-Feuchte zu gewissen Luftfeuchten wird als Index angegeben (bspw. u_{50} , u_{95}). Der Sorptionsfeuchtebereich reicht bis zu dem Punkt, in dem alle Mikroporen mit Wasser gefüllt sind, dies entspricht etwa einer relativen Luftfeuchte von 95 % ($=u_{95}$).

Freie Wassersättigung

Diese (freier Wassergehalt u_f) stellt sich ein, wenn man einen Stoff einige Zeit drucklosem Wasser aussetzt. Bei hydrophilen, feinporigen Baustoffen kommt es zunächst zu einer Teildurchfeuchtung. Grobporige, wasserbenetzbare Stoffe durchfeuchten meist rasch und vollständig ($u_f = u_{\max}$).

Maximale Wassersättigung

Die maximale Wassersättigung (maximaler Wassergehalt u_{\max}) liegt vor, wenn alle dem Wasser zugänglichen Hohlräume eines Stoffes gefüllt sind.

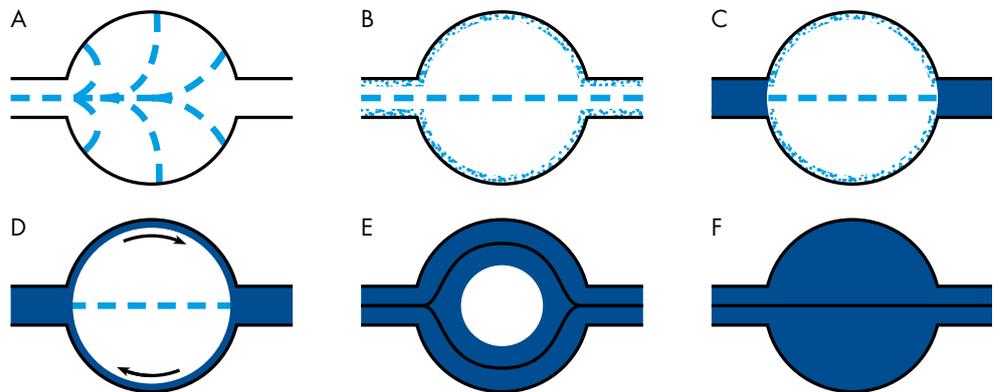
Kritischer Wassergehalt

Der kritische Wassergehalt u_{kr} gibt die Grenze an, bei der die Leistungsfähigkeit für Flüssigwassertransport in einem austrocknenden Baustoff unter die mögliche Verdunstung an der Baustoffoberfläche abgesunken ist.

1.2.3 Feuchtetransportmechanismen

Bei zunehmender Durchfeuchtung eines porösen Stoffes können sechs Stadien unterschieden werden. Der Wassergehalt nimmt von A bis F zu.

Abbildung 3:
Schematische Darstellung
der fortschreitenden
Wassereinlagerung in einer
Baustoffpore bei steigendem
Wassergehalt (Quelle:
Homann M., Lehrbuch der
Bauphysik 6. Auflage)



Legende:

→ Flüssigphase --> Dampfphase > Sorbierte Phase

- A trockener Baustoff, eindringender Wasserdampf wird an den Wänden absorbiert und desorbiert
- B Porenwände mit ein- oder mehrmolekularer Belegung, Wasserdampfdiffusion durch Poren
- C Porenengpässe durch Kapillarkondensation gefüllt, an Porenwänden der Erweiterung nur dünne Sorbatschicht – Transport durch Porenraum über Diffusion
- D Sorbatschicht durch nachströmenden Wasserdampf gewachsen; Diffusion und Flüssigwassertransport (Oberflächendiffusion)
- E so viel Wasser in Porenerweiterung, dass sich wirksame ungesättigte Strömung ausbilden kann
- F Porenraum mit Wasser gesättigt

1.2.4 Trocknung

Unter Trocknung wird allgemein der Entzug von Wasser aus einem Material verstanden. Bei der Trocknung als Umkehrung der Befeuchtung müssen Bindungskräfte überwunden und damit durch eine in das System einzubringende Energie die Entropievermehrung rückgängig gemacht werden. Dabei ist es prinzipiell gleichgültig, ob diese Energie mechanisch (z.B. Pressen oder Zentrifugieren) oder thermisch durch Wärmezufuhr aufgebracht wird.

Würde die Feuchte in einem Feststoff ungebunden vorliegen (d.h. als freies Wasser), wäre theoretisch keine Arbeit zu ihrer Entfernung, weder thermisch noch mechanisch, notwendig. Jedoch treten bereits bei hohen relativen Luftfeuchten (Sorbatfilm-Kapillarkondensation) Oberflächenspannungen (Kapillarkräfte) auf, die zusätzliche Energie zu ihrer Entfernung erfordern. Mit zunehmender Trocknung, d.h. mit dem Abnehmen der Feuchte, werden diese Bindungskräfte immer größer. Im letzten Abschnitt der Trocknung (hygroskopischer Bereich) machen diese einen zusätzlichen Energieaufwand in der Größenordnung der Verdunstungswärme erforderlich.

Der Aufwand beim Trocknen wird zwar durch die Wärmeverluste und Verdunstungswärme weit stärker als durch die Bindungsenergien bestimmt, trotzdem macht erst die Kenntnis der Bindungsenergien den Trocknungsablauf verständlich. Es wird hier bereits deutlich, dass Bindungs- und Transportvorgänge im zu trocknenden Stoff in viel stärkerem Maße als bei anderen Trennprozessen bestimmend sind.

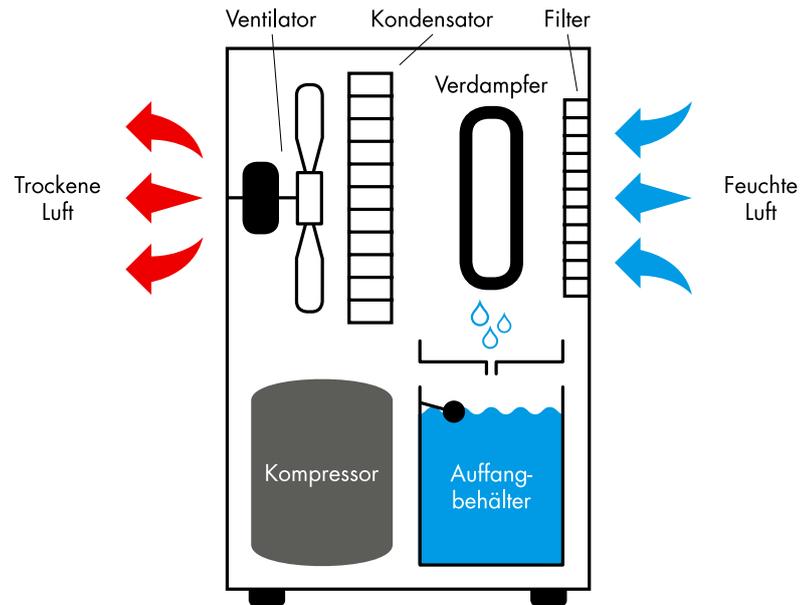
1.3 Geräte zur technischen Trocknung

1.3.1 Kondensationstrockner

Die feuchte Raumluft wird mittels Ventilator angesaugt und über den an einem Kühlaggregat angeschlossenen Verdampfer geführt. Durch Abkühlen unter den Taupunkt kondensiert ein Teil der in der Luft enthaltenen Menge Wasserdampf am Verdampfer, bei Unterschreitung des Gefrierpunkts bildet sich Eis. Der Verdampfer wird in bestimmten Intervallen erwärmt, dadurch tropft das Wasser in einen Kondensatsammelbehälter bzw. wird über einen Schlauch (ggf. über eine Kondensatpumpe) abgeleitet. Weiter wird die Luft über den Kondensator geleitet und erwärmt. Bei jedem Luftdurchgang durch das Gerät wird nur eine relativ geringe Menge Wasserdampf entzogen. Dementsprechend ist die pro Zeiteinheit entfernbare Wassermenge limitiert. Zudem ist ein möglichst luftdicht abgeschlossener Raum erforderlich.

Der Einsatzbereich liegt bei Temperaturen von ca. 6 bis 35 °C und bei einer relativen Luftfeuchte von ca. 30 bis 100 %.

Abbildung 4: Schema
Kondensationstrockner



Vorteile

- geringer Energiebedarf durch Wärmepumpenprinzip
- günstiger Anschaffungspreis
- hohe Luftmenge
- direkte Wasserableitung

Nachteile

- Abtauphase unterbricht Entfeuchtung
- ohne direkte Wasserableitung laufende Entleerung der Kondensatsammelbehälter erforderlich
- bei niedrigen Umgebungstemperaturen unwirtschaftlich (Abfall der spezifischen Kälteleistung)
- geschlossener Raum erforderlich

Funktionskontrolle

- Messung der Oberflächentemperatur des Verdampfers
- Messung von relativer Luftfeuchte und Temperatur der Prozessluft bei Eintritt und Austritt
- Überprüfung Schwimmerschalter

Wartung

- Luftfilter reinigen oder erneuern
- das Innere des Gerätes in Absauganlage mit Druckluft ausblasen
- Verdampfer mit feuchtem Tuch abwischen
- Gehäuse mit feuchtem Tuch abwischen

1.3.2 Adsorptionstrockner

Beim Adsorptionstrockner wird feuchte Umgebungsluft angesaugt und über ein Trockenrad geführt. Das Trockenrad ist meist wabenartig aufgebaut und weist eine sehr große innere Oberfläche auf, auf der Trockenmittel (bspw. Silicagel) aufgedampft sind. Aufgrund der hygroskopischen Eigenschaften wird Wasserdampf im Trockenrad adsorbiert. Das Trockenrad wird durch einen Motor mit Zahnriemen langsam gedreht, ein Teil des Trockenrads wird durch eine Elektroheizung erwärmt und getrocknet. Durch den Adsorptionstrockner wird einerseits warme Trockenluft und andererseits warme, sehr feuchte Regenerationsluft ausgeblasen. Die Regenerationsluft muss in der Regel über einen Abluftschlauch abgeleitet werden.

Der Einsatzbereich liegt bei Temperaturen von ca. -10 bis 35 °C und bei einer relativen Luftfeuchte von ca. 5 bis 100 %.

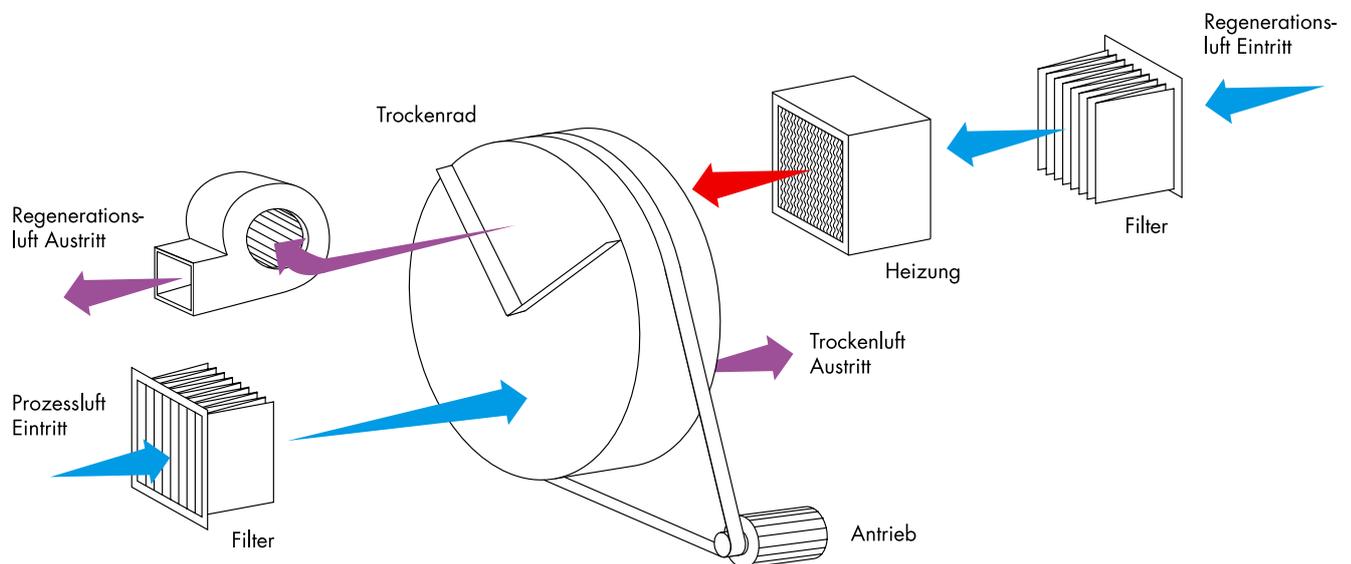


Abbildung 5: Schema Adsorptionstrockner

Vorteile

- Trocknung unabhängig vom Feuchtigkeitsgehalt der Umgebungsluft möglich
- kein geschlossener Raum erforderlich
- sehr niedrige Luftfeuchte (unter 10 % r.F.) erreichbar

Nachteile

- hoher Energiebedarf (im Vergleich zu Kondensationstrocknern)
- Regenerationsluft muss abgeleitet werden
- hohe Anschaffungskosten (im Vergleich zu Kondensationstrocknern)

Funktionskontrolle

- Messung von relativer Luftfeuchte und Temperatur von Prozessluft, Trockenluft und Regenerationsluft

Wartung

- Luftfilter reinigen oder erneuern
- das Innere des Gerätes in Staubabsauganlage mit Druckluft ausblasen
- Gehäuse mit feuchtem Tuch abwischen

1.3.3 Ventilatoren

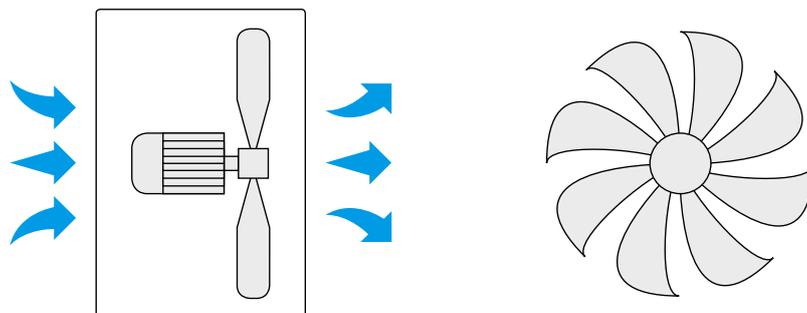
Ventilatoren sind Geräte zur Förderung von Luft. In der Trocknungstechnik sind unterschiedliche Ventilatorensysteme je nach Anforderung im Einsatz.

Axialventilatoren

Bei Axialventilatoren besteht das Laufrad aus Schaufelkanälen und sieht einem Flugzeugpropeller ähnlich. Die Luft wird parallel zur Drehachse des Flügels eingesaugt und ausgeblasen.

Zur technischen Bauteiltrocknung werden Axialventilatoren meist in ungenutzten Bereichen zur Umwälzung der Raumluft sowie in Kombination mit entsprechenden Filtern zur Reinigung der Raumluft eingesetzt.

Abbildung 6: Schema Axialventilatoren (Quelle: CasaFan GmbH)



Vorteile

- kompakte Bauform
- hohe Luftmenge
- gerade Luftführung
- geringe Anschaffungskosten

Nachteile

- geringe Druckerhöhung

Wartung

- allfällige Luftfilter ausspülen oder erneuern
- das Innere des Gerätes in Staubabsauganlage mit Druckluft ausblasen
- Gehäuse mit feuchtem Tuch abwischen

Radialventilatoren

Bei Radialventilatoren wird die Luft parallel zur Motorachse angesaugt und um 90° versetzt ausgeblasen. Die Laufräder sind vergleichbar mit einer Trommel. Radialventilatoren können im Vergleich zu Axialventilatoren einen höheren Druck bei gleichem oder höherem Luftvolumen aufbauen. Zur technischen Bauteiltrocknung werden Radialventilatoren häufig zur Trocknung von Hohlräumen (bspw. Schächte, Kabelböden) eingesetzt.

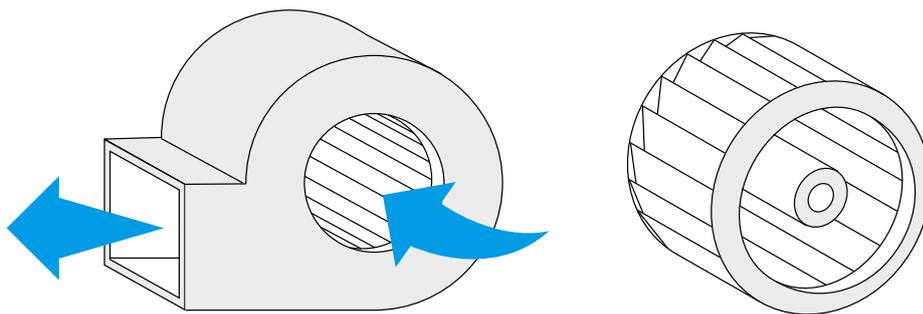


Abbildung 7: Schema Radialventilatoren (Quelle: CasaFan GmbH)

Vorteile

- höhere Pressungen möglich
- meist geringere Drehzahl, dadurch leiser

Nachteile

- größerer Platzbedarf durch Luftumlenkung

Wartung

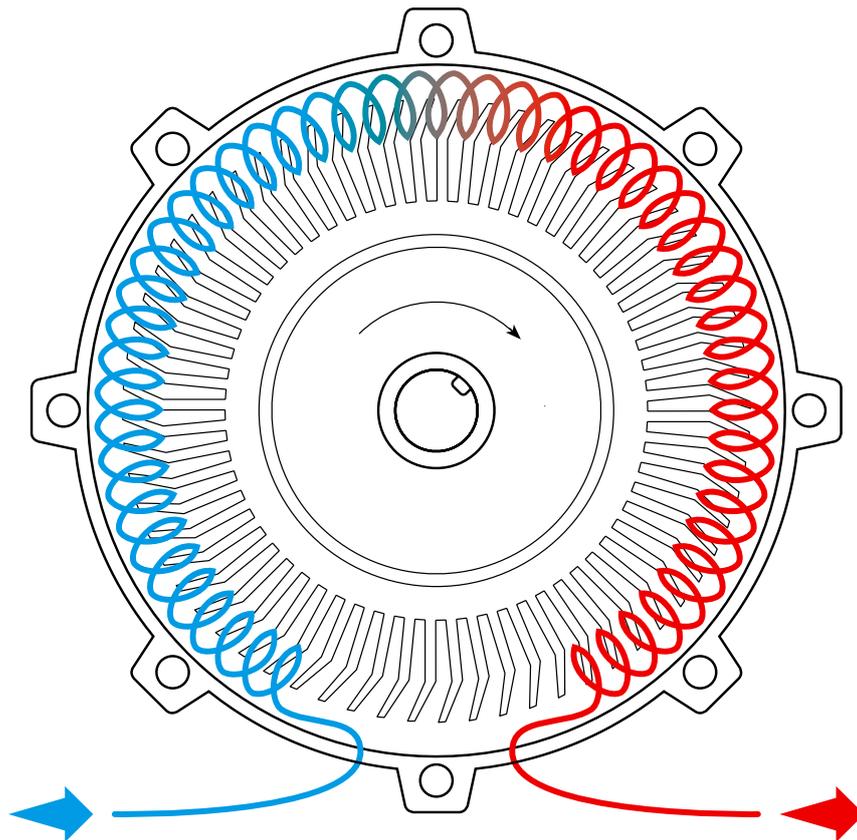
- allfällige Luftfilter ausspülen oder erneuern
- das Innere des Gerätes in Staubabsauganlage mit Druckluft ausblasen
- Gehäuse mit feuchtem Tuch abwischen

Seitenkanalverdichter

Seitenkanalverdichter erhöhen den Druck oder Unterdruck des angesaugten Gases und werden zum Absaugen oder Einblasen von Luft durch Bauteile (bspw. Schüttung, Dämmung) verwendet. Über einen Elektromotor wird ein Laufrad angetrieben, durch Zentrifugalkraft werden im peripheren Seitenkanal spiralförmige Verwirbelungen erzeugt. Während dieser Verwirbelungen wird das Gas wiederholt verdichtet, ein Druckanstieg über die gesamte Länge des Seitenkanals ist die Folge. Über Anschlussstutzen können Schlauchsysteme zur Trocknung von mehrschichtigen Bauteilen angeschlossen werden.

In von Personen genutzten Bereichen werden in der Regel wärme- und schallgedämmte Geräte eingesetzt. Eingesaugte feste Bestandteile (bspw. Ausgleichsschüttungen) werden zwischen Laufrad und Gehäusedeckel verrieben und können zu übermäßigem Verschleiß führen. Es sollten daher entsprechende Ansaugfilter (Grob- und Feinfilter) vorgeschaltet werden. Zur Reduktion von Betriebsgeräuschen können auch Schalldämpfer vorgeschaltet werden. Über vor- bzw. nachgeschaltete HEPA-Filter (Schwebstofffilter) können Ansaugluft bzw. Absaugluft gereinigt werden.

Abbildung 8:
Seitenkanalverdichter –
Schema Luftkreislauf



Funktionskontrolle

- Messung Druck an An- und Absaugöffnung
- Messung Leistungsaufnahme

Wartung

- Vorfilter und Schalldämpfer regelmäßig reinigen bzw. erneuern
- das Innere des Gerätes in Staubabsauganlage mit Druckluft ausblasen
- Gehäuse mit feuchtem Tuch abwischen

Zubehör Seitenkanalverdichter: Schlauchsysteme

Es gibt eine Vielzahl von unterschiedlichen Schlauchsystemen mit je nach Anwendungsfall spezifischen Vor- und Nachteilen. Meist kommen Schlauchsysteme mit einem Innendurchmesser von 25 bis 75 mm zum Einsatz. Vorzugsweise sind strömungsoptimierte Übergänge und Stutzen zu verwenden. Durch den Einsatz von gedämmten Schlauchsystemen können Energieverluste und nicht gewünschte erhöhte Raumlufttemperaturen reduziert werden.

Wartung

- Die erforderliche Reinigung richtet sich nach Einsatz und Verschmutzung. Es ist sicherzustellen, dass es durch das Schlauchsystem zu keiner Verteilung von Schadstoffen aus dem Sanierungsbereich in nicht kontaminierte Bereiche kommt.
- Über vorgeschaltete Wasserabscheider kann Flüssigwasser mit Seitenkanalverdichtern abgesaugt werden. In der Regel handelt es sich um Schwerkraft-Abscheider. Das angesaugte Wasser sammelt sich am Boden und wird über eine Pumpe abgepumpt.
- Filter reinigen bzw. erneuern, das Innere des Gerätes ausspülen, reinigen und (zur Vermeidung von mikrobiellem Wachstum) ausreichend trocknen.

1.3.4 Infrarot-Heizgeräte

Infrarotheizungen sind elektrische Widerstands-Heizsysteme, die überwiegend Wärmestrahlung (Infrarotlicht) abgeben. Infrarotstrahlen benötigen kein Trägermedium zum Transport ihrer Energie; diese wird nahezu verlustfrei vom Gerät zur angestrahlten Oberfläche abgegeben. In der Trocknungstechnik werden meist Infrarot-Platten zur Erwärmung der Oberfläche von Bauteilen eingesetzt. Der Strahlungswirkungsgrad der am Markt angebotenen Infrarot-Heizgeräte liegt zwischen ca. 40 bis ca. 80 %.

1.3.5 Elektrische Heizstäbe

Elektrische Heizstäbe funktionieren nach dem Prinzip des elektrischen Heizwiderstandes. Sie bestehen aus einem zylindrischen Metallkörper als Gehäuse und einer auf einen Keramikern gewickelten Heizwendel. Heizstäbe werden zur Trocknung von massivem Mauerwerk eingesetzt. Es ist zu unterscheiden zwischen Heizstäben ohne Temperaturbegrenzung und Heizstäben mit Temperaturbegrenzung.

Die Heizstäbe (Leistung ca. 100 bis 350 W, je nach Fertigungslänge) erreichen freiliegend im Raum eine Oberflächentemperatur von ca. 350 °C (nicht in Bohrloch eingeführt). Im Mauerwerk sind noch höhere Temperaturen (> 600 °C) möglich. Bei Heizstäben mit Temperaturbegrenzung wird der Heizstab bei Erreichen der vorgegebenen Soll-Temperatur abgeschaltet.

Der Heizstab ist mittels am Schaft befindlicher Lasche am Mauerwerk zu befestigen. Da das Mauerwerk wesentlich über die Entzündungstemperatur bestimmter Materialien (bei Holz je nach Holzfeuchte und Einbausituation ab ca. 100 °C) erwärmt wird, liegt stark erhöhte Brandgefahr vor. Auftraggeber sind nachweislich auf die erhöhte Brandgefahr hinzuweisen. Es sind entsprechende Sicherheitsvorkehrungen (bspw. Heiðarbeitsschein, Genehmigung der Arbeiten durch Brandschutzbeauftragten, Überwachung) zu treffen. Bei im Wandaufbau vorhandenen brennbaren Stoffen (bspw. Wärmedämmung, Holz) dürfen keine Heizstäbe verwendet werden. Auch Hohlräume (bspw. Schächte, Doppelböden, Balkendecken) sind aufgrund der Brandgefahr niemals mit Heizstäben aufzuheizen. Zudem ist ein ausreichender Mindestabstand zu brennbaren Bauteilen und Baustoffen wie Holz, Kunststoff, Metall, E-Leitungen etc. unbedingt einzuhalten! Vor Inbetriebnahme der Heizstäbe sind die Bohrlöcher augenscheinlich (bspw. mit Endoskop) auf brennbare Stoffe zu prüfen. Nach einer entsprechenden Aufheizphase sollte die Wärmeverteilung in der Wand mittels Thermographie überprüft werden.

1.4 Bestimmung der Materialfeuchte/Methoden

Grundsätzlich ist bei der Bestimmung der Materialfeuchte zwischen direkten und indirekten Verfahren zu unterscheiden.

1.4.1 Thermogravimetrische Bestimmung nach dem Darr-Verfahren

Bei der thermogravimetrischen Bestimmung des Feuchtegehaltes nach dem Darr-Verfahren handelt es sich um ein direktes Verfahren zur quantitativen Bestimmung der Materialfeuchte. Eine Probe des entnommenen Baustoffs wird in feuchtem Zustand gewogen. Weiter wird die Baustoffprobe im Trockenschrank (Darr-Ofen) bis zur Gewichtskonstanz getrocknet (EN ISO 12570) und anschließend neuerlich gewogen. Diese Methode wird in ÖNORM B 3355 beschrieben.

Die Bestimmung des Feuchtegehaltes erfolgt quantitativ nach

$$F = (m_f - m_{tr}) \times 100 / m_{tr}$$

F Feuchtigkeitsgehalt in Prozent bezogen auf die Masse

m_f Masse der Probe vor Trocknung [g]

m_{tr} Masse der Probe nach Trocknung [g]

Vorteile

- es wird keine physikalische Hilfsgröße benötigt
- hohe Genauigkeit
- ergänzende Untersuchungen an Proben möglich (z.B. Durchfeuchtungsgrad)

Nachteile

- keine zerstörungsfreie Probenahme
- langwierig, Aussagen zum Feuchtegehalt erst nach Erreichen der Gewichtskonstanz möglich

1.4.2 CM-Messung

Hierbei handelt es sich um ein analytisches Verfahren zur halbquantitativen Bestimmung des Feuchtegehaltes von mineralischen Baustoffen in CM-Prozent. Zur Bestimmung des Feuchtigkeitsgehaltes von Estrichen ist die Vorgehensweise der Messung in ÖNORM B 3732 geregelt. Aus dem Baustoff wird eine Probe entnommen und zerkleinert. Die Probe wird gewogen und eine definierte Menge des Probengutes mit Stahlkugeln in einen Druckbehälter gebracht. Zudem wird eine Glasampulle mit Calciumcarbid beigegeben. In der Folge wird der Druckbehälter geschlossen und geschüttelt. Das Calciumcarbid reagiert mit dem Wasser aus der Probe und es ist der durch die Reaktion entstandene Druck über ein Manometer abzulesen. Über eine entsprechende Umrechnungstabelle wird der Druck dem Wassergehalt in CM-Prozent zugeordnet.

Vorteile

- schnelles Ergebnis
- genormtes Verfahren zur Bestimmung der Belegreife von Estrichen

Nachteile

- keine zerstörungsfreie Probenahme
- starke Störeinflüsse
- keine verlässliche Umrechnung in Gewichts- oder Volumenprozent möglich

1.4.3 Möglichkeiten elektronischer Feuchtigkeitsmessungen

Mit elektronischen Feuchtigkeitsmessungen können folgende Fragestellungen geklärt werden:

- Welche Bauteile und Bauteilschichten sind durchfeuchtet (bspw. Wand, Decke, Boden)
- Überschlägige Abschätzung des Wassergehaltes
- Feuchtigkeitsverteilung

In der Praxis werden häufig folgende indirekte Messverfahren eingesetzt:

Widerstandsmessung

Der elektrische Widerstand vieler Materialien ist vom Wassergehalt abhängig. Der elektrische Widerstand wird gemessen, umso geringer der Widerstand ist, desto mehr Wasser ist enthalten.

Vorteile

- zerstörungsarme Vergleichsmessung
- Messung in verschiedenen Tiefen möglich (Tiefenprofil)
- schnelle Aussage

Nachteile

- keine verlässliche Umrechnung in Gewichts- oder Volumenprozent
- starke Störeinflüsse (leitfähige Bestandteile, Schadsalzbelastung), die hohe Werte vortäuschen

Feuchtemessung mittels Netzwerkanalysator (HF-Signal im Mikrowellenbereich)

Über eine Antenne werden elektromagnetische Mikrowellen abgestrahlt und die an unterschiedlichen Schichten reflektierten Wellen wieder detektiert. Der Frequenzgang des Reflexionsfaktors wird nach Betrag und Phase gemessen.

Vorteile

- zerstörungsfreie Orientierungsmessung
- schnelle Aussage (trocken/feucht)

Nachteile

- Interpretation sehr schwierig bis unmöglich
- keine quantitative Bestimmung des Feuchtigkeitsgehalts

Kapazitive Feuchtigkeitsmessung (Dielektrisches Messverfahren)

Über das Hochfrequenzfeld eines Kondensators wird das Dielektrikum zwischen den beiden Kondensatorplatten (meist Messelektrode und Messgerät) gemessen. Die Dielektrizitätskonstante von Wasser (ca. 80 bei 20 °C) ist im Vergleich zu Luft (ca. 1) und trockenen Materialien (ca. 2 bis 10) sehr hoch. Die gemessene Kapazität des Kondensators ist ein Indikator für das im Baustoff enthaltene Wasser.

Vorteile

- zerstörungsfreie Orientierungsmessung
- schnelle Aussage (trocken/feucht)

Nachteile

- Interpretation nicht trivial
- keine quantitative Bestimmung des Feuchtigkeitsgehalts
- Messung nur an der Oberfläche (bzw. Mittelwert über eine gewisse Tiefe)
- Störeinflüsse (leitfähige Bestandteile, Schadsalzbelastung) können hohe Werte vortäuschen

Ausgleichsfeuchtemessung

Es wird ein Bohrloch im Mauerwerk oder im Estrich hergestellt, darin werden die relative Luftfeuchte und die Lufttemperatur gemessen. Das Bohrloch mit der Messsonde ist zur Umgebung luftdicht abzuschotten. Die Methode ist in WTA 4-12-16/D – Ziele und Kontrolle von Schimmelpilzschadensanierungen in Innenräumen beschrieben.

Eine Möglichkeit, die Feuchte in einem Bauteil über einen längeren Zeitraum zu verfolgen, besteht darin, Sensoren dauerhaft in das Bauteil einzubringen. Diese Sensoren stehen über Funk mit einer Zentraleinheit in Verbindung, die die Daten an einen Server weitergibt.

Vorteile

- realistische Beurteilung der tatsächlichen Feuchte-Situation im Bauteil
- schnelle Aussage
- Langzeitmessung durch Sensoren, die im Bauteil verbleiben, möglich

Nachteile

- zerstörende Methode durch Anbringung von Bohrlöchern

1.4.4 Grenzen elektronischer Feuchtigkeitsmessungen

Elektronische Feuchtigkeitsmessungen geben nur indirekte Hinweise auf die Feuchte im Material. Die ermittelten Zahlenwerte müssen durch einen erfahrenen Messtechniker beurteilt werden, um falsch positive Ergebnisse zu vermeiden.

Bei schadsalzbelasteten Putzen oder Mauerwerk kann das Ergebnis elektronischer Feuchtigkeitsmessungen nach oben verfälscht werden. Auch bei leitfähigen Zuschlagsstoffen wie Graphit (bspw. bei Wandheizungen), magnetischen Zuschlagsstoffen (bspw. bei Mehrzweckwänden) oder Metall kann das Ergebnis nach oben verfälscht werden. Weiters bewirken eingebaute wasserführende und/oder metallische Teile (bspw. Trinkwasser- und Heizungsleitungen, Kantenschutz, Bewehrung, Alu-Folie als Makulaturtapeten) scheinbar hohe Messergebnisse, obwohl keine erhöhte Bauteilfeuchte gegeben ist.

Bei kapazitiven Feuchtigkeitsmessungen an mehrschichtigen Aufbauten mit Hohlräumen und Luftschichten ist meist keine Aussage über den Feuchtegehalt der dahinter liegenden Baustoffe möglich.

Da die Entnahme von Baustoffproben eine Beschädigung oder Zerstörung des Bauteiles bedingt, und das Ergebnis der Untersuchung meist erst mehrere Tage nach der Probenentnahme vorliegt, werden derartige Messungen bei vielen Schadenfällen nicht eingesetzt. Der Vorteil genormter Messungen zeigt sich jedoch in der Aussagekraft der Ergebnisse sowie im Beweisverfahren bei allfälligen Rechtsstreitigkeiten. Eine nicht genormte, orientierende Messung mittels elektronischer Feuchtemessgeräte kann in speziellen Fällen zu Beweisproblemen führen.

Nach Überschwemmungsschäden ist erhöhte Sorgfalt geboten. Im Übersättigungsbereich ist bei Baustoffen mit hoher Porosität im Vergleich zum Sorptionsbereich ein Vielfaches mehr an Wasser enthalten. Die meisten elektronischen Baustofffeuchtigkeitsmessgeräte funktionieren nur im Sorptionsbereich zuverlässig und es wird bereits mit Beginn des Kapillarbereichs der höchstmögliche Messwert erreicht.

1.5 Messung der Luftgeschwindigkeit

Thermische Anemometer (Hitzdraht- und Hitzkugel-Anemometer)

Beim Hitzdraht- und Hitzkugel-Anemometer wird ein Sensorelement elektrisch beheizt und es verändert sich der Widerstand in Abhängigkeit von der Temperatur. Der Wärmetransport durch Umströmung in das Strömungsmedium ändert sich mit der Strömungsgeschwindigkeit. Der mögliche Messbereich umfasst etwa 0,1 m/s bis ca. 30 m/s.

Vorteile

- zeitlich hochauflösend
- hohe Genauigkeit
- Messung von geringen Luftgeschwindigkeiten ab ca. 0,1 m/s möglich

Nachteile

- Fühler sehr empfindlich gegen mechanische Beschädigung

Mechanische Anemometer (Flügelrad-Anemometer)

Der Sensor (Flügelrad) liegt mit seiner Achse in der Strömungsrichtung, das strömende Medium erzeugt eine zur Strömungsgeschwindigkeit proportionale Drehzahl. Der mögliche Messbereich liegt zwischen ca. 1 m/s und ca. 30 m/s.

Vorteile

- einfacher Aufbau, meist robuste Ausführung

Nachteile

- geringe Genauigkeit im unteren Messbereich
- Druckkompensation bei geringen Luftgeschwindigkeiten erforderlich

Staurohr-Anemometer

Staurohr-Anemometer werden zur Messung von Differenz- und Staudruck sowie von hohen Luftgeschwindigkeiten eingesetzt. Die Sonden bestehen meist aus einem Pitotrohr (Staurohr) und diversen Druckmesseinrichtungen. Ein spindelförmiger Metallkörper ist an einem Messträger befestigt. Im Metallkörper befinden sich Kanäle, die über Bohrungen mit der Umgebung verbunden sind. An der Spitze des Rohres (Staupunkt) ist die Strömungsgeschwindigkeit Null. Im Pitotrohr wird die Summe von Staudruck und statischem Druck aufgenommen. Der mögliche Messbereich liegt bei ca. 1 m/s bis ca. 80 m/s.

Vorteile

- robuste Ausführung
- Messung von hohen Luftgeschwindigkeiten möglich

Nachteile

- geringe Genauigkeit im unteren Messbereich

1.6 Messung der Lufttemperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit

Es gibt unterschiedlichste Messgeräte und Fühler (bspw. Quecksilberthermometer, Thermolement-Fühler, Kaltleiter, Heißleiter, Platin-Messwiderstände) zur Messung der Temperatur.

Zur Messung der relativen Luftfeuchtigkeit steht eine Vielzahl unterschiedlicher Hygrometer zur Verfügung. Es wird bspw. zwischen Absorptionshygrometern, Psychrometern, Taupunktspiegelhygrometern, chemischen Hygrometern und optischen Hygrometern unterschieden.

Zur Messung des Außenluft- wie auch des Innenraumluftklimas sind zahlreiche unterschiedliche Kombinations-Messgeräte am Markt verfügbar. Der Großteil dieser Messgeräte ist nicht für die Messung im Luftstrom geeignet. Für die Messungen an den Trocknungsanlagen sind Kombinationsmessgeräte mit Anemometer zielführend.

1.7 Messung der Oberflächentemperatur

Es ist zwischen berührungslosen Messverfahren (Strahlungstemperaturmessung) und an den Oberflächen aufgelegten Tasttemperaturmessungen zu unterscheiden.

Berührungslose Messung der Oberflächentemperatur (Infrarot-Thermometer)

Die vom Messobjekt ausgehende Infrarot-Strahlung wird auf einen Infrarot-Detektor fokussiert. Entsprechend der Strahlung wird ein elektrisches Signal erzeugt. Der qualitative Nachweis von Wärmebrücken in Gebäudehüllen mittels Infrarot-Verfahren (Gebäudethermographie) ist in EN 13187 geregelt. Gebäudediagnostisch ist insbesondere die Innenraumthermographie von Bedeutung, bei der die Strahlungstemperatur von Materialien (bspw. in exponierten Raumecken) bestimmt werden kann.

Der Emissionsgrad der Oberfläche des Messobjektes sollte bekannt sein und muss am Gerät eingestellt werden. Weiter sollte zur Vermeidung von Messfehlern auch die Reflexionstemperatur berücksichtigt werden.

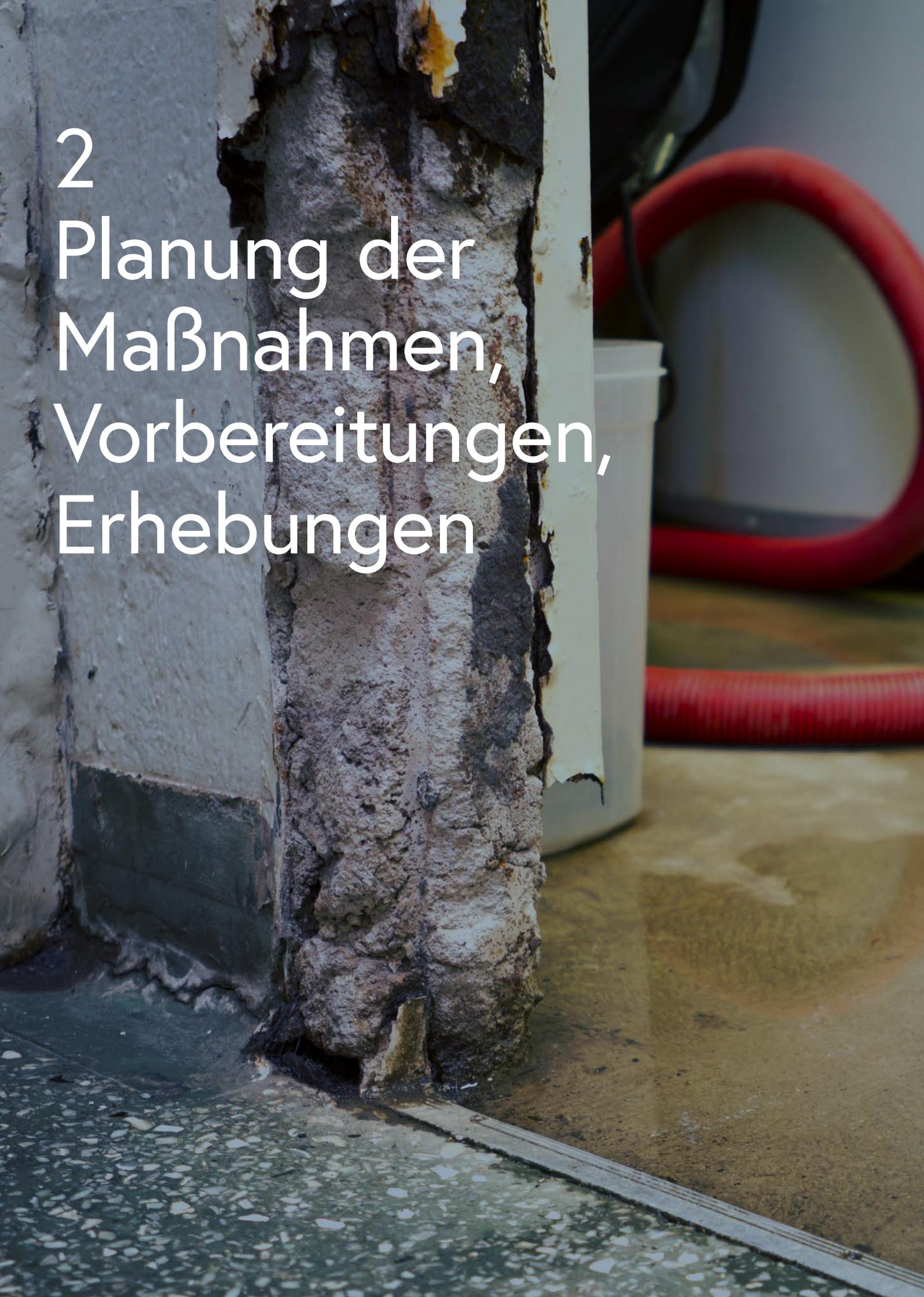
Tasttemperaturmessungen

Als Sensoren werden Heißleiter (NTC-Widerstände), Kaltleiter (PTC-Widerstände) und vor allem Platin-Messwiderstände (bspw. Pt100) eingesetzt. Das Messprinzip beruht jeweils darauf, dass sich der elektrische Widerstand mit der Temperatur ändert.

Durch das Auflegen des Tasttemperaturfühlers wird das ursprüngliche Temperaturfeld verändert. Die auftretenden thermischen Messabweichungen sollten erkannt (bspw. über Referenzmessungen mit anderen Messmethoden) und berücksichtigt werden.

2

Planung der
Maßnahmen,
Vorbereitungen,
Erhebungen



Die fachgerechte Planung, Vorbereitung und Durchführung einer technischen Bauteiltrocknung setzt eine gewissenhafte Prüfung mittels dokumentierter Feuchtemessungen der betroffenen Bauteile und Erhebung der relevanten Rahmenbedingungen voraus. Im Rahmen einer Begehung vor Ort sind wichtige Punkte zu klären, die in der Folge dargestellt werden.

2.1 Ziel der technischen Bauteiltrocknung

Ziel der technischen Bauteiltrocknung ist in der Regel die dauerhaft schadensfreie und behagliche Nutzung des Objektes. Weiters kann eine technische Trocknung Voraussetzung sein, um in der Folge den Baufortschritt zu gewährleisten.

Entscheidend für die Vermeidung von mikrobiellem Befall nach Wasserschäden ist das möglichst rasche Absenken der Materialfeuchte. Wenn die Gefahr besteht, dass es zu mikrobiellem Wachstum kommen kann oder ein solches bereits gegeben ist, müssen vor Beginn der Trocknung bzw. parallel dazu mögliche Risikobereiche identifiziert werden. Näheres dazu siehe Leitfaden zur Vorbeugung, Erfassung und Sanierung von Schimmelbefall in Gebäuden („Schimmelleitfaden“) des BMNT.

Es ist notwendig, vor Beginn der Maßnahmen die genauen Ursachen für die erhöhte Feuchte zu ermitteln und ein Trocknungsziel (in der Regel die zu erreichende Materialfeuchte) zu vereinbaren, welches zur Überprüfung des Trocknungserfolgs herangezogen werden kann. Wird kein spezielles Trocknungsziel vereinbart, so ist von der Ausgleichsfeuchte auszugehen.

Um mikrobiellen Befall zu vermeiden, insbesondere bei durchnässten Hohlräumen, ist die technische Bauteiltrocknung so rasch als möglich durchzuführen. Bei Bodenaufbauten ist die Trocknung so zu gestalten, dass das Einbringen der Trockenluft an den Stellen erfolgt, wo erhöhtes Schimmelrisiko vorliegt. Über (mikrobielle) Untersuchungen ist vor der Trocknung sicherzustellen, dass nicht schon Schimmelbefall vorliegt. Die Effizienz der Trocknung im Hinblick auf die Absenkung der Materialfeuchte ist während und mit Abschluss der Arbeiten durch Fachleute nachvollziehbar mittels Messprotokollen (siehe Beispiel im Anhang) zu dokumentieren.

Um Schimmelbefall vorzubeugen, ist die Wasseraktivität grundsätzlich auf Werte unterhalb des Wachstumsbereichs von Mikroorganismen abzusenken. Zur Vermeidung von Schimmelbefall an Bauteiloberflächen ist meist das Absenken der Innenraumluftfeuchte unter 55 % r.F. (gemessen in mittlerer Raumhöhe bei üblichen Innenraumlufttemperaturen) ausreichend. Dies ist in der Regel durch Lüftungsmaßnahmen sowie, wenn dies nicht möglich ist, durch den Betrieb von geeigneten und ausreichend dimensionierten Luftentfeuchtungsgeräten zu erreichen.

2.2 Erstmaßnahmen/Überbrückungsmaßnahmen

Unter Erst- und Überbrückungsmaßnahmen sind zur Schadenstabilisierung, d.h. zur Vermeidung von weiteren Folgeschäden wie bspw. Schimmelbefall, erforderliche Maßnahmen zu verstehen. Ist die Behebung der Ursache(n) nicht umgehend möglich, so können bis zur endgültigen Behebung Überbrückungsmaßnahmen erforderlich sein.

Nachfolgend sind einige typische Erst- und Überbrückungsmaßnahmen nach Wasserschäden angeführt.

Maßnahme	Anmerkung
Auslagern feuchtesensibler Gegenstände	Klavier, Antikmöbel, Kunstgegenstände etc.
Flüssigwasser absaugen	ggf. Analyse auf Schadstoffe oder Fäkalkeime erforderlich
Schadenausmaß erheben, Befundaufnahme durch Sachverständigen, Feuchtemessungen	Schichtaufbauten feststellen, Tiefenmessungen, ggf. auch Sondierungsöffnungen
Abgrenzung von überlagernden Ursachen	ggf. Mauerwerksdiagnostik und Schadsalzanalyse
Elektrische und elektronische Anlagen vor Feuchte schützen	keine Funktionstests, Luftfeuchte absenken, betroffene Stromkreise vom Netz trennen
Abschottungen herstellen	Verschleppen von Schimmelbestandteilen verhindern, Umgebungsschutz
Überprüfen von Elektronik und elektrischen Anlagen	durch Sachverständigen oder Fachfirma, Attest einholen
Demontage von feuchten oder nassen Wandverkleidungen, abgehängten Decken und Gipskartonplatten	auf verdeckten Schimmelbefall achten, Innenseite von Leichtbau- und Holzkonstruktionen prüfen, feuchte Gipskartonplatten entfernen
Raumluftfeuchte absenken <55 % r.F. und überwachen	rasche Entfeuchtung ist notwendig, um Befall durch Schimmel zu vermeiden
Beheizung, falls erforderlich	Schimmelrisiko/Wachstumsbedingungen beachten
Bei Schimmelbefall: Gefährdungsbeurteilung gemäß „Schimmelleitfaden“ des BMNT	Persönliche Schutzausrüstung, organisatorische Maßnahmen
Sanierungskonzept erstellen	resultierende Begleitschäden oder Folgeschäden berücksichtigen
Dokumentation	Fotos, Berichte, Leistungsnachweise

Tabelle 1: typische Erst- und Überbrückungsmaßnahmen nach Wasserschäden

2.3 Feuchtigkeitsverteilung/Abgrenzung Schadensbereich

Vorab ist festzustellen, welche Bauteile durchfeuchtet sind und welche Wassergehalte vorliegen. Zur Interpretation der Messwerte aus Orientierungsmessungen muss der genaue Schichtaufbau des Bauteils bekannt sein, gegebenenfalls sind Sondieröffnungen an den Bauteilen herzustellen. Die Feststellung des Feuchtigkeitsverlaufs (als vergleichende Messung) mittels elektronisch direkt anzeigender Baustofffeuchtigkeitsmessgeräte ist für die technische Bauteiltrocknung meist ausreichend. Insbesondere sind über kapazitive Messverfahren zerstörungsfreie Vergleichsmessungen in den oberen Schichten homogener Aufbauten möglich. Die Eindringtiefe ist abhängig vom Messgerät und verwendeter Sonde sowie den baustoffspezifischen Eigenschaften (bspw. Rohdichte) wie auch vom Feuchtigkeitsgehalt. Orientierende Messungen sind mit Randbedingungen verbunden, die eine eingehende Kenntnis der Beschränkungen der Aussagekraft der mittels derartiger Messgeräte erzielten Ergebnisse (insbesondere falsch positive Ergebnisse) voraussetzen.

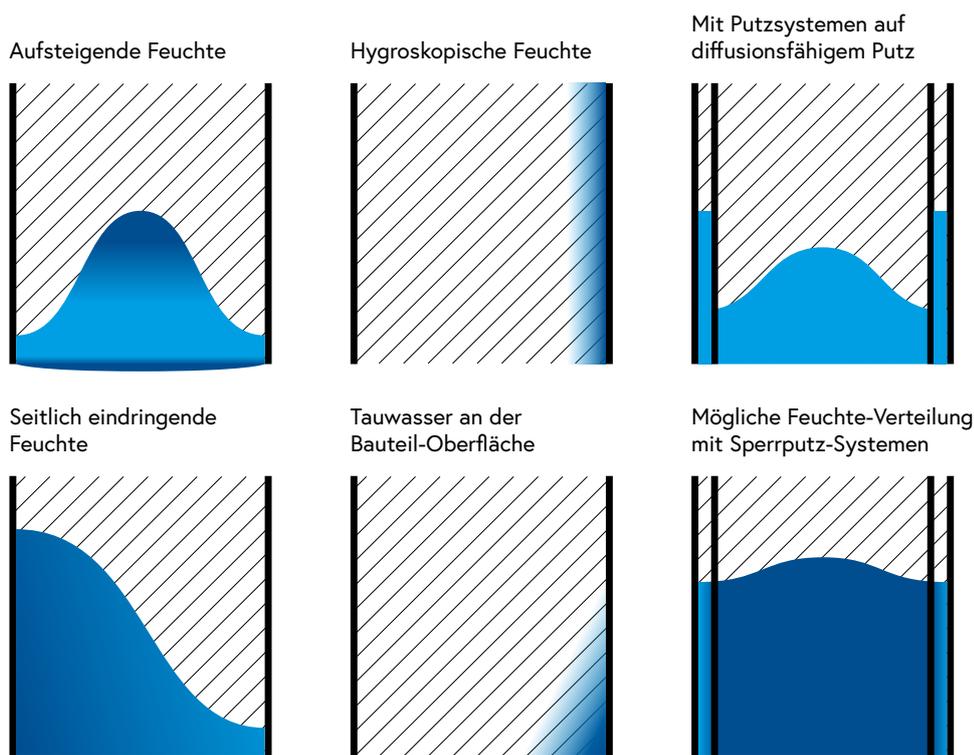


Abbildung 9: Typische Feuchtigkeitsverteilungen nach Ursachen (Quelle: Klopfer, Lehrbuch der Bauphysik)

Wurden an der Oberfläche oder den oberflächennahen Schichten erhöhte Feuchtigkeitswerte festgestellt, so ist es meist erforderlich, über Tiefenmessungen den Feuchtigkeitsverlauf im Bauteil zu bestimmen. Dies ist häufig auch für die Bestimmung der Schadensursache oder Bestätigung der Ursachenvermutung erforderlich. Mit Tiefenmessungen über isolierte Tiefenelektroden, bspw. bei Estrichrandfugen, ist nach dem Prinzip der elektrischen Leitfähigkeitsmessung eine orientierende Bestimmung

der Baustofffeuchtigkeiten möglich und es kann die Feuchtigkeitsverteilung im Bauteil ermittelt werden. Über die Feuchtigkeitsverteilung können häufig auch qualifizierte Aussagen zu den vorliegenden Schadensursachen getroffen werden. Wichtig bei allen indirekten Messungen ist die Bestimmung der Gleichgewichtsfeuchte über ausreichend viele und an geeigneten Messstellen durchgeführte Referenzmessungen.

2.4 Weitere Prüfungen

Werden quantitative Messergebnisse benötigt, so sind diese über Messverfahren nach ÖNORM B 3355 im Labor durchzuführen. Die Ermittlung der Feuchtigkeitsverteilung in Bauteilschichten ist meist nur über Entnahme von Materialproben mit anschließender Laborauswertung möglich.

Bei Hohlräumen sind in der Regel Sondierungsöffnungen erforderlich, um die Baustoffe auf allfälligen Schimmelbefall prüfen zu können. Dies gilt insbesondere für den Bereich unterhalb des Estrichs sowie bei Trockenbauwänden, Wandverkleidungen, abgehängten Decken, Schächten und sonstigen von Feuchtigkeit betroffenen, nicht zugänglichen Bereichen. Die Sondierungs- und/oder Bauteilöffnungen sind derart herzustellen, dass beschädigte Abdichtungen, Dampfsperren, Dampfbremsen etc. mit möglichst geringem Aufwand wieder fachgerecht instand gesetzt werden können.

Bei hölzernen Konstruktionen ist jedenfalls die Holzfeuchte abhängig von der Holzart und Temperatur zu messen. Es sind die kritischen Bereiche zu prüfen. Bei Fertigteilhäusern in Holzrahmenbauweise sind dies bspw. die Fußschwellen. Die Prüfung hat derart zu erfolgen, dass auch der untere Auflagerbereich untersucht wird. Dementsprechend sind bei Holztramdecken die Balkenköpfe im Auflagerbereich zu prüfen. Durch die Prüfungen ist sicherzustellen, dass keine Vorschäden durch Schimmelpilze, holzerstörende Pilze oder holzerstörende Insekten vorliegen. Liegen derartige Vorschäden vor, so sind nähere Prüfungen zu den vorliegenden Schadorganismen und zum Grad der Schädigung unabdingbar. Eine technische Bauteiltrocknung hat bei vorhandenem Befall durch holzerstörende Pilze nur in begründeten Ausnahmefällen und jedenfalls unter Berücksichtigung der einschlägigen Fachregeln, insbesondere ÖNORM B 3802-4, zu erfolgen. Es ist in jedem Fall zu gewährleisten, dass keine mikrobiellen Bestandteile wie Pilzsporen, Pilzbruchstücke oder andere Schadorganismen in nicht betroffene Bereiche verfrachtet werden.

2.5 Feststellung der Schadensursache

Vor Trocknungsbeginn sollte(n) die Schadensursache(n) bekannt sein und es ist zu gewährleisten, dass es zu keinem neuerlichen Feuchteintrag kommt. Unabhängig davon

sind Überbrückungsmaßnahmen bzw. Maßnahmen zur kurzfristigen Absenkung der Raumluft- und/oder Materialfeuchte zur Vermeidung von weiteren Schäden zu ergreifen. Zu den bekannten Ursachen sind Plausibilitätsprüfungen anzustellen, bspw. es ist zu prüfen ob die vorhandenen Wassermengen von der vermuteten primären Schadensursache stammen können. Weiter sind die Verteilungswege zu berücksichtigen und es ist zu bewerten, ob die festgestellte Feuchtigkeitsverteilung mit der Schadensursache erklärbar ist. Sind weitere überlagernde Schadensursachen festzustellen bzw. sind diese nicht auszuschließen, so ist dies dem Auftraggeber umgehend schriftlich mitzuteilen und es sind die Behebung dieser Ursachen bzw. ggf. weitere erforderliche Prüfungen zu empfehlen.

2.6 Anwendbarkeit einer technischen Bauteiltrocknung

Eine technische Trocknung ist erforderlich, wenn Bauteile zu viel Feuchtigkeit aufgenommen haben und eine natürliche Austrocknung nicht ausreichend ist, oder wenn durch eine technische Trocknung Folgeschäden verhindert werden können. Grundsätzlich richtet sich die Vorgangsweise und Sinnhaftigkeit einer technischen Trocknung von Wasserschäden nach der Art und dem Verschmutzungsgrad der nassen bzw. feuchten Bauteilkonstruktionen.

Typische Folgeschäden einer Durchfeuchtung von Bauteilen sind

- Schimmelbefall
- Befall durch holzerstörende Pilze oder Insekten
- Verformungen
- Festigkeitsverlust, Verlust der statischen Eigenschaften
- Geruchsbelästigung z.B. durch mikrobiell verursachte flüchtige organische Substanzen (MVOC)
- mineralische Ausblühungen/Schäden durch bauschädliche Salze
- Korrosion
- Verschlechterung der Wärmedämmeigenschaften
- unhygienische, gesundheitsschädliche Lebensbedingungen der Nutzer
- Vermögensschäden durch Betriebsunterbrechung, Mietentgang

Im Hinblick auf die durchfeuchteten Bauteile ist aus technischer Sicht abzuschätzen, ob eine Bauteiltrocknung grundsätzlich möglich und zielführend oder ob eine natürliche Trocknung eventuell ausreichend ist und wie lange diese voraussichtlich dauern würde. Oftmals können vorhandene raumluftechnische Anlagen mit einer technischen Bauteiltrocknung kombiniert werden.

Die betroffenen Bauteile sind je nach Schadensursache und Verlauf auf allfällige zu erwartende Verunreinigungen und Kontaminationen (bspw. Schimmel, Fäkalkeime, Löschwasser- und Brandrückstände, Sedimente, Glykol, Heizöl etc.), sowie bei Holz- und Holzwerkstoffen auch auf allfällige Schäden durch holzerstörende Pilze und Insekten zu prüfen. Nicht einsehbare Hohlräume (bspw. Leichtbauwände, Schächte) sind zu berücksichtigen und über entsprechende Sondieröffnungen zu prüfen.

Da bei einer Sanierung von Schimmelbefall in Räumen der Nutzungsklasse II und III nicht die Infektionsvermeidung das Ziel ist, ist eine Biozidbehandlung grundsätzlich nicht notwendig und auch nicht zielführend. In Einzelfällen kann eine Behandlung mit rückstandsfreien Bioziden sinnvoll sein, wenn Kontaminationen von einer mechanischen Reinigung nicht erfasst werden können (z.B. wenn mikrobielles Wachstum bis zur Trocknung verzögert werden soll). Ein Fluten von Fußbodenkonstruktionen mit Bioziden (in der Praxis oft fälschlicherweise Desinfektion genannt) ist keine nachhaltige Sanierungsmaßnahme. Das gilt auch für die Nutzungsklasse III. Es gibt keine Nachweise, dass damit eine dauerhafte Inaktivierung von Schimmelpilzen und Bakterien erreicht werden kann.

Es ist sicherzustellen, dass nach der Trocknung keine unzulässigen Belastungsfaktoren im betreffenden Raum zurückbleiben (z.B. kontaminierte Stäube). Inwieweit allenfalls vorhandene Kontaminationen zulässig sind, hängt auch von Art und Nutzung der Räumlichkeiten ab. Die erforderlichen Maßnahmen richten sich nach der Nutzungsklasse laut „Schimmelleitfaden“ des BMNT. Mögliche Nutzungsänderungen sind in der Beurteilung zu berücksichtigen und in einem – ggf. aus diesem Anlass einzurichtenden – Bauwerksbuch zu dokumentieren.

Weiter ist eine wirtschaftliche Betrachtung anzustellen, um zu entscheiden, ob eine Trocknung oder ein Neuaufbau erfolgen soll. In dieser sind die für die Durchführung der Trocknung erforderlichen Beschädigungen zu berücksichtigen (insbesondere bei Bauteilschichten, deren Instandsetzung sehr aufwendig ist, bspw. hochwertige Bodenbeläge, Fassaden, Abdichtungen, Dampfsperren, Dampfbremsen, Alternativabdichtungen).

Hochwasser- und Überschwemmungsschäden

Nach Hochwasserschäden und Überschwemmungen liegen häufig Kontaminationen durch verunreinigtes Wasser (Fäkalien, organische Substanzen, Öl, Treibstoffe) vor. Zudem werden meist Feinstoffe (Sedimente) mit eingespült. Ob eine Trocknung nach Hochwasser- bzw. Überschwemmungsereignissen möglich ist oder die Aufbauten zu erneuern sind, ist vor allem vom Verschmutzungsgrad des eingedrungenen Wassers abhängig.

Nach Löschwasser- und Brandschäden

Nach Brandschäden liegen oft Verunreinigungen durch Brandrückstände und Brandfolgeprodukte (bspw. Chlorwasserstoff, Bromwasserstoff, Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), Polychlorierte Dibenzodioxine und -furane vor – siehe VdS 2357 Richtlinien zur Brandschadensanierung. Bei Löschwassereintritt in Baumaterialien ist von stark erhöhtem Risiko für mikrobiellen Befall auszugehen. Außerdem kommt es häufig durch mit dem Löschwasser in tiefere Bauteilschichten eingedrungene Brandrückstände zu Geruchsemissionen.

Grau- oder Schwarzwasser

Abwasser und Fäkalien aus der Toilette werden laut ÖNORM ISO 6107-7 „Schwarzwasser“ genannt. Davon ist Grauwasser als fäkalienfreies, gering verschmutztes Abwasser aus Bädern, Duschen, Wasch- und Spülbecken sowie Waschmaschinen aus Haushalten zu unterscheiden. Die organische Substanz aus Grau- oder Schwarzwasser kann eine Quelle für hygienische Belastungen beziehungsweise für eine Geruchsbelästigung darstellen.

Im Rahmen einer Sanierung nach einem Grau- oder Schwarzwasser-Eintritt muss sichergestellt werden, dass durch die gründliche Reinigung der betroffenen Flächen bzw. durch den Austausch mikrobiell belasteten Materials die organische Substanz (Fäkalverunreinigungen) nach Möglichkeit restlos entfernt wird und die betroffenen Bereiche vollständig getrocknet werden.

Eine Untersuchung auf Fäkalkeime in Materialien des Fußbodenaufbaus (in der Regel der unterste Bereich bzw. unterhalb der Dämmschicht) dient zur Klärung der Frage, ob und in welcher Form der betroffene Bereich verunreinigt wurde sowie zur Abklärung des Schadensausmaßes. Als Fäkalkeime werden *Escherichia coli* und coliforme Organismen sowie Enterokokken bezeichnet. Diese aeroben bzw. fakultativ anaeroben Mikroorganismen leben üblicherweise im Dickdarm von Menschen und Tieren. Beim Nachweis dieser Keime ist davon auszugehen, dass organische Substanz in relevanter Menge eingebracht wurde. Der Nachweis von *Escherichia coli* zeigt eine kurz zurückliegende fäkale Verschmutzung an. Werden nur coliforme Organismen und/oder Enterokokken nachgewiesen, kann das Schadensereignis bereits länger zurückliegen. Bei der Messplanung ist zu berücksichtigen, dass Fäkalkeime in trockenen Aufbauten nicht mehr nachweisbar sind. Kommt es zu neuerlicher Durchfeuchtung, sind meist sehr rasch Geruchsemissionen festzustellen. Darüber hinaus liegen nach Fäkal- oder Grauwasserschäden meist auch günstigere Bedingungen für Schimmelbefall als bei reinen Leitungswasserschäden vor.

2.7 Beurteilungsgrundlagen für Feuchteschäden in Fußböden

In der Handlungsempfehlung zur Beurteilung von Feuchte- und Schimmelschäden in Fußböden des österreichischen Leitfadens zur Vorbeugung, Erfassung und Sanierung von Schimmelbefall in Gebäuden („Schimmelleitfaden“) des BMNT, die zur Beurteilung von Sanierungserfordernissen bei Feuchteschäden in Fußbodenkonstruktionen herangezogen werden sollte, werden unterschiedliche Bewertungsstufen definiert, die in vielen Fällen eine schnelle Beurteilung ohne aufwendige mikrobiologische Untersuchungen ermöglichen. Diese Fälle wurden in einer ersten Bewertungsstufe anhand von vier Szenarien zusammengefasst:

1. Szenario: Rückbau nicht erforderlich durch schnelle Trocknung und schwer besiedelbare Materialien

Ein Rückbau von feuchtebelasteten Baustoffen in Fußbodenkonstruktionen ist in der Regel nicht notwendig, wenn ein signifikantes mikrobielles Wachstum auf dem Baustoff nicht zu erwarten ist. Hiervon ist auszugehen, wenn es sich um ein aktuelles, einmaliges, kurzzeitiges Ereignis ohne Vorschaden mit nicht fäkalhaltigem Wasser handelt und die betreffenden Baustoffe aufgrund ihrer mineralischen oder dichten Struktur von Mikroorganismen schwer zu besiedeln sind (bspw. Polystyrolbeton) und eine ausreichende Trocknung innerhalb von ca. einem Monat nach Schadenseintritt sichergestellt werden kann. In diesen Fällen ist eine mikrobiologische Untersuchung nicht erforderlich.

2. Szenario: Rückbau aus technischen Gründen empfohlen

Ein Rückbau der Fußbodenkonstruktion ist dann zu empfehlen, wenn sich eine Trocknung über einen längeren Zeitraum von über drei Monaten nach Schadenseintritt hinziehen würde bzw. hingezogen hat oder der Feuchteschaden über längere Zeiträume immer wieder aufgetreten ist (mehrmalige Feuchteereignisse) und jeweils Baustoffe vorliegen, die leicht von Mikroorganismen besiedelt werden können und zu einem massiven Wachstum führen können. In diesem Szenario ist ein mikrobieller Befall des Fußbodenaufbaus sehr wahrscheinlich. Auch hier sind mikrobiologische Untersuchungen prinzipiell nicht erforderlich.

3. Szenario: Rückbau aus hygienischen Gründen aufgrund mikrobiellen Wachstums empfohlen

Der Rückbau eines Fußbodenaufbaus ist dann zu empfehlen, wenn eine Trocknung aus technischen Gründen nicht möglich oder aus ökonomischen Erwägungen nicht vertretbar ist. Dies trifft insbesondere auf Materialien zu, die durch die Feuchteeinwirkung und/oder beim Trocknen ihre spezifischen funktionsrelevanten Eigenschaften verlieren. Dies ist z.B. der Fall bei Zellulosefasern oder (gealterten) künstlichen Mineralfaser in der Dämmschicht von schwimmenden Estrichen (Materialintegrität nach Sichtprobe beurteilen) sowie bei Materialien, die in dünnen Schichten nur langsam und damit kostenaufwendig und

in dicken Schichten meist gar nicht getrocknet werden können wie Sand, Lehm oder Perlite. Auch Holzbalkendecken mit Einschüben von Lehm/Stroh gehören in dieses Szenario. Bei diesen Materialien ist also nicht der mikrobielle Befall ausschlaggebend für die Entscheidung zum Rückbau, sondern es sprechen technische Gründe gegen eine sinnvolle Trocknung und Weiternutzung. Daher ist eine mikrobiologische Untersuchung für dieses Szenario nicht notwendig.

4. Szenario: Rückbau aus hygienischen Gründen aufgrund von Geruchsbildung empfohlen

Der Rückbau eines Fußbodenaufbaus ist dann zu empfehlen, wenn sich eine auffällige Geruchsbildung einstellt und auch nach der Sanierung mit einer bleibenden Geruchsbildung zu rechnen ist. Gerüche können durch Untersuchungen nach ÖNORM S 5701 mit Hilfe geprüfter Geruchsprüfer objektiviert werden. Der Geruch kann durch Zersetzungsprozesse in feuchten Materialien oder durch den Eintrag von verunreinigtem Wasser (Abwasser oder fäkalhaltiges Hochwasser) verursacht werden. Eine Untersuchung auf mikrobielle Belastungen (u.a. Fäkalbakterien) kann erforderlich sein.

In allen anderen Fällen muss als Entscheidungsgrundlage für die Sanierung eine mikrobiologische Materialanalyse erfolgen („zweite Bewertungsstufe“). Zusätzlich werden weitere Aspekte (Kriterien II-VII) in die Überlegungen einbezogen, um eine situativ-integrative Entscheidung über notwendige Maßnahmen treffen zu können. Diese Kriterien sind die Durchlässigkeit des Fußbodens (Kriterium II), die Feuchte in der Fußbodenkonstruktion (III), die Art der Materialien in der Fußbodenkonstruktion (IV), Nährstoffeintrag (V) und das Alter des Schadens (VI).

2.8 Auswahl des geeigneten Trocknungsverfahrens

Welches Trocknungsverfahren anzuwenden ist, hängt von den örtlichen Gegebenheiten und den vereinbarten Zielen ab. Häufig geht es darum, das kostengünstigste und am wenigsten aufwendige Verfahren einzusetzen. Dies ist bei der Trocknung von Bodenaufbauten häufig das Überdruckverfahren im Lochsystem. Dabei wird meist übersehen, dass es dadurch zu einer weitreichenden Schadensvergrößerung kommen kann.

Beispielsweise kommt es bei einer Trocknung im Überdruckverfahren, insbesondere bei unkorrekter Anwendung, wie z.B. unzureichender Expansionsluftöffnungen, zum Verblasen von Feuchte in vorher trockene Bereiche oder zu Schäden an Estrichen und keramischen Belägen in Form von Rissen. Außerdem kommt es bei der Trocknung im Überdruckverfahren zu unkontrollierter Freisetzung und Verteilung von allfälligen im Bodenaufbau oder in den Estrich-Randfugen vorhandenen Pilzsporen, Myzel-Bruchstücken, Bakterien, Faserstäuben etc. Dies führt häufig zu einer Kontamination von angrenzenden und vorher unbelasteten Bereichen, und das Risiko eines möglichen

Schimmelbefalls steigt dort stark an. Bei der Auswahl des Trocknungsverfahrens sollte weiters nicht nur eine Betrachtung der reinen Trocknungskosten erfolgen, sondern auch die möglichen Einsparungen durch zerstörungsfreie Trocknungsmethoden oder Vermeidung von Betriebsunterbrechungen und/oder Mietentgang berücksichtigt werden.

2.9 Abschätzung der Trocknungsdauer

Die Trocknungsdauer ist vor allem von den materialspezifischen Eigenschaften der betroffenen Bauteilschichten, den vorliegenden Schichtaufbauten, dem Feuchtegehalt und Durchfeuchtungsgrad sowie den verwendeten Trocknungsgeräten und deren Anwendung abhängig. In der Praxis wird oft von einer (durchschnittlichen) Trocknungsdauer von 2 bis 3 Wochen ausgegangen. Bei fachgerechter Durchführung und durchgehendem Betrieb der Trocknungsanlagen ist meist eine Trocknungsdauer von ca. 3 Wochen dieser Länge bei üblichen Leitungswasserschäden und konventionellen Bauteilaufbauten einzuhalten.

Bei Leitungswasserschäden werden Bodenaufbauten häufig übertrocknet, d.h. es wird bei gut luftdurchlässigen Bauteilschichten mit geringem Porenanteil (bspw. lose Splitt-Schüttung) die erforderliche Gleichgewichtsfeuchte schon deutlich früher als nach 21 Tagen erreicht. Mangels ausreichender begleitender Kontrollen und Messungen wird dies in der Praxis meist nicht erkannt.

Bei Hochwasser- und Überschwemmungsschäden liegt meist ein sehr hoher Feuchtegehalt im Bereich der erzwungenen Sättigung vor, d.h. es sind auch kleinste Poren mit Wasser gefüllt. Im Vergleich zum Feuchtegehalt nach einem Leitungswasserschaden sind um ein vielfaches höhere Feuchtelasten möglich. Dementsprechend ist auch von einer längeren Trocknungsdauer bis zum Erreichen der Gleichgewichtsfeuchte auszugehen.

Die Trocknungsdauer kann von erfahrenen Experten aufgrund der Situation abgeschätzt werden. Die genaue Trocknungsdauer ist erst im Rahmen der Durchführung der Trocknungsmaßnahmen über die laufende Begleitung und über Feuchtemessungen an Bauteilen und Trocknungsanlagen festzustellen.

2.10 Flankierende Maßnahmen/Maßnahmen vor der Trocknung

Vorhandener Schimmelbefall ist unbedingt vor Beginn der Trocknung zu entfernen, um eine allfällige Verteilung von mikrobiellen Bestandteilen (Schimmelpilze, Bakterien usw.) durch die Trocknung zu verhindern. Bei Leichtbau- oder Holzkonstruktionen sind in der Regel Bauteilöffnungen erforderlich, um allfällig auftretenden Schimmelbefall lokalisieren zu können. Dieser kann nur selten über olfaktorische Auffälligkeiten (Gerüche) festgestellt

werden. In Bezug auf eine fachgerechte Schimmelsanierung wird auf die Vorgaben des Leitfadens zur Vorbeugung, Erfassung und Sanierung von Schimmelbefall in Gebäuden („Schimmelleitfaden“) des BMNT verwiesen. Es ist vor allem bei Schimmelbefall auf einen ausreichenden Umgebungsschutz (Folien, Unterdrucklegung, ggf. Schwarz-Weiß-Trennung) zu achten.

Die Austrocknung von Bauteilen wird häufig durch diffusionshemmende Beschichtungen und/oder Beläge behindert. Bei stark durchfeuchteten Wandbildnern und Estrichen sind in der Regel nicht ausreichend diffusionsoffene Beläge und Beschichtungen zu entfernen. Auch Innenputze wirken meist diffusionshemmend und behindern die Austrocknung der dahinterliegenden Wandbildner. Wann ein Innenputz abzubrechen ist, ist im Einzelfall und unter Berücksichtigung der jeweiligen Rahmenbedingungen zu entscheiden. Grundsätzlich sollte der Innenputz bei massivem Schimmelbefall und/oder hoher Belastung mit Schadsalzen entfernt werden.

Ein in der Praxis nur selten ausreichend berücksichtigtes Hemmnis stellen keramische Beläge dar. Insbesondere ist eine vollständige und ausreichende Trocknung von verfliesen Bauteilen oft nur durch Entfernen der keramischen Beläge möglich.

2.11 Dokumentation

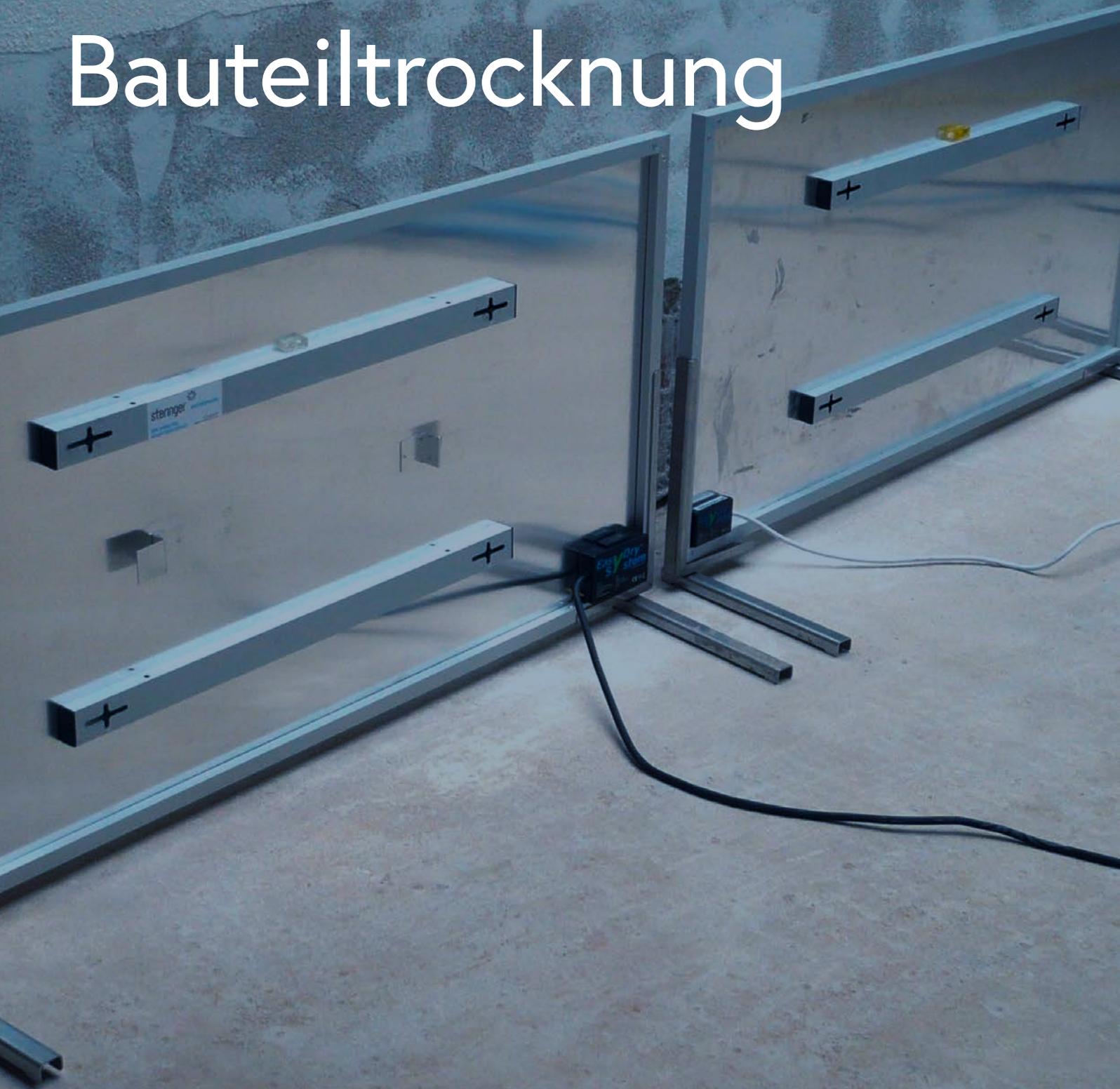
Die durchgeführten Messungen und Erhebungen sind nachvollziehbar mittels Messprotokoll, Beschreibungen und Skizzen zur örtlichen Lage der einzelnen Messstellen zu dokumentieren. Neben den jeweiligen Messwerten zu den einzelnen Messpunkten sind häufig auch folgende Angaben erforderlich:

- verwendetes Messgerät
- verwendete Sonden/Elektroden samt Messbereich
- Oberflächentemperatur an Messstelle bzw. Messpunkt
- Angabe des Bauteils, des Baustoffs bzw. der Holzart
- Höhenlage des Messpunktes
- Tiefe des Messpunktes
- allfällige Auffälligkeiten (bspw. Salzausblühungen, Schimmel, Verfärbungen, Geruchsemissionen)

Es sind so viele Messungen durchzuführen, dass die vom Feuchtigkeitsschaden betroffenen Bereiche verlässlich räumlich abgegrenzt werden können. In der Regel sind Abstände zwischen den Messstellen von ca. 1 bis 3 m ausreichend. Bei Wasserschäden in Leichtbaukonstruktionen sind die betroffenen Leichtbauwände zu öffnen, zu inspizieren und der Zustand zu dokumentieren (Feuchtemessung, optische Kontrolle). Außerdem sind Innenraumluftfeuchtigkeit und -temperatur der betroffenen Innenräume zu messen und zu dokumentieren.

3

Durchführung der technischen Bauteiltrocknung



Generell gilt bei technischer Bauteiltrocknung, die Feuchtetransportmechanismen bestmöglich auszunutzen. In der ersten Trocknungsphase ist beim Flüssigtransport die mit Abstand höchste Effizienz gegeben. Mit fortgeschrittener Trocknung und vergleichsweise geringerem Durchfeuchtungsgrad sind Diffusionsvorgänge leistungsfähiger (Diffusionsdurchlässigkeit, Überlagerung von Wasserdampfdiffusion und Oberflächendiffusion).

3.1 Trocknung von Bauteilen über die Innenraumluft

Die Trocknung von Bauteilen, deren Oberflächen von der Raumlufte anströmbar sind (bspw. Estriche, Betondecken, Mauerwerk, Innenputze etc.), wird in der Regel mit Kondensationstrocknern oder Adsorptionstrocknern durchgeführt. Ist die Ursache der Durchfeuchtung behoben und finden keine Feuchteinträge mehr statt, kommt es zu einer Feuchte-Umverteilung im betroffenen Bauteil bzw. in den Baustoffen. Durch das Absenken der Raumluftefeuchtigkeit erfolgt eine Abtrocknung der Oberflächen, in der Folge kommt es zu Flüssigtransport in den Kapillaren und zum entsprechenden Feuchtenachschub durch kapillares Saugen aus tiefer liegenden, feuchteren Bauteilschichten.

Die Dimensionierung der Entfeuchtungsleistung hat grundsätzlich nicht nur über die Raumgröße, sondern unter Berücksichtigung der vorhandenen Feuchtebelastung (Feuchtegehalt der Baustoffe), der betroffenen Flächen (Diffusionswiderstand, Verdunstungsfläche) und der Konvektion zu erfolgen. Da die Verdunstung stark temperaturabhängig ist, muss auch die Raumtemperatur berücksichtigt werden. Zu beachten ist, dass sehr hohe Raumtemperatur trotz Trocknungsmaßnahmen vorerst das Schimmelwachstum fördern kann. Bei massiven Konstruktionen mit hohen Wandstärken, bspw. Vollziegelmauerwerk, ist eine technische Bauteiltrocknung bei hohen Durchfeuchtungsgraden alleine unter Verwendung von Luftentfeuchtungsgeräten meist sehr langwierig.

Bei Holzbalkendecken werden oftmals Bodenaufbauten rückgebaut und die tragenden Decken freigelegt und getrocknet. Dies trifft häufig auf Holzbalkendecken zu. Bei Holz und Holzwerkstoffen ist zu beachten, dass diese nicht zu schnell und nicht zu tief abgetrocknet werden. In der Praxis hat sich bei tragenden Konstruktionen die Trocknung auf eine Holzfeuchte von ca. 12 Masse-%, sowie bei tischlermäßig verbautem Holz (bspw. Wand- oder Deckenvertäfelungen) auf ca. 8 Masse-% bewährt.

Die mögliche Optimierung der Austrocknung ist vor allem abhängig von den baustoffspezifischen Eigenschaften, von den vorhandenen Beschichtungen und Putzen sowie insbesondere von deren kapillarem Saugverhalten und Diffusionswiderstand. Eine Erhöhung der Konvektion an der Bauteiloberfläche, bspw. durch zusätzliche Ventilatoren, führt bei ausreichend diffusionsoffenen Oberflächen meist zu einer deutlichen Beschleunigung der Austrocknung. In dauernd genutzten Bereichen (bspw.

Aufenthaltsbereiche, Nutzungsklasse II laut „Schimmelleitfaden“ des BMNT) ist der Betrieb von zusätzlichen Ventilatoren aus hygienischen Gründen (erhöhte Staubbelastung) jedoch kritisch zu betrachten. Zur Vermeidung der Verteilung von Schimmelbestandteilen im Bauwerk ist unbedingt auf die Entfernung von Schimmelfall vor Beginn der Trocknungsmaßnahmen, auch an verdeckten Stellen, zu achten.

Die Trocknung von massiven Bauteilen kann auch durch den Einsatz von elektrischen Heizsystemen beschleunigt werden. Hierbei ist zu beachten, dass gegebenenfalls ein dem Flüssigtransport entgegen wirkendes Dampfdruckgefälle entstehen kann, sodass bei ungünstigen Bedingungen die Trocknung verzögert wird bzw. nur die Oberfläche abtrocknet und erhöhte Baustofffeuchte im Kern zurückbleibt.

Wesentlich aufwendiger, aber auch deutlich effizienter ist die Beschleunigung der Trocknung über Heizstäbe. Hierbei wird das Mauerwerk vom Kern her erwärmt und es wird ein starkes Dampfdruckgefälle in Richtung des Flüssigwassertransports erzielt. Die Anordnung der Heizstäbe sollte derart erfolgen, dass die durchfeuchteten Bauteile möglichst gleichmäßig erwärmt werden d.h. die Bohrlöcher sollten diagonal versetzt angeordnet werden. Es ist zu beachten, dass nicht temperaturgeregelte Heizstäbe sehr hohe Temperaturen erreichen (siehe Kapitel 1.3.5). Es besteht stark erhöhte Brandgefahr und es sind jedenfalls entsprechende Sicherheitsmaßnahmen – analog zu Heißenarbeiten – zu treffen. Bei Hochlochziegeln sollte im Fall von vorhandenem Flüssigwasser die unterste Ziegelschar überprüft und festgestellt werden, ob auf der Mauersperrbahn noch stehendes Wasser vorhanden ist. Ergänzend zu einer Trocknung über die Raumluft können Hochlochziegel auch durch Einblasen von Trockenluft (wobei die Einblastiefe je nach Trocknungsverlauf erhöht werden sollte) über Seitenkanalverdichter getrocknet werden.

Sind nur kleine Teilbereiche innerhalb eines Raumes oder nur einzelne Flächen betroffen, so empfiehlt es sich, die betroffenen Bereiche abzuschotten und die Trocknung nur im Bereich der Abschottung durchzuführen. Zu beachten ist auch, dass Gegenstände, die empfindlich auf Temperatur- und Feuchtewechsel reagieren (bspw. Klaviere, Holzmöbel) vor der Trocknung ausgelagert werden. Wenn ein Auslagern nicht möglich ist, sind die Gegenstände unter geeigneten Klimazelten (luftdichte Einhausungen mit günstigstenfalls geregelter Innenraumluftklima) zu verwahren. Bei der Trocknung von feuchtesensiblen Bauteilen und Gegenständen, bspw. historischen Wand- oder Deckenvertäfelungen, Türverkleidungen und -blättern, ist zu berücksichtigen, dass insbesondere bei zu schneller Abtrocknung Spannungsrisse auftreten können. Bei derartigen Problemstellungen ist es zielführend, die Feuchtigkeit entsprechend langsam abzusenken. Dies kann durch hygrostatgesteuerte Luftentfeuchtungsgeräte erfolgen. Um die jeweiligen Einstellungen jederzeit nachvollziehen zu können, hat sich in der Praxis die entsprechende Angabe auf der Abschottung bewährt. Zudem sind Messung und Aufzeichnung der Raumluftkondition über elektronische Datenlogger zu empfehlen.

3.2 Trocknung von Hohlräumen/Bodenaufbauten

3.2.1 Allgemeines

Bei mehrschichtigen Bauteilen (bspw. Boden- und Deckenaufbauten, Installationsschächten, abgehängten Decken, Aufständungen, Vorsatzschalen und Leichtbauwänden) können die einzelnen Schichten meist nicht ausreichend über die Raumluft getrocknet werden. Durch entsprechende Öffnungen können diese Bauteile bzw. Bauteilschichten, meist Ausgleichsschüttungen oder Dämmschichten, mit Trockenluft durchflutet und auf diese Weise getrocknet werden.

Die Erkenntnisse zu den aerophysikalischen Vorgängen in unterschiedlichen Decken- oder Bodenaufbauten beruhen weitgehend auf Experimenten, Praxiserfahrungen und Einzelmessungen (Kautsch & Hengsberger 2007). Der Bohrlochabstand bzw. der Abstand zwischen Einblas- und Abluftöffnungen ist unter anderem abhängig von Schichtaufbau, Luftdurchlässigkeit und Durchfeuchtungsgrad der betroffenen Baustoffe, den verwendeten Trocknungsgeräten, Geräteleistung, Schlauchdurchmesser und Anzahl der angeschlossenen Schläuche.

Grundsätzlich ist die Durchlässigkeit von Materialien abhängig vom Druckunterschied, d.h. mit steigendem Druckunterschied nimmt die Durchlässigkeit zu. Weiter ist die Luftdurchlässigkeit von Materialien vom Feuchtegehalt abhängig. Mit zunehmendem Feuchtegehalt nimmt die Luftdurchlässigkeit ab. Dies führt bei der Trocknung von Bodenaufbauten in Schüttungen häufig zur Ausbildung von sogenannten Luftstraßen zwischen den Einblas- und Ausblasöffnungen. Auch entlang von Leitungen ist erhöhte Luftdurchlässigkeit gegeben und auch hier kommt es zu Straßenbildung. Dadurch verbleiben Bereiche, die von der Trockenluft nicht durchspült werden. Eine Trocknung dieser Bereiche ist erst über den Feuchteausgleich mit den trockenen Bereichen zu erreichen, die Trocknung wird dadurch langwieriger. Zur Optimierung des Trocknungsprozesses sollen Straßenbildungen vermieden werden. Dies kann durch entsprechende Anordnung der Ausblas- und Einblasöffnungen in Verbindung mit der Abdichtung (oder aber auch gezielter Öffnung) der weiteren lufttechnischen Durchtrittswege, bspw. der Estrich-Randfugen, erfolgen. In jedem Fall stellt daher die auf die jeweilige Situation angepasste Trocknungsluftführung eine besondere Herausforderung für die Planung dar.

Stehendes Wasser ist in der Regel jedenfalls vor Beginn oder mit Beginn der technischen Trocknung abzusaugen. Wird das Flüssigwasser im Rahmen der Trocknung im Saugverfahren oder im kombinierten Verfahren abgesaugt, sind geeignete Wasserabscheider und entsprechende Bodenstutzen zu verwenden. Je nach Luftdurchlässigkeit und Durchfeuchtung ist bei höheren Schichtstärken (bspw. gebundene Schüttungen) die Trocknung in verschiedenen Ebenen durchzuführen. In

der Regel sind hierzu geeignete Bodenstützenverlängerungen erforderlich. Weiter sind Luftgeschwindigkeit und Sättigungsgrad der Trockenluft wesentlich für eine gut funktionierende Trocknung. Der Sättigungsgrad der Absaug- bzw. Expansionsluft ist von der Luftgeschwindigkeit abhängig. Die Luftgeschwindigkeit sollte derart gewählt werden, dass zu Trocknungsbeginn expansionsseitig max. 80 % relative Luftfeuchtigkeit erreicht werden.

Beim Einsatz von Adsorptionstrocknern und/oder Kondensationstrocknern ist zu beachten, dass die Trockenluft bei neuwertigen und gut gewarteten Adsorptionstrocknern sehr trocken ist, d.h. absolute Wassergehalte von unter 3 g H₂O/kg Luft erreicht werden, bei Kondensationstrocknern liegt der absolute Wassergehalt der Trockenluft meist über 6 g H₂O/kg Luft. Außerdem ist bei Einsatz von Adsorptionstrocknern die Trockenluft meist deutlich wärmer. Dies ist vorteilhaft zur Erreichung einer kürzeren Trocknungsdauer. Hierbei ist allerdings zu beachten, dass bei der Anwendung von Wandschienen bei bestimmten Trocknungsmethoden die warme und extrem trockene Luft zu Schäden (Fugen und Schwindrisse, Ablösungen) an Parkett-Bodenbelägen führen kann.

Es werden unterschiedliche Verfahren zur Fußboden- bzw. Dämmstofftrocknung unterschieden

- Überdruckverfahren
- Unterdruck- oder Saugverfahren
- Kombinierte Druck-/Unterdruckverfahren
- Hygienetrocknung

3.2.2 Überdruckverfahren

Beim Überdruckverfahren erfolgt ein Einblasen von meist mittels Adsorptions- oder Kondensationstrocknern vorgetrockneter Luft über Verdichter, das Verfahren führt zu einer raschen Trocknung. Die Trockenluft nimmt auf Ihrem Weg durch den feuchten Bauteil Wasserdampf auf und kühlt sich ab. Von der Trockenluft im Fußbodenaufbau werden gegebenenfalls vorhandene Pilzbruchstücke, Faserstäube, Feinpartikel etc. aufgenommen. Die feuchte Luft wird über Randfugen und/oder Bohrlöcher unkontrolliert abgeführt. Bei dauernd genutzten Aufenthaltsbereichen (Nutzungsklasse II laut „Schimmelleitfaden“ des BMNT) würde es dadurch zu einem Eintritt von kontaminierter Abluft in die Räume, einer Verteilung im Objekt und gegebenenfalls zu einer Belastung der Nutzer kommen.

Von einer Trocknung im Überdruckverfahren in Räumen der Nutzungsklasse II laut „Schimmelleitfaden“ (Aufenthaltsbereiche und Nebenräume in Wohnungen, Büros, Schulen etc.) oder Räumen, in denen verbliebene Gegenstände im Raum kontaminiert werden können, wird ausdrücklich abgeraten. Diese Methode entspricht in derartigen

Räumen nicht dem Stand der Technik, da es zu unkontrollierbaren Luftströmungen und Schadstofffreisetzung kommen kann.

In den ersten Tagen der Trocknung kommt es durch das Anströmen mit feuchter Abluft häufig zu einer zusätzlichen Befeuchtung der Wandbaustoffe durch „Verblasen“ von Feuchte. Eine Austrocknung der Wandbaustoffe – meist sind diese auch hinsichtlich der Schimmelwahrscheinlichkeit als besonders gefährdet (Feuchtegehalt, Substrat, pH-Wert) zu beurteilen – wird hierdurch behindert. In der Praxis kommt es nicht selten auch zur Kontamination der zu trocknenden Aufbauten durch den Einsatz von kontaminierten Trocknungsgeräten. Daher ist durch geeignete hygienische Maßnahmen (Gerätewartung und -reinigung, Vorfilter, Luftreinigung) sicherzustellen, dass mit der Trockenluft keine Schimmelsporen und Pilzbruchstücke ausgeblasen werden.

Vorteile Überdruckverfahren

- einfache Geräteausstattung
- wenig Schlauchbedarf
- relativ rasche Trocknung
- höhere Geräteleistung im Vergleich mit Saugverfahren

Nachteile Überdruckverfahren

- unkontrollierbare Freisetzung von Schadstoffen, mikrobiellen Stoffen und Faserstäuben aus dem Fußbodenaufbau über die Expansionsluftöffnungen und/oder die Estrich-Randfugen
- Verfrachtung von Feuchte in angrenzende – ursprünglich trockene – Bereiche
- meist sehr hohe Raumlufttemperaturen
- Absaugen von Flüssigwasser muss über separate Maßnahmen erfolgen
- für benutzte Innenräume der Nutzungsklasse II laut Schimmelleitfaden des BMNT nicht anwendbar

3.2.3 Unterdruck- oder Saugverfahren

Beim Unterdruck- oder Saugverfahren werden meist mittig Bohrlöcher gesetzt und die Bodenluft aus der Konstruktion über Verdichter abgesaugt. Die bspw. über Kondensationstrockner vorgetrocknete Raumluft wird über zusätzliche Löcher im Bodenaufbau oder freigelegte Estrich-Randfugen in die Konstruktion gesaugt und reichert sich auf dem Weg zur Absaugöffnung mit Wasserdampf an. Die Abluft wird über den Verdichter und vorgeschalteten Filter ins Freie abgeleitet.

Vorteile Unterdruck- oder Saugverfahren:

- unkontrollierte Freisetzung von Abluft kaum möglich
- im ersten Stadium der Trocknung ist ggf. auch der Einsatz von Wasserabscheidern zum Absaugen des stehenden Wassers möglich

Nachteile Unterdruck- oder Saugverfahren:

- geringere Geräteleistung im Saugbetrieb verglichen mit Überdruckverfahren
- Trockenluft (Raumluft) deutlich feuchter als bei Verwendung von Adsorptionstrocknern im Überdruckverfahren oder kombinierten Verfahren, daher geringeres Feuchteaufnahmevermögen, längere Trocknungszeiten
- höheres Risiko verbleibender Restfeuchte, da Straßenbildungen möglich bzw. wahrscheinlich
- bei größeren Schichtstärken nur bedingt möglich, nicht für alle Schichtaufbauten geeignet, vor allem bei gebundenen Schüttungen nicht bzw. nur bedingt einsetzbar
- unkontrolliertes Einsaugen der Raumluft über die Estrich-Randfugen

Trocknung im Unterdruckverfahren mit Lochsystem:

Mit dem Trocknungsfortschritt kommt es zur Straßenbildung und es werden vorzugsweise die Bereiche der bereits trockenen Schüttung durchströmt – siehe nachfolgende Abbildungen 10 und 11. Es besteht das Risiko, dass die Trocknung des Bodenaufbaus nicht vollflächig erfolgt und es können Bereiche mit erhöhter Baustofffeuchte zurückbleiben.

Abbildung 10 (li.): Trocknung im Unterdruckverfahren mit Lochsystem, Ausgangssituation Trocknungsbeginn

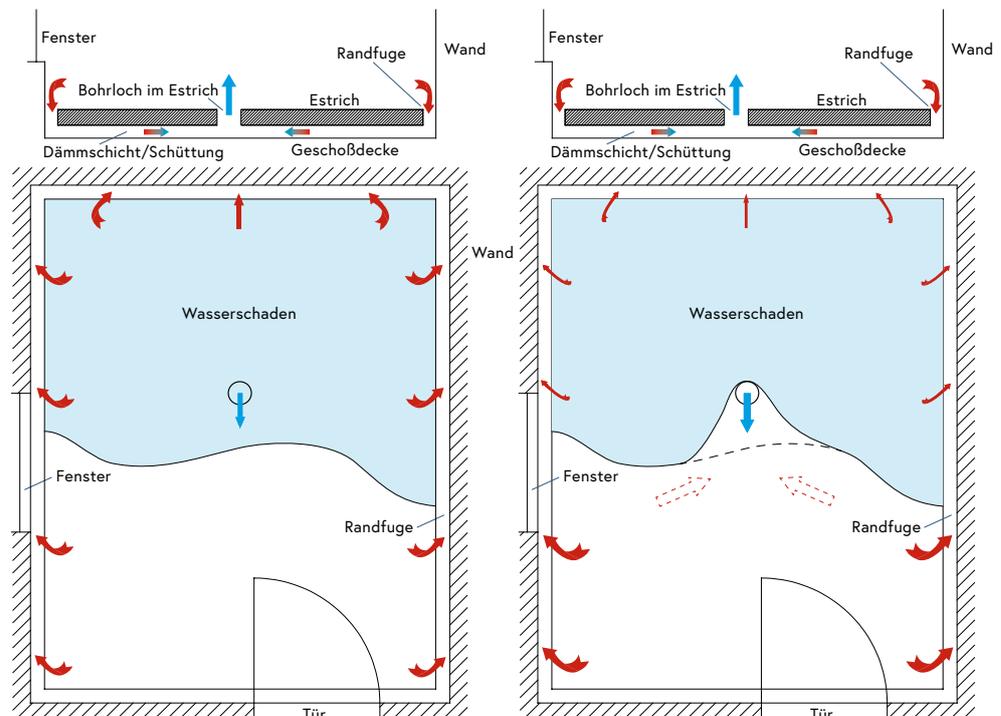


Abbildung 11 (re.): Trocknung im Unterdruckverfahren mit Lochsystem, Phase Trocknungsfortschritt, Falschluf über Estrich-Randfugen im Bereich des trockenen Bodenaufbaus

Trocknung Bodenaufbau über Randschienen:

Das Absaugen der Abluft erfolgt über Randschienen, es wird die Raumluft über die Estrich-Randfugen eingesaugt. Die trockenen und luftdurchlässigeren Bereiche, bspw. entlang von Leitungen, werden stärker durchströmt. Folglich kommt es zur Straßenbildung und es wird Falschluf über die Estrich-Randfugen eingesaugt. An den absaugeseitigen Wandbauteilen liegt erhöhtes Schimmelrisiko vor.

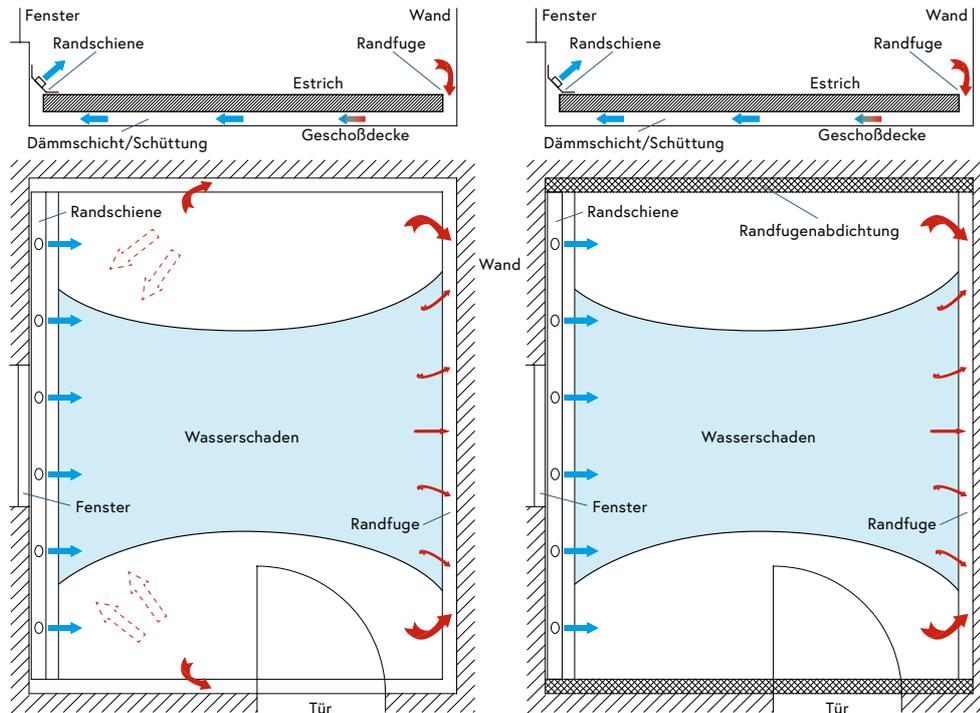


Abbildung 12 (li.): Trocknung im Unterdruckverfahren mit Randschienenensystem, Phase Trocknungsfortschritt, Falschluf über Estrich-Randfugen im Bereich des trockenen Bodenaufbaus

Abbildung 13 (re.): Trocknung im Unterdruckverfahren mit Randschienenensystem, Optimierung durch Randfugenabdichtung – Verhinderung von über die Estrich-Randfugen in den trockenen Bereichen einströmende Falschluf

Optimierung: Durch entsprechende Abdichtung der Estrich-Randfugen (siehe Abb. 13) können über die Estrich-Randfugen eingesaugte Falschluf und Straßenbildung weitgehend verhindert werden.

Kombiniertes Druck-/Unterdruckverfahren

Beim kombinierten Verfahren wird gleichzeitig gezielt in den Bauteil eingeblasen und gezielt abgesaugt. Aufgrund des vergleichsweise wesentlich höheren Differenzdrucks können höhere Luftgeschwindigkeiten erreicht werden bzw. auch größere Abstände zwischen Einblas- und Absaugöffnungen realisiert werden. Üblicherweise wird etwa 1/3 der Geräteleistung der Verdichter zum Einblasen und etwa 2/3 der Geräteleistung der Verdichter zum Absaugen verwendet.

Bei kleineren Flächen und ausreichend luftdurchlässigen Materialien kann als Sonderlösung über Adsorptionstrockner eingeblasen und über Verdichter abgesaugt werden. Die Ableitung der Abluft erfolgt über geeignete Filter bspw. ins Freie. Im ersten Stadium der Trocknung sind ggf. auch Wasserabscheider zum Absaugen des stehenden Wassers erforderlich bzw. können diese sehr gut in die Trocknung integriert werden.

Bei feuchten Wandkonstruktionen und erhöhtem Risiko für Schimmelbefall an den Wänden ist das Einblasen von Trockenluft über die Estrich-Randfugen im Bereich der gefährdeten Wandbauteile zu empfehlen. Um sicherzustellen, dass noch kein verdeckter Schimmelbefall vorhanden ist, sind die Bauteile punktuell zu öffnen und zu inspizieren.

Vorteile kombiniertes Druck-/Unterdruckverfahren:

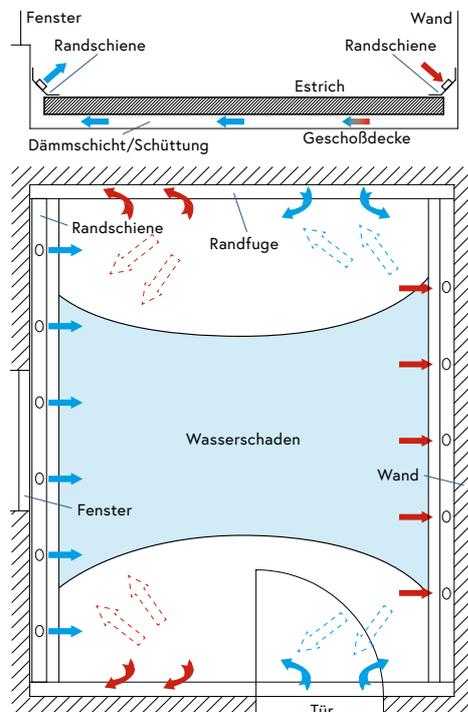
- gute Trocknungsleistung
- Trocknung der Wände ab Trocknungsbeginn möglich
- sehr gute Integration der Absaugung von Flüssigwasser in den Trocknungsprozess

Nachteile kombiniertes Druck-/Unterdruckverfahren:

- hoher Geräteaufwand
- hoher Mess- und Betreuungsaufwand
- Freisetzung von gegebenenfalls kontaminierter Abluft über Randfugen möglich, sofern diese nicht abgedichtet wurden
- Straßenbildung möglich
- vergleichsweise hoher Schulungsaufwand für das ausführende Trocknungspersonal

Variante – Trocknung über Randschienen im kombinierten Verfahren:

Abbildung 14: Trocknung im kombinierten Verfahren, Einblasen und Absaugen über Randschienensystem, Falschluff über Estrich-Randfugen der Stirnseiten



Das Einblasen der Trockenluft wie auch das Absaugen der Abluft erfolgt über Randschienen. Die trockenen Bereiche und die Bereiche neben Leitungen sind luftdurchlässiger, daher bilden sich Luftstraßen aus. Folglich kann je nach Differenzdruck mehr oder weniger Falschluff über die offenen Estrich-Randfugen aus- bzw. eintreten.

3.2.4 Hygienetrocknung als Kombination von Maßnahmen

Bei der Trocknung in Bereichen mit normalen Ansprüchen an die Innenraumhygiene (Bereiche die nicht nur vorübergehend dem Aufenthalt von Menschen dienen – Nutzungsklasse II des „Schimmelleitfadens“ des BMNT) ist eine technische Bauteiltrocknung derart durchzuführen, dass es zu keiner Schadstofffreisetzung in die Innenraumluft kommen kann. Eine derartige Trocknungsmethode in Verbindung mit flankierenden Maßnahmen wird als „Hygienetrocknung“ bezeichnet. In Räumen der Nutzungsklasse I laut „Schimmelleitfaden“ des BMNT (z.B. medizinisch genutzten Einrichtungen) sind darüber hinausgehende Vorgaben laut dem Positionspapier zur Sanierung von Schimmelbefall nach Wasserschäden in Krankenanstalten des BMNT zu beachten.

Es ist aufgrund der örtlichen Gegebenheiten zu prüfen, ob der Estrich verbleiben kann und eine Abschottung inklusive Randfugenabdichtung gasdicht ausgeführt werden kann. Unter bestimmten Umständen ist der Estrich vollständig zu entfernen. Hilfestellung zu dieser Entscheidung ist die „Handlungsempfehlung zur Beurteilung von Feuchte- und Schimmelschäden in Fußböden“ (Anhang 6 des „Schimmelleitfadens“ des BMNT). Die Richtlinie richtet sich insbesondere an Fachleute, die in ihrer täglichen Praxis vor der Entscheidung stehen, ob ein Fußboden aufgrund eines Feuchteschadens ausgebaut werden muss oder ob eine Trocknung ausreichend ist. Bleiben relevante mikrobielle Belastungen im Bodenaufbau zurück, so sind geeignete Vorkehrungen zu treffen, um eine spätere ungewollte Freisetzung zu verhindern.

Die zu trocknenden Räume sollten während des Trocknungsvorgangs wenn möglich nicht benutzt werden, in Ausnahmefällen kann dies jedoch unumgänglich sein. In derartigen Fällen muss vermieden werden, dass mikrobielle Bestandteile oder Stäube aus dem Sanierungsbereich in den Raum oder in nicht von der Sanierung betroffene Gebäudeteile übertreten. Es müssen daher Trocknungsmethoden angewendet werden, die eine möglichst geringe Belastung der Nutzer der betroffenen Räume mit sich bringen.

Ein Beispiel für eine Hygienetrocknungsmethode einer Fußbodenkonstruktion ist die Trocknung im Unterdruck- oder Saugverfahren, bei der die feuchte Abluft über Bohrungen in der Fußbodenkonstruktion oder über die Estrich-Randfugen gezielt abgesaugt und über geeignete Filter ins Freie abgeleitet wird. Allerdings weist das reine Unterdruckverfahren den Nachteil einer geringeren Trocknungsleistung auf und es sind gewisse Aufbauten (bspw. Mineralwolle, gebundene Schüttungen, Holzbalkendecken) nicht oder nur sehr schwer zu trocknen. Daher kommen in der Praxis zunehmend kombinierte Druck-/ Unterdruckverfahren zum Einsatz. Durch die gezielte Einbringung von getrockneter Luft können gegenüber dem reinen Unterdruckverfahren raschere Trocknungserfolge und damit kürzere Beeinträchtigungen der Raumnutzung erreicht werden. Zur Sicherstellung einer gezielten und sicheren Trocknungsluftführung ist bei beiden Verfahren vor Beginn der Trocknungsmaßnahmen eine dauerhaft gasdichte Abdichtung der Estrich-Randfugen herzustellen. Ohne Abdichtung der Randfugen besteht selbst bei Verwendung

kombinierter Druck-/Unterdruckverfahren die Gefahr, dass über die Estrich-Randfugen relevante Mengen an kontaminierter Abluft an den Raum abgegeben werden.

Die Dichtheit der Estrich-Randfugen-Abdichtung ist sowohl beim Aufbau als auch während der Trocknung mittels Messungen der Luftgeschwindigkeit über den Estrich-Randfugen zu überprüfen. Weiter kann der Fugenverschluss nach der Trocknung aufrecht bleiben. Die Abdichtung der Estrich-Randfugen ist derart auszuführen, dass die üblichen bautechnischen Anforderungen, bspw. Schallschutz, eingehalten werden.

Ist bei nicht starkem mikrobiellen Befall die Entfernung aller mikrobiellen Bestandteile beispielsweise aus Hohlräumen oder Fußbodenkonstruktionen nicht vollständig möglich oder technisch zu aufwendig, muss eine langfristig wirksame, gasdichte Abdichtung des kontaminierten, zu trocknenden Bereiches hergestellt werden (Kautsch & Hengsberger 2007). Eine Randfugenabdichtung empfiehlt sich auch bei unklaren Situationen, in denen es zwar keine eindeutigen Hinweise auf stärkeren mikrobiellen Befall gibt, ein solcher jedoch möglich ist.

Randfugenabdichtungen können mit in dauerelastischer Dichtmasse eingebetteten Silikonschläuchen ausgeführt werden (Pagitsch & Harrer 2007). Das alleinige Verfugen von Durchtrittswegen mit üblicherweise verwendeten dauerelastischen Dichtungsmassen (bspw. Silikon) stellt dagegen aufgrund der Rissanfälligkeit der Dichtstoffe keine hinreichend sichere Maßnahme dar. Eine erhöhte Wasserdampfdurchlässigkeit der Randfugenabdichtung ist nicht erforderlich.

Vorteile einer Hygientrocknung:

- sehr gute Trocknungsleistung
- geschlossenes System
- keine Beeinflussung der Innenraumluft
- keine Schadstofffreisetzung durch die Trocknung

Nachteile einer Hygientrocknung:

- sehr hoher Mess- und Betreuungsaufwand
- hoher Anspruch an fachgerechte Ausführung der Maßnahmen

Hygientrocknung im kombinierten Verfahren über Randschienensystem im geschlossenen System

Bei Trocknung im kombinierten Verfahren mit über die gesamte Wandlänge reichenden Wandschienen und bei gleichzeitiger Abdichtung der stirnseitigen Estrich-Randfugen liegt ein geschlossenes Trocknungssystem vor. Dies bedeutet, dass die Luftführung der technischen Bauteiltrocknung weitestgehend unbeeinflusst von der

Raumluft (ausgenommen bspw. Phänomene wie Flankendiffusion) ist. Eine relevante Schadstofffreisetzung während der Trocknung ist bei fachgerechter Ausführung auszuschließen.

Eine Trocknung des Bodenaufbaus über eine Hygienetrocknung ist in Räumen der Nutzungsklassen I und II laut „Schimmelleitfaden“ des BMNT (spezielle Räume in Krankenanstalten, Aufenthaltsbereiche und Nebenräume in Wohnungen, Büros, Schulen etc.) oder Räumen, in denen verbliebene Gegenstände im Raum kontaminiert werden können, empfehlenswert.

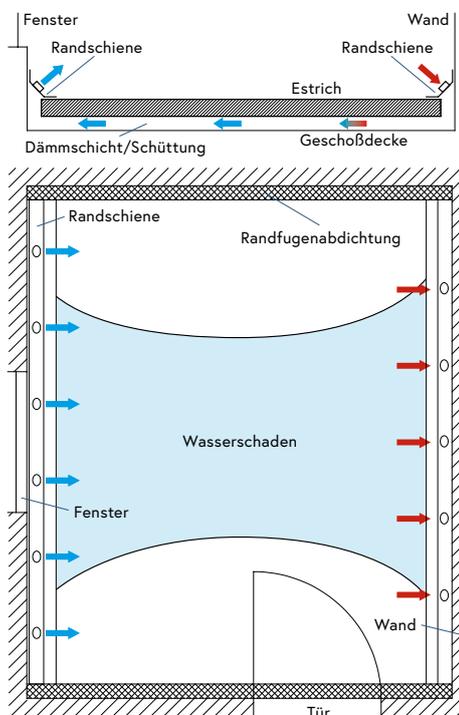


Abbildung 15:
Hygienetrocknung als
kombiniertes Verfahren
mit Randschienen-Systemen
und Randfugenabdichtung
als geschlossenes System
(Beispiel)

3.2.5 Einblas- und Abluftöffnungen, Wandschienen

Die Querschnitte der Einblas- und Abluftöffnungen sind aufeinander abzustimmen d.h. die saug- und/oder expansionsseitigen Querschnitte müssen größer sein als die einblasseitigen Öffnungen. In der Regel werden folgende Öffnungen/Vorrichtungen (auch in Kombination) verwendet:

- Bohrlöcher (Lochsystem)
- Randschienen-/Wandschienen-System
- Fugenkreuzsystem
- sonstige Öffnungen

Bohrlöcher (Lochsystem)

Die Bohrlöcher können bspw. von oben, von unten (Deckenbohrungen), von benachbarten Räumen oder von außen (durch die Außenwand) erfolgen. Zu beachten ist, dass die zu trocknenden Bauteilschichten bestmöglich erreicht werden, d.h. die Bodenstützen ausreichend lang sind oder entsprechende Verlängerungen verwendet werden. Dies gilt insbesondere für das Absaugen von Flüssigwasser.

Randschienen-/Wandschienensystem

Das Einblasen/Absaugen erfolgt über die Estrich-Randfugen. Die Rand- oder Wandschienensysteme sollten über die ganze Wandseite reichen und es sind die nebenliegenden offenen Estrichrandfugen abzudichten. Es ist zu beachten, dass feuchte- und temperatur-sensible Beläge (z.B. Parkett) durch geeignete Unterlagen geschützt werden.

Fugenkreuzsystem

Hierbei werden meist kleine Bohrungen im Bereich der starren Ver fugungen von keramischen Belägen hergestellt. Das Verfahren ist in der Regel nicht für feuchtebeanspruchte Räume geeignet, da eine fachgerechte Wiederinstandsetzung der eingebauten Alternativabdichtung (siehe ÖNORM B 2207) üblicherweise nicht möglich ist.

Sonstige Öffnungen

Je nach den örtlichen Gegebenheiten können zur möglichst zerstörungsfreien Trocknung auch sonstige Öffnungen (bspw. Revisionsöffnungen, Bodendosen etc.) verwendet werden.

3.3 Trocknung von Holztramdecken

Holzbalkendecken (z.B. „Tramdecken“) sind mehrschichtige Deckenaufbauten mit tragenden Elementen aus Holz. In der Praxis kommen zahlreiche verschiedenartige Aufbauten vor. Meist sind Hohlräume mit Schüttungen vorhanden. Der Abstand der Balken ist unterschiedlich und lastabhängig. Kommt es zu Feuchtigkeitsschäden, sind Sondierungsöffnungen unabdingbar und es ist jedenfalls der genaue Schichtaufbau und der feuchtetechnische Zustand festzustellen.

In Räumen der Nutzungsklasse I oder II laut „Schimmelleitfaden“ des BMNT erfolgt die technische Bauteiltrocknung in der Regel analog zu modernen Fußbodenaufbauten. Bei nicht dauernd genutzten Gebäuden oder Räumen der Nutzungsklasse III erfolgt die technische Bauteiltrocknung in der Regel im Überdruckverfahren oder im kombinierten Verfahren über Deckenbohrungen. Des Weiteren ist je nach Bauart auch häufig eine Trocknung von oben und unten sinnvoll.

Es ist zu beachten, dass sämtliche betroffenen Bauteilschichten ausreichend getrocknet werden. Zudem müssen auch sämtliche betroffenen Hohlräume erreicht werden, d.h. es sind Öffnungen in jedem einzelnen Balkenfeld erforderlich. Beispielsweise ergibt sich bei einem Achsabstand der Balkenlage von ca. 0,6 m ein Bohrlochabstand der gleichen Länge. Bei Dippelbaumdecken sind die Fugen zwischen den Dippelbäumen oft mit organischem Material (bspw. Moos mit Feinteilen aus der Schüttung) gefüllt. Eine Trocknung der Dippelbäume ist entsprechend langwierig. Ob eine Trocknung ohne Rückbau von oben bis auf die Dippelbäume technisch und wirtschaftlich zielführend ist, ist im jeweiligen Einzelfall zu prüfen.

Der Abstand zwischen Einblas- und Abluftöffnungen in Längsrichtung ist abhängig von Schüttung und Luftdurchlässigkeit. Es ist zu beachten, dass häufig partielle Störungen des Aufbaus durch Verklumpungen vorhanden sind. Des Weiteren ist bei der Beurteilung das hygroskopische Verhalten von Holz zu berücksichtigen und neben der Messung der Baustofffeuchte der Schüttung jedenfalls auch die Messung der Holzfeuchte erforderlich. Die Trocknung erfolgt in der Regel auf die Gleichgewichtsfeuchte und auf eine maximale Holzfeuchte von 12 Masse-%.

3.4 Trocknung von mehrschichtigen Wandaufbauten

Bei (Fertigteil-)Häusern in Holzriegelbauweise liegen in der Regel mehrschichtige Wandaufbauten mit diversen Hohlräumen vor. Meist sind auch raumseitige Dampfbremsen eingebaut. Bei Wandaufbauten, in denen organisches Material (Holz, Gipskartonplatten, organische Dampfbremsen etc.) verwendet wurde, ist vor der Trocknung in jedem Fall zu prüfen, ob Schimmelbefall vorliegt. Besonderes Augenmerk ist auf Gipskartonplatten und organische Dämmmaterialien zu legen, bei denen Schimmelbefall häufig schon nach wenigen Tagen Feuchteeinwirkung entsteht. In der Regel werden derartige Materialien, sollten sie schon durchfeuchtet sein, zur Vermeidung von Schimmelpilz-Befall vorbeugend entfernt (hier ist zu beachten, dass beginnender Schimmelbefall makroskopisch nicht festgestellt werden kann – dies bedeutet: man kann ihn nicht sehen). Zur Prüfung sind Bauteilöffnungen unerlässlich.

Die Trocknung hat derart zu erfolgen, dass sämtliche betroffenen Hohlräume (bspw. Installationsebenen) erreicht werden d.h. die Trocknung ist gegebenenfalls in mehreren Ebenen durchzuführen. Beispielsweise erfolgt die Trocknung von Pfosten-Riegelkonstruktionen über Einblasen von Trockenluft und Absaugen der Abluft. Zudem ist besonders auf den unteren Bereich der Fußschwellen insbesondere im Sockelbereich zu achten.

Weiters sind die Bohrlöcher derart zu planen und auszuführen, dass eine fachgerechte Instandsetzung der Schichtaufbauten mit möglichst geringem Aufwand gewährleistet werden kann. Vorhandene Alternativabdichtungen, Luftdichtheitsebenen und Dampfsperren sind entsprechend zu berücksichtigen. Nach Wiederherstellung der Schichtaufbauten sind diese auf ihre Funktionstauglichkeit zu überprüfen und die Prüfungen zu dokumentieren.

Die Trocknung von Wandkonstruktionen ist mit einer allfälligen Trocknung der Boden- und/oder Deckenkonstruktion abzustimmen. Insbesondere sind Einblas- und Absaugöffnungen so anzulegen, dass Falschluftrömungen vermieden werden.

3.5 Aufbau der Trocknungsanlagen

Beim Aufbau der Trocknungsanlagen sind in der Regel Feuchtigkeitsmessungen an den zu trocknenden Bauteilen bzw. Bauteilschichten sowie Vergleichsmessungen an gleichartigen trockenen Bauteilen bzw. Bauteilschichten durchzuführen.

Es sind die Raumluftkonditionen in den zu trocknenden Räumen zu messen. An Adsorptionstrocknern sind Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit von Trockenluft und Regenerationsluft zu messen. An Verdichtern sind ebenfalls Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit sowie Luftgeschwindigkeit jeweils druck- und saugseitig zu messen. Weiter ist die Messung der Oberflächentemperaturen an den zu trocknenden Bauteilen an ausgewählten Stellen zu empfehlen. Des Weiteren sind unbedingt auch relative Luftfeuchtigkeit und Temperatur der Absaug- bzw. Expansionsluft aus der Konstruktion sowie die Luftgeschwindigkeiten zu messen. Die Messwerte sind mittels Messprotokoll und Skizze zur Lage der Messstellen zu dokumentieren. Bei der Installation von Adsorptionstrocknern ist zu berücksichtigen, dass die Regenerationsluft über geeignete Schläuche abgeleitet wird. Die Herstellerangaben zu Querschnitt und Schlauchlängen sind einzuhalten. Die Anzahl der Schläuche/Bodenstutzen richtet sich nach Durchlässigkeit der zu trocknenden Baustoffe und der eingesetzten Trocknungsgeräte.

Die Trocknungsgeräte und das erforderliche Zubehör sind derart zu warten, dass die einwandfreie Funktion gewährleistet werden kann, sie sind nach jedem Einsatz entsprechend zu reinigen. Es ist sicherzustellen, dass es über die Trocknungsgeräte zu keiner Kontamination mit mikrobiellen Bestandteilen kommt, insbesondere ist zu gewährleisten, dass keine mit mikrobiellen Bestandteilen belastete Luft eingeblasen wird. Es sind vorzugsweise Trocknungsgeräte mit eingebautem Stundenzähler zu verwenden. Die verwendeten Trocknungsgeräte sind nachvollziehbar (bspw. mit Seriennummer) zu dokumentieren und es ist der Zählerstand anzugeben.

Während der Trocknungsmaßnahmen sind geeignete Arbeits- und Umgebungsschutzmaßnahmen zu ergreifen. Detaillierte Anweisungen zur Sanierung und zum Arbeitsschutz können bspw. der „DGUV 201-028 – Handlungsanleitung: Gesundheitsgefährdungen durch biologische Arbeitsstoffe bei der Gebäudesanierung“ der deutschen BG Bau Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft entnommen werden.

3.6 Kontrollmessungen an den Trocknungsanlagen

Meist lassen sich mit qualifizierten Messungen noch vorhandene und sich allenfalls überlagernde Schadensursachen identifizieren. In der Praxis werden Kontrollmessungen meist in Intervallen von ca. 7 Tagen durchgeführt. Aus technischer Sicht wären kürzere Intervalle zu empfehlen. Falls erforderlich, beispielsweise bei technischer Trocknung

in sensiblen Bereichen, sind die Intervalle entsprechend zu verkürzen. Die Messungen haben wie beim Aufbau der Trocknungsanlagen die Baustofffeuchte in verschiedenen Tiefenlagen, Innenraumluft, Trockenluft, Absaug- und Expansionsluft zu umfassen und sind nachvollziehbar zu dokumentieren. Außerdem ist der absolute Wassergehalt von Trockenluft und Absaug- bzw. Expansionsluft zu vergleichen. Der Vergleich mit den Ausgangswerten gibt Aufschluss über die Wirksamkeit der Trocknungsmaßnahmen und die noch zu erwartende Trocknungsdauer.

Bei technischer Trocknung in Bereichen mit feuchte- oder temperaturempfindlichen Einrichtungen wird zudem die Messung und Aufzeichnung des Innenraumluftklimas über elektronische Datenlogger empfohlen. Über die Zählerstände der Trocknungsgeräte ist zu prüfen, ob die Geräte durchgehend in Betrieb waren. Außerdem sind im Rahmen der Kontrollen auch allenfalls erforderliche Anpassungen an den Trocknungsanlagen, wie Umsetzen von Bodenstutzen, Teilabbau der Geräte etc., möglich. Die Trocknungsanlagen sind auf Basis der gemessenen Sättigungsgrade und Luftgeschwindigkeiten neu einzuregeln. Sämtliche Änderungen sind nachvollziehbar zu dokumentieren.

3.7 Abbau der Trocknungsanlagen

Die Trocknung ist erst beendet, wenn der absolute Wassergehalt der aus der Konstruktion austretenden Expansionsluft nur geringfügig über dem Wassergehalt der eingeblasenen Trockenluft liegt und gleichzeitig die Baustofffeuchte im Bereich der baustoffspezifischen Ausgleichsfeuchte liegen. Das Ausmaß der zu tolerierenden Differenz zwischen Einblasöffnung und Ausblasöffnung ist von der Dichtheit der Konstruktion, insbesondere der Mischung mit der Umgebungsluft sowie dem Wassergehalt der Trockenluft abhängig (Straßenbildungen sind zu berücksichtigen).

Sind die geforderten bzw. vereinbarten Trocknungsziele erreicht, so kann die Trocknung als beendet angesehen werden. Vor Abbau der Trocknungsanlagen sind die unter Punkt 3.6 beschriebenen Messungen und Dokumentationen zu wiederholen. Bei der Interpretation der Messwerte ist allenfalls aus tieferliegenden Bauteilschichten nachschiebende Feuchte zu berücksichtigen.

Der Verschluss der für die Trocknung erforderlichen Bohrlöcher und der Sondierungsöffnungen wird häufig durch das ausführende Trocknungsunternehmen durchgeführt. Hierzu ist festzustellen, dass die Instandsetzung derart zu erfolgen hat, dass die uneingeschränkte Funktion der einzelnen Schichten erfüllt wird. Dies gilt insbesondere für Abdichtungen, Konvektionsbremsen, Dampfbremsen, Dampfsperren, Wärme- und Schall-Dämmschichten. Außerdem ist besonderes Augenmerk auf die brandschutztechnischen Anforderungen zu legen.

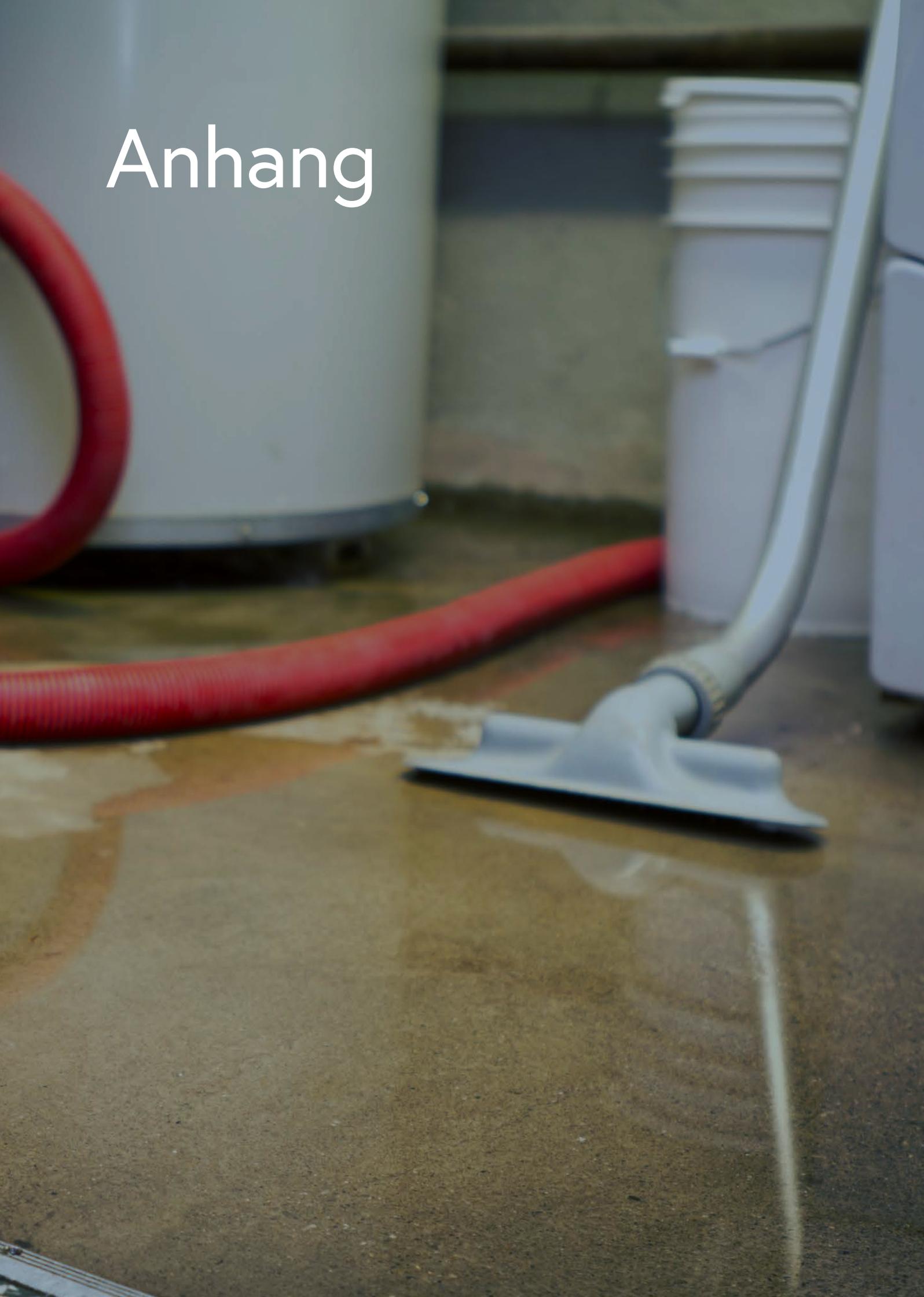
3.8 Reinigung und Freimessungen

Durch die Sanierungstätigkeiten können mikrobiell belastete Stäube freigesetzt werden, die zu einer Kontamination der Raumluft und der Raumbooberflächen führen. Daher ist der Sanierungsbereich vor dem Aufheben der Schutzmaßnahmen (Rückbau der Abschottungen und Schleusen) gründlich und sorgfältig zu reinigen, um eine Exposition bei nachfolgenden Arbeiten oder der Nutzer zu vermeiden. Der Einsatz von Bioziden zum Abtöten der Mikroorganismen vor dem Rückbau oder vor der Reinigung sowie eine Vernebelung von Bioziden zur Behandlung der Raumluft ist nicht erforderlich, da allfällig vorhandene Schimmelbestandteile durch Absaugen oder Abwischen mechanisch entfernt werden. In der Regel ist auch der Einsatz von Luftreinigungsgeräten nach einer Schimmelsanierung nicht erforderlich.

Nach Abschluss der Sanierungsarbeiten sollte vor Abbau von Staubschutzwänden, Schleusen und anderen Abschottungen der Erfolg der Maßnahmen kontrolliert und dokumentiert werden. Die erfolgreiche Ursachenbeseitigung muss durch Inspektion festgestellt bzw. bestätigt und ggf. durch spezielle Messungen unterstützt werden. Je nach Ursache sind entsprechende Fachleute hinzuzuziehen, die in der Lage sind, das Werk fachmännisch zu überprüfen, wie erfolgte Abdichtungen im Gebäude, neu installierte Wärmedämmung und das Instandsetzen von Rohrleitungen, Dächern oder Fassaden.

Details zur Reinigung des Sanierungsbereiches und Freimessungen können dem „Schimmelleitfaden“ des BMNT entnommen werden.

Anhang



Anhang 1 – Fachliteratur, Normen, technische Merkblätter und Richtlinien zu Feuchte und Schimmel

A Fachliteratur (Auszug)

Brasche S, Heinz E, Hartmann T, Richter W, Bischof W (2003): Vorkommen, Ursachen und gesundheitliche Aspekte von Feuchteschäden in Wohnungen. Ergebnisse einer repräsentativen Wohnungsstudie in Deutschland. Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz 2003 46: 683–693

Führer G (2004): Fugenabdichtung als Barriere gegen Mikroorganismen. Deutsches Patent DE 10 2004 004 979 A1/Europäisches Patent EP 1 559 843 A2 01/2004

Gebauer R, Bianchi-Janetti M, Ohs F, Feist W, Kirchmair M (2017): Messtechnische Untersuchung der Trocknung und des mikrobiellen Wachstums nach irregulären Feuchtezuständen in Estrichdämmschichten. Bauphysik 39 Heft 1

Hengsberger H, Kautsch P (2018): Untersuchungen zur Vermeidung von Schadstofffreisetzungen aus Fußbodenkonstruktionen insbesondere im Zuge von technischen Trocknungen von Wasserschäden. Bauphysik-Kalender 2018, 399–425

IKSR (2002): Hochwasservorsorge – Maßnahmen und Wirksamkeit. Koblenz

Knaut J, Berg A (2013): Handbuch der Bauwerkstrocknung. IRB Verlag, Stuttgart, 3. Auflage

Kautsch P, Hengsberger H (2007): Feasibility Study: Vermeidung von Schadstofffreisetzungen nach Wasserschäden. Eigenverlag TU Graz

Klopfer H (1997): Lehrbuch der Bauphysik. 4. Auflage

Kohler F (1994): Verfahren zur Trocknung von Gebäudeteilen und Dämmschichten. DE 44 27 245 A 1

Kraus-Johnsen I (2018): Schimmelpilz-Handbuch. Praxiswissen zu Schimmelpilzschäden in Gebäuden. Bundesanzeiger Verlag

Krischer O, Kast W (1992): Trocknungstechnik – Die wissenschaftlichen Grundlagen der Trocknungstechnik. 3. Auflage, Springer Verlag

Lorenz W, Betz S (2016): Praxis-Handbuch Schimmelpilzschäden: Diagnose und Sanierung. 2. Auflage, Rudolf Müller Verlag

Messal C (2018): Kompendium Schimmel in Innenräumen. Fraunhofer IRB Verlag

Otto F, Klatecki M, Schäfers M (2008): Optimierung von Austrocknungsprozessen hochwassergeschädigter Bauteile unter Berücksichtigung der gängigen Trocknungsverfahren zur Vermeidung von Sekundärschäden durch die Feuchtemigration in Bauteilen sowie innerhalb von Wohnungen. IRB-Verlag, Stuttgart

Pagitsch P, Harrer P-I (2007): Verfahren zur Sanierung von Wasserschäden, Schädlingsbefall oder dergleichen in Gebäuden. Österreich, Patent AT 502 826

Pagitsch P, Harrer P-I (2010): Vorrichtung und ein Verfahren zur technischen Trocknung von Bauteilschichten und/oder Hohlräumen. Österreich, Patent AT 507 181

B Gesetzestexte und Normen

Die angegebenen Gesetze und Verordnungen werden mit der Bezeichnung der Erstausgabe angeführt, die angegebenen Normen mit der zum Zeitpunkt der Drucklegung aktuellsten Ausgabe.

ArbeitnehmerInnenschutzgesetz – ASchG: Bundesgesetz über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Arbeit StF: BGBl. Nr. 450/1994 idF. BGBl. Nr. 457/1995

Biozidproduktegesetz: Bundesgesetz zur Durchführung der Biozidprodukteverordnung StF: BGBl. I Nr. 105/2013

Verordnung biologische Arbeitsstoffe (VbA): Verordnung der Bundesministerin für Arbeit, Gesundheit und Soziales über den Schutz der Arbeitnehmer/innen gegen Gefährdung durch biologische Arbeitsstoffe, BGBl. II Nr. 237/1998

ÖNORM B 2207: Planung und Ausführung von Fliesen-, Platten- und Mosaiklegearbeiten (2017-03-01)

ÖNORM B 3732: Estriche – Planung, Ausführung, Produkte und deren Anforderungen (2013-08-01)

ÖNORM B 3802-4: Holzschutz im Bauwesen – Teil 4: Bekämpfungs- und Sanierungsmaßnahmen gegen Pilz- und Insektenbefall (2015-01-15)

ÖNORM B 3355: Trockenlegung von feuchtem Mauerwerk – Bauwerksdiagnose, Planungsgrundlagen, Ausführungen und Überwachung. (2017-03-01)

ÖNORM EN 1822-1 E: Schwebstofffilter (EPA, HEPA und ULPA) – Teil 1: Klassifikation, Leistungsprüfung, Kennzeichnung. (2017-07-15)

ÖNORM EN 13187: Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Qualitativer Nachweis von Wärmebrücken in Gebäudehüllen – Infrarot-Verfahren. (1999-03-01)

ÖNORM EN ISO 12570: Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Baustoffen und Bauprodukten – Bestimmung des Feuchtegehaltes durch Trocknen bei erhöhter Temperatur (ISO 12570:2000 + Amd 1 + Amd 2:2018) (konsolidierte Fassung). (2018-07-15)

ÖNORM EN ISO 13788: Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Bauteilen und Bauelementen – Raumseitige Oberflächentemperatur zur Vermeidung kritischer Oberflächenfeuchte und Tauwasserbildung im Bauteilinneren – Berechnungsverfahren (ISO 13788:2012). (2013-04-01)

ÖNORM ISO 6107-7: Wasserbeschaffenheit – Begriffe – Teil 7 (ISO 6107-7:2006). (2015-06-01)

ÖNORM S 5701: Sensorische Bestimmung der Intensität und Art von Gerüchen in der Innenraumluft – Anforderungen für Vor-Ort-Prüfungen. (2008-03-01)

C Technische Merkblätter und Richtlinien

Die Leitfäden und Positionspapiere des AK-Innenraumluft am BMNT sind im Internet verfügbar: <https://www.bmnt.gv.at/umwelt/luft-laerm-verkehr/luft/innenraumluft/positionspapiere.html>

BMNT (2014): Leitfaden Gerüche in Innenräumen – Sensorische Bestimmung und Bewertung. Erarbeitet vom Arbeitskreis Innenraumluft am BMNT (ehemals BMLFUW)

BMNT (2017): Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft. Erarbeitet vom Arbeitskreis Innenraumluft am Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus (BMNT) unter Mitarbeit der Kommission für Klima und Luftqualität der Österreichischen Akademie der Wissenschaften. Loseblatt-Sammlung, aktuelle Ausgabe 2017

BMNT (2018): Positionspapier zur Sanierung von Schimmelbefall nach Wasserschäden in Krankenanstalten. Erarbeitet vom Arbeitskreis Innenraumluft am BMNT, 2018

BMNT (2018): Positionspapier zu Schimmel in Innenräumen. Veröffentlicht 2006, aktualisiert 2019. Erarbeitet vom Arbeitskreis Innenraumluft am BMNT

BMNT (2019): Positionspapier zu technischer Bauteiltrocknung. Veröffentlicht am 01.01.2015, aktualisiert 2019. Erarbeitet vom Arbeitskreis Innenraumluft am BMNT

BMNT (2019): Leitfaden zur Vorbeugung, Erfassung und Sanierung von Schimmelbefall in Gebäuden („Schimmelleitfaden“). Erarbeitet vom AK-Innenraumluft am BMNT gemeinsam mit der AUVA und dem Bundesverband für Schimmelsanierung und technische Bauteiltrocknung

DGUV 201-028 (2006): DGUV-Information – Handlungsanleitung Gesundheitsgefährdungen durch biologische Arbeitsstoffe bei der Gebäudesanierung

TRBA 405: Technische Regeln für Biologische Arbeitsstoffe – Anwendung von Messverfahren und technische Kontrollwerte für luftgetragene Biologische Arbeitsstoffe. 05/2001, erg. 03/2003 und 07/2006

TRBA 460: Technische Regeln für Biologische Arbeitsstoffe – Einstufung von Pilzen in Risikogruppen. 10/2002, aktualisiert (2016)

TRBA 500: Technische Regeln für Biologische Arbeitsstoffe – Grundlegende Maßnahmen bei Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen. 04/2012

TRBA/TRGS 406: Technische Regeln für Biologische Arbeitsstoffe – Sensibilisierende Stoffe für die Atemwege. 05/2008

TRGS 524: Technische Regeln für Biologische Arbeitsstoffe – Schutzmaßnahmen bei der Tätigkeit in kontaminierten Bereichen. 02/2010

TRGS 907: Technische Regeln für Biologische Arbeitsstoffe – Verzeichnis sensibilisierender Stoffe, und von Tätigkeiten mit sensibilisierenden Stoffen

UBA (2017): Leitfaden zur Vorbeugung, Erfassung und Sanierung von Schimmelbefall in Gebäuden. Erstellt durch die Innenraumluftthygiene-Kommission des Umweltbundesamtes, UBA, Dessau

VDB (2010): Informationsblatt zur Beurteilung und Sanierung von Fäkalschäden im Hochbau. Hrsg. Berufsverband Deutscher Baubiologen VDB e.V.

VdS 3151: Richtlinien zur Schimmelpilzsanierung nach Leitungswasserschäden. Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. GDV (2014)

VdS 2357: Richtlinien zur Brandschadensanierung. Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. GDV (2014)

WTA 4-6-14/D: Nachträgliches Abdichten erdberührter Bauteile (2014)

WTA 4-7-15/D: Nachträgliche mechanische Horizontalsperren (2015)

WTA 4-10-15/D: Injektionsverfahren mit zertifizierten Injektionsstoffen gegen kapillaren Feuchtetransport (2015)

WTA 4-11-16/D: Messung des Wassergehalts bzw. der Feuchte von mineralischen Baustoffen (2016)

WTA 4-12-16/D: Ziele und Kontrolle von Schimmelpilzschadensanierungen in Innenräumen (2016)

WTA 6-1-01/D: Leitfaden für hygrothermische Simulationsberechnungen (2002)

WTA 6-15-13/D: Technische Trocknung durchfeuchteter Bauteile, Teil 1: Grundlagen (2013)

WTA 6-16-18/D: Technische Trocknung durchfeuchteter Bauteile, Teil 2: Planung, Ausführung und Kontrolle (2018)

Anhang 2 – Glossar

Absaugöffnung: Öffnung, durch die Luft aus der Baukonstruktion gezielt abgesaugt wird (siehe auch Einsaugöffnung)

Absolute Luftfeuchtigkeit: Wasserdampfgehalt in der Luft; die Angabe erfolgt in den Einheiten g/kg oder g/m³

Absorption: Aufnahme von Teilchen (hier: Wassermoleküle) im Inneren eines Stoffes bzw. Körpers

Adsorption: Aufnahme bzw. Anreicherung von Wasser oder Flüssigkeiten (hier: Wassermoleküle) an der Oberfläche eines Stoffes oder Körpers

Ansaugfilter: Filter welcher der Ansaugöffnung eines Trocknungsgerätes vorgeschaltet ist

Ausgleichsfeuchte: die bei normierten Klima-Randbedingungen ermittelte Gleichgewichtsfeuchte

Baustofffeuchte: Feuchtigkeitsgehalt des Baustoffes; die Angabe erfolgt in den Einheiten g/kg oder g/m³

Bauteil: Bestandteil eines Bauwerkes (z.B. Wand, Decke, Dach, Bodenaufbau)

Bauteiltemperatur: Temperatur an der Oberfläche (Oberflächentemperatur) in einem Bauteil (Kerntemperatur oder Temperatur mit Angabe der Entfernung von der Oberfläche)

Bodenstutzen: Rohrförmiger Adapter zum luftdichten Anschließen von luftführenden Schlauchsystemen an Bohrlöcher

Bodenstutzenverlängerung: Verlängerung von Bodenstutzen, um Feuchte in tieferliegenden Bereichen erreichen zu können

Desorption: Umkehrvorgang der Sorption, Wassermoleküle verlassen den Stoff

Diffusion: Bewegung einzelner sehr kleiner Teilchen (Atome, Ionen, Moleküle) zum Ausgleich von Konzentrationsunterschieden durch die thermische Eigenbeweglichkeit (Brownsche Molekularbewegung)

Doppelbaumdecke: Deckenkonstruktion aus behauenen Holzbalken (Doppelbäumen), an der Längsseite aneinandergereiht und mit Holzzapfen (bspw. Hartholzdübel) verbunden oder mit Metallbändern gesichert

Durchfeuchtungsgrad: Verhältnis zwischen vorhandenem und möglichem Wassergehalt eines Baustoffes

Effusion: Variante der Diffusion in den sehr feinen Poren eines Feststoffes

Einblasöffnung: Bauteilöffnung, durch die Trockenluft in ein Bauteil eingebracht wird

Einsaugöffnung: Bauteilöffnung, durch die ohne angeschlossenes Gerät an der Öffnung, alleine aufgrund des Differenzdrucks die Raumluft eingesaugt wird (siehe auch Absaugöffnung)

Entropie: Fundamentale thermodynamische Zustandsgröße mit der SI-Einheit Joule/Kelvin, ein Maß für die Wandlung der in einem geschlossenen System enthaltenen Energie

Expansionsluft: bei Trocknung im Überdruckverfahren aus dem Bodenaufbau meist unkontrolliert entweichende Abluft

Falschluff: Luft, die (bspw. aufgrund von Störungen im Schichtaufbau oder Luftstraßen) unkontrolliert verteilt wird

Feuchte: Wasser im gasförmigen, flüssigen oder festen Zustand

Feuchtluft: mit Wasserdampf angereicherte Luft während des Trocknungsprozesses

Flankendiffusion: Feuchteeintrag in Konstruktionen durch Wasserdampfdiffusion und Hinterwanderung über die Flanken

Flüssigwassertransport: Bewegung von Flüssigwasser in Baustoffen aufgrund von Kapillardruck in Porensystemen oder Durchströmung

Fugenkreuzsystem: Spezielle Verteiler zum Anschluss von Schlauchsystemen bspw. an kleine Bohrungen an starren Fugen von keramischen Belägen

Gleichgewichtsfeuchte: Feuchtegehalt, der sich im Baustoff unter den jeweiligen Klimabedingungen einstellt

Grundwasser: Wasser unterhalb des Grundwasserspiegels (phreatische Zone, Porenräume ständig mit Wasser gefüllt)

HEPA-Filter (High Efficiency Particulate Air Filter): Schwebstofffilter Filterklassen H13 bis H14 gemäß ÖNORM EN 1822-1

Hygroskopische Feuchte: Feuchtegehalt eines Baustoffes aufgrund seiner Hygroskopizität, dieser hygroskopische Feuchtegehalt wird sehr stark von Salzen beeinflusst

Hygroskopizität: Eigenschaft von Stoffen, Wasserdampf aufzunehmen

Hygrostat: Schaltelement zur Steuerung von Trocknungsgeräten über die Luftfeuchtigkeit

h,x-Diagramm: Das Mollier-h,x-Diagramm ermöglicht es, Zustandsänderungen feuchter Luft durch Erwärmung, Befeuchtung, Entfeuchtung, Kühlung und Mischung verschiedener Luftmengen zu ermitteln

Kapillarleitung: Flüssigwassertransport in kapillarporösen Baustoffen durch Kapillardruck (kapillares Saugen aufgrund der Oberflächenspannung des Wassers)

Kapillarkondensation: Wasseraufnahmemechanismus in kapillarporösen Baustoffen durch Sorption und Kondensationserscheinungen in den Kapillaren bzw. Poren

Kondensation: Ausfall von Tauwasser an oder in Bauteilen durch Unterschreiten der Taupunkttemperatur

Konzentrationsgefälle: Differenz der Konzentration (bspw. Feuchtegehalt) zwischen zwei Orten in einem Bauwerk oder Bauteil

Luftgeschwindigkeit: Maß der Luftbewegung in einer vorgegebenen Richtung, gemessen in m/s

Luftstraßen: Bereiche in einem Bauteil mit erhöhter Luftdurchlässigkeit

Meteorisches Wasser: auch Umsatzwasser genannt, es handelt sich um den Teil eines Grundwasserkörpers, der jährlich oder innerhalb weniger Jahre in den Umsatz des Wasserkreislaufes einbezogen ist, Meteorisches Wasser hat seinen Ursprung in der Atmosphäre und gelangte durch Niederschlag auf die Erdoberfläche

Partialdruck: Teildruck einer einzelnen Komponente oder Fraktion in einem Gasgemisch

pH-Wert: Negativer dekadischer Logarithmus der Wasserstoffionen-Aktivität, Maß für den sauren oder basischen Charakter von wässrigen Lösungen.

Prozessluft: Luft zwischen Beginn und Ende des Trocknungsprozesses

Randfugenabdichtung: dauerhaft gasdichte Abdichtung der Estrich-Randfugen; um die üblichen schalltechnischen Anforderungen zu erfüllen, sollten diese schallweich ausgeführt werden

Regenerationsluft: Feuchte Abluft bei Adsorptionstrocknern

Relative Luftfeuchtigkeit: gibt für eine bestimmte Temperatur und definierten Druck das Verhältnis des momentanen Wasserdampfgehalts zum maximal möglichen Wasserdampfgehalt an, die Angabe erfolgt in Prozent

Sorbat: der durch Sorption aufgenommene Stoff

Sorption: Sammelbezeichnung für physikalische Vorgänge zur Erreichung der Gleichgewichtsfeuchte über Aufnahme von Wasser bzw. Wasserdampf aus der Umgebungsluft

Tauwasser: Feuchte, die durch Kondensation von in der Luft enthaltenem Wasserdampf ausfällt. Dies kann beispielsweise in Bauteilen oder an der Oberfläche von Bauteilen erfolgen

Trockenluft: mechanisch getrocknete Luft

Vadose Wasser (Sickerwasser, Stauwasser): durch Einsickerung meteorischer Wässer entstandenes unterirdisches Wasser oberhalb des Grundwasserspiegels

Wand- und Randschienensystem: spezielle Schienen zur Trocknung von Bodenaufbauten ohne Zerstörung des Bodenbelags, wobei das Einblasen oder Absaugen von Luft meist über die Estrich-Randfugen erfolgt

Wasserdampf: Feuchte in gasförmigem Zustand

Wasserdampfdiffusion: Bewegung von Wassermolekülen aufgrund von Teildruck- bzw. Konzentrationsunterschieden

Wasserdampfkonvektion: Mitführen von Wasserdampf durch einen Luftstrom

Wassergehalt: die in einem Baustoff enthaltene Menge an Wasser bezogen auf dessen Masse oder Volumen; der maximale Wassergehalt eines feinporigen Stoffes entspricht der vollständigen Füllung aller dem Wasser zugänglichen Hohlräume

Wassergehaltsbereich: Bereiche von Wassergehalten, die sich bspw. in feinporigen kapillarporösen Baustoffen aufgrund von bestimmten vorherrschenden Transportmechanismen (Übersättigungsbereich bei Wasserströmung, Kapillarbereich bei ungesättigter Poren-Wasserströmung, Sorptionsbereich durch Wasserdampfdiffusion bis ca. 95 % relative Luftfeuchte) einstellen; der hygroskopische Wassergehaltsbereich oder Sorptionsbereich betrifft die Wassergehalte, die in Abhängigkeit von der Luftfeuchte über Sorption erreicht werden

Anhang 3 – Beispiel Messprotokoll

Im Folgenden wird ein Beispiel eines Messprotokolls für Feuchtemessungen in einem Objekt dargestellt, wie es in der Praxis eingesetzt wird.

Abbildung 16: Beispiel Messprotokoll

										Messung am: 07.09.2017		
										Von:		MG:
										Messgerät		
MP	Beschreibung	Luftkond.		Luft-Geschw. [m/s]	Oberfl. temp. [°C]	Höhe ü. FOK [cm]	Tiefe [cm]	Baustofffeuchte				
		[°C]	r.F. [%]					W [dig]	K [dig]	Darr-V [M.-%]		
1	Innenraumluftkonditionen	23,5	56									
2	GKB-Platte				19,1	-10		80				
3	Bodenplatte (Stemmöffnung seit 26.07.2017 freigelegt)				18,3			38	144			
4	GKB-Platte (Stemmöffnung seit 26.07.2017 freigelegt)					-10		30				
5	Bodenplatte (Stemmöffnung seit 26.07.2017 freigelegt)							30	142			
6	GKB-Platte (Anbindung Trockenbauwand seit 26.07.2017 freigelegt)					-10		22				
7	Leichtbetonschüttung Bodenaufbau					-16	10	45				
8	Leichtbetonschüttung Bodenaufbau					-36	30	> 87				
9	GKB-Platte (Innere Beplankung zur Lagerfläche)					-10		38				
10	Oberflächentemperatur Aussenwand unter Fenster	16,0										
11	Estrich-Randfuge/ Bodenplatte					-15		67				
12	Adsorptionstrockner Nr. 001	45,2	12									
13	Trockenluft											
14	Regenerationsluft	60,1	99,9									
15	Verdichter Nr. 005 Trockenluft	48,5	8	10,2								
16	Expansionsluftöffnung	25,8	80	2,4								
17												
18												
19												
20												

- W** Messgerät für elektr. Widerstandsmessung mit diversen Elektroden
K Aktivelektrode zu Messgerät für kapazitive Messung
Darr-V Gravimetrische Bestimmung der Baustofffeuchte über Darr-Verfahren

