

Dipl.-Ing. (FH) Hans-Joachim Rolof

Maler- und Lackierermeister; staatlich geprüfter Bodenleger; Gebäude-Energieberater; Mediation Planen und Bauen; öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger; geschäftsführender Gesellschafter des iba-INSTITUT Gottfried & Rolof Düsseldorf – Koblenz – Stuttgart

Schäden an Parkett und Bodenbelag: Fußbodenkonstruktion, Bauphysik oder gestörter Bauablauf?

1. Einleitung

Oftmals werden die Ursachen für Schäden am Oberboden allein auf Fehler des Handwerkers als Auftragnehmer zurückgeführt. Der nachfolgende Fachbeitrag zeigt, warum eine solche Zuordnung nicht immer zielführend ist: Auch Fehler der Estrichkonstruktion in Planung und Ausführung können der Auslöser solcher Schäden sein. Diese Erkenntnisse wurden im Rahmen des 42. Fachseminar „Bauwesen“ für Sachverständige und Juristen im Jahr 2020 in Bad Hofgastein vorgetragen.

2. Fallbeispiel 1: Schäden an Massivholz-Dielenparkett in einem neu errichteten Krankenhaus

In einem neu errichteten Krankenhaus wurde ein konventioneller, schwimmender Zementestrich auf Betondecken eingebracht. Die Temperierung der Räumlichkeiten erfolgte teilweise mit Fußbodenheizung, teilweise über Heizkörper oder teilweise mittels Heiz- bzw Kühldecke. Als Oberböden wurden neben einer bahnenförmigen PVC-Bodenbelagsqualität (Bettenzimmer, Flurbereiche) und/oder einer Kunstharzbeschichtung (Foyer bzw Eingangsbereich) in der Cafeteria auf der Empore, der Gastronomie und der Personalkantine mit Casino schließlich nach dem Grundieren und Spachteln des Estrichs Massivholz-Landhausdielen (Eiche) auf dem Untergrund vollflächig verklebt und lackiert.

Schon die Vorgeschichte stimmt bedenklich: Gestörter Bauablauf?

Durch den Parkettleger wurden Feuchtigkeitsmessungen am Estrich vor der Verlegung durchgeführt. Die CM-Prüfung erbrachte Messergebnisse von >1,8 CM-% bis <2,0 CM-%. Die Belegreife war also gegeben. In der Eingangshalle (EG) zeigte ein Messwert von 2,8 CM-% erhöhte Restfeuchte. Daher wurde gegen aufsteigende Feuchtigkeit eine 2K-EP-Grundierung eingebaut. Zuvor wurde der Feuchtegehalt der Landhausdielen (7,5 %) ermittelt. Zum Zeitpunkt der Parkettarbeiten waren die Ausbaugewerke noch nicht abgeschlossen. Daher lag ein ungeeignetes Raumklima vor, sodass sich das bis dahin verlegte, aber noch nicht versiegelte Parkett geschüsselt hatte. Demzu-

folge ist zu etwa 70 % der Oberboden wieder ausgetauscht worden. Nach Fertigstellung der Parkettböden mit Versiegelung war der Innenausbau immer noch nicht fertiggestellt. Es erfolgte eine Schutzabdeckung mittels Malervlies. Nach dem Aufnehmen der Schutzabdeckung zeigte sich, dass lokal und/oder partiell Schüsselungen und Formänderungen des Parketts eingetreten waren.

Schadensbild nach der Eröffnung

Nach Fertigstellung der Ausbaugewerke und Eröffnung des Krankenhauses war das Erstaunen groß: Erneut waren an den Massivholz-Landhausdielen Schüsselungen und Fugenbildungen entstanden. Daher erteilte der Bauherr bzw Auftraggeber eine Mängelrüge für die Gastronomie in der Eingangshalle (EG) und/oder für die Cafeteria (2. OG). Im Bereich der Personalkantine bzw im Casino (3. OG) waren Formveränderungen des Parkettbodens bis dahin noch nicht (wieder) entstanden.

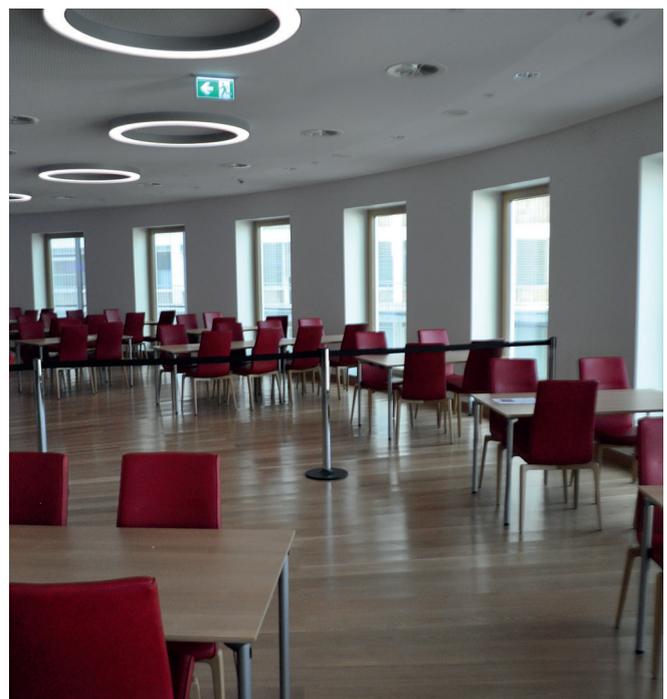


Foto 1: Blick in die Personalkantine

Schäden an Parkett und Bodenbelag: Fußbodenkonstruktion, Bauphysik oder gestörter Bauablauf?



Foto 2: Die Massivholz-Landausdielen waren geschüsselt

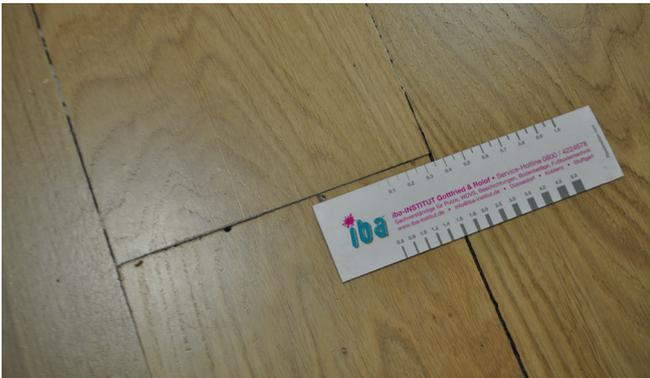


Foto 3: Es zeigten sich offene Fugenspalten

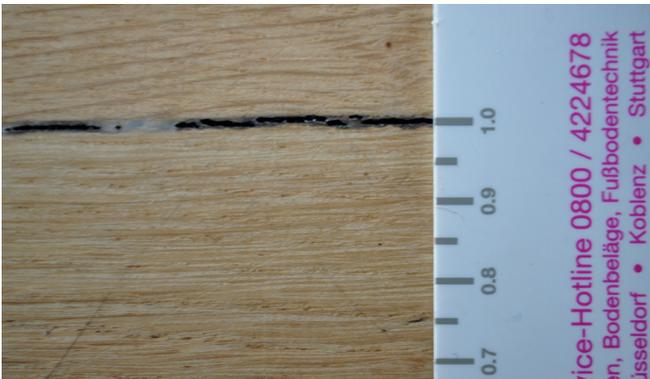


Foto 4: Teilweise mit 1,0 mm Fugenbreite!

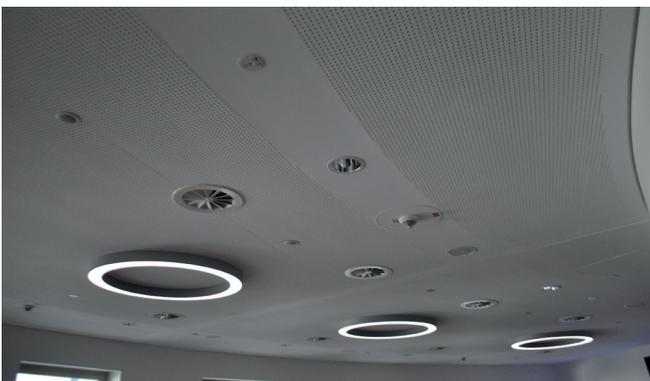


Foto 5: der Blick an die Decke zeigt: eine Heiz-/Kühldecke zur Temperierung



Fotos 6 und 7: Die Verklebung: 80 % bis 90 % Benetzung mit Kleber bei mineralischen Anhaftungen aus der Estrichrandzone

Ein Gutachter klärt die Schadensursachen

Zur Klärung des Schadens und der Verursacherfrage wurde ein Sachverständiger vom iba-INSTITUT beauftragt. Die Ursachenforschung erbrachte nachfolgende Befunde:

- Gastronomie in der Eingangshalle (EG): Das Raumklima war mit +21 °C bis +23 °C bei relativer Luftfeuchtigkeit von 36 % bis 38 % festzustellen. Es zeigten sich lokal zwischen einzelnen Landausdielen offene Fugen an den Längsseiten. Die Bestandsaufnahme zeigte Fugenspalten mit >0,1 mm bis <0,5 mm. Auffällig war al-

lerdings dabei lokal auch das Entstehen von Kopffugen an den Schmalseiten der Landhausdielen (Fugenspalten von >0,1 mm bis <0,5 mm, lokal konisch zulaufend),

- Cafeteria auf der Empore (2. OG): Das Raumklima war mit +22 °C bis +24 °C bei relativer Luftfeuchtigkeit von 36 % bis 38 %. Es zeigten sich lokal zwischen einzelnen Landhausdielen offene Fugen an den Längsseiten. Die Bestandsaufnahme zeigte Fugenspalten mit >0,1 mm bis <0,5 mm, vereinzelt auch >1,5 mm bis <2,0 mm. Es zeigten sich Formänderungen durch Schüsselungen entlang der Längskanten als Hochpunkte (konkave Verformung). Orientierend waren derartige Formänderungen mit einer Aufschüsselung von 0,5 mm bis maximal 1,0 mm zu ermitteln,
- Personalkantine bzw. Casino (3. OG): Die Temperierung für den offenen Speisesaal und die angrenzende Essensausgabe bzw. das davon abgeteilte Casino erfolgt über eine Heiz- bzw. Kühldecke. Dabei lag eine Lufttemperatur von >+22 °C bis <+24 °C bei 39 % bis 42 % relativer Luftfeuchte vor. Eine Überprüfung der vollflächig am Untergrund arretierten Massivholz-Landhausdielen auf Hohlleger und/oder Hohlstellen bestätigte im aufgeschüsselten Randbereich des dielenförmigen Oberbodens bei Begehen ein Federn. Die aufgeschüsselten Landhausdielen lagen lokal bereits aus dem Klebstoffbett abgesichert vor. Es zeigten sich lokal zwischen einzelnen Landhausdielen auch offene Fugen. Dabei waren die Fugenspalten überwiegend mit >0,1 mm bis <0,5 mm sowie partiell auch mit >0,5 mm bis <2,0 mm zu konstatieren
- Personalkantine bzw. Casino (3. OG): Es zeigten sich Formänderungen durch Schüsselungen entlang der Längskanten als Hochpunkte (konkave Verformung). Orientierend waren diese mit einer Aufschüsselung von 1,0 mm bis maximal 2,0 mm sowie lokal und/oder partiell bis zu 3,0 mm zu ermitteln. Bei der Probenentnahme zeigten sich auf der Geschoßdecke aus Stahlbeton folgende Schichtenfolgen: PE-Folie (schwarz; 0,15 mm), Trittschalldämmung (15 mm dicke Mineralwolle), darauf PE-Folie (schwarz; 0,15 mm), dann zementäre Estrichkonstruktion (im Mittel 70 mm Dicke), Grundierung, Spachtelmasse, Kleber, Massivholz-Landhausdielen.

Im Rahmen der Bauteilöffnungen wurden zuvor orientierend auch Feuchtemessungen mit dem elektrischen Feuchtemessgerät sowohl am Parkett als auch an der freigelegten (gespachtelten) Estrichkonstruktion sowie den weiteren Schichtenfolgen bis zur Rohbetondecke vorgenommen. Dabei ergaben sich für das Parkett an der Oberfläche Messwerte von >7,5 % bis <8,5 % und/oder an der Rückseite Messwerte von >9 % bis <10 % für die Restfeuchte bzw. Haushaltsfeuchte der Massivholz-Landhausdielen. Ferner waren Hinweise für eine Restfeuchte der zementären Estrichkonstruktion an der oberen Grenze des zulässigen Bereichs (Messwert >60 Digits bis <65 Digits) vorhanden. Auch lagen deutliche Hinweise für eine feuchte Trittschalldämmung aus Mineralwolle (Messwert >50 Digits bis <55 Digits) vor. Deutliche Hinweise für eine erhöhte Restfeuchte des Stahlbetons (Messwert >120 Digits bis <130 Digits) waren ebenfalls in der oberflächennahen Randzone zu konstatieren. Als Bruchzone bzw. Bruchbild war nach dem Abheben bzw. Abscheren der Massivholz-Landhausdielen festzustellen, dass zu 70 % bis 80 % ein Kohäsionsbruch in der oberflächennahen Randzone des Estrichs resultierte. An den vor Ort entnommenen Ausbaustücken und Bohrkernen wurden durch gravimetrische Feuchtigkeitsmessungen im Labor folgende Erkenntnisse ermittelt:

Schadensauslöser 1: Planung und Ausführung im Widerspruch

Personalkantine bzw. Casino (3. OG): Entsprechend dem Leistungsverzeichnis vom Architekturbüro für das Klinikum war für das Gewerk Estricharbeiten ausgeschrieben bzw. geplant und beauftragt nach Position „2.19 Als Schutz gegen Restfeuchte aus der Stahlbetondecke“ auf die Decke „eine PE-Folie, Dicke >0,2 mm zu liefern und zweifach zu verlegen. Stöße sind mind. 10 cm zu überlappen. Die Lagen sind kreuzweise zu verlegen“. Demgegenüber war vor Ort auf der Geschoßdecke aus Stahlbeton nur eine PE-Folie (schwarz) in einer Dicke von d = 0,15 mm vorzufinden.

Schadensauslöser 2: Nachstoßende Feuchtigkeit aus der Rohbetondecke

Zur Ermittlung der Schadensursache wurden bauphysikalische Berechnungen vorgenommen. Als Ergebnis resultierte, dass bereits ab einer relativen Luftfeuchte im Rauminneren von etwa 50 % an der Unterseite des Parketts mit

Probe aus Personalkantine	Restfeuchte [Gew.-%]		Probe aus Casino	Restfeuchte [Gew.-%]
Betondecke 10 – 20 mm	4,15		Betondecke 10 – 20 mm	4,46
Betondecke 0 – 10 mm	3,82		Betondecke 0 – 10 mm	3,86
PE-Folie, d = iM 0,15 mm	0,60		PE-Folie, d = iM 0,15 mm	0,50
Mineralwolle	0,35		Mineralwolle	0,35
PE-Folie, d = iM 0,15 mm	0,50		PE-Folie, d = iM 0,15 mm	0,50
Zementestrich 40 – 70 mm	2,14		Zementestrich 40 – 70 mm	2,21
Zementestrich 20 – 40 mm	2,09		Zementestrich 20 – 40 mm	2,07
Zementestrich 0 – 20 mm	1,27		Zementestrich 0 – 20 mm	1,51

einer relativen Luftfeuchte von 72 % und mehr durch nachstoßende Feuchtigkeit aus der Betondecke zu rechnen war und es sich dabei um eine kritische Situation handelt. Holzwerkstoffe haben das Bestreben, sich mit der umgebenden Atmosphäre auszutauschen. Dies bedeutet, dass ab einer relativen Luftfeuchte von etwa 70 % die Holzfeuchte über 12,5 Massenprozent beträgt und daher gegenüber der anzunehmenden Einbaufeuchte des Parketts aus Eichenholz im Bereich von 7 % bis 11 % das Parkett dann eine solche Holzfeuchte annimmt, die über den Maximalwert der oben genannten Spanne der Einbaufeuchte liegt: Die daraus resultierende Ausfeuchtung führt dann zu Formänderungen in Form von Schüsselungen.

Fazit

Gastronomie in der Eingangshalle (EG) und Cafeteria auf der Empore (2. OG):

- Fehler der Bauüberwachung sowie bei Parkettarbeiten,
- kritisches Raumklima nach Abnahme und im Rahmen der Nutzung,
- Sanierung: Austausch einzelner Massivholzdielen bei Fugenspalten und/oder Schüsselungen >0,5 mm, Schleifen und Versiegeln des Parkettbodens.

Personalkantine bzw. Casino (3. OG):

- Fehler der Bauüberwachung sowie bei Estrich- und Parkettarbeiten,
- kritisches Raumklima nach der Abnahme und im Rahmen der Nutzer,
- Sanierung: Rückbau unvermeidlich!

Und wie ist das in Österreich geregelt?

ÖNORM B 3732: Planung, Ausführung, Produkte und deren Anforderungen (Ausgabe: 1. 8. 2013): In dieser Norm wird differenziert unter Punkt 5.12 („Trennlagen“) und unter Punkt 5.13 („Dampfbremsen“). Um Feuchtigkeitseintritt zu vermeiden, heißt es unter Abschnitt 6.2.3: *„Zur Vermeidung von schädlicher Dampfdiffusion aus dem Untergrund sind Folien mit einer diffusionsäquivalenten Luftschichtdicke einzubauen, die größer als diejenige des darüber liegenden Fußbodenaufbaues sind. Derartige Folien müssen verschweißt bzw. verklebt sein (bei Gussasphalt nicht erforderlich).“*

Zu schwimmenden Estrichen und Estrichen auf Trennlage erfolgt unter Abschnitt 7.2 der Hinweis: *„Bei schwimmenden Estrichen muss die Dämmschicht vom Estrich durch eine mindestens 0,1 mm, bei Magnesiaestrichen mindestens 0,2 mm dicke Trennlage mit mindestens 10 cm Überlappung getrennt werden.“*

ÖNORM B 2242-1: Herstellung von Warmwasser- Fußbodenheizungen – Werkvertragsnorm, Teil 1: Verfahrensbestimmungen (Ausgabe: 1. 5. 2007): Im Abschnitt 4.3 („Vom Auftraggeber zu erbringende Voraussetzungen“) heißt es: *„1) Sind aufgrund der baulichen Gegebenheiten und der geplanten Benützungsbedingungen Dampfbremsen, Abdichtungen gegen Feuchtigkeit – allenfalls auch wegen Durchfeuchtung des Untergrundes – oder Wärmedämmungen (auch Abschirmung gegen natürliche oder künstliche Wärmeabstrahlung) erforderlich, so ist hierfür vom Auftraggeber Sorge zu tragen ...“*

Schutzmaßnahmen auf der Betondecke: Wo steht das?

Bereits in der DIN 18560: Estriche im Bauwesen, Teil 2, wird unter Punkt 5.1.2 darauf hingewiesen, dass die Dämmschicht mit einer PE-Folie von mindestens 0,1 mm Dicke abgedeckt werden muss, wobei ausgeführt wird, *„Abdeckungen können nicht als geeignete Maßnahmen zum dauerhaften Schutz der Dämmschicht gegen Feuchte angesehen werden“*. Schließlich heißt es unter Punkt 5.1.3 („Schutzmaßnahmen“), die Dämmschicht ist *„falls erforderlich, durch geeignete Maßnahmen vor Feuchte, zB durch Dampfsperren, zu schützen. Solche Maßnahmen sind vom Planer bei der Bauwerksplanung festzulegen“*.

Weitere Vorgaben hierzu an den Planer finden sich auch in entsprechender Fachliteratur zur Baukonstruktionslehre oder Bauphysik.

Auch dem Kommentar zur DIN 18365: Bodenbelagsarbeiten, sind solche Hinweise zu entnehmen, wenn es heißt, der *„Auftraggeber hat deshalb durch geeignete planerische Maßnahmen dafür zu sorgen, dass Feuchte aus dem Untergrund den Klebstoff und Bodenbelag nicht beeinträchtigen“*.

In der Fachliteratur für das bodenlegende Handwerk sind Schäden wegen nachstoßender Feuchtigkeit aus der Rohbetondecke bekannt und folgerichtig in Fachartikeln bzw. Fachbüchern beschrieben. So zB im Fachbuch „Fußboden Atlas“, herausgegeben von *Alexander Unger*, in Kooperation mit der Fachzeitschrift „boden wand decke“ als Kolumne erschienen. Hier heißt es unter Abschnitt 16.2 („Schäden durch nachstoßende Feuchtigkeit aus der Rohbetonplatte“) im Punkt 16.2.3 („Folien als Problemlöser“): *„Diese besteht üblicherweise aus zwei Lagen PE-Folie der Dicke (jeweils) 0,2 mm oder anderen geeigneten Materialien. Die Folien sollten entweder ausreichend überlappt (ca. 30 cm) oder alternativ miteinander verbunden werden. An den Wänden sind die Folien bis OK FFB hochzuziehen ... Auf diese Weise kann vermieden werden, dass es zu einer vermehrten Feuchtigkeitswanderung (Trichterwirkung) über die Randfuge kommt ...“*

ÖNORM B 2242-4: Herstellung von Warmwasser- Fußbodenheizungen – Werkvertragsnorm, Teil 4: Vertragsbestimmungen für den Estrich (Ausgabe: 1. 5. 2007): Im Abschnitt 5.3 („Ausführung“) heißt es unter Punkt 5.3.2 („Prüf- und Warnpflicht“), bei auf vorhandenen Dämmschichten mit oder ohne Abdeckung verlegtem Heizsystem ist zu prüfen das „Vorhandensein von Feuchtigkeitsabdichtungen oder Dampfbremsen“ zu prüfen.

ÖNORM B 2242-5: Herstellung von Warmwasser- Fußbodenheizungen – Werkvertragsnorm, Teil 5: Vertragsbestimmungen für keramische Bodenbeläge und Beläge aus Natur- und Kunststein (Ausgabe: 1. 5. 2007): Im Abschnitt 5.3 („Ausführung“) heißt es unter Punkt 5.3.2 („Prüf- und Warnpflicht“) unter Punkt 5.3.2.3: „Wird dem Auftragnehmer bekannt, dass in angrenzenden Räumen unterschiedliche klimatische Bedingungen herrschen werden, hat er den Auftraggeber schriftlich aufmerksam zu machen, dass bei Verlegung von Dampf bremsenden Belägen Schäden durch Bildung von diffusionsbedingter Feuchtigkeit entstehen könnten.“

ÖNORM B 2242-6: Herstellung von Warmwasser- Fußbodenheizungen – Werkvertragsnorm, Teil 6: Vertragsbestimmungen für textile und elastische Beläge (Ausgabe: 1. 5. 2007): Im Abschnitt 5.3 („Ausführung“) heißt es unter Punkt 5.3.2 („Prüf- und Warnpflicht“) unter Punkt 5.3.2.2: „Wird dem Auftragnehmer bekannt, dass in angrenzenden Räumen unterschiedliche klimatische Bedingungen herrschen werden, hat er den Auftraggeber schriftlich aufmerksam zu machen, dass bei Verlegung von Dampf bremsenden Belägen Schäden durch Bildung von diffusionsbedingter Feuchtigkeit entstehen könnten.“

ÖNORM B 5236: Planung und Ausführung von Bodenbelags- und Holzfußbodenarbeiten (Ausgabe: 1. 11. 2019): Im Abschnitt 5 („Planung“) heißt es unter Punkt 5.2 („Untergrund, Unterkonstruktion“), in der Planungsphase sei unter anderem Folgendes zu berücksichtigen: „Dampfbremsen bzw. Abdichtungen gegen Feuchtigkeit“. Im Abschnitt 8 („Feuchtigkeitsgehalt und Belegreife von Untergründen“) wird unter Punkt 8.1.1 zu „unbeschleunigten“ (konventionellen) Estrichen ausgeführt: „Die Bestimmung des Feuchtigkeitsgehaltes hat durch den Bodenleger mittels CM-Messung entsprechend der ‚Richtlinie zur Bestimmung der Feuchtigkeit nach der Calciumcarbid-Methode (CM-Methode)‘ der Bundesberufsgruppe der Bodenleger, Bundesinnung der Bauhilfsgewerbe und des Verbandes der österreichischen Estrichhersteller (VÖEH) zu erfolgen. Die Beurteilung der Belegreife hat durch den Bodenleger aufgrund der in Tabelle 4 a3n7geführten Feuchtigkeitswerte zu erfolgen.“

Die Tabelle 4 („Feuchtigkeitswerte von Estrichen“) besagt:

Estriche	Maximal zulässiger Feuchtigkeitsgehalt nach der CM-Methode
Estriche auf Zementbasis	
Allgemein	2,0 % ^a

Kunstharzmodifiziert	Laut Angabe des Herstellers
Fließestrich	Laut Angabe des Herstellers
Heizestrich	1,8 % ^a
Estriche auf Calciumsulfatbasis	
Allgemein	0,5 %
Heizestrich	0,3 %
Fließestrich	Laut Angabe des Herstellers

^a 2,0 % bzw 1,8 % gelten ausschließlich für übliche Estrichmischungen mit einem Mischungsverhältnis Zement zu Sand von 1:4 bis 1:5. Bei anderen Mischungsverhältnissen hat der AG in Verbindung mit dem Estrichhersteller dem AN (Bodenleger) den maximal zulässigen CM-Wert mitzuteilen.

„Die Ergebnisse der CM-Messungen haben in einem Protokoll aufgezeichnet zu werden, dieses muss vom Überwacher (Bauleiter u. dgl.) gegengezeichnet werden. Es ist von Vorteil, dass das Protokoll auf ein Durchschreibepapier geschrieben wird, um vor Ort ein Exemplar dem Anwesenden zu übergeben.“

Im Abschnitt 4.3 („Vom Auftraggeber zu erbringende Voraussetzungen“) heißt es: „d) Sind auf Grund der baulichen Gegebenheiten und der geplanten Benutzungsbedingungen Dampfbremsen, Abdichtungen gegen Feuchtigkeit oder Wärme- und Trittschalldämmungen (auch Abschirmung gegen natürliche oder künstliche Wärmeabstrahlung) erforderlich, so hat der AG diese vorzusehen.“ Im Abschnitt 5.3 („Ausführung“) heißt es unter Punkt 5.3.2 („Prüf- und Warnpflicht“) unter Punkt 5.3.2.2: „Die Feststellung des Feuchtigkeitsgehaltes der Rohdecke oder der Verbundestriche und die Überprüfung der Notwendigkeit und Wirksamkeit einer vorhandenen Dampfbremse oder Feuchtigkeitsabdichtung sowie eines Schallschutzes gehören nicht zur Prüfpflicht des AN.“

Nutzerverhalten – Raumklima im Krankenhaus: Anzustrebendes Behaglichkeitsfeld

Vor Ort war im neu erbauten Klinikum in den untersuchten Bereichen ein kritisches Raumklima festzustellen, wobei eine relative Luftfeuchte von >+ 22 °C bis <+ 24 °C bei >36 % bis <43 % relativer Luftfeuchte vorzufinden war. Vorgegeben wird dieses Klima durch die Trenddaten der Lüftungsanlage, wobei die Temperierung über den Zutritt der Außenluft (Zuluft) erfolgt, ohne dass die relative Luftfeuchte geregelt wird. Insbesondere in den kalten Wintermonaten kann dabei die relative Luftfeuchte auch Werte von 30 % und darunter erreichen. Hierzu wird hingewiesen auf das sonst in Krankenhäusern übliche Raumklima, welches gemäß Tabelle 19.1 („Anforderungen an ein behagliches Raumklima“) aus dem Fachbuch „Praktische Krankenhaushygiene und Umweltschutz“, herausgegeben von Franz Daschner, Markus Dettenkofer, Uwe Frank und Martin Scherrer, entnommen werden kann. Demnach sollte in einem Krankenhaus für ein anzustrebendes Behaglichkeitsfeld eine Lufttemperatur von +21 °C bis +24 °C bei

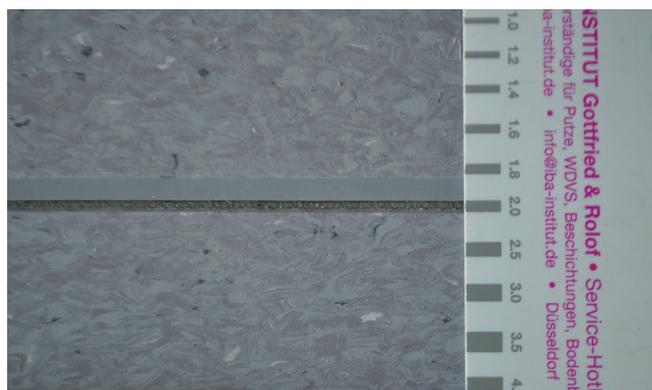
einer relativen Luftfeuchte von 45 % bis 85 % in den einzelnen Räumlichkeiten vorherrschen.

3. Fallbeispiel 2: Offene Nähte und Fugenflankenabriss im PVC-Bodenbelag in einem neu errichteten Krankenhaus

In einem neu errichteten Krankenhaus wurde ein konventioneller, schwimmender Zementestrich auf Betondecken eingebracht. Zur Temperierung der Räumlichkeiten ist in verschiedenen Geschoßen dabei eine Betonkernaktivierung bzw. Betonkerntemperierung vorhanden. Durch den Bodenleger und/oder dessen Klebstofflieferanten wurden Feuchtigkeitsmessungen an der Estrichkonstruktion durchgeführt: Die CM-Prüfung erbrachte Messergebnisse von $>1,8$ CM-% bis $<2,0$ CM-%. Die Belegereife war also gegeben. Schließlich wurde der Estrich grundiert, gespachtelt und ein bahnenförmiger PVC-Bodenbelag mit verschiedenen Eigenschaften (Rutschhemmung, Leitfähigkeit ua) auf dem Untergrund vollflächig verklebt. Die Nahtkanten wurden thermisch mit Schweißschnur abgedichtet bzw. verschweißt. Die Bodenbelagsarbeiten waren nach Bauzeitenplan im März des Jahres fertiggestellt, bevor der weitere Innenausbau begonnen wurde. Daher erfolgte auf Anweisung der Bauleitung gegen Vergütung in den Bettenzimmern eine Schutzabdeckung des Oberbodens mit Tetra-Pak-Folie und im Flurbereich mit Hartfaserplatte und Vliesabdeckung. Diese Schutzabdeckung wurde von April bis Oktober vorgehalten. Dabei herrschten zeitweise Lufttemperaturen von $>+35$ °C bis $<+40$ °C im Außenbereich vor, die über großflächige Verglasungen auf die Bodenbelagebene einwirken konnten. Zwischenzeitlich erfolgte auch die versuchsweise Inbetriebnahme der Betonkernaktivierung, um dessen Funktionstauglichkeit später sicherstellen zu können.

Schon vor der Abnahme: Offene Nähte und Fugenflankenabriss im PVC-Bodenbelag

Nach der Fertigstellung der Ausbaugewerke erfolgte im Oktober das Aufnehmen der Schutzabdeckungen. Das Erstaunen war groß: In verschiedenen Bereichen (Betten- bzw. Stationszimmer, Flure) hatten sich unabhängig voneinander und zeitversetzt die Nähte im Oberboden geöffnet. Das mit Planung und Bauleitung involvierte Architekturbüro rügte die Mängel gegenüber dem Auftragnehmer. Zunächst erfolgten mehrere Nachbesserungen durch den Bodenleger. Jedoch erfolglos: Kaum waren die Nähte in einem Raum erneut verschweißt, sind in anderen Räumen zeitversetzt wiederum offene Nähte bzw. Fugenflankenabriss im Oberboden entstanden. Der Bodenleger war nicht mehr bereit, den bahnenförmigen PVC-Bodenbelag immer wieder in anderen Räumen kostenlos nachzuarbeiten. Der Auftraggeber drängte auf Mangelbeseitigung: Die Hygiene im Krankenhaus war in Gefahr! Also war Handlungsbedarf geboten, denn der Auftragnehmer war in der Erfüllungspflicht, sein Werk mangelfrei herzustellen, was vor Ort offensichtlich Probleme bereitete.



Fotos 8 und 9: Offene Nähte, Fugenflankenabriss in PVC-Bodenbelag



Foto 10: Bruchbild mit gestörter Klebstoffbenetzung



Foto 11: Dennoch sehr gutes Haftvermögen ...



Foto 12: ... trotz erweichten Klebers

Parteien streiten über Schadensursachen: Ein Gutachten klärt auf!

Zur Klärung des Schadens und der Verursacherfrage wurde ein Sachverständiger vom iba-**INSTITUT** im Januar des folgenden Jahres noch vor Inbetriebnahme der Klinik beauftragt. Zur Ursachenforschung der offenen Nähte im Oberboden wurde der Fußboden in unterschiedlichen Ebenen und verschiedenen Räumen an Prüfstellen im Neubau näher in Augenschein genommen und untersucht. Dabei resultierten folgende Befunde:

- Für das Raumklima konnte eine Lufttemperatur von +19 °C bis +20 °C und eine relative Luftfeuchtigkeit von 41 % bis 42 % ermittelt werden. Die Bauteiloberflächentemperatur der Bodenbelagebene auf der Fußbodenkonstruktion war mit +17 °C bis +18 °C festzustellen.
- Beginnende Schadensbilder in Form von Fugenflankenabrissen (>0,1 mm bis <0,5 mm, lokal bis <0,8 mm) und/oder offenen Fugen (>1 mm bis <2 mm) der thermischen Nahtkantenabdichtung an den Nahtkanten der bahnenförmigen Bodenbelagsqualitäten aus PVC.
- An eingerichteten Prüfstellen war im Bereich schadhafter Nahtkantenabdichtungen lokal auch ein Hinweis auf anwendungstechnische Problemstellungen bei der Verschweißung/thermischen Nahtkantenabdichtung festzustellen (ungeeignetes Fräsen und/oder zu geringe Temperatur, lokal geringer Haftverbund der Schweißschnur, partiell kein dichtes Anarbeiten der aneinandergrenzenden Bahnen, lokal zu tiefes Schweißen bis in die Spachtelung).
- Subjektiv-sensorisch war ein auffälliger Geruch des abgeschälten Bodenbelags sowohl an der frischen Bruchzone als auch auf dem Untergrund (Kleber bzw Grundierung bzw Spachtel bzw Estrich) wahrnehmbar. Dies ist ein Hinweis auf eine Verseifungsreaktion und Anzeichen hoher Restfeuchte des Zementestrichs und Wechselwirkung mit Weichmachern aus der Bodenbelagebene mit dem Kleber.
- Nach Einschneiden des Bodenbelags war es nur mit erheblichem Kraftaufwand möglich, den Bodenbelag manuell vom Untergrund abzuschälen.

- Dabei zeigte sich ein Hinweis auf hohe Alkalität an der Rückseite des abgeschälten Bodenbelags und dem gespachtelten Estrich.
- Nach dem Abschälen der Bodenbelagebene war ein Bruchbild mit einer gestörten Klebstoffbenetzung und unregelmäßiger Verteilung festzustellen: etwa zu 70 % ein Kohäsionsbruch im Klebstoff und zu 30 % ein Adhäsionsbruch der Bodenbelagsrückseite zum Klebstoffbett. Auch waren nach dem Abschälen des Bodenbelags Klebstoffnester auf der Oberfläche der gespachtelten bzw grundierten Estrichkonstruktion vorhanden. An dem Klebstoffbett bzw den Klebstoffriefen auf dem gespachtelten bzw grundierten Zementestrich zeigte sich, dass mittels dem Daumen die erhabenen Klebstoffriefen zerdrückt und abgeschoben bzw verschoben werden können,
- Sofort ermittelte Klimadaten erbrachten nach dem Abschälen des Bodenbelags eine Luftfeuchtigkeit am freigelegten Klebstoffbett anhaftend auf der Spachtelung des Zementestrichs einen Wert von 44 % bis 45 % rL und einer Bauteiloberflächentemperatur von +19 °C bis +20 °C.
- Im Rahmen der Proben- bzw Bohrkernentnahme zeigten sich folgende Schichtenfolgen, an welchen sofort elektrische Feuchtemessungen durchgeführt wurden:
 - Bodenbelag mit Kleber: zirka 20 Digits bis 30 Digits;
 - Spachtelmasse auf Estrich mit Kleber: zirka 80 Digits bis 100 Digits;
 - Zementestrich, d = 60 mm bis 65 mm, an der Oberseite einen Feuchtigkeitsgehalt von zirka 80 Digits und an der Rückseite von zirka 135 Digits.
 - Schrenzlage bzw Schrenzfolie (schwarz), iM 0,10 mm dick und teilweise perforiert;
 - zweilagige Dämmung aus Polystyrol, d = 20 mm, Feuchtigkeitsgehalt zirka 16 Digits, die zweite Lage Dämmstoff zeigte einen Messwert von zirka 11 Digits;
 - Rohbetondecke, ohne Schutzabdeckung ohne PE-Folie. Hier war für den Beton eine Feuchtigkeit von zirka 120 Digits festzustellen.

Es wurden zur weiteren Ursachenforschung Proben aus der Bodenbelagebene, Estrichkonstruktion und Bohrkern aus der Geschoßdecke aus Stahlbeton entnommen und weitergehend überprüft.

Diagnose nach Überprüfung im Labor: Estrich und Dämmung durchfeuchtet!

An den vor Ort entnommenen Ausbaustücken und Bohrkernen wurden durch gravimetrische Feuchtigkeitsmessungen im Labor folgende Erkenntnisse ermittelt:

- Kleber mit Restfeuchte >0,20 Gew.-% bis <0,30 Gew.-%,
- Spachtelmasse (d = >1,5 mm bis <3,0 mm), Restfeuchte >0,30 Gew.-% bis <0,40 Gew.-%,

- Zementestrich, Restfeuchte oberes Drittel (d = 0 bis 20 mm) 2,65 Gew.-%; mittleres Drittel (d = 20 bis 40 mm) 3,20 Gew.-%; unteres Drittel (d = 40 bis 65 mm) 3,42 Gew.-%,
- Schrenzlage (PE-Folie, d = 0,1 mm), Restfeuchte >0,50 Gew.-% bis <0,60 Gew.-%,
- Dämmung (Polystyrol, 1. Lage, d = 20 mm), Restfeuchte >1,50 Gew.-% bis <2,0 Gew.-%,
- Dämmung (Polystyrol, 2. Lage, d = 20 mm), Restfeuchte >1,20 Gew.-% bis <1,50 Gew.-%,
- Beton, Restfeuchte oberes Viertel (d = 0 bis 80 mm) 6,90 Gew.-%; oberes mittleres Viertel (d = 80 bis 160 mm) 7,30 Gew.-%; unteres mittleres Viertel (d = 160 bis 240 mm) 7,45 Gew.-%; unteres Viertel (d = 240 bis 320 mm) 6,50 Gew.-%.

Die überprüften Proben des Stahlbetons zeigten an den entnommenen Bohrkernen für die überprüften Geschoßdecken eine vorhandene Restfeuchte von >6,50 Gew.-% bis <7,45 Gew.-% über den Querschnitt der Geschoßdecke (Entnahmetiefe: 320 mm, oberhalb Bewehrung) auf. Für Bodenplatten aus Stahlbeton von jungem Alter (≤ 2 Jahre) ist eine Restfeuchte bzw. Haushaltsfeuchtigkeit von >3,0 Gew.-% bis <5,0 Gew.-% als üblich zu betrachten. Nach diesem Zeitraum ist ein Stahlbeton als trocken im Sinne der üblichen Restfeuchte anzunehmen, wenn die Haushaltsfeuchtigkeit $\leq 2,0$ Gew.-% beträgt.

Für die Verlegereife von elastischen Oberböden (PVC-Bodenbelagqualitäten) sind bestimmte maximale Feuchtegehalte der Estrichkonstruktion zulässig. Diese sind je nach Art des eingebauten Estrichs unterschiedlich. So beträgt der maximal zulässige Feuchtegehalt bei konventionellen, schwimmenden Zementestrichen 2,0 CM-% (siehe zB BEB-Merkblatt „Beurteilen und Vorbereiten von Untergründen“).

Jedoch ist zu beachten, dass die vorgenannten Prüfverfahren (gravimetrische Feuchtigkeitsbestimmung mit Angabe in Gew.-% und CM-Prüfung als Calciumcarbidmethode mit Angabe in CM-%) nicht ohne Weiteres miteinander in Bezug gesetzt werden können. Im Allgemeinen liegen nach den Erfahrungswerten der Fachwelt die Messwerte der gravimetrischen Feuchtigkeitsbestimmung (Darrmethode; in der Regel Prüfverfahren von Sachverständigen) zirka 1,6 % über den Messwerten, welche vor Ort mit der Calciumcarbidmethode (CM-Prüfung; in der Regel Prüfverfahren von Fachunternehmen vor der Verlegung von Oberböden) ermittelt werden können (siehe BEB-Merkblatt: Beurteilen und Vorbereiten von Untergründen; Technische Information BEB 02/2013-A: Untersuchungen zur Ausgleichsfeuchte unbeheizter Zementestriche). Weiterhin ist anzumerken, dass bei der CM-Prüfung vor Ort eine Durchschnittsprobe des Estrichs über die gesamte Estrichdicke zu entnehmen und zu prüfen ist (siehe BEB-Arbeitsanweisung/Dokumentation FBH-AD). Diese Vorgehensweise steht jedoch im Widerspruch zur gemeinsamen Stellungnahme „Ermittlung der Belegreife von Estrichen

für Bodenbelag- und Parkettarbeiten anhand der CM-Methode – Stand der Technik“ des Zentralverbandes Parkett- und Fußbodentechnik, des Zentralverbandes Raum und Ausstattung, des Bundesverbandes der vereidigten Sachverständigen für Raum und Ausstattung, des Bundesverbandes Farbe Gestaltung Bautenschutz und der Technischen Kommission Bauklebstoffe im Industrieverband Klebstoffe e.V. vom 20. 12. 2013. Seit Jänner 2014 ist daher das Prüfgut gleichmäßig über die untere Hälfte der Estrichdicke zu entnehmen.

Mithin konnte festgestellt und ausgesagt werden, dass für den Stahlbeton der Geschoßdecke im Querschnitt ein (sehr) hohes Potenzial an Restfeuchte ermittelt werden konnte. Die zementäre Estrichkonstruktion lässt im unteren bis mittleren Drittel ebenfalls noch auf ein höheres Potenzial an Restfeuchte schließen. Im oberen Drittel zeigt der Zementestrich eine ausreichend geringe Restfeuchte. Die Ergebnisse lassen auf nachstoßende Restfeuchte aus der Rohbetondecke schließen. Hierfür spricht auch der relative Feuchtegehalt an der zweilagigen Polystyrol-Dämmung und/oder der Schrenzlage (PE-Folie).

Weichmacherwanderung aus PVC-Bodenbelag in den Kleber: Schadensursache?

An den vor Ort entnommenen Proben aus dem Oberboden und unverlegter Ware konnte durch Laboranalytik und qualitativer Analyse folgender Nachweis erbracht werden:

- Der PVC-Bodenbelag enthält Weichmacher in üblicher Größenordnung (>20 % bis <30 %).
- Der Weichmacher aus dem PVC-Bodenbelag konnte in den Kleber einwandern.
- Der Weichmacher besteht aus einem Monomer als Ester.
- Infolge der hohen Alkalität (pH >11 bis <12) der nachstoßenden Feuchtigkeit aus dem Beton und/oder Estrich bei gleichzeitig hohen Temperaturen (Betonkernaktivierung, Raumklima) konnte der Ester verseifen und spaltete sich in Alkohol und Säure auf. Dadurch kam es zum Verlust der inneren Kohäsion des Klebers.
- Die einwirkende nachstoßende Feuchtigkeit konnte sich unter dem dampfdichten Oberboden anreichern und führte zum Quellen sowie Erweichen des Klebers. Dadurch redispergiert der Kleber und der ehemals erhärtete Klebstoff unterliegt einem Verlust der Festigkeit,
- In der Folge kann der so beeinträchtigte Kleber nach der Verlegung die dem Bodenbelag innewohnenden Spannungen sowie dem Maßänderungsverhalten nicht mehr hinreichend entgegenwirken. Die thermisch abgedichteten Nahtkanten können sich öffnen.

Nachstoßende Feuchtigkeit aus der Rohbetondecke: Schadensauslöser!

Grund hierfür ist im vorliegenden Fallbeispiel 2 auch, dass je nach Klimabedingungen im Fußbodenaufbau der Geschoßdecke und Betonkerntemperierung zwischen den

Ebenen mit einer Feuchtigkeitsanreicherung der Estrichkonstruktion unter dem bahnenförmigen PVC-Bodenbelag aufgrund nachstoßender Feuchte aus der Betondeckenplatte gerechnet werden muss. Ein solcher bauphysikalischer Transportvorgang wird von dem Wasser hervorgerufen, welches zur Herstellung der Betondeckenplatten verwendet wurde. Dabei wird ein Teil des Anmachwassers im Prozess der Vergelung, Erstarrung und Hydratation chemisch gebunden. Das überschüssige Restwasser verbleibt im Porenvolumen. Dabei kondensiert Wasserdampf an kalten Bauteiloberflächen. Dies deshalb, weil zunächst warme Luft einen höheren Gehalt an Wasserdampf aufzunehmen vermag als kalte Luft (zB bei der Hydratation von Zement die Luft als Gas im Porenvolumen von Beton oder Estrich). Wenn nun der Gehalt an Wasserdampf in angrenzenden Räumlichkeiten einer Geschoßdecke niedriger ist, weil die Lufttemperatur geringer ist, wird die feuchtwarme Luft dem Wasserdampfdruckgefälle folgend zur kälteren Bauteiloberfläche wandern und dort abgekühlt. An der Oberfläche entsteht dann Tauwasser durch Kondensat.

Der Transport von Wasserdampf durch die Schichtenfolgen einer schwimmenden Estrichkonstruktion mit Oberboden auf einer Geschoßdecke aus jungem Stahlbeton mit Betonkernaktivierung erfolgt also aufgrund der vorherrschenden Wasserdampfdruckgefälle zur kälteren Bauteiloberfläche und führt dort zur Kondensatbildung. Unter dem Postulat der Inbetriebnahme der Betonkernaktivierung wird in Abhängigkeit der Vorlauftemperatur der Beton erwärmt, was zu einem planmäßigen und gewollten Wärmeübergang von der Oberfläche des Betons in die Schichtenfolgen des schwimmenden Estrichs über den Oberboden und von dort an die Raumluft führt. Mithin bedeutet dies, dass sich der Temperaturverlauf abnehmend darstellt, ausgehend von den Heizrohren an die Oberfläche des Betons mit schon geringeren Temperaturen und fortlaufend in den Bereich des schwimmenden Estrichs mit Oberboden und an dessen Oberfläche weiterhin abnehmend. Somit kann hier ein Wasserdampfdruckgefälle erfolgen und Wasserdampf in der Schichtenfolge des schwimmenden Estrichs mit Oberboden als Kondensat ausfallen.

In der Folge hat das Fehlen einer (zweilagigen) PE-Folie und/oder die Anordnung einer Dampfsperre gegen Feuchtigkeit aus der Rohbetondecke mit Betonkernaktivierung zu den festgestellten Schäden am bahnenförmigen PVC-Bodenbelag auf der zementgebundenen Estrichkonstruktion mit Wärmedämmschicht auf den Geschoßdecken im Neubau des Klinikums geführt.

Fazit: Planungsfehler – vergessene Schutzmaßnahme vor Feuchtigkeit auf der Betondecke

Es ist daher als Schlussfolgerung festzustellen und auszusagen, dass es bei üblichen Untergrundeigenschaften für die Geschoßdecke aus Stahlbeton (Restfeuchte <5 Gew.-%) und/oder die Fußbodenkonstruktion (schwimmender Estrich auf zementärer Basis; Restfeuchte $\leq 2,0$ CM-%, gemessen in der unteren Estrichhälfte; vgl TKB-Merkblatt 16: Anerkannte Regeln Technik bei der CM-

Messung) mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit nicht zu den Schadensereignissen gekommen wäre. Ebenso gilt dies unter dem Postulat üblicher raumklimatischer Bedingungen (>15 °C Lufttemperatur, <65% relative Luftfeuchte ua) während der Bodenbelagsarbeiten.

Hierzu wird hingewiesen auf die in den technischen Merkblättern der Hersteller von Kleber und/oder Bodenbelag zu entnehmenden Voraussetzungen für erfolgreiche Bodenbelagsarbeiten. Aus dem technischen Merkblatt des Herstellers für den verwendeten Kleber ist zu entnehmen:

- „Wichtige Hinweise: Beste Verarbeitungsbedingungen bei 15 °C bis 35 °C und einer relativen Luftfeuchtigkeit von <65 %“,
- „Anwendungsrichtlinien Untergrundvorbereitung: Der Untergrund muss hinsichtlich der Verlegereife den Anforderungen der jeweiligen Normen entsprechen. Die Restfeuchte muss den normativen Vorschriften bzw. dem jeweiligen Stand der Technik entsprechen. Ferner muss sichergestellt sein, dass keine aufsteigende Feuchtigkeit wirksam werden kann. Schwimmende Estriche und erdreichangrenzende Untergründe müssen bauseitig normgerecht gegen aufsteigende Feuchtigkeit abgedichtet sein.“

Weiterhin wird von führenden Herstellern elastischer Bodenbelägen in den Verlegerichtlinien beispielsweise wie folgt ausgeführt:

„1. Untergrund: Geeignet zur Verlegung von Bodenbelägen sind alle Untergründe, die eben, fest, rissfrei und trocken sind und bleiben (siehe auch VOB Teil C, DIN 18365 Bodenbelagsarbeiten, BEB Merkblatt Beurteilen und Vorbereiten von Untergründen im Alt- und Neubau, sowie die jeweils einschlägigen Vorschriften). ... Für die Restfeuchte der verschiedenen Estriche gelten bei normaler Estrichdicke, d. h. nicht wesentlich über den Mindestforderungen der DIN 18 560, Erfahrungswerte ... Zementestrich <2,0 CM-%, Heizestrich <1,8 CM-% ...“

Sanierung: Rückbau unvermeidlich? Schadenminde- rung bedenken!

Im vorliegenden Fall sind noch über vier bis acht Jahre wegen des Risikos nachstoßender Feuchtigkeit aus der Betondecke mit Betonkernaktivierung daher resultierende Schäden am PVC-Bodenbelag nicht auszuschließen: offene Nähte, Fugenflankenabrisse, Eindrücke/Fahrspuren (Bettenwagen), Blasen und/oder Beulen. Zwischenzeitlich hat der Auftragnehmer für Bodenbelagsarbeiten durch den Bauherrn bzw Auftraggeber die Abnahme erteilt bekommen, nachdem nochmals gegen Vergütung dann Nachbesserungen vor Inbetriebnahme des Klinikums durchgeführt wurden. Diesseits wurde jedoch empfohlen, die Gewährleistung gegenüber dem Bauherrn bzw Auftraggeber einzuschränken und eine technische Freistellungserklärung für vorgenannte Risiken nachstoßender Feuchte und daraus zu erwartender Schäden zu erwirken.

4. Conclusio: Architekt und Bauleiter sollten Bauphysik beachten!

Die Beispiele aus der Praxis der iba-Sachverständigen machen deutlich, dass auch ein Planer und/oder der Bauüberwacher die Bauphysik nicht außer Acht lassen sollte: Bei feuchteempfindlichem Parkett oder dampfdichtem Oberboden auf schwimmendem Estrich im Geschosßbau muss die Gefahr der nachstoßenden Feuchtigkeit aus der Rohbetondecke beachtet werden. Besondere Aufmerksamkeit gilt auch der Betonkernaktivierung! Im Zweifels-

fall gilt: Mehrkosten für den Bauphysiker nicht scheuen! Im vorliegenden Fall hätten der Schaden am Oberboden und die bestehenden Risiken vermieden werden können. Die angeordnete schwarze Schrenzlage stellt weder Dampfbremse noch Dampfsperre dar! Die vorgenannten Schäden und/oder Risiken wird der Bauherr bzw Auftraggeber gegenüber dem planenden und bauleitenden Architekten einerseits und dem Estrichleger andererseits weiterleiten müssen. Der Bodenleger zählt hier aus technischer Sichtweise nicht zum Kreis der Verursacher, da seine Prüfungspflichten in diesem Fall nicht berührt wurden.