

Endbericht



29. November 2021

NASSRAUMABDICHTUNG

BASISPROGRAMME – Collective Research
FFG-Projektnummer: 881518



Projektname:

Nassraumabdichtung

FFG-Projektnummer: 881518

BASISPROGRAMME – Collective Research
Österreichische Forschungsgesellschaft mbH, Sensengasse 1, 1090 Wien

Einreicher:

ZAB Zukunftsagentur Bau GmbH
Abteilung Forschung & Zukunftsthemen
Moosstraße 197
5020 Salzburg
www.zukunft-bau.at
im Auftrag der Bundesinnung Bau

Forschungspartner:

IFB- Institut für Flachdachbau und Bauwerksabdichtung
Schmidgunstgasse 8
A-1110 Wien

Pasteiner GmbH
Tiroler Straße 6
A-3105 St. Pölten – Unterradlberg

Schöberl & Pöll GmbH
Lassallestraße 2/6-8
A-1020 Wien

Mitarbeit von Experten aus der Baupraxis:

TechR Bmstr. Johannes Dinhobl
Dinhobl Bauunternehmung GmbH
Brunner Straße 11
A-2700 Wiener Neustadt

Prof. Bmstr. DI(FH) Robert Weber
ECC Projektconsult GmbH
Gatterburggasse 23/5
A-1190 Wien

Bmstr. Ing. Karl Glanznig
Glanznig Bau GmbH
Nikolaipplatz 2
9500 Villach

Datum: 29.11.2021

IFB

INSTITUT FÜR
FLACHDACHBAU UND
BAUWERKSABDICHTUNG

Endbericht

NASSRAUMABDICHTUNG

FFG-Projektnummer: 881518

BASISPROGRAMME

Collective Research

Herausgegeben durch das

IFB- Institut für Flachdachbau &
Bauwerksabdichtung

Branch Office

Franz Meissl Gasse 17

2320 Mannswörth/Schwechat

Ausgabe: November 2021

INHALT

1	Allgemeines	5
2	Projektbeschreibung – Technische Ziele	5
3	Nutzen für die Baubranche	6
4	Volkswirtschaftliche und soziale Aspekt	6
5	Umweltrelevanz des Projektes	8
6	Analyse von Schadensfällen	8
7	Stand der Technik und Wissenschaft	17
8	Planung der Feuchtigkeitsabdichtung	27
9	Bauphysikalische Berechnungen	26
10	Monitoring	49
11	Lösungsvorschläge	64
12	Praktischer Versuch	73
13	Zusammenfassung	87
14	Planungs-/Ausführungscheckliste	91
15	Dissemination der Ergebnisse	94
	Anhang A/B/C	95

1 ALLGEMEINES

Auf Grund der optischen Gestaltungsmöglichkeiten und der Barrierefreiheit werden niveaugleiche Duschräume mit bspw. Fliesenbelag oder bodengleiche Duschtassen aus bspw. Kunststoff sehr häufig ausgeführt. Bauschadensstatistiken⁽¹⁾ zeigen auf, dass die Schadensanfälligkeit im Hinblick auf Feuchteschäden, insbesondere ausgelöst durch falsche Planung und nicht fachgerechte Bauausführung, besonders hoch ist. Insbesondere bei tragenden Holzdeckenkonstruktionen sowie feuchteempfindlichen Baustoffen in bspw. Zwischenwänden ist der Sanierungsaufwand, welcher zur Schadensbeseitigung oftmals in einen kompletten Rückbau der fehlerhaften Konstruktionen mündet, besonders hoch.

Im klassischen Massivbau wird in der Regel die tragende Konstruktion nicht substanziell geschädigt, es können jedoch Wassereintritte in den Bodenschichtaufbau langwierige Trocknung, Erneuerung der Spachtelung, Putze und Malerei sämtlicher angrenzenden Ausbauteile (Innenwände, Fußbodenaufbauten, usw.) zur Folge haben.

Ziel des vorliegenden Forschungs- und Entwicklungsprojekts ist, die Ausarbeitung von praktikablen technischen Abdichtungslösungen in Kombination mit Detektionsmaßnahmen, welche den Planern von Nassräumen Ausführungsoptionen aufzeigen soll.

2 PROJEKTBE SCHREIBUNG - TECHNISCHE ZIELE

Im vorliegenden Forschungsprojekt werden Nutzungs-, Konstruktions- und Funktionsmerkmale für Nass-/Feuchträume analysiert.

Die Neuheit des Forschungsprojekts besteht in der Zusammenführung und ausgewählter Überprüfung der unterschiedlichen Abdichtungsmaßnahmen mit Dichtheits-/Feuchte monitoringmaßnahmen.

In diesem Zusammenhang werden auch kausale bauphysikalische Auswirkungen, insbesondere der Feuchte- aber auch der Schallschutz, untersucht.

An einem praktischen Projekt wird die zu entwickelnde Sensortechnik, welche die Möglichkeit der Früherkennung von Feuchteschäden ermöglicht, getestet.

Konkrete Ziele des vorliegenden Forschungsprojektes:

- Entwicklung eines Feuchteabdichtungskonzeptes auf der Rohbauebene in Nass-/Feuchträumen, das bei Schadensfolgeklasse CC3 oder in Abhängigkeit vom Material der Deckenkonstruktion, einen Schutz der Baukonstruktion gewährleistet und somit einen wesentlichen Beitrag zur Verbesserung bei Bauwerken mit besonders hohem Schadenspotenzial leistet.

⁽¹⁾ 1. Österreichischer Bauschadensbericht – 2005 Herausgeber: WKO/IBF/OFI

- Entwicklung einer dazu passenden Sensortechnik zur Gewährleistung einer dauerhaften Schadensfreiheit im Betrieb von Nass-/Feuchträumen.
- Entwicklung einer optimierten Ausführungsmethodik mit Einbeziehung der betroffenen organisatorischen und technischen Schnittstellen wie bspw. Haustechnik.
- Die konkrete Beschreibung, welche Maßnahmen in der Planung und Ausführung von Nassraumabdichtungen umgesetzt werden sollen, sowie die Erstellung von Planungs- und Montagechecklisten, unterstützen die Gewerkekoordination.

3 NUTZEN FÜR DIE BAUBRANCHE

Durch die im Rahmen des vorliegenden Projektes zu erarbeitenden Themen, soll die Planung für den Planer bzw. die Planerin und Ausführung für das ausführende Unternehmen erheblich erleichtert werden. Dadurch kann eine Qualitätsverbesserung im Bereich der Ausführung von bspw. bodengleichen Duschbereichen in Kombination mit feuchteempfindlichen Baukonstruktionen erreicht und das Schadenspotenzial minimiert werden. Durch die Minimierung der Anzahl von Feuchteschäden können negative ökonomische Effekte für die beteiligten Unternehmen reduziert werden.

Der Nutzen für die Baubranche besteht darin, Planungs- und Ausführungsregeln zur Verfügung zu haben, welche die Projektierung von Feucht-/Nassraumabdichtungen verbessern können.

Checklisten erleichtern die objektspezifische Planung und Ausführung.

Die Rechtssicherheit zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer wird insofern gestärkt, dass die Basis für Ausschreibungspositionen geschaffen wird. Insbesondere kann zwischen einem in der Planung definierten Soll-Zustand und dem Ist-Zustand verglichen werden.

Aufbauend auf die generierten und nun vorliegenden technischen Erkenntnisse können Qualifizierungsmaßnahmen für ausführende Betriebe erfolgen.

4 VOLKSWIRTSCHAFTLICHE UND SOZIALE ASPEKTE

Bauschäden führen generell zu einer hohen Belastung der Volkswirtschaft. Feuchteschäden von Gebäuden verursachen dabei besonders hohe Schadensfolge- und Sanierungskosten, da nicht nur die Baustoffe, sondern bei feuchteempfindlichen Baukonstruktionen auch diese beschädigt werden. Daraus resultieren Schadensersatzforderungen an Versicherungen, hohe Sanierungskosten für Hausbesitzer, bei öffentlichen Bauwerken wird das Staatsbudget durch die Inanspruchnahme von Steuergeld belastet, etc. Zudem gehen von veritablen Schäden betroffene Personen zumindest einige Tage ihrer Arbeit nicht nach, da sie sich um die Schadensregulierung kümmern müssen.

Das Auftreten und das Beheben von Feuchteschäden in Nass-/Feuchträumen ist mit erheblichen Unannehmlichkeiten und ggf. auch finanziellen Belastungen für die BewohnerInnen verbunden. Ein geringeres Auftreten von derartigen Schäden ist daher für die Lebensqualität der BewohnerInnen förderlich und somit ein sozialer Aspekt zu leistbarem Wohnen.

Neben den erwähnten Beschädigungen von Baustoffen und Baukonstruktionen infolge von Feuchteschäden sind psychische Belastungen der Bewohner mit Verlust der Lebensqualität ein immaterieller Schaden.

Mit den im Rahmen dieses Projektes zu erarbeitenden Systemen könnten in bestimmten Fällen Feuchteschäden und deren Folgen reduziert werden.

Eine Reduktion von Feuchteschäden führt zwangsläufig auch zu einer Verminderung des CO₂-Ausstoßes, da die frühere Entsorgung sowie der frühere Einsatz von neuen Baustoffen entfällt.

Es stellt sich häufig die Frage, wie private Personen und öffentliche Stellen ihre Pläne und ihr Verhalten anpassen sollen, um das Schadenspotenzial zu senken. Die Antwort ist, bereits in der Phase vor dem Schadenseintritt durch bauvorsorgliche Planung und vorausblickende Nutzung das potenzielle Schadensniveau gering zu halten.

Zielgruppe für die Anwendung der Erkenntnisse aus dem Forschungsprojekt Nass-/Feuchtraumabdichtung sind (exemplarische Aufzählung):

- Planer
- Ziviltechniker
- Bauausführende Unternehmen, die sich mit der Errichtung von Nassräumen beschäftigen
- Wohnungsgenossenschaften, Immobilienverwalter, Bauträger
- Sachverständige, die Ursachenforschung in Schadensfällen betreiben
- Versicherungen, die bei Mitinstallierung von Detektionsmaßnahmen Prämienvergütungen gewähren könnten
- Herstellende Industrie

Die Vorteile für den Kunden sind (exemplarische Aufzählung):

- Selbstbestimmung der gewünschten Schutzkriterien
- Beurteilung über den technischen Zustand eines Nass-/Feuchtraumabdichtungs-/Schutzkonzeptes
- Alarmierung bei Wassereintritten in den Fußbodenschichtaufbau
- Optional Alarmierung bei Erreichung von kritischen bauphysikalischen Werten
- Verlängerung der Lebensdauer des Aufbaus

5 UMWELTRELEVANZ DES PROJEKTES

Neben den individuellen und volkswirtschaftlichen Nachteilen, die durch Feuchteschäden verursacht werden, sind vor allem die umweltrelevanten Folgen von Bedeutung.

Die Beschädigung einer Bausubstanz erfordert einen erheblichen Material-, Arbeits- und Geräteaufwand für die Sanierung sowie hohen Energieaufwand für die Trocknung durchnässter Bauteile. Bei - durch Feuchtigkeit provoziert -pilzkontaminierten Holzbauteilen ist zudem eine umfangreiche Auswechslung innerhalb der Baukonstruktion notwendig.

Allgemein bekannt ist, dass jeder nicht eingetretene Schadensfall sich positiv auf die CO² Bilanz auswirkt. Die Höhe der Einsparung ist jedoch im Zuge dieser Forschungsarbeit nicht beurteilbar.

Parallel zur „mineralischen Bausubstanz“ werden auch „nachwachsende Rohstoffe“ eingesetzt. Da nachwachsende Baustoffe jedoch i.d.R. eine gewisse Feuchteempfindlichkeit aufweisen, wird auch dem Feuchteschutz eine größere Bedeutung zukommen. Das gilt nicht nur für die Planungs- und Ausführungsphase, sondern auch für die gesamte Nutzungszeit des Gebäudes. Feuchtigkeit indizierte Mängel müssen rasch erkannt werden, was eine Überwachung der Bauteile z.B. durch Sichtkontrollen oder Feuchtesensoren voraussetzt. Solche Feuchtesensoren können aber auch eventuelle Planungs- Ausführungsfehler oder Nutzerdefizite schneller identifizieren. In Summe ist der Nutzer besser abgesichert hinsichtlich folgeschadensrelevanten Bau- oder Wartungsmängeln, wodurch die Dauerhaftigkeit und damit der ökologische und ökonomische Wert des Gebäudes insgesamt gesteigert wird.

Schadensfälle bei Nassraumbodenaufbauten können mit den zu entwickelnden Feuchte-/Dichtheitsmonitoringsystemen frühzeitig erkannt und Sanierungen mit hohem Kostenaufwand rechtzeitig abgewendet werden.

Es sind keine negativen Umweltauswirkungen zu erwarten.

6 ANALYSE VON SCHADENSFÄLLEN

Der Feuchteschutz von Baukonstruktionen ist ein zentrales Thema, da im Regelfall Bauschäden, die auf Feuchtigkeit zurückzuführen sind, umfangreichere Sanierungsmaßnahmen zur Folge haben.

6.1 Umfrage in der Baubranche

In Bezug auf Nassräume wurde im Zuge dieses Forschungsprojektes eine österreichweite Umfrage in der Baubranche initiiert mit der Frage, in welcher der beiden Leistungen tendenziell die höheren Schadensursachen bekannt sind. Zur Auswahl standen die Verbundabdichtung- (in Kombination mit dem Fliesenbelag) und oder die Installationen (Sanitär, Heizung oä.).

Um eine breite Stimmungslage einholen zu können, haben wir 8 unterschiedliche Berufsgruppen angeschrieben.

Folgende Fragenstellung wurde im März/April 2021 per Email an 40 Personen versendet:

Im Rahmen des Forschungsprojektes „Nass-/Feuchtraumabdichtungen – Verfahren und Detektion“ haben wir die Priorität von Feuchteabdichtungen in Nass-/Feuchträumen zu evaluieren und in Abhängigkeit der Schadensfolgeklassen, uns auch mit der Ausführung von Abdichtungen zu beschäftigen. Weiters ist die Detektion von ggf. eingedrungener Feuchte/Wasser in den Bodenaufbau zu entwickeln.

Um die Position der Feuchtigkeitsabdichtung im Bodenschichtaufbau definieren zu können, stellen sich aus unserer Sicht zwei entscheidende Fragen, wo wir Ihre Unterstützung benötigen:

Sind Ihnen Feuchteschäden in Nass- /Feuchträumen bekannt, weil?

1. *Mängel in der Verbundabdichtung (im Besonderen bei An- Abschlüssen, Durchdringungen)*
2. *Mängel an den Leitungsführungen im Fußbodenaufbau (Wasseraustritte aus Leitungen und Rohren)*

dafür verantwortlich waren?

Geantwortet haben (Bedeutung der Abkürzungen V.....Verbundabdichtung, I.....Installation):

Baumeister:	8 angeschrieben → 4 Rückmeldung →	V+I 1, V 3, I 0
Sachverständige:	9 angeschrieben → 8 Rückmeldung →	V+I 3, V 3, I 1, Keine Schäden 1
Planer:	7 angeschrieben → 3 Rückmeldung →	V+I 1, V 2, I 0
Versicherungen:	2 angeschrieben → 2 Rückmeldung →	V+I 1, V 0, I 1
Bauträger/Genossenschaften/Hausverwaltungen:	7 angeschrieben → 5 Rückmeldung →	V+I 0, V 2, I 1, Keine Schäden 2
Holzbauunternehmen:	5 angeschrieben → 2 Rückmeldung →	V+I 1, V 1, I 0
Leckageortung:	1 angeschrieben → 1 Rückmeldung →	V+I 1, V 0, I 0
Bauwerksabdichter:	1 angeschrieben → 1 Rückmeldung →	V+I 0, V 0, I 0, Keine Schäden 1
SUMME:	40 angeschrieben → 26 Rückmeldungen →	V+I 8, V 11, I 3, Keine Schäden 4,

Somit haben 65% der Personen geantwortet und folgende - primäre Schadensursachen - genannt:

8 Personen	Verbundabdichtung und Installationen
11 Personen	Verbundabdichtung als Schadensursache
3 Personen	Installationen als Schadensursache
4 Personen	keine Schäden bekannt

Auf die beiden Fragen bezogen bedeutet dies, dass als Feuchteschadensursachen mehr als **1/3** der Installationstechnik zuzuordnen sind und etwas weniger als **2/3** der Verbundabdichtung. Die Konsequenz daraus ist, dass in Abhängigkeit der projektspezifisch zu bestimmenden Folgeschadensklasse (meist CC3), neben der Verbundabdichtung auch eine Abdichtung auf Rohbauebene/Deckenoberfläche und/oder Früherkennungsmaßnahme sinnvoll ist.

Liste der Befragten Unternehmen (Namen aus datenschutzrechtlichen Gründen unkenntlich)

Umfrage Nass-/Feuchtraumabdichtung

Name	Firma	Verbundabdichtung	Installation		
	OFI	1	1		
	Sachverständiger				
	ZT Cerne				
	Baumeister	1	0		
	Magistrat	0	0		
	Salzburger Wohnbauges.	0	0		
	Heimat Österreich	1	0		
	Baumeister	1	1		
	Eik				
	OÖV	1	0		
	Kaplbau				
	Luxbau	1	0		
	Dasch	1	0		
	Sachverständiger	1	0		
	Rohacek & Häusler				
	Hofer Leckortung	1	1		
	Sachverständiger	0	0		
	Stadtbaumeister	1	0		
	Graf Holztechnik	1	0		
	Litzlbauer Holzbau				
	VAV Versicherung	1	1		
	Kosaplaner				
	Koppelhuber-Partner	1	0		
	Wien Süd	0	1		
	Allianz	0	1		
	CBRE	1	0		
	Sueba				
	Sterkl	1	1		
	Sachverständiger	0	1		
	ATP	1	1		
	Sachverständiger	1	0		
	Hirschbeck & Plank	0	0		
	HSP Holzbau				
	Projektkanzlei				
	Planer				
	Sachverständiger	1	1		
	Leyrer & Graf				
	Holzbau Wanzenböck				
	Baumeister	1	1		
	ZT Pech Ziviltechniker	1	0		

X:\Forschungsprojekte\Nassraumabdichtung\Abwicklung Kompetenzzentrum\Projektarbeit\Technik\Diverse Infos\Umfrage Nassraum\Umfrage.xlsx

Tabelle 1

6.2 Detaillierte Analyse feuchtegeschädigter Bauteile oder Baustoffe

Einige Personen, welche an der Befragung teilgenommen haben, begründeten detailliert ihre Entscheidung, ob die **Verbundabdichtung** oder die **Installation** mehr oder weniger maßgeblich für Feuchteschäden verantwortlich sei.

Originaltexte der unterschiedlichen Emails

Hr. SV DI (FH) Andreas.Perissutti@sv@perissutti.at

zu 1.

Vorwiegend habe ich Schadenfälle durch mangelhafte Verbundabdichtung bzw. fehlende/mangelhafte Einbindung der Wannen/Duschtassen/Duschrinnen in die Verbundabdichtung.

Die Verbundabdichtung ist in der Regel zu dünn aufgetragen. Die Schichtstärken lt. Hersteller werden selten erreicht.

Formstücke (Ecken, Manschetten) werden kaum verwendet. Vor allem bei den Abflussrohren und den Potentialausgleich-Kabel ist die Verbundabdichtung oft nicht dicht angearbeitet und dringt das Wasser in den Bodenaufbau oder durch die Decke.

No-Name-Sanitärteile (meist Edelstahlrinnen) haben oft keinen entsprechenden Anschlussgrund für die Verbundabdichtung. Die Edelstahlflansche sind zu schmal, zu glatt einfach ungeeignet.

zu 2.

Unmittelbare Leitungsgebrechen im Fußbodenaufbau sind eher die Seltenheit und wenn dann treten sie gleich anfangs wegen einer mangelhaften Herstellung zu Tage. Der Klassiker ist die verschobene Dichtung in der Muffe der DN50 Leitungen im Bodenaufbau.

Vereinzelt kommt es zu Wasseraustritt aus Leitungen bei Anschlusssets und Siphon, wo zB Schraubverschlüsse sich mit der Zeit lockern und dann tropfen.

Versenkbare Brauseschläuche im Wannenrand, die mit der Zeit reißen oder sich vom Anschluss durch das ständige Herausziehen lösen, gibt's auch vereinzelt. (Ich hatte diesen Schaden bei mir zu Hause. Nach 10 Jahren war der versenkbare Brauseschlauch der Länge nach aufgerissen, und zwar im Wannenraum.)

Ich kann dir sagen, dass die Verbundabdichtung samt allen An- und Abschlüssen sowie Durchdringungen das Stiefkind im Badezimmer ist. Bei mir trifft eher 1. zu.

Hr. Dipl. Ing. M [Raimund Nowak <Raimund.Nowak@atp.ag>](mailto:Raimund.Nowak@atp.ag)

Zu 1:

Verbundabdichtung machen wir nur im absoluten Ausnahmefall da diese äußerst beschädigungsfreudig sind infolge nachträglicher Montagen. Wir planen in Feuchträumen prinzipiell eine richtige bituminöse 2-lagige Bahnenabdichtung oder ggf auch noch in Kunststoff. Darauf können Leitungen verlegt werden aber jeweils OHNE DURCHDRINGUNG, lediglich Gully wird

eingebunden und sind die einzige Durchdringung.

Einmal hatten wir einen Schadensfall wo Bohrloch einer Türbefestigung bis zur untersten Bitumenabdichtung gebohrt wurde , nur ein EINZIGES LOCH, war aber für eine relativ großen Wasseraustritt die Ursache.

Ein weiteres mal war die Abdichtung nicht bis zur Rohbauebene gezogen. Damit war der HOCHZUG hinterläufig.

Zu 2.

Mängel an Leitungsführung kennen wir auch nur ein einziges mal. In einem Büro eines Flechtwerkes wurde der Fliesenboden mit hochaggressiven Reinigungsmitteln nass gereinigt, damit waren die Heizleitungen im Kürze korrodiert und undicht.

Fr. Dipl. Ing. E *Daniela Koppelhuber <daniela@koppelhuber-partner.at>*

Ob Schäden eher auf die Installation oder auf die mangelhafte Verbundabdichtung zurückzuführen sind, kann ich nur aus meiner Erfahrung heraus als ÖBA im Wohnbau (12 Jahre lang) sagen: Wasserschäden durch mangelhafte Installationen hatte ich sehr selten, durch mangelhafte Verbundabdichtung (vor allem Anschluss bei Armatur) jedoch öfter. Leider spielten auch nachträgliche Montagen von z.B. Duschtrennwänden und Griffstangen bei diesen Schäden oft eine Rolle.

Diese persönliche Erfahrung ist jedoch nicht mit Studien hinterlegt. Schon mit Studien belegt ist jedoch die Häufigkeit undichter wasserführender Leitungen inkl. der verantwortlichen Rohrverbindungen.

Die Abdichtungen der Rohdecke der Feuchträume im Holzbau werden derzeit oft noch stiefmütterlich behandelt und deshalb auch sehr schlampig ausgeführt. Sie bieten daher nur einen moralischen Schutz (ÖNORM-Anforderung erfüllt), jedoch keinen mechanischen, da Hochzüge oft fehlen, die Abdichtung durchbohrt wird bzw. Hochzüge mit Leitungsführungen durchbohrt werden ohne entsprechende Abdichtungsmaßnahmen. Ich finde eine Abdichtung auf Rohbauebene sinnvoll, aber richtig geplant und ausgeführt (Hochzüge, Abfluss, keine Durchbohrungen...).

Hr. Dipl. Ing. M *Manuel Lackner <manuel.lackner@gmx.net>*

aus versicherungstechnischer Sicht sind meine Erfahrungen in Nassräumen fast ausschließlich Rohrbrüche wegen:

- Alterung und Verschleiß (Ende Lebensdauer)
- Falsche Montage (z.B. Pressfittinge)
- Materialfehler
- Mech. Beschädigungen durch falsche eingebaute Badewannen/Duschtassen

Durch zu hohe Durchbiegungen reißt Silikonfuge mit Dichtband > Wasser wird hinterläufig und steht auf Verbundabdichtung

Bei fast jeden Schadensfall steht das Wasser unbemerkt über längerer Zeit auf der Verbundabdichtung (unter Dusche, Badewanne) bis

Sich diese langsam auflöst und undicht wird. Dann werden Feuchtehochzüge an den Trockenbau- bzw. Ziegelwänden rund um das Bad ersichtlich.

Reine Fehler aufgrund von nicht fachgerechten Abdichtungen habe ich selten > Vielleicht 10%.

Da gibt es hauptsächlich Probleme bei den barrierefreien Duschen mit der Rinne. Hier sind erste Schäden an der Verbundabdichtung nach ca. 5-10 Jahren ersichtlich, wenn keine regelmäßige Wartung bzw. Pflege durchgeführt wird.

In Hotels kommt es schon nach 2-3 Jahren zu ersten Schäden an der Abdichtung aufgrund der erhöhten Belastung und teilweise mangelhaften Abdichtung.

Persönliche Erfahrungen daher:

- 1. Mängel in der Verbundabdichtung (im Besonderen bei An- Abschlüssen, Durchdringungen) ca. 10%*
- 2. Mängel an den Leitungsführungen im Fußbodenaufbau (Wasseraustritte aus Leitungen und Rohren) ca. 90%*

Auszüge themenspezifischer Korrespondenz, welche innerhalb des Forschungszeitraums im IFB einlangten:

Email vom 11.05.2021

Sg Herr Hubner,

die am beiliegenden Foto abgebildete Dusche weist eine Undichtheit auf. Es gibt keinen Wasserschaden im herkömmlichen Sinn, aber eine erhöhte Feuchtigkeit auf unserer Brettsperrholzwand dahinter und aus diesem Grunde ist eine Fliese zersprungen. Man hat festgestellt, dass zwischen der Duschrinne und der Abdichtung Feuchtigkeit durchdringt.

Verursacher ist unser Fliesenleger bzw. dessen Abdichter, soweit mit der Versicherung auch geklärt.

Nun soll nur die Dusche repariert werden und nicht das gesamte Bad. Dazu die Frage. Kann man die Abdichtung normgerecht herstellen auch wenn nicht das gesamte Bad neu abgedichtet wird?

Danke im Voraus für ihre Antwort.

Holzbau-Meister u. Geschäftsführer

XXXXXXXXXXXX GmbH

Email vom 08.06.2021

Sehr geehrter Herr Kollege,

Zu den 43 mangelhaft ausgeführten Bädern gibt es einen die Oberflächen Böden + Türschwellen (ohne Sondierung) dokumentierenden Befund --- erstellt im Rahmen einer Beweissicherung (Text + Fotos) vor Ablauf der 5-Jahres-Garantiefrist, wobei damals nur in einer Wohnung ein Wasser-Austritt in den Vorraum bereits stattgefunden hat und in mehr als der Hälfte der Wohnungen Ausblühungen an der Verfugung vom Bodenbelag im Bad eingetreten sind. Die Verbundabdichtungen sind hier teils auf Dispersions-Basis und teils auf Polyurethan-Basis ausgeführt, die Fliesenkleber haben keine Epoxi-Vergütung und sind auch die Verfugungen nur auf Zementbasis hergestellt.

Der Generalunternehmer sagte für jene 6 Wohnungen, in welchen die Bad-Türe näher als 1,0 m Entfernung zur bodengleichen Duschtasse aufweist die Sanierung mittels keilförmiger Türschwelle / Anschlag zu und betreffend die übrigen 37 Bäder nur eine Verlängerung der Garantiefrist zu, bzw. drohte, dass er sich bei einer Nichtakzeptanz seines Gegen-Vorschlags seitens der Wohnungseigentümer-Gemeinschaft auf dann einen jahrelangen Prozess einlassen werde.

Die Hausverwaltung verwies auf ein angeblich hohes Prozess-Risiko und stimmte daher die WEG im Rahmen einer Hausversammlung dem mehrheitlich zu.

Weitere Expertenbeurteilungen

Fachzeitschrift „Der Bauschaden“ Ausgabe 48 Juni/Juli 2021,

Artikel von Dipl.-Ing. Josef Egle, Sanierung von Feuchtschäden im Holzbau. Auf Seite 25 unter der Überschrift „Schadensursachen“ wird ausgeführt: Die häufigsten Ursachen für Feuchteschäden an Holzkonstruktionen sind:

- Undichtheiten an wasserführenden Rohren und Leitungen im Gebäudeinneren
- Undichtheit von Ein/Abdeckungen
- Fensterbankanschlüsse
- Tauwasser
- Fehlender Wetterschutz bei Transport oder Montage
- Hochwasser

Bezogen auf die Gesamtheit von Feuchteschäden im Holzbauwerken dürften undichte wasserführende Leitungen oder Rohre, die über einen längeren Zeitraum nicht entdeckt werden, die häufigste Schadensursache darstellen. Oftmals über Monate, in Extremfällen sogar über Jahre hinweg, sind Holzbauteile einer deutlich erhöhten Feuchtebelastung ausgesetzt. Undichte Leitungen oder Rohre können deshalb besonders schwerwiegende Schäden nach sich ziehen.....

Vortrag am Freitag 10.09.2021 | Salzburg | IFB Symposium Arch. DDI Daniela Koppelhuber

Block I – Spezifische Anforderungen an die Abdichtung von Nassräumen im Holzbau

9 Spezifische Anforderungen an die Abdichtung von Nassräumen im Holzbau

Feuchteschutz

Ursachen für Wasserschäden

- Mangelhaft ausgeführte Rohrverbindungen (z.B. bei Rohrverbindungen und/oder Armaturen)
- Materialschwächen und Korrosion an Leitungs- und Anlagenteilen
- Unzureichende Fixierungen von Leitungen
- Mechanische Einwirkungen auf Leitungen
- Unzureichende, fehlerhafte oder beschädigte Abdichtung von wasserbeanspruchten Flächen, Fugen und Rohrschlüsse
- Fehlerhafte Ausführung von Rohrdurchführungen
- Undichtigkeiten bei Anschlüssen von Geräten



Quelle: SCHICKHOFER, G.: Klagenfurter Holzbau-Fachtagung 2014, S. 45

Herausforderung Bauwerksabdichtungen in Nassräumen | Daniela Koppelhuber | 10.09.2021– 18. IFB-Symposium – Salzburg

Abbildung 1

Block I – Spezifische Anforderungen an die Abdichtung von Nassräumen im Holzbau

13 Übersicht – Schadensfälle haustechnische Installationen

38 % der Wasserschäden sind auf eine fehlerhafte Ausführung zurückzuführen¹⁾

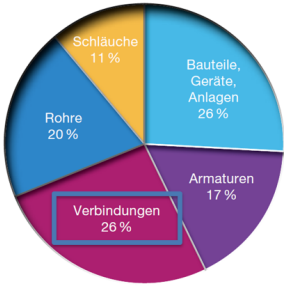


Abbildung: Auswertungen von Wasserschäden nach Baugruppen²⁾

¹⁾ URSACHENSTATISTIK - Leitungswasserschäden 2018, Hrsg. Institut für Schadenverhütung und Schadenforschung der Öffentlichen Versicherer e.V., https://www.ifsv.org/schadenverhuetung/ursachenstatistik/ursachenstatistik_Leitungswasserschaden/, abgerufen am 2.Februar 2020, um 10:50 Uhr

²⁾ Knap, M.; Nahrwold, F.; Pfaffmann, T. (2018): Die Chart Show der Leitungswasserschäden. Am häufigsten betroffene Bauteile und häufigste Fehler - die IFS-Schadensdatenbank gibt Auskunft, Journal article from: [Schadenrisiko, Ausgabe 120218, S.4-11](https://www.schadenrisiko.de/ausgabe/120218_54-61)

Herausforderung Bauwerksabdichtungen in Nassräumen | Daniela Koppelhuber | 10.09.2021– 18. IFB-Symposium – Salzburg

Abbildung 2

Block I – Spezifische Anforderungen an die Abdichtung von Nassräumen im Holzbau

15 Planungsprinzipien und Strategien zur Vermeidung von Wasserschäden durch Rohrverbindungen

Vermeidung von Rohrverbindungen im Fußbodenbereich z.B. Heizungsverteilung mittels Spaghettisystem mit Heizkreisverteiler anstelle von Stichelungssystem

Schema T-Installation (Zweirohrsystem)

Quelle: ROTH WERKE GMBH: Trinkwasser-Installation und Heizkörper-Anbindung mit einem System, S. 21

Quelle: TUG-IBBW, 2017

Schema Spaghettisystem (Einzelheizungssystem)

Quelle: TUG-IBBW, 2017

Herausforderung Bauwerksabdichtungen in Nassräumen | Daniela Koppelhuber | 10.09.2021– 18. IFB-Symposium – Salzburg

Abbildung 3

Expertisen innerhalb des IFB

In zahlreichen Gesprächen mit Expertinnen und Experten, unter anderem auch in den abdichtungsspezifischen Arbeitsgruppen am Austrian Standards Institut wurde erwähnt, dass die - bereits in weiter Vergangenheit zurückliegende breite Einführung von sog. bodenebenen Duschen - mit Boden-/Wandabläufen, eben in dieser Anfangsphase, letztendlich aufgrund fehlerhafter Anschlüsse der Verbundabdichtung an die Abлаufformteile, zahlreiche Wasserschäden ausgelöst hat. Diese waren vielfach auf generell untaugliche Anschlussmöglichkeiten der Verbundabdichtung an die vorgefertigten Abläufe, die häufig keinen Anschlussflansch aufwiesen, zurückzuführen.

Daraufhin hat die herstellende Industrie reagiert und an Entwässerungsformteile geeignete Anschlussflansche für die Verbundabdichtung hergestellt. Tendenziell wurden danach die Schadensfälle rückläufig.

Die Entwicklung der Verbundabdichtung Plus, welche sich aus einer üblichen Verbundabdichtung und einer zusätzlichen Abdichtungsbahn zusammensetzt, hat nach Angaben zahlreicher Expertinnen und Experten zur Schadensreduktion beigetragen.

Zusammenfassung:

Unter Berücksichtigung der Umfrageergebnisse und angeführten Experten:innenmeinungen wird als überwiegende Ursache für Feuchtefolgeschäden in Nass-/Feuchträumen die Verbundabdichtung gesehen, wobei Wasseraustrittsstellen in der Wasserinstallation keinesfalls zu vernachlässigen sind.

Fehler im Bereich der Verbundabdichtungen können auf jene Bereiche, wo häufig Spritzwasser anfällt, eingeschränkt werden. Deshalb werden Detektions-(Früherkennungs-)maßnahmen auch nur im Randfugenbereich oder bei Entwässerungsbölen als sinnvoll erachtet.

7 STAND DER TECHNIK UND WISSENSCHAFT

Konstruktionsgrundsätze und Ausstattungen von Nassräumen werden in zahlreicher Literatur und Richtlinien, die sowohl von der herstellenden Industrie, Verbänden und Sachverständigen herausgegeben werden, veröffentlicht. Im gegenständlichen Forschungsprojekt beschränken wir uns auf die nationalen ÖNORMEN und zum internationalen Vergleich führen wir auch eine DIN Norm an.

7.1 ÖNORM B 3692

Die **ÖNORM B 3692**, in der Ausgabe: 2014-11-15 mit dem Titel *Planung und Ausführung von Bauwerksabdichtungen* beschreibt unter *Punkt 7 Planung und Ausführung der Funktionsschichten für Feuchtraumabdichtungen*, dass die wesentlichen Anforderungen an die Feuchtigkeitsbeanspruchung der Tabelle 8 zu entnehmen sind.

Tabelle 8 — Feuchtigkeitsbeanspruchung

Beanspruchungsklasse	Anwendungsbereiche (Beispiele)	Untergründe	Entwässerung	Abdichtung
W1 sehr geringe Wasserbelastung Flächen mit nicht häufigem, kurzzeitigem Einwirken durch Wischwasser	Wohnbereich: Wohnräume, Gangbereiche, WCs, Büros u. dgl.	Feuchtigkeitsempfindliche ^a und Feuchtigkeitsunempfindliche ^b	Keine Abläufe erforderlich	Keine besonderen Maßnahmen erforderlich
W2 geringe Wasserbelastung Flächen mit nicht häufigem, kurzzeitigem Einwirken durch Wisch-, Spritz- und Brauchwasser	Betriebsbereich: WC-Anlagen, Wohnbereich: Küchen bzw. Räume mit ähnlicher Nutzung			
W3 mäßige Wasserbelastung Flächen mit häufigem, kurzzeitigem Einwirken durch Wisch-, Spritz- und Brauchwasser	Wandflächen ohne Ablauf ^c , Bodenflächen ohne Ablauf: zB Badezimmer, Duschtassen; Bodenflächen in WC-Anlagen ohne Bodenablauf, Windfang	Feuchtigkeitsempfindliche ^a und feuchtigkeitsunempfindliche ^b	Bei Fliesen-/keramischen Belägen: Ausführung gemäß ÖNORM B 3407 ^c	
		Feuchtigkeitsempfindliche ^a tragende Teile		
W4 hohe Wasserbelastung Flächen mit häufigem, länger anhaltendem Einwirken durch Wisch-, Spritz- und Brauchwasser	Wandflächen mit Ablauf ^c , Bodenflächen mit Ablauf: zB Badezimmer, Duschen mit niveaugleichen Einbauteilen, Waschküchen. Bodenflächen in WC-Anlagen mit Bodenablauf	Ohne Gefälle in Rohbauebene zulässig, Gefälle in Gehbelageebene erforderlich	Bodenablauf in Gehbelageebene	Abdichtung auf Rohbauebene gemäß vorliegender ÖNORM zuzüglich Verbundabdichtung bei Fliesen-/keramischen Belägen gemäß ÖNORM B 3407 ^c
W5 sehr hohe Wasserbelastung Flächen mit dauerhaft anhaltendem Einwirken durch Wisch-, Spritz-, und Brauchwasser und/ oder erhöhter chemischer Einwirkung	Schwimmbeckengänge, Duschanlagen, betrieblich industrielle Produktionsstätten wie zB Laboratorien, Lebensmittelverarbeitende Betriebe, Großküchen	Gefälle in Rohbauebene und Gefälle in Gehbelageebene erforderlich	Bodenablauf in Rohbauebene und Gehbelageebene	
W6 Außenbereich Flächen im Außenbereich	Balkone, Terrassen, Loggien, Stiegen, offene Laubengänge	Abdichtung gemäß ÖNORM B 3691 zuzüglich Verbundabdichtung bei Fliesen-/keramischen Belägen gemäß ÖNORM B 3407 ^c		

^a feuchtigkeitsempfindliche Untergründe wie zB Gipswerkstoffe, Calciumsulfatestriche, Holzwerkstoffe
^b weitgehend feuchtigkeitsunempfindliche Untergründe wie zB Beton, zementbasierende Putze, zementgebundene mineralische Bauplatten
^c Gilt für keramische Beläge; bei anderen Belägen sind zumindest gleichwertige Maßnahmen zu planen und auszuführen.
normal betrifft bodenebene Abläufe in Wandflächen, nicht betroffen sind geschlossene Abläufe wie zB Waschmaschinenabfluss, Waschbeckenabfluss.

Tabelle 2

Die wesentlichen Mindestqualitäten und Mindestmaßnahmen für Feuchtraumabdichtungen sind der Tabelle 9 zu entnehmen.

Tabelle 9 — Feuchtraumabdichtungen

Materialien	W 1	W 2	W 3	W 4 / W 5
	Mindestanzahl der Lagen und Mindestnenndicke			
Bitumenbahnen gemäß ÖNORM B 3665	-	-	1 Lage, 4 mm	2 Lagen, 8 mm
Kunststoff-Abdichtungsbahnen gemäß ÖNORM B 3664	-	-	1,2 mm	1,5 mm
KMB gemäß ÖNORM EN 15814	-	-	4 mm	6 mm
Flüssigkunststoffe in Anlehnung an ETAG 005	-	-	1,8 mm	2,1 mm
Bei Verwendung von Bitumen-Kaltselbstklebebahnen darf die Nenndicke um 1 mm reduziert werden. Diese ist thermisch entsprechend den Herstellervorschriften zu aktivieren.				

Tabelle 3

Detailliertere Angaben, insbesondere was die Ausführung von Feuchtraumabdichtungen betrifft, sind nicht Gegenstand der ÖNorm B 3692.

7.2 ÖNORM B 3407

Die ÖNORM B 3407, in der Ausgabe: 2019-01-15, mit dem Titel *Planung und Ausführung von Fliesen-, Platten- und Mosaiklegearbeiten* beschreibt im Detail die Ausführung von Fliesenlegerarbeiten sowie die Herstellung von Verbundabdichtung. Überdies werden zahlreiche Skizzen, welche Ausführungsbeispiele von Verbundabdichtung zeigen, dargestellt. Ausführungsregeln über Abdichtungen auf der Rohbaukonstruktionen sind nicht Gegenstand der ÖNorm B 3407.

6.4 Verbundabdichtung

Die Verbundabdichtung schützt ausschließlich den Verlegeuntergrund, jedoch nicht das Gesamtbauwerk. Sie ersetzt weder eine Bauwerks- noch eine Flachdachabdichtung.

Die Anforderungen an die Feuchtigkeitsbeanspruchung sind in der [Tabelle B.1 im Anhang B](#) geregelt.

Ausführungsbeispiele für die Verbundabdichtung sind im [Anhang C](#) dargestellt.

Alle Wandflächen im Spritzwasserbereich von Badewannen und Duschen sind in der gesamten Länge und Breite dieser Einbauten sowie beidseitig 30 cm über deren Rand hinausgehend mit einer Verbundabdichtung herzustellen. Können die 30 cm nicht eingehalten werden, so sind kapillarbrechende Maßnahmen (z. B. Profilschienen) auszuführen.

Die Verbundabdichtung ist mindestens 200 cm über die fertige Fußbodenoberkante auszuführen, sowie mindestens 30 cm über die oberste Wasserentnahmestelle. Bei Wasserauslässen aus der Decke ist die Verbundabdichtung bis zur Decke auszuführen.

Die Verbundabdichtung ist auf der gesamten Bodenfläche, inklusive 6 cm Hochzug mit Dichtband, auch hinter Badewannen und Duschtassen, auszuführen. Das Aufstellen der Badewanne und der Duschtasse darf erst nach vollständiger Aushärtung der Verbundabdichtung in diesem Bereich erfolgen. Badewannen und Duschtassen sind standfest zu montieren.

Ist das Herstellen einer Verbundabdichtung unter Einbauteilen (z. B. Badewannen, Duschtassen) aus konstruktiven Gründen nicht möglich, so muss der Planer Sonderkonstruktionen vorsehen.

Armaturenauslässe von Wasserrohrinstallationen müssen mindestens 7 mm bis maximal 12 mm über den verlegereifen Untergrund herausragen.

Die Mindesttrockenschichtdicke der Verbundabdichtung ist gemäß Herstellerangaben auszuführen. Eine punktuelle minimale Unterschreitung der Schichtdicke ist verarbeitungstechnisch zulässig.

Systemkomponenten wie Dichtbänder, Dichtmanschetten, Innen- und Außeneckformstücke sind zu verwenden und in die Verbundabdichtung einzubinden.

Die Verlegung von Dichtbändern muss an allen horizontalen und vertikalen Innen- und Außenecken sowie an den Trennfugen im Abdichtungsbereich erfolgen. Stöße zwischen Dichtbändern und Dichtbandecken sind mindestens 40 mm zu überlappen.

Bodenabläufe jeglicher Art sind mit systemangepasstem Dichtflansch auszuführen. Der Dichtflansch muss für die Einbindung in Verbundabdichtungen geeignet sein.

Klebeflanschanschlüsse der Abläufe müssen eine Flanschbreite von mindestens 40 mm aufweisen und eine geeignete Oberfläche zur Aufnahme der Verbundabdichtung oder des Klebstoffes haben.

Als Verlegeuntergrund für die Verbundabdichtung sind feuchtigkeitsempfindliche Materialien wie z. B. Gipswerkstoffe, Calciumsulfatestriche und Holzwerkstoffe ab der Beanspruchungsklasse W4 gemäß [Tabelle B.1](#) nicht zulässig.

7.3 DIN 18534

Mitte 2017 veröffentlichte Deutschland die **DIN 18534** für Abdichtung von Innenräumen.

Sie regelt, wie unter dem keramischen Belag abgedichtet werden soll– also beispielsweise welche Abdichtungsart in gewerblich genutzten Küchen oder Badezimmern und Duschanlagen im privaten Bereich anzuwenden ist.

Die Normenteile im Überblick

Teil 1: Allgemeine Regeln für alle Abdichtungsstoffe. In den folgenden Teilen werden spezielle Abdichtungsarten stoffspezifisch behandelt. Sie müssen daher immer zusammen mit Teil 1 betrachtet werden. Folgende Produkte werden in der DIN 18534 behandelt:

Teil 2: Abdichtung mit bahnenförmigen Abdichtungsstoffen

Teil 3: Abdichtung mit flüssig zu verarbeitenden Abdichtungsstoffen im Verbund mit Fliesen und Platten (AIV-F = Abdichtung im Verbund – flüssige Abdichtungsstoffe)

Teil 4: Abdichtung mit Gussasphalt oder Asphaltmastix

Teil 5: Abdichtung mit bahnenförmigen Abdichtungsstoffen im Verbund mit Fliesen und Platten (AIV-B = Abdichtung im Verbund – bahnenförmige Abdichtungsstoffe)

Teil 6: Abdichtung mit plattenförmigen Abdichtungsstoffen im Verbund mit Fliesen und Platten (AIV-P = Abdichtung im Verbund – plattenförmigen Abdichtungsstoffen)

Mit der DIN 18534 wird erstmals die Verwendung bahnenförmiger und flüssig zu verarbeitender Abdichtungsstoffe als Verbundabdichtung unter keramischen Belägen normativ geregelt.

Auszüge aus der DIN 18534: Wassereinwirkungsklassen

Ganz entscheidend sind die neuen Wassereinwirkungsklassen die in Teil 1 der neuen Norm definiert worden sind. Und so heißen die neuen Klassen: W0-I (geringe Wassereinwirkung), W1-I (mäßige Wassereinwirkung), W2-I (hohe Wassereinwirkung) und W3-I (sehr hohe Wassereinwirkung). Grundsätzlich gilt folgendes: Häusliche Badezimmer werden höchstens der Wassereinwirkungsklasse W2-I zugeordnet. Die Klasse W3-I ist im Grunde genommen auf öffentliche oder gewerbliche Flächen beschränkt.

Abdichtungen von Bodenflächen in Badezimmern und Nassräumen müssen mindestens fünf Zentimeter über Oberkante Fertigfußboden (OKFF) hochgeführt werden. Grundsätzlich besteht außerdem die Möglichkeit, die Abdichtung unter und hinter der Wanne weiterzuführen und an die Flächenabdichtung des Bodens anzuschließen. Alternativ können Wannrandabdichtungsbänder an die Flächenabdichtung der Wand angeschlossen werden.

Innerhalb der höher beanspruchten Wassereinwirkungsklassen wird nochmals unterschieden zwischen Flächen mit sehr häufiger und langanhaltender Einwirkung aus Spritz- und Brauchwasser – zum Beispiel Sportstätten und Duschanlagen – und Flächen, die zudem noch intensiven Reinigungsverfahren und chemischen Einwirkungen ausgesetzt sind – beispielsweise gewerbliche Großküchen, Wäschereien oder Brauereien.

Letztere sind zwar ebenfalls der Wassereinwirkungsklasse W3-I zugeordnet, müssen aber zusätzlich mit einer chemikalienresistenten Epoxidharzabdichtung abgedichtet werden.

Die Wassereinwirkungsklasse entscheidet darüber, welche Untergründe für die geplante Abdichtung zugelassen sind. So sind für die Wassereinwirkungsklassen W0-I und W1-I auch feuchteempfindliche – Untergründe zulässig.

Dazu zählen:

- Gips- und Gipskalkputze nach DIN EN 13279-1
- Gipsplatten mit Vliesarmierung nach DIN EN 15283-1
- Gipsplatten nach DIN 18180 beziehungsweise DIN EN 520
- Gipswandbauplatten nach DIN EN 12859
- Gipsfaserplatten nach DIN EN 15283-2
- Calciumsulfatgebundene Estriche nach DIN EN 13813

Für die Wassereinwirkungsklassen W2-I und W3-I sind nur feuchteunempfindliche Untergründe zugelassen.

Dazu zählen:

- Beton nach DIN EN 1992
- Zementputz der Mörtelgruppe CS IV nach DIN EN 998-1
- Zementgebundene mineralische Bauplatten
- Zementestrich
- Kalkzementputz der Mörtelgruppe CS II/III nach DIN EN 998-1
- Hohlwandplatten aus Leichtbeton nach DIN 18148
- Porenbetonbauplatte nach DIN 4166
- Verbundelemente aus expandiertem oder extrudiertem Polystyrol mit Mörtelbeschichtung und Gewebeamierung

Neben den Wassereinwirkungsklassen werden in der DIN 18534 auch Rissklassen für Untergründe definiert. Die vom Verarbeiter ausgewählten Abdichtungsstoffe und die Auslegung der gewählten Abdichtung müssen die zu erwartende Rissbreitenänderung oder Rissneubildung des Untergrundes überbrücken können. Gegebenenfalls ist beim Hersteller nachzufragen, ob die gewählten Produkte für den jeweiligen Untergrund geeignet sind.

R1-I (bis circa 0,2 Millimeter) - Folgende Untergründe werden zum Beispiel dieser Rissklasse zugeordnet: Stahlbeton, Estriche, Mauerwerk, Putze, starre Fuge zwischen Gipskarton-/Gipsfaserplatten. Im Innenbereich kann normalerweise davon ausgegangen werden, dass die Rissklasse R1-I vorliegt.

R2-I (bis circa 0,5 Millimeter). Zum Beispiel wären Fugen von großformatigem Mauerwerk dieser Rissklasse zuzuordnen.

R3-I (bis circa 1,0 Millimeter + Rissversatz bis circa 0,5 Millimeter). Aufstandsfugen von Mauerwerk oder Materialübergänge können zu dieser Rissklasse gehören.

In Summe eine sehr ins Detail gehende Norm für Abdichtungen in Kombination mit Fliesenlegerarbeiten. Ausführungen und Konstruktionshinweise über Abdichtungen auf der Rohbauebene sind jedoch nicht ausführlich behandelt worden.

7.4 Begriff Verbundabdichtung und Eigenschaften

Der keramische Baustoff (Fliesen und Platten) ist besonders widerstandsfähig, wenn es um die Oberflächengestaltung von Nassräumen geht.

Der keramische Belag kann allerdings keine Abdichtungsebene ersetzen. Dies liegt mitunter daran, dass die Fuge in einem Fliesenbelag als wasserdurchlässig einzustufen ist.

Deshalb werden unterhalb des Fliesenbelags flüssig aufzubringende Abdichtungen, Dichtschlämme oder Spachtelungen sowie bahnenförmige Abdichtungen aufgebracht. Beides zusammen ergibt als Endprodukt die **Verbundabdichtung**, die den Spritzwasser- und Kapillarschutz darstellt aber auch je nach Spezifikation gegenüber drückendem Wasser reüssiert.

Bezüglich Wasserdampfdiffusion, die auch in Nassräumen zu berücksichtigen ist, verweisen wir auf die Stellungnahme von Frau Wolf vom Fliesenfachverband gemäß Email vom 01.03.2021 (Zitat aus der Broschüre „Fliesen Echo“, herausgegeben vom Fachverband Fliesen und Naturstein im Zentralverband Deutsches Baugewerbe e. V. (ZDB), Ausgabe 1 - September 2017):

Alle Arten von Verbundabdichtungen sind dicht gegenüber Wasser in flüssiger Form. Gegenüber dem Einfluss von Wasserdampf zeigen Verbundabdichtungen allerdings unterschiedliche Verhaltensweisen. Technisch wird der Widerstand gegen Wasserdampf durch die sogenannte „wasserdampfdiffusionsäquivalente Luftschichtdicke“ und dem „sd-Wert“ mit der Einheit Meter (m) beschrieben. Ein hoher Wert steht hierbei für einen hohen Diffusionswiderstand. Für besonders wirksame Dampfsperren (z. B. Folien mit Alukaschierung) gilt ein Mindestwert von 1500 m. In der Praxis des Fliesenverlegens werden schon Abdichtungen mit einem sd-Wert größer 100 m als dampfsperrend gewertet, Materialien mit einem sd-Wert von 20 m und mehr wirken hingegen nur dampfbremsend.

Wasserdampfdiffusionsäquivalente Luftschichtdicken unterschiedlicher Verbundabdichtungsarten (entnommen aus der Broschüre „Fliesen Echo“⁽²⁾):

⁽²⁾ Herausgeber: Fachverband Fliesen und Naturstein im Zentralverband Deutsches Baugewerbe e. V. (ZDB)

Abdichtungstyp	Wasserdampfdiffusions- äquivalente Luftschichtdicke	Abdichtungsdicke	Bewertung
Dichtschlämmen (Kunststoff-Mörtel- Kombinationen)	0,7 m	2,0 mm	Keine Dampfbremse
Dispersionsabdichtungen	4 m	0,5 mm	Geringe Dampfbremse
Reaktionsharzabdichtungen	22 m	1,0 mm	Dampfbremse
Übliche Abdichtungsbahnen	60 m	≈ 0,4 mm	Dampfbremse

Tabelle 4

Was ist in der Praxis zu beachten?

In einer üblichen, häuslich genutzten Badezimmersituation ist die Betrachtung des Dampfwiderstandes der Verbundabdichtung erfahrungsgemäß eher unerheblich. In einer Dampfsauna oder einem Dampfbad muss der Dampfwiderstand der Abdichtung aber genauer berücksichtigt werden, denn der anfallende Wasserdampf kann durch eine Abdichtung aus einer flexiblen Dichtungsschlämme durchwandern. Diese schützt also die darunterliegenden Konstruktionsbauteile nicht vor Wasserdampfanfall, wodurch diese durchnässen können. Für diese Einsatzzwecke sind Reaktionsharzabdichtungen oder Bahnenabdichtungen besser geeignet.

Anders stellt sich eine dampfdichte Abdichtung dar, wenn Feuchtigkeit von der „Negativseite“ her auf eine Abdichtung einwirkt, beispielsweise bei der Belegung eines durch aufsteigende Feuchtigkeit beanspruchten Kellerbodens. Unter Abdichtungen mit guter dampfbremsender Wirkung staut sich dann Wasserdampf und kondensiert. Dies unter Umständen in so ausgeprägtem Umfang, dass es die Abdichtung vom Untergrund abdrücken kann. Es kommt zum Haftverbundschaden. Hier sind mineralische Dichtungsschlämmen von Vorteil, da diese eine Wasserdampfdiffusion ermöglichen, sich also der Druck auf die Abdichtung deutlich reduziert und die Verbundhaftungswirkung nicht beeinträchtigt wird.

Kennwerte gemäß Email Frau Wolf vom Fliesenfachverband vom 01.03.2021:

	Schichtdicke	μ -Wert	sd-Wert
Dispersions-Abdichtung	0,0005 m	8.000	4 m
Reaktionsharz-Abdichtung	0,001 m	1.000	1 m
Verbundabdichtungsbahn	0,000375 m	136.000	51 m

Tabelle 5

7.5 Verbundabdichtung Plus

Woraus besteht die „Verbundabdichtung plus“?

In Abhängigkeit des jeweiligen Systems kommt beispielsweise eine zweikomponentige, flexible, schnell erhärtende Abdichtung auf Zement-Kunstharzbasis als erste Schicht, wie bei der Herstellung einer herkömmlichen Verbundabdichtung, zur Anwendung. Nach der Trocknungszeit der ersten Schicht ist eine weitere Abdichtungsmasse mit einer Zahnkelle vollflächig in Bahnenbreite aufzukämmen. Sofort danach muss die Abdichtungsbahn in die frische Abdichtung einlegen und mit der glatten Seite der Zahnkelle oder anderem geeignetem Werkzeug zerstörungsfrei so angedrückt werden, dass keine Lufteinschlüsse unter der Abdichtungsbahn verbleiben. Dichtbänder, Ecken und Flansche, komplettieren das System.

Verbundabdichtung Plus kann generell auch zusätzlich bei Naßräumen verwendet werden, wenn besonders hohe Anforderungen an die Verbundabdichtungen gestellt werden.

Wasserschäden durch Rohrbrüche z. B. können dadurch nicht verhindert werden.

7.6 Abdichtung auf Rohbauebene

Die Materialien sind in der Tab. 9 der ON B3692 eingeführt. Vertiefte Planungs- und Ausführungshinweise sind nicht Gegenstand dieser ÖNorm.

Tabelle 9 — Feuchtraumabdichtungen

Materialien	W 1	W 2	W 3	W 4 / W 5
	Mindestanzahl der Lagen und Mindestnenndicke			
Bitumenbahnen gemäß ÖNORM B 3665	-	-	1 Lage, 4 mm	2 Lagen, 8 mm
Kunststoff-Abdichtungsbahnen gemäß ÖNORM B 3664	-	-	1,2 mm	1,5 mm
KMB gemäß ÖNORM EN 15814	-	-	4 mm	6 mm
Flüssigkunststoffe in Anlehnung an ETAG 005	-	-	1,8 mm	2,1 mm
Bei Verwendung von Bitumen-Kaltselbstklebebahnen darf die Nenndicke um 1 mm reduziert werden. Diese ist thermisch entsprechend den Herstellervorschriften zu aktivieren.				

Tabelle 6

7.7 Feuchteschutz durch Fliesenbauplatten, Dichtanstriche, begehbare Folienbeläge oder ähnliche Verfahren

Werden im gegenständlichen Forschungsvorhaben nicht berücksichtigt.

7.8 Feuchte- Dichtheitsmonitoring

Feuchte- und Dichtheitsmonitroringsysteme unterscheiden sich hinsichtlich ihres Verwendungszweckes, ihrem Einsatzbereich sowie der Messmethode.

Überwiegend basieren jene Systeme, mit denen die Dichtheit einer Abdichtung beurteilt wird, auf elektrischer Widerstandsmessung. Zur Feuchtemessungen werden die Parameter relative Luftfeuchtigkeit und Temperatur erhoben.

Nachfolgend eine Erläuterung der unterschiedlichen Begriffe ⁽³⁾:

Aktive Monitoringsysteme

Überwachungssysteme mit automatisierter Auswertung und Alarmierung bei einer definierten Grenzwertüberschreitung

Dichtheitsprüfung

Prüfung der aktuellen Wasserdichtheit von Abdichtungen

Dichtheit-Monitoringsysteme

Ermöglichen permanente Wasser-Dichtheitsprüfung der Abdichtung ohne Aufzeichnung anderer bauphysikalischer Größen.

Feuchteprüfung

Messen physikalischer Größen zur Beurteilung der Feuchte im Bauteilschichtaufbau

Feuchte-Monitoringsysteme

Ermöglichen das kontinuierliche Messen und Aufzeichnen physikalischer Größen zur Beurteilung der Feuchte im Bauteilschichtaufbau

Leckortung

Auffinden von Leckstellen (Leckagen) an Dächern, Bauwerksabdichtungen oder anderen Teilen der Gebäudehülle, Behältern oder Abdichtungen in Feuchträumen

Monitoring

Unmittelbares, systematisches Erfassen physikalischer Größen mittels technischer Hilfsmittel worauf eine Bearbeitung und Auswertung erfolgt

⁽³⁾ Richtlinie: DICHTHEITS- UND FEUCHTEMONITORING GEBÄUDEASSISTENZSYSTEME INNERHALB DER GEBÄUDEHÜLLE UND IN BAUTEILEN
2018 IFB- Institut für Flachdachbau und Bauwerksabdichtung

Passive Monitoringsysteme

Überwachungssysteme mit manueller Auslesung und ohne automatisierter Alarmmeldung bei einer Grenzwertüberschreitung

Sensor

Technisches Bauteil zur Erfassung physikalischer oder chemischer Eigenschaften in seiner Umgebung

7.9 Anschlüsse / Hochzüge

Da es normativ keine Regeln für die Planung und Ausführung von Abdichtungen auf der Rohbauebene gibt, kann man sich bei Anschlüssen und Hochzügen nur auf die Angaben betreffend Verbundabdichtungen beziehen.

Beispielsweise führt die ÖNorm B3407 aus, dass alle Wandflächen im Spritzwasserbereich von Badewannen und Duschen in der gesamten Länge und Breite dieser Einbauten sowie beidseitig 30 cm über deren Rand hinausgehend mit einer Verbundabdichtung herzustellen sind. Können die 30 cm nicht eingehalten werden, so sind kapillarbrechende Maßnahmen (z. B. Profilschienen) auszuführen.

Die Verbundabdichtung ist mindestens 200 cm über die fertige Fußbodenoberkante auszuführen, sowie mindestens 30 cm über die oberste Wasserentnahmestelle. Bei Wasserauslässen aus der Decke ist die Verbundabdichtung bis zur Decke auszuführen.

Die Verbundabdichtung ist auf der gesamten Bodenfläche, inklusive 6 cm Hochzug mit Dichtband, auch hinter Badewannen und Duschtassen, auszuführen. Ist das Herstellen einer Verbundabdichtung unter Einbauteilen (z. B. Badewannen,) aus konstruktiven Gründen nicht möglich, so muss der Planer Sonderkonstruktionen vorsehen.

Armaturenauslässe von Wasserrohrinstallationen müssen mindestens 7 mm bis maximal 12 mm über den verlegereifen Untergrund herausragen.

Systemkomponenten wie Dichtbänder, Dichtmanschetten, Innen- und Außeneckformstücke sind zu verwenden und in die Verbundabdichtung einzubinden. Die Verlegung von Dichtbändern muss an allen horizontalen und vertikalen Innen- und Außenecken sowie an den Trennfugen im Abdichtungsbereich erfolgen. Stöße zwischen Dichtbändern und Dichtbändecken sind mindestens 40 mm zu überlappen.

Bodenabläufe jeglicher Art sind mit systemangepasstem Dichtflansch auszuführen. Der Dichtflansch muss für die Einbindung in Verbundabdichtungen geeignet sein.

Klebflanschanschlüsse der Abläufe müssen eine Flanschbreite von mindestens 40 mm aufweisen und eine geeignete Oberfläche zur Aufnahme der Verbundabdichtung oder des Klebstoffes haben.

Anschlussbereiche, exemplarisch in einer Skizze der Firma Knauf dargestellt:

F12.de Knauf Fertigteilstrich

Ausführung in Feuchträumen



Feuchträume

F126.de-V20 Wandanschluss Feuchtraum

F128B.de-V23 Feuchtraum mit Fußbodenheizung

■ großformatige Fliesen ≤ 1200 mm (siehe Tabelle S. 23)

Barrierefreies Bad

F127.de-V31 Bodenanschluss Duschelement - barrierefrei

■ Einsatzgebiet
 Knauf Brio kann in häuslichen Bädern und Küchen, in Bädern von Hotelzimmern oder Räumen mit ähnlicher Feuchtebeanspruchung eingesetzt werden. Eine flächige Abdichtung ist erforderlich. Für Nassräume in denen i.d.R. Gefälle und Abfluss vorgesehen sind (z.B. gewerbliche Küchen, Gemeinschaftsduschen, Schwimmbäder) ist Knauf Brio nicht geeignet.
 In Bädern mit bodengleichen (barrierefreien) Duschelementen ist Knauf Brio einsetzbar, wenn die Duschwanne als separates Element mit eigenem Gefälle ausgeführt wird. (siehe Detail F127.de-V31)
 Duschelemente auch für den nachträglichen Einbau z.B. System Poresta der Fa. Ilbruck.

■ Abdichtung
 Vollflächig mit Knauf Flächendicht oder Knauf Flex-Dicht¹⁾. Wandanschlüsse mit Knauf Flächendichtband ausführen.

■ Fuge zwischen Brio und Duschelement - Barrierefreies Bad
 Fuge mit einem Fugendichtband abdichten und in die Flächendichtung des Fertigteilstrichs und Duschelements einarbeiten. Als Flächenabdichtung wird eine geeignete zementäre Dichtschlämme (z.B. Knauf Flex-Dicht¹⁾) empfohlen.

■ Dämmschichten - Barrierefreies Bad
 EPS DEO (Druckfestigkeit ≥ 150 kPa)
 bei Trittschalldämmung Verwendung von Holzfaserdämmung max. 10 mm z.B. Knauf Holzfaserdämmplatte WF

■ Ausgleich
 Bei dynamischer Belastung (z.B. Waschmaschine) keine Trockenschüttung PA verwenden, Einsatz von Knauf EPO-Leicht.
 Bei barrierefreier Ausführung starren Untergrundaussgleich verwenden, z.B. nicht nachgiebiger Leichtausgleichmörtel Knauf EPO-Leicht oder Knauf Spachtel-massen.

1) Knauf Bauprodukte GmbH & Co. KG

Abbildung 4

8 PLANUNG DER FEUCHTIGKEITSABDICHTUNG

Ergänzend zu baubehördlichen Auflagen, vertraglichen Vereinbarungen und Empfehlungen der Materialhersteller, sollte sich die Planungsphase auch mit nachfolgend aufgezählten Faktoren befassen:

8.1 Intensität und folgeschadenrelevante Nutzung

8.1.1 Intensität der Wasserbelastung innerhalb des Nassraums

Die Wasserbelastungsklassen, welche im Zuge der **Nutzung durch Personen** entstehen, werden beispielsweise in der *ÖNorm B 3407 Planung und Ausführung von Fliesen-, Platten- und Mosaiklegearbeiten (2019)* und der *ÖNorm B 3692, Planung und Ausführung von Bauwerksabdichtungen in der Ausgabe: 2014-11-15* definiert.

Diese unterscheidet in:

- W1 sehr geringe Wasserbelastung
- W2 geringe Wasserbelastung
- W3 mäßige Wasserbelastung
- W4 hohe Wasserbelastung
- W5 sehr hohe Wasserbelastung

8.1.2 Folgeschadensrisiko

Die Kriterien des konstruktiven Feuchteschutz eines Gebäudes sind im Wesentlichen von der Art der Nutzung, der geplanten Nutzungsdauer und der Materialwahl abhängig. Der konstruktive Feuchteschutz lässt nicht unbedingt Rückschlüsse auf die Qualität der eingebauten Materialien zu, eher auf die Risikoabschätzung welche Folgeschäden bspw. bei Wassereintritten in einen Nassraumschichtenaufbau, eintreten können.

Schadensfolgeklassen gemäß EN 1990 ⁽⁴⁾

Es ist allgemein verständlich, dass bspw. bei einem aus Stahlbeton errichteten, klassischen Zwei-Personen-Einfamilienhaus, üblicher Nutzung sowie Innenraumgestaltung i.d.R. geringere Anforderungen an das Folgeschadensrisiko im Zuge von Feuchtigkeitseintritten gestellt werden als bspw. bei einer Geschoßdecke in einem Krankenhaus, wo sich unterhalb der Nass-/Feuchtraumkonstruktion Operationssäle befinden.

Auch darf die Standsicherheit eines Objektes, welches für das Leben von Menschen wichtig ist, in keinem Fall durch Feuchteinwirkung reduziert werden.

⁽⁴⁾ ÖNORM EN 1990 Eurocode - Grundlagen der Tragwerksplanung Ausgabedatum: 2013 03 15

Unter diesem Gesichtspunkt werden 3 Schadensfolgeklassen in der europäischen Normung verwendet.

CC 1 Geringe oder vernachlässigbare wirtschaftliche, soziale oder umweltbeeinträchtigende Folgen bei Versagen der Bauwerksabdichtung.
*Ergänzung durch die Verfasser des gegenständlichen Forschungsprojekts: Ausschließlich im Hinblick auf die Tragsicherheit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit der Gebäudekonstruktion wäre dies bei einem **Massivbau** zu erwarten.*

CC 2 beträchtliche wirtschaftliche, soziale oder umweltbeeinträchtigende Folgen bei Versagen der Bauwerksabdichtung zB: Wohn- und Bürogebäude
*Ergänzung durch die Verfasser des gegenständlichen Forschungsprojekts: Ausschließlich im Hinblick auf die Tragsicherheit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit der Gebäudekonstruktion wäre dies bei **feuchteempfindlichen Baukonstruktion** z.B. Holz-/Verbundkonstruktionen zu erwarten.*

CC 3 sehr große wirtschaftliche, soziale oder umweltbeeinträchtigende Folgen bei Versagen Bauwerksabdichtung zB: Konzerthalle, Krankenhaus, Kraftwerk, Museen
*Ergänzung durch die Verfasser des gegenständlichen Forschungsprojekts: Ausschließlich im Hinblick auf die Tragsicherheit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit der Gebäudekonstruktion wäre dies bei **feuchteempfindlichen und feuchteunempfindlichen Baukonstruktion** zu erwarten.*

8.2 Folgeschadensrelevante Konstruktionskriterien

8.2.1 Wasseraustritte aus Installationen/Rohleitungen

Nicht vorhersehbare Wasserbelastungen können entstehen durch Leitungsbrüche oder Leitungsdefekte

- räumlich begrenzt innerhalb des Nassraums
- innerhalb von Wänden (z.B. Zwischenwände) oder Deckenkonstruktionen angrenzend an den Nassraum

8.2.2 Wasserverschleppung in angrenzende Räume

Bei veritablen Wassereintritten in den Bodenschichtaufbau des Nass-/Feuchtraum kann Wasserverschleppung in angrenzende Räume entweder über die Fliesenoberfläche oder aber auch über die Rohbauebene/Deckenoberfläche erfolgen.

8.2.3 Bauphysikalisch bedingte Feuchtebelastung

Das Risiko einer Kondensatbildung innerhalb des Fußbodenaufbaus hängt sehr stark von der tatsächlichen Nutzung und Konditionierung der übereinander befindlichen Nassräume ab.

8.2.4 Feuchteempfindlichkeit der statisch relevanten Baukonstruktion

- bspw. Holz-/Verbundkonstruktionen i.d.R. **höheres Folgeschadensrisiko**
- bspw. Stahlbetonkonstruktionen i.d.R. **geringes Folgeschadensrisiko**

8.3 Konstruktionscharakteristikum:

Damit die unter **8.1. Intensität und folgeschadensrelevante Nutzung** und **8.2 Folgeschadensrelevante Konstruktionskriterien** beschriebenen Sicherheitsfaktoren erreicht werden können, muss in der Planung das zielführende Verfahren bestimmt werden, um das jeweilig erforderliche, schadensrisikominimierende Ziel zu erreichen.

Die nachfolgend beschriebenen Verfahren und Maßnahmen haben sich in der Praxis bewährt.

8.3.1 Permanente Abdichtungsverfahren

Für den Feuchteschutz In Nass-/Feuchträumen trägt die Hauptverantwortung eine Abdichtung in Kombination mit dem Gehbelag.

- Verbundabdichtung
- Verbundabdichtung Plus
- Feuchtigkeitsabdichtung unterhalb des Bodenschichtaufbaus (i.d.R. auf der statisch tragenden Konstruktionsoberfläche wie z.B. Rohbauebene)

8.3.2 Permanente Wasserableitung

Zusätzlich zur Gebrauchswasserableitung wie z.B. der Bodenablauf in der Dusche, kann der Einbau einer permanenten Wasserableitung innerhalb der Nassraumbodenfläche, im Falle eines veritablen Wasseraustritts das Wasser ableiten und reduziert damit den Folgeschaden durch **Hinderung an der Ausbreitung in angrenzende oder unterhalb des Nassraums gelegene** Räume. Auf der Fliesenoberfläche könnte dies beispielsweise unkontrollierte Wasseraustritte aus den Wasserarmaturen betreffen, im Bereich des Fußbodenschichtaufbaus Defekte in den Druckwasserrohrleitungen.

- Gefälle zur/und Entwässerung der Belagebene
- Gefälle zur/und Entwässerung der Abdichtungsebene unterhalb des Bodenschichtaufbaus

8.3.3 Permanente Kontrollmaßnahmen

Darunter sind aktive Dichtheits-/Feuchtemonitoringverfahren zu verstehen, die bei Änderungen der voreingestellten Schwellenwerten automatisch einen Alarm absetzen.

- Wasser-(Feuchte)monitoring
- Detektion flächig/streifen/punktförmig
- Automatischer Wasserstopp bei Rohrleckagen

8.3.4 Temporäre Verfahren

Unter temporären oder auch passiven Verfahren ist zu verstehen, dass diese nur zum Zeitpunkt der Prüfung Aussagekraft haben.

- Qualitätsprüfung, insbesondere hinsichtlich ausgeführter Schnittstellen der Werkleistungen im Nass-Feuchtraumbodenschichtaufbau
- Dichtheitsprüfung von Abdichtungen i.d.R. nach deren Fertigstellung
- Vorsehen von Feuchteindikatoren wie z.B. in den Bodenschichtaufbau geführter Kontrollschlauch, Kontrollbohrungen oder Kontrollstutzen in der Boden-/Deckenkonstruktion

8.3.5 Beispiel einer Maßnahmenplanung

Die Auswahl der unter 8.3.1 bis 8.3.4 beschriebenen Einzelmaßnahmen, ist projektspezifisch vom Planer:in, in Abstimmung mit den Folgeschadenskriterien, der Nutzungsform sowie Intensität, aber auch der zum Einsatz gelangten Baustoffen zu treffen.

Nachfolgend adäquate Ausführungsbeispiele mit unterschiedlichem Feuchterisikopotenzial **exemplarisch** angeführt.

8.3.5.1 gewerblich genutzte Immobilie

- Gebäude der Schadensfolgeklasse **CC1**
- Wasserintensität **W3**
- Wasserverschleppung und Rohrleckagen bleiben **unberücksichtigt**

✓ Abdichtungsmaßnahme: **mind. Verbundabdichtung**

8.3.5.2 Wohnhaus

- Gebäude der Schadensfolgeklasse **CC2**
- Wasserintensität **W3**
- Feuchteempfindliche Unterkonstruktion z.B. **Holzdecke**
- Wasserverschleppung bleibt **unberücksichtigt**
- Rohrleckagen **berücksichtigen**

✓ Abdichtungsmaßnahme: **mind. Verbundabdichtung + Abdichtung auf Deckenkonstruktion und/oder Feuchtedetektion**

8.3.5.3 Labor

- Gebäude der Schadensfolgeklasse **CC3**
- Wasserintensität **W4**
- Wasserverschleppung **berücksichtigen**
- Rohrleckagen **berücksichtigen**

✓ Abdichtungsmaßnahme: **mind. Verbundabdichtung Plus + Abdichtung auf Deckenkonstruktion und Feuchtedetektion**

9 BAUPHYSIKALISCHE BERECHNUNGEN

In der Planungsphase ist ein bauphysikalischer Nachweis hinsichtlich Kondensat- sowie Schallschutz nicht besonders weit verbreitet, da im Regelfall in Innenräumen davon ausgegangen wird, dass Temperatur und Feuchteverhältnisse im gesamten Gebäude ähnlich sind. Ausnahmen sind nicht dem üblichen Wohnbaustandard entsprechende Nassräume wie Schwimmbäder und dergleichen.

In Bezug auf Detektionsmaßnahmen wird auch immer wieder gefordert, vertikale Bohrungen in der konstruktiven Boden-/ Deckenkonstruktion vorzusehen. In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage, inwieweit diese seitens des Schallschutzes vertretbar sind.

In den Berechnungen bleibt der Umstand nicht unberücksichtigt, ob es sich um einen Aufbau mit Trockenschüttung und Trockenestrich handelt und daher keine Baufeuchte eingetragen wird oder es sich um Nassestriche handelt. Bei der Nutzung wird darauf eingegangen, wie sich Temperatur-/Feuchteunterschiede in übereinander angeordneten Nassräumen auswirken (siehe zB. ständig genutzte Wohnungen versus Ferienwohnungen)

Nachfolgende Berechnungen berücksichtigen eine Vielzahl an möglichen Fußbodenschichtaufbauten und Nutzungsvarianten mit dem Ziel, übliche Konstruktionen zu prüfen und sich an Grenzbereiche heranzutasten.

Relevanz erlangen die Erkenntnisse auch bei der Frage, ob auch Feuchtemonitoringsysteme in Fußbodenschichtaufbauten von Nassräumen sinnvoll einsetzbar sind.

9.1 Schallschutz

9.1.1 Aufgabenstellung

Die Aufgabenstellung umfasst die Beurteilung der Auswirkung von rasterförmig angeordneten Bohrlöchern zum Feuchte-Monitoring auf den Schallschutz einer Stahlbetondecke.

9.1.2 Berechnung

Folgende Randbedingungen liegen der Berechnung zugrunde:

- Dicke der STB-Decke: 20 cm
- Löcher in der STB-Decke:
 - o Durchmesser: 10 mm
 - o Anzahl: 4 Löcher je m²

Dies ergibt einen **Loch-Anteil** bezogen auf die STB-Deckenfläche **von 0,03 %**.

Wenn man davon ausgeht, dass das Schalldämmmaß einer Massivdecke von deren flächenbezogenen Masse abhängt, können die Löcher in der STB-Decke z.B. durch eine Reduktion der Dicke von 20 cm auf 19,99 cm angenähert werden (entspricht einer Dicken- und somit Volumsreduktion um 0,05 %).

9.1.3 Auswertung/Analyse

Eine Dickenreduktion der STB-Decke von 20 cm auf 19,99 cm führt zu keiner signifikanten Veränderung des bewerteten Schalldämmmaßes der Deckenkonstruktion. Das bewertete Schalldämmmaß R_w beträgt in beiden Fällen 66 dB.

Schallschutz bei 19,99 cm STB-Deckenstärke:

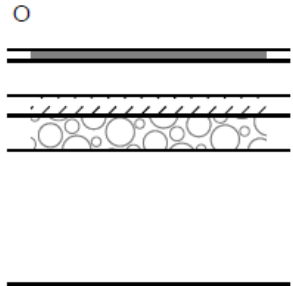
Bauteilbezeichnung		Bauteil Nr.	
Regelgeschoßdecke - Nassbereiche - EPS-T 19,99 cm STB		DE-19	
Bauteiltyp		WDu	
Wohnungstrenndecke			
bewertetes Schalldämm-Maß		R_w	66 dB
		erforderlich	dB
		U	M 1:10

Abbildung 5

Schallschutz bei 20 cm STB-Deckenstärke:

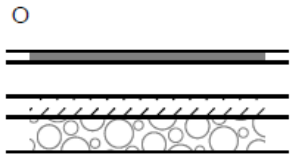
Bauteilbezeichnung Regelgeschoßdecke - Nassbereiche - EPS-T 20 cm STB		Bauteil Nr. DE-20	
Bauteiltyp Wohnungstrenndecke		WDu	
bewertetes Schalldämm-Maß		R _w 66 dB	
		erforderlich	U M 1:10

Abbildung 6

Die angeführten Berechnungsergebnisse gelten nur unter der **Voraussetzung**, dass die Konstruktion **weitestgehend luftdicht** ist und es zu keiner Durchströmung durch sowie keiner Luftzirkulation innerhalb der Deckenkonstruktion kommt. Dies kann beispielsweise durch eine Verspachtelung der Löcher an der Deckenunterseite gewährleistet werden.

9.1.4 **Kurzzusammenfassung**

Die Anordnung von Bohrlöchern in der Stahlbetondecke zum Zwecke des Feuchte-Monitorings hat keine signifikante Auswirkung auf das bewertete Schalldämmmaß der Deckenkonstruktion, sofern die Größe und Anzahl der Löcher die angeführten Werte nicht überschreiten. Ebenso ist die Luftdichtheit der Deckenkonstruktion z.B. durch Verspachteln der Löcher sicherzustellen.

9.2 Kondensat-/ Feuchteschutz

9.2.1 Kondensat im Winter

Folgende Aufbau-/Nutzungs-Varianten wurden in Hinblick auf das Risiko von Kondensatbildung im Winter (Heizperiode) beurteilt:

1. Deckenkonstruktionen aus Stahlbeton – mit Nassestrich

	Decke aus	FB-Aufbau	Sd-Wert Abdichtung Rohbau	Klima unten		Klima oben	
				Temp.	Feuchte	Temp.	Feuchte
Var.1.1.1	Beton	Estrich	100 m	warm MIT Lüftung		warm MIT Lüftung	
		ohne FBH		22 °C	60 %	22 °C	60 %
Var.1.1.2	Beton	Estrich	100 m	warm MIT Lüftung		kalt	
		ohne FBH		22 °C	60 %	18 °C	50 %
Var.1.1.3	Beton	Estrich	100 m	kalt		warm MIT Lüftung	
		ohne FBH		18 °C	50 %	22 °C	60 %
Var.1.1.4	Beton	Estrich	100 m	warm KEINE Lüftung		warm KEINE Lüftung	

		ohne FBH		22 °C	80 %	22 °C	80 %
Var.1.1.5	Beton	Estrich	100 m	warm KEINE Lüftung		kalt	
		ohne FBH		22 °C	80 %	18 °C	50 %
Var.1.1.6	Beton	Estrich	100 m	kalt		warm KEINE Lüftung	
		ohne FBH		18 °C	50 %	22 °C	80 %

	Decke aus	FB-Aufbau	Sd-Wert Abdichtung Rohbau	Klima unten		Klima oben	
				Temp.	Feuchte	Temp.	Feuchte
Var.1.0.5	Beton	Estrich	10 m	warm KEINE Lüftung		kalt	
		ohne FBH		22 °C	80 %	18 °C	50 %
Var.1.0.6	Beton	Estrich	10 m	kalt		warm KEINE Lüftung	
		ohne FBH		18 °C	50 %	22 °C	80 %
Var.1.2.5	Beton	Estrich	300 m	warm KEINE Lüftung		kalt	
		ohne FBH		22 °C	80 %	18 °C	50 %
Var.1.2.6	Beton	Estrich	300 m	kalt		warm KEINE Lüftung	
		ohne FBH		18 °C	50 %	22 °C	80 %
Var.1.3.5	Beton	Estrich	1500 m	warm KEINE Lüftung		kalt	
		ohne FBH		22 °C	80 %	18 °C	50 %
Var.1.3.6	Beton	Estrich	1500 m	kalt		warm KEINE Lüftung	
		ohne FBH		18 °C	50 %	22 °C	80 %

	Decke aus	FB-Aufbau	Sd-Wert Abdichtung Rohbau	Klima unten		Klima oben	
				Temp.	Feuchte	Temp.	Feuchte
Var.1.00.5	Beton	Estrich	0 m	warm KEINE Lüftung		kalt	
		ohne FBH		22 °C	80 %	18 °C	50 %
Var.1.01.5	Beton	Estrich	0,01 m	warm KEINE Lüftung		kalt	
		ohne FBH		22 °C	80 %	18 °C	50 %
Var.1.02.2	Beton	Estrich	45 m	warm MIT Lüftung		kalt	
		ohne FBH		22 °C	60 %	18 °C	50 %

Tabelle 7

Den Berechnungen liegt folgender Aufbau zugrunde:

O-U	Schichten	Dicke m	sd m	λ W/mK
1	Fliesen im Dünnbett	0,0150	2,25	1,300
2	Verbundabdichtung (z.B. Epoxy)	0,0030	50,00	0,000
3	Zementestrich E225	0,0500	2,50	1,330
4	PE-Folie	0,0000	0,00	0,230
5	EPS-T 1000 32/30 (max. Auflast 1000 kg/m²), s'=25MN/m³	0,0300	1,50	0,038
6	Dampfbremse, sd ≥ 120m, Stöße verklebt oder verschweißt	0,0012	120,00	0,500
7	• Polystyrolbeton	0,0460	0,46	0,100
8	Feuchtraumabdichtung lt. ON B 3692!	0,0060	10,00	0,190
9	STB-Decke bzw. lt. Statik	0,2000	20,00	2,500
10	Spachtelung	0,0020	0,06	0,800

0,353

U-Wert = 0,62 W/m²K

Tabelle 8

Dabei wurde der s_d -Wert der Feuchtraumabdichtung auf der Rohdecke gemäß den obenstehenden Tabellen im ersten Schritt mit 100 m angesetzt und in den nachfolgenden Berechnungen zwischen 0 m (keine Abdichtung) und 1.500 m (Abdichtung mit dampfsperrender Funktion) variiert.

2. Deckenkonstruktionen aus Holz bzw. Gasbeton – mit Nassestrich

	Decke aus	FB-Aufbau	Sd-Wert Abdichtung Rohbau	Klima unten		Klima oben	
				Temp.	Feuchte	Temp.	Feuchte
Var.2.0.5	Holz	Estrich	10 m	warm KEINE Lüftung		kalt	
		ohne FBH		22 °C	80 %	18 °C	50 %
Var.2.0.6	Holz	Estrich	10 m	kalt		warm KEINE Lüftung	
		ohne FBH		18 °C	50 %	22 °C	80 %
Var.2.1.5	Holz	Estrich	100 m	warm KEINE Lüftung		kalt	
		ohne FBH		22 °C	80 %	18 °C	50 %
Var.2.1.6	Holz	Estrich	100 m	kalt		warm KEINE Lüftung	
		ohne FBH		18 °C	50 %	22 °C	80 %
Var.3.0.5	Gasbeton	Estrich	10 m	warm KEINE Lüftung		kalt	
		ohne FBH		22 °C	80 %	18 °C	50 %
Var.3.0.6	Gasbeton	Estrich	10 m	kalt		warm KEINE Lüftung	
		ohne FBH		18 °C	50 %	22 °C	80 %
Var.3.1.5	Gasbeton	Estrich	100 m	warm KEINE Lüftung		kalt	
		ohne FBH		22 °C	80 %	18 °C	50 %
Var.3.1.6	Gasbeton	Estrich	100 m	kalt		warm KEINE Lüftung	
		ohne FBH		18 °C	50 %	22 °C	80 %

Tabelle 9

Den Berechnungen liegen folgende Aufbauten zugrunde:

- Varianten 2.x.y – Deckenkonstruktion aus Holz

O-U	Schichten	Dicke m	sd m	λ W/mK
1	Fliesen im Dünnbett	0,0150	2,25	1,300
2	Verbundabdichtung (z.B. Epoxy)	0,0030	50,00	0,000
3	Zementestrich E225	0,0500	2,50	1,330
4	PE-Folie	0,0000	0,00	0,230
5	EPS-T 1000 32/30 (max. Auflast 1000 kg/m ² , s'=25MN/m ³)	0,0300	1,50	0,038
6	Dampfbremse, $s_d \geq 120m$, Stöße verklebt oder verschweißt	0,0012	120,00	0,500
7	• Polystyrolbeton	0,0460	0,46	0,100
8	Feuchtraumabdichtung lt. ÖN B 3692!	0,0060	10,00	0,190
9	• Brettsperrholzdecke bzw. lt. Statik	0,1600	8,00	0,120
10	Spachtelung	0,0020	0,06	0,800
		0,313		
			U-Wert =	0,35 W/m²K

Tabelle 10

• Varianten 3.x.y – Deckenkonstruktion aus Gasbeton

O-U	Schichten	Dicke m	sd m	λ W/mK
1	Fliesen im Dünnbett	0,0150	2,25	1,300
2	Verbundabdichtung (z.B. Epoxy)	0,0030	50,00	0,000
3	Zementestrich E225	0,0500	2,50	1,330
4	PE-Folie	0,0000	0,00	0,230
5	EPS-T 1000 32/30 (max. Auflast 1000 kg/m²), s'=25MN/m³	0,0300	1,50	0,038
6	Dampfbremse, sd ≥ 120m, Stöße verklebt oder verschweißt	0,0012	120,00	0,500
7	• Polystyrolbeton	0,0460	0,46	0,100
8	Feuchtraumabdichtung lt. ÖN B 3692!	0,0060	10,00	0,190
9	Gasbetondecke bzw. lt. Statik	0,2000	1,00	0,170
10	Spachtelung	0,0020	0,06	0,800
		0,353		

U-Wert = **0,37** W/m²K

Tabelle 11

Dabei wurde der s_d-Wert der Feuchtraumabdichtung auf der Rohdecke gemäß obenstehender Tabelle zwischen 10 m und 100 m variiert.

3. Deckenkonstruktionen aus Stahlbeton – spezielle Fußbodenaufbauten

	Decke aus	FB-Aufbau	Sd-Wert Abdichtung Rohbau	Klima unten		Klima oben	
				Temp.	Feuchte	Temp.	Feuchte
Var.4.1.5	Beton	Trockenestrich	100 m	warm KEINE Lüftung		kalt	
		ohne FBH		22 °C	80 %	18 °C	50 %
Var.5.1.5	Beton	Estrich	100 m	warm KEINE Lüftung		kalt	
		mit FBH		22 °C	80 %	18 °C	50 %
Var.6.1.5	Beton	Estrich	100 m	warm KEINE Lüftung		kalt	
		ohne FBH/TSD		22 °C	80 %	18 °C	50 %
Var.7.1.5	Beton	Estrich beschichtet	100 m	warm KEINE Lüftung		kalt	
		ohne FBH		22 °C	80 %	18 °C	50 %

Tabelle 12

Den Berechnungen liegen folgende Aufbauten zugrunde:

- Variante 4.1.5 – Fußbodenaufbau mit Trockenestrich

O-U	Schichten	Dicke m	sd m	λ W/mK
1	Fliesen im Dünnbett	0,0150	2,25	1,300
2	Verbundabdichtung (z.B. Epoxy)	0,0030	50,00	0,000
3	• 2x12,5mm Trockenestrich (z.B. Rigips Rigidur H od. Glw.)	0,0250	0,48	0,202
4	• ISOVER Akustic EP 3 25 od. Glw.	0,0250	0,03	0,039
5	• 1x12,5mm GK-Lastverteilplatte (z.B. Rigips Rigidur H od. Glw.)	0,0125	0,24	0,202
6	Dampfbremse, sd \geq 120m, Stöße verklebt oder verschweißt	0,0012	120,00	0,500
7	• Trockenschüttung (max. 60 mm)	0,0600	0,60	0,100
8	Feuchtraumabdichtung lt. ÖN B 3692!	0,0060	100,00	0,190
9	STB-Decke bzw. lt. Statik	0,2000	20,00	2,500
10	Spachtelung	0,0020	0,06	0,800
		0,350		
				U-Wert = 0,57 W/m²K

Tabelle 13

- Variante 5.1.5 – Fußbodenaufbau mit Nassestrich mit Fußbodenheizung

O-U	Schichten	Dicke m	sd m	λ W/mK
1	Fliesen im Dünnbett	0,0150	2,25	1,300
2	Verbundabdichtung (z.B. Epoxy)	0,0030	50,00	0,000
3	Zementheizestrich E225	0,0700	3,50	1,330
4	PE-Folie	0,0000	0,00	0,230
5	EPS-T 1000 32/30 (max. Auflast 1000 kg/m ²), s'=25MN/m ³	0,0300	1,50	0,038
6	Dampfbremse, sd \geq 120m, Stöße verklebt oder verschweißt	0,0012	120,00	0,500
7	• Polystyrolbeton	0,0460	0,46	0,100
8	Feuchtraumabdichtung lt. ÖN B 3692!	0,0060	100,00	0,190
9	STB-Decke bzw. lt. Statik	0,2000	20,00	2,500
10	Spachtelung	0,0020	0,06	0,800
		0,373		
				U-Wert = 0,61 W/m²K

Tabelle 14

- Variante 6.1.5 – Fußbodenaufbau ohne Trittschalldämmung

O-U	Schichten	Dicke m	sd m	λ W/mK
1	Fliesen im Dünnbett	0,0150	2,25	1,300
2	Verbundabdichtung (z.B. Epoxy)	0,0030	50,00	0,000
3	Zementestrich E225	0,0500	2,50	1,330
4	Dampfbremse, sd \geq 120m, Stöße verklebt oder verschweißt	0,0012	120,00	0,500
5	Schüttung gebunden, trittschalldämmend, s' < 40 MN/m ³	0,0600	0,75	0,048
6	Feuchtraumabdichtung lt. ÖN B 3692!	0,0060	100,00	0,190
7	STB-Decke bzw. lt. Statik	0,2000	20,00	2,500
8	Spachtelung	0,0020	0,06	0,800
		0,337		
				U-Wert = 0,62 W/m²K

Tabelle 15

- Variante 7.1.5 – Fußbodenaufbau mit Beschichtung auf dem Nassestrich

O-U	Schichten	Dicke m	sd m	λ W/mK
1	Beschichtung (diff.offen)	0,0050	0,01	0,000
2	Zementestrich E225	0,0500	2,50	1,330
3	PE-Folie	0,0000	0,00	0,230
4	EPS-T 1000 32/30 (max. Auflast 1000 kg/m²), s'=25MN/m³	0,0300	1,50	0,038
5	Dampfbremse, sd ≥ 120m, Stöße verklebt oder verschweißt	0,0012	120,00	0,500
6	• Polystyrolbeton	0,0460	0,46	0,100
7	Feuchtraumabdichtung lt. ÖN B 3692!	0,0060	100,00	0,190
8	STB-Decke bzw. lt. Statik	0,2000	20,00	2,500
9	Spachtelung	0,0020	0,06	0,800
		0,340		
			U-Wert =	0,62 W/m²K

Tabelle 16

Bei allen vier Varianten wurde der s_d -Wert der Feuchtraumabdichtung auf der Rohdecke gemäß obstehender Tabelle mit 100 m angesetzt.

4. Erdberührte Fußböden aus Stahlbeton

	Decke aus	FB-Aufbau	Sd-Wert Abdichtung Rohbau	Klima unten		Klima oben	
				Temp.	Feuchte	Temp.	Feuchte
Var.8.0.7	Beton	Estrich ohne FBH	0 m	erdberührt		warm KEINE Lüftung	
	erdberührt	XPS unter Platte		6 °C	100 %	22 °C	80 %
Var.8.4.7	Beton	Estrich ohne FBH	320 m	erdberührt		warm KEINE Lüftung	
	erdberührt	XPS unter Platte		6 °C	100 %	22 °C	80 %
Var.9.0.7	Beton	Estrich ohne FBH	0 m	erdberührt		warm KEINE Lüftung	
	erdberührt	EPS über Platte		6 °C	100 %	22 °C	80 %
Var.9.4.7	Beton	Estrich ohne FBH	320 m	erdberührt		warm KEINE Lüftung	
	erdberührt	EPS über Platte		6 °C	100 %	22 °C	80 %
Var.9.5.7	Beton	Estrich ohne FBH	8 m	erdberührt		warm KEINE Lüftung	
	erdberührt	EPS über Platte		6 °C	100 %	22 °C	80 %

Tabelle 17

Den Berechnungen liegen folgende Aufbauten zugrunde:

- Varianten 8.x.y – Dämmung mit XPS unterhalb der Bodenplatte

U-O	Schichten	Dicke m	sd m	λ W/mK
1	Sauberkeitschicht	0,0800		
2	XPS - G mit Stufenfalz, 1-lagig	0,2000	40,00	0,038
3	Trennlage PE-Folie	0,0000	0,00	0,230
4	STB-Bodenplatte "weiße Wanne", bzw. lt. Statik	0,3000	30,00	2,500
5	Polystyrolbeton	0,0550	0,00	0,100
6	Dampfbremse, sd \geq 120m, Stöße verklebt oder verschweißt	0,0012	120,00	0,500
7	MW-T 30/27 ("schwere Ausführung, Typ "S"), s'=10MN/m ³	0,0270	0,03	0,032
8	PE-Folie	0,0000	0,00	0,230
9	Zementestrich E225	0,0500	2,50	1,330
10	Verbundabdichtung (z.B. Epoxy)	0,0030	50,00	0,000
11	Fliesen im Dünnbett	0,0150	2,25	1,000
		0,731		
			U-Wert =	0,14 W/m²K

Tabelle 18

- Varianten 9.x.y – Dämmung mit EPS oberhalb der Bodenplatte

U-O	Schichten	Dicke m	sd m	λ W/mK
1	Sauberkeitschicht	0,0800		
2	STB-Bodenplatte "weiße Wanne", bzw. lt. Statik	0,3000	30,00	2,500
3	1 Lage bituminöse Feuchtigkeitsabdichtung (E-KV-4)	0,0040	320,00	0,190
4	EPS-W 20 plus	0,2000	14,00	0,032
5	Dampfbremse, sd \geq 120m, Stöße verklebt oder verschweißt	0,0012	120,00	0,500
6	MW-T 30/27 ("schwere Ausführung, Typ "S"), s'=10MN/m ³	0,0270	0,03	0,032
7	PE-Folie	0,0000	0,00	0,230
8	Zementestrich E225	0,0500	2,50	1,330
9	Verbundabdichtung (z.B. Epoxy)	0,0030	50,00	0,000
10	Fliesen im Dünnbett	0,0150	2,25	1,000
		0,680		
			U-Wert =	0,13 W/m²K

Tabelle 19

Dabei wurde der s_d -Wert der Feuchtigkeitsabdichtung auf der Bodenplatte gemäß obenstehender Tabelle zwischen 0 m (keine Abdichtung), 8 m (Flüssigabdichtung) und 320 m (4 mm bituminöse Abdichtung) variiert.

Die Berechnungen wurden einerseits nach der „alten“ ÖNORM B 8110-2:2003-07 (Glaser-Verfahren) und andererseits für ausgewählte Aufbauten mit der aktuellen ÖNORM B 8110-2:2020-01 (vereinfachter Nachweis) durchgeführt. Bei den Berechnungen nach dem vereinfachten Verfahren der Ausgabe 2020-01 wurde eine Anfangsfeuchte von 250 g/m² in der Schicht Polystyrolbeton angesetzt. Außerdem wird den Berechnungen zugrunde gelegt, dass die Luftdichtheit der Aufbauten dauerhaft gesichert ist. Bei den Berechnungen nach dem Glaser-Verfahren konnte keine Anfangsfeuchte berücksichtigt werden.

Die Ergebnisse der Berechnungen (Nachweis der Kondensatfreiheit im Inneren des Bauteils erfüllt oder nicht) können der nachfolgenden Tabelle entnommen werden.

Nachweis erfüllt gem. ÖN B 8110-2 Ausgabe			Nachweis erfüllt gem. ÖN B 8110-2 Ausgabe		
	2003	2020		2003	2020
Var.1.1.1	JA	NEIN	Var.2.0.5	JA	-
Var.1.1.2	JA	NEIN	Var.2.0.6	JA	-
Var.1.1.3	JA	NEIN	Var.2.1.5	JA	-
Var.1.1.4	JA	-	Var.2.1.6	JA	-
Var.1.1.5	JA	-	Var.3.0.5	JA	-
Var.1.1.6	JA	-	Var.3.0.6	JA	-
			Var.3.1.5	JA	-
Var.1.0.5	JA	NEIN	Var.3.1.6	JA	-
Var.1.0.6	JA	JA			
Var.1.2.5	JA	-	Var.4.1.5	JA	-
Var.1.2.6	JA	-	Var.5.1.5	JA	-
Var.1.3.5	JA	NEIN	Var.6.1.5	JA	-
Var.1.3.6	JA	NEIN	Var.7.1.5	JA	-
Var.1.00.5	-	JA	Var.8.0.7	JA	JA
Var.1.01.5	-	JA	Var.8.4.7	JA	JA
Var.1.02.2	-	JA	Var.8.5.7	JA	JA
			Var.9.0.7	NEIN	-
			Var.9.4.7	NEIN	-
			Var.9.5.7	NEIN	-

Tabelle 20

Es ist erkennbar, dass bei Anwendung des Glaser-Verfahrens fast in allen Fällen (ausgenommen Varianten 9.x.y – erdberührte Fußböden mit EPS-Dämmung oberhalb der Bodenplatte) der Nachweis der Kondensatfreiheit im Inneren des Bauteils erfüllt ist. Bei Berücksichtigung einer Anfangsfeuchte (Baufeuchte) in der Schicht Polystyrolbeton und Berechnung gemäß dem vereinfachten Nachweis gemäß aktueller ÖNORM B 8110-2 zeigt sich jedoch, dass ein positiver Nachweis im „worst case“ (unteres Badezimmer beheizt, ohne Lüftung; oberes Badezimmer unbeheizt) nur erzielt wird, wenn keine oder eine sehr diffusionsoffene (s_d -Wert 0,01 m) Feuchtraumabdichtung auf der Rohdecke ausgeführt wird. Bei Vorhandensein einer Badezimmer-Lüftung, die die Feuchtigkeit auf max. 60 % reduziert, ist eine gering diffusionshemmende Feuchtraumabdichtung (s_d -Wert max. 45 m) möglich.

Die Nachweise der Kondensatfreiheit der erdberührten Aufbauten mit einer außenseitigen XPS-Dämmung sind auch bei Berücksichtigung einer Anfangsfeuchte (Baufeuchte) in der Schicht Polystyrolbeton und Berechnung gemäß dem vereinfachten Nachweis gemäß aktueller ÖNORM B 8110-2 erfüllt.

9.2.2 Kondensat im Sommer

9.2.2.1 Kondensatrisko bei Fußbodenkühlung

Den Berechnungen des Risikos der Kondensatbildung bei Fußbodenkühlung im Sommer liegt folgender Aufbau zugrunde:

Regelgeschoßdecke - Nassbereiche - EPS-T	Dicke [cm]
Fliesen im Dünnbett	1,5 cm
Verbundabdichtung (z.B. Epoxy)	0,3 cm
Zementestrich E225	5,0 cm
Heiz-/Kühlleitungen im Estrich	2,0 cm
PE-Folie	0,0 cm
EPS-T 1000 32/30 (max. Auflast 1000 kg/m ²)	3,0 cm
Dampfbremse, Stöße verklebt oder verschweißt	0,1 cm
Polystyrolbeton	5,2 cm
STB-Decke, bzw. lt. Statik	20,0 cm
Spachtelung	0,2 cm
Gesamtdicke:	37,3 cm

Tabelle 21

Die Berechnungen wurden in diesem Fall vereinfacht nach dem Glaser Verfahren in Microsoft Excel durchgeführt. Den Berechnungen liegen folgende Randbedingungen zugrunde:

- Temperatur des Kühlmediums: 18 °C
- s_d -Wert der PE-Folie: 10 m
- s_d -Wert der Dampfbremse: 120 m
- s_d -Wert der Verbundabdichtung: 10 m, 100 m bzw. 300 m
- keine Feuchtraumabdichtung

Folgende Aufbau-/Nutzungs-Varianten wurden in Hinblick auf das Risiko von Kondensatbildung im Sommer (Kühlperiode) beurteilt:

	Temperatur		Luftfeuchtigk.		sd-Wert Epoxy	max. Luftf.	Ort der max. Luftfeuchtigkeit	
	oben	unten	oben	unten				
Variante 0	18 °C	18 °C	80 %	80 %	300 m	80 %	konstant	
A	Variante 1	20 °C	20 °C	80 %	80 %	300 m	91 %	Unterseite Estrich / PE-Folie
	Variante 2	20 °C	20 °C	80 %	80 %	100 m	91 %	Unterseite Estrich / PE-Folie
	Variante 3	20 °C	20 °C	80 %	80 %	10 m	91 %	Unterseite Estrich / PE-Folie
B	Variante 1	20 °C	20 °C	50 %	70 %	300 m	73 %	Unterseite Estrich / PE-Folie
	Variante 2	20 °C	20 °C	50 %	70 %	100 m	73 %	Unterseite Estrich / PE-Folie
	Variante 3	20 °C	20 °C	50 %	70 %	10 m	72 %	Unterseite Dampfbremse
C	Variante 1	20 °C	20 °C	70 %	50 %	300 m	77 %	Oberseite Epoxy-Verbundabd.
	Variante 2	20 °C	20 °C	70 %	50 %	100 m	76 %	Oberseite Epoxy-Verbundabd.
	Variante 3	20 °C	20 °C	70 %	50 %	10 m	77 %	Unterseite Estrich
D	Variante 1	20 °C	22 °C	50 %	70 %	300 m	79 %	Unterseite Estrich / PE-Folie
	Variante 2	20 °C	22 °C	50 %	70 %	100 m	76 %	Unterseite Dampfbremse
	Variante 3	20 °C	22 °C	50 %	70 %	10 m	75 %	Unterseite Dampfbremse
E	Variante 1	22 °C	20 °C	70 %	50 %	300 m	84 %	Oberseite Epoxy-Verbundabd.
	Variante 2	22 °C	20 °C	70 %	50 %	100 m	84 %	Oberseite Epoxy-Verbundabd.
	Variante 3	22 °C	20 °C	70 %	50 %	10 m	87 %	Unterseite Estrich
F	Variante 1	24 °C	24 °C	70 %	70 %	300 m	101 %	Unterseite Estrich / PE-Folie
	Variante 2	24 °C	24 °C	70 %	70 %	100 m	101 %	Unterseite Estrich / PE-Folie
	Variante 3	24 °C	24 °C	70 %	70 %	10 m	101 %	Unterseite Estrich / PE-Folie
G	Variante 1	24 °C	24 °C	60 %	60 %	300 m	87 %	Unterseite Estrich / PE-Folie
	Variante 2	24 °C	24 °C	60 %	60 %	100 m	87 %	Unterseite Estrich / PE-Folie
	Variante 3	24 °C	24 °C	60 %	60 %	10 m	87 %	Unterseite Estrich / PE-Folie
H	Variante 1	24 °C	20 °C	70 %	50 %	300 m	91 %	Oberseite Epoxy-Verbundabd.
	Variante 2	24 °C	20 °C	70 %	50 %	100 m	91 %	Oberseite Epoxy-Verbundabd.
	Variante 3	24 °C	20 °C	70 %	50 %	10 m	97 %	Unterseite Estrich
I	Variante 1	20 °C	24 °C	50 %	70 %	300 m	87 %	Unterseite PE-Folie (Estrich)
	Variante 2	20 °C	24 °C	50 %	70 %	100 m	80 %	Unterseite Dampfbremse
	Variante 3	20 °C	24 °C	50 %	70 %	10 m	79 %	Unterseite Dampfbremse

Tabelle 22

Die Variante 0 ist die Basisvariante, wenn die Raumtemperatur sowohl im oberen als auch im unteren Badezimmer der Temperatur des Kühlmediums entspricht und in beiden Räumen eine hohe Luftfeuchtigkeit von 80 % herrscht. In diesem Fall ist die Luftfeuchtigkeit im gesamten Aufbau konstant 80 % und es ist kein Kondensatrisiko gegeben.

Die Varianten A bis I stellen unterschiedliche Kombinationen der Innenklima-Randbedingungen im oberen und im unteren Badezimmer dar. Für jeden dieser neun Fälle wurden wiederum drei Varianten mit unterschiedlichen s_d -Werten der Epoxy-Verbundabdichtung gerechnet:

- Variante 1: $s_d = 300$ m
- Variante 2: $s_d = 100$ m
- Variante 3: $s_d = 10$ m

Als Ergebnis der Berechnungen wurden die resultierende maximale Luftfeuchtigkeit und die jeweilige Position innerhalb des Aufbaus angeführt. Ein hohes Risiko der Kondensatbildung besteht in all jenen Fällen, in denen die maximale Luftfeuchtigkeit innerhalb des Aufbaus knapp unter oder sogar rechnerisch über 100 % beträgt. In letzterem Fall ist jedenfalls mit einem Kondensat ausfall zu rechnen.

Folgende Situationen haben sich als besonders kritisch herausgestellt:

Variante	Temperatur		Luftfeuchtigkeit	
	oben	unten	oben	Unten
Variante F	24 °C	24 °C	70 %	70 %
Variante H	24 °C	20 °C	70 %	50 %

Tabelle 23

Daraus lassen sich folgende Schlussfolgerungen ableiten:

- Je höher die Temperatur und Luftfeuchtigkeit in den betrachteten Badezimmern, desto größer ist (bei gleichbleibender Temperatur des Kühlmediums) das Risiko der Kondensatbildung im Bauteilinneren;
- Bei zwei übereinander befindlichen Badezimmern mit unterschiedlicher Konditionierung ist das Risiko der Kondensatbildung in der Trenndecke generell größer, wenn sich der wärmere und feuchtere Raum oben befindet;
- Eine Variation des s_d -Wertes der Epoxy-Verbundabdichtung zwischen 10 m und 300 m hat in den meisten Fällen keinen großen Einfluss auf das Kondensatrisiko.

9.2.2.2 Kondensatrisiko bei Deckenkühlung

Den Berechnungen des Risikos der Kondensatbildung bei Deckenkühlung im Sommer liegt folgender Aufbau zugrunde:

Regelgeschoßdecke - Nassbereiche - EPS-T	Dicke [cm]
Fliesen im Dünnbett	1,5 cm
Verbundabdichtung (z.B. Epoxy)	0,3 cm
Zementestrich E225	5,0 cm
PE-Folie	0,0 cm
EPS-T 1000 32/30 (max. Auflast 1000 kg/m ²)	3,0 cm
Dampfbremse, Stöße verklebt oder verschweißt	0,1 cm
Polystyrolbeton	5,2 cm
STB-Decke mit eingelegten Kühlleitungen, bzw. lt. Statik	20,0 cm
Spachtelung	0,2 cm
Gesamtdicke:	35,3 cm

Tabelle 24

Die Berechnungen wurden in diesem Fall vereinfacht nach dem Glaser Verfahren in Microsoft Excel durchgeführt. Den Berechnungen liegen folgende Randbedingungen zugrunde:

- Temperatur des Kühlmediums: 18 °C
- s_d -Wert der PE-Folie: 10 m
- s_d -Wert der Dampfbremse: 120 m
- s_d -Wert der Verbundabdichtung: 10 m, 100 m bzw. 300 m
- keine Feuchtraumabdichtung

Folgende Aufbau-/Nutzungs-Varianten wurden in Hinblick auf das Risiko von Kondensatbildung im Sommer (Kühlperiode) beurteilt:

	Temperatur		Luftfeuchtigk.		sd-Wert Epoxy	max. Luftf.	Ort der max. Luftfeuchtigkeit	
	oben	unten	oben	Unten				
Variante 0	18 °C	18 °C	80 %	80 %	300 m	80 %	konstant	
A	Variante 1	20 °C	20 °C	80 %	80 %	300 m	91 %	STB-Decke
	Variante 2	20 °C	20 °C	80 %	80 %	100 m	91 %	STB-Decke
	Variante 3	20 °C	20 °C	80 %	80 %	10 m	91 %	STB-Decke
B	Variante 1	20 °C	20 °C	50 %	70 %	300 m	79 %	STB-Decke
	Variante 2	20 °C	20 °C	50 %	70 %	100 m	79 %	STB-Decke
	Variante 3	20 °C	20 °C	50 %	70 %	10 m	79 %	STB-Decke
C	Variante 1	20 °C	20 °C	70 %	50 %	300 m	71 %	Oberseite Epoxy-Verbundabd.
	Variante 2	20 °C	20 °C	70 %	50 %	100 m	71 %	Oberseite Fliesen
	Variante 3	20 °C	20 °C	70 %	50 %	10 m	72 %	Oberseite Dampfbremse
D	Variante 1	20 °C	22 °C	50 %	70 %	300 m	90 %	STB-Decke
	Variante 2	20 °C	22 °C	50 %	70 %	100 m	90 %	STB-Decke
	Variante 3	20 °C	22 °C	50 %	70 %	10 m	90 %	STB-Decke
E	Variante 1	22 °C	20 °C	70 %	50 %	300 m	71 %	Oberseite Epoxy-Verbundabd.
	Variante 2	22 °C	20 °C	70 %	50 %	100 m	71 %	Oberseite Epoxy-Verbundabd.
	Variante 3	22 °C	20 °C	70 %	50 %	10 m	77 %	Oberseite Dampfbremse
F	Variante 1	24 °C	24 °C	70 %	70 %	300 m	101 %	STB-Decke
	Variante 2	24 °C	24 °C	70 %	70 %	100 m	101 %	STB-Decke
	Variante 3	24 °C	24 °C	70 %	70 %	10 m	101 %	STB-Decke
G	Variante 1	24 °C	24 °C	60 %	60 %	300 m	87 %	STB-Decke
	Variante 2	24 °C	24 °C	60 %	60 %	100 m	87 %	STB-Decke
	Variante 3	24 °C	24 °C	60 %	60 %	10 m	87 %	STB-Decke
H	Variante 1	24 °C	20 °C	70 %	50 %	300 m	72 %	Oberseite Epoxy-Verbundabd.
	Variante 2	24 °C	20 °C	70 %	50 %	100 m	72 %	Oberseite Epoxy-Verbundabd.
	Variante 3	24 °C	20 °C	70 %	50 %	10 m	82 %	Oberseite Dampfbremse
I	Variante 1	20 °C	24 °C	50 %	70 %	300 m	101 %	STB-Decke
	Variante 2	20 °C	24 °C	50 %	70 %	100 m	101 %	STB-Decke
	Variante 3	20 °C	24 °C	50 %	70 %	10 m	101 %	STB-Decke

J	Variante 1	24 °C	20 °C	55 %	70 %	300 m	79 %	STB-Decke
	Variante 2	24 °C	20 °C	55 %	70 %	100 m	79 %	STB-Decke
	Variante 3	24 °C	20 °C	55 %	70 %	10 m	79 %	STB-Decke
K	Variante 1	24 °C	20 °C	80 %	80 %	300 m	92 %	STB-Decke
	Variante 2	24 °C	20 °C	80 %	80 %	100 m	93 %	STB-Decke
	Variante 3	24 °C	20 °C	80 %	80 %	10 m	98 %	Unterseite Dampfbremse

Tabelle 25

Die Variante 0 ist die Basisvariante, wenn die Raumtemperatur sowohl im oberen als auch im unteren Badezimmer der Temperatur des Kühlmediums entspricht und in beiden Räumen eine hohe Luftfeuchtigkeit von 80 % herrscht. In diesem Fall ist die Luftfeuchtigkeit im gesamten Aufbau konstant 80 % und es ist kein Kondensatrisiko gegeben.

Die Varianten A bis K stellen unterschiedliche Kombinationen der Innenklima-Randbedingungen im oberen und im unteren Badezimmer dar. Für jeden dieser elf Fälle wurden wiederum drei Varianten mit unterschiedlichen s_d -Werten der Epoxy-Verbundabdichtung gerechnet:

- Variante 1: $s_d = 300$ m
- Variante 2: $s_d = 100$ m
- Variante 3: $s_d = 10$ m

Als Ergebnis der Berechnungen wurden die resultierende maximale Luftfeuchtigkeit und die jeweilige Position innerhalb des Aufbaus angeführt. Ein hohes Risiko der Kondensatbildung besteht in all jenen Fällen, in denen die maximale Luftfeuchtigkeit innerhalb des Aufbaus knapp unter oder sogar rechnerisch über 100 % beträgt. In letzterem Fall ist jedenfalls mit einem Kondensatausfall zu rechnen.

Folgende Situationen haben sich als besonders kritisch herausgestellt:

Variante	Temperatur		Luftfeuchtigkeit	
	oben	unten	Oben	Unten
Variante F	24 °C	24 °C	70 %	70 %
Variante I	20 °C	24 °C	50 %	70 %
Variante K	24 °C	20 °C	80 %	80 %

Tabelle 26

Daraus lassen sich folgende Schlussfolgerungen ableiten:

- Je höher die Temperatur und Luftfeuchtigkeit in den betrachteten Badezimmern, desto größer ist (bei gleichbleibender Temperatur des Kühlmediums) das Risiko der Kondensatbildung im Bauteilinneren;
- Bei zwei übereinander befindlichen Badezimmern mit unterschiedlicher Konditionierung ist das Risiko der Kondensatbildung in der Trenndecke generell größer, wenn sich der wärmere und feuchtere Raum unten befindet;
- Eine Variation des s_d -Wertes der Epoxy-Verbundabdichtung zwischen 10 m und 300 m hat in den meisten Fällen keinen großen Einfluss auf das Kondensatrisiko.

9.2.2.3 Beurteilung des Kondensatrisikos mithilfe von Wärmebrückensimulationen

Zuletzt wurde untersucht, ob ein großer Lufttemperatur-Unterschied zu etwaigen stärker heruntergekühlten Nebenräumen bzw. aufgrund des Temperatureintrages im Nassraum ein zusätzliches Kondensatrisiko bedeuten kann. Hierzu wurden für zwei unterschiedliche Fälle der Innenwand-Aufstellung (auf dem Estrich bzw. direkt auf der Rohdecke) Wärmebrückenberechnungen mit dem Programm Therm (Version 7.6) durchgeführt und die minimal zu erwartende Temperatur im Nassraum (21,5 °C gemäß Abbildung unten rechts) ermittelt. Die Randbedingungen waren dabei eine Lufttemperatur in den Nassräumen von 24 °C (jeweils der linke Raum) und in den angrenzenden Räumen von 18 °C (jeweils der rechte Raum).

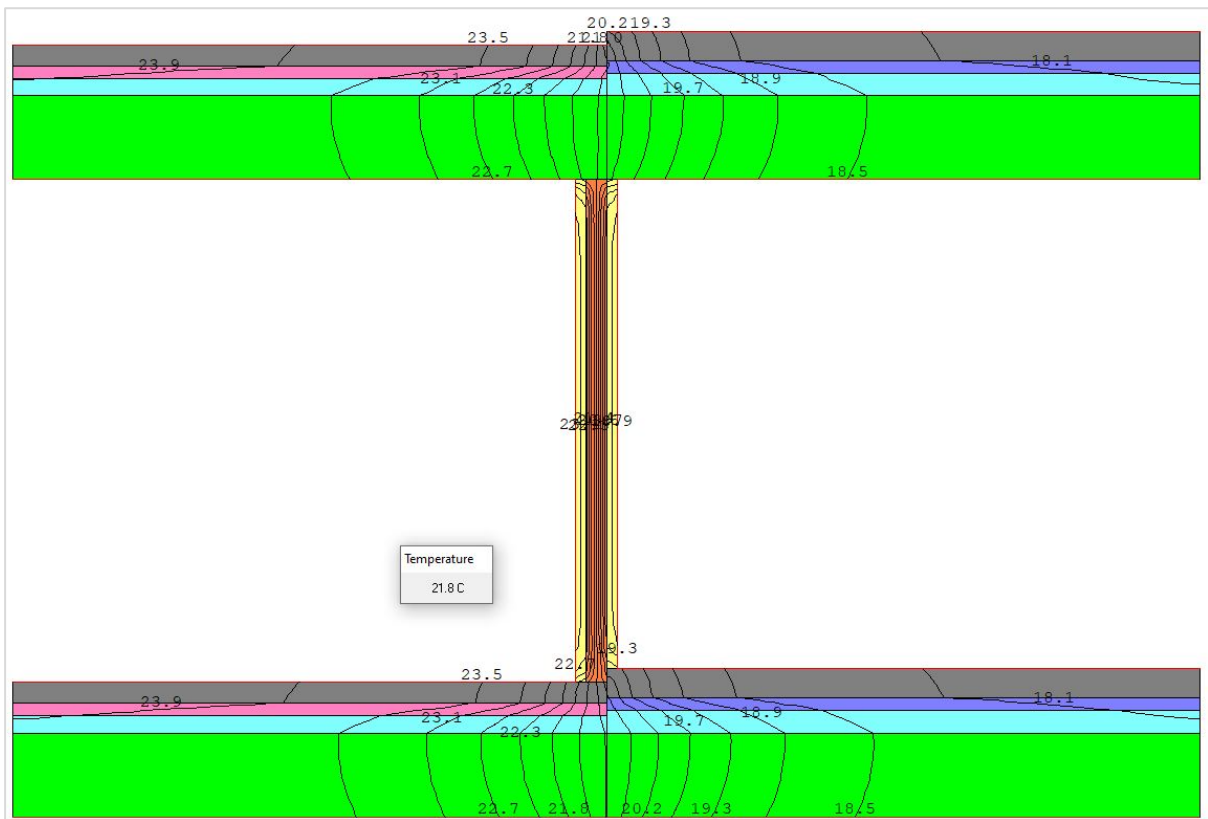


Abbildung 7

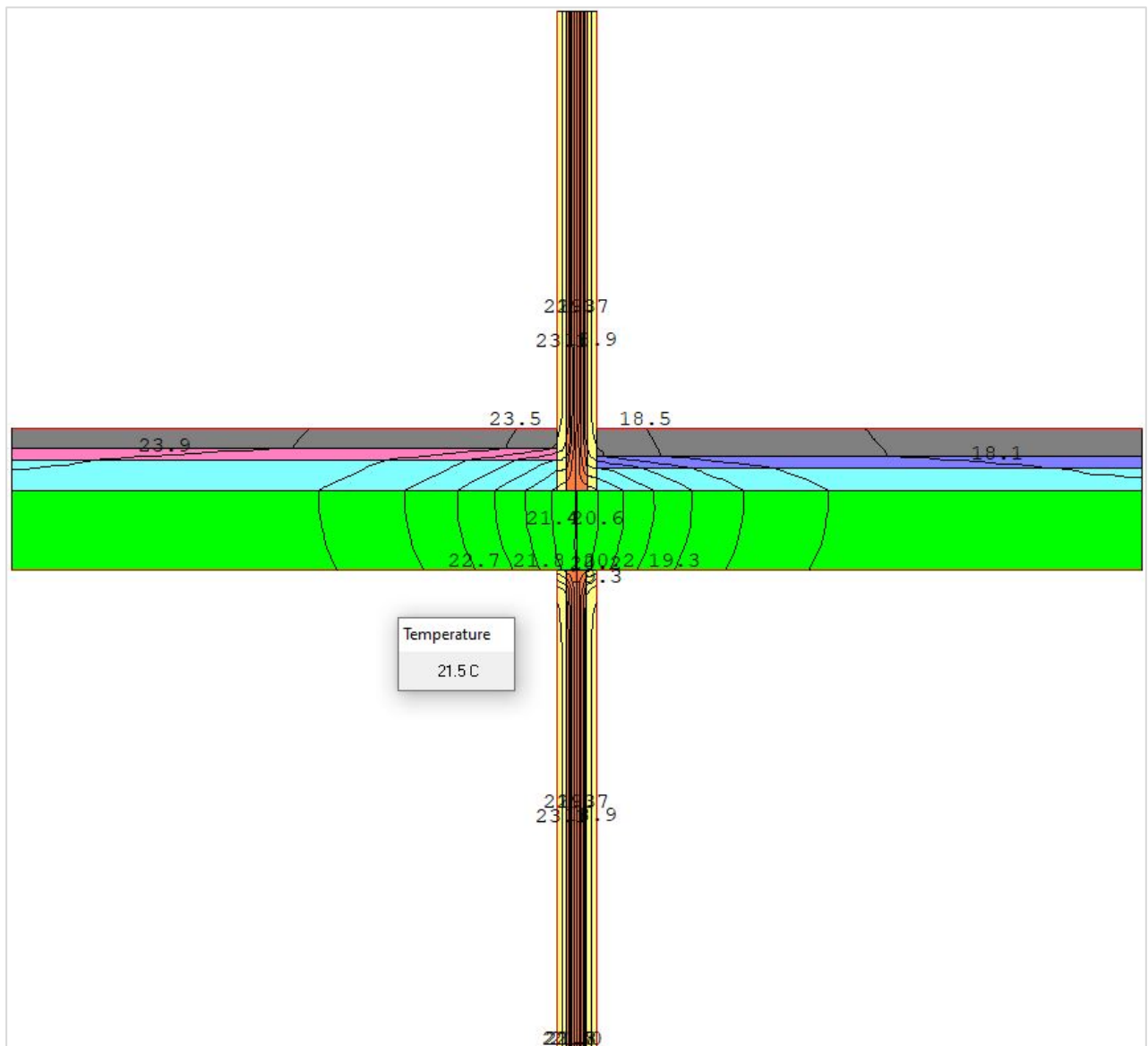


Abbildung 8

Bei einer Lufttemperatur von 24 °C in den Badezimmern wäre der Sättigungsdampfdruck an der kältesten Stelle mit 21,5 °C bei einer Luftfeuchtigkeit im Badezimmer von 86 % erreicht. Bleibt die Luftfeuchtigkeit unter diesem Wert, besteht im dargestellten Fall somit kein Kondensationsrisiko.

10 MONITORING

Recherchen und Untersuchungen hinsichtlich Detektion- und/oder Monitoringmaßnahmen für Nass-/und Feuchtraumbodenaufbauten ist wesentlicher Bestandteil des vorliegenden Forschungsvorhabens.

10.1 Allgemeines

Nass-/ Feuchträume per se, im Schadensfall vielfach auch Nachbarräume betroffen, stellen eine Herausforderung im Sinne des Feuchteschutzes dar. Der Umgang mit fließendem Wasser und Spritzwasser, kondensierender Wasserdampf und phasenweiser hoher rel. Luftfeuchtigkeit, daraus resultierend gute Bedingungen für Schimmelbildung, sind feuchteschutztechnisch nicht immer ganz einfach zu beherrschen.

Waschmaschinen, Wäschetrockner und Co leiten Schwingungen und Vibrationen in den Bodenaufbau, welche wiederum mechanische Belastungen für Abdichtungs- und Haustechnikdetails darstellen.

Die Entwicklung der Sensortechnik ist bereits so weit fortgeschritten, dass eine breite Vielfalt an handelsüblichen Sensoren, welche zwischen Wassertropfen und Luftfeuchteänderungen zuverlässig unterscheiden können, am Markt verfügbar. Die Unterscheidung hinsichtlich der Feuchtigkeitsquelle (Wassereintritt durch Undichtheiten versus Kondenswasserbildung) ist für die Ursachenrekonstruktion unerlässlich. Bestandteil des Forschungsauftrages ist es unter anderem auch, die geeignete Position und Anordnung der Sensoren zu definieren.

10.2 Digitalisierung und Monitoring

Durch die fortschreitende Digitalisierung besteht die Möglichkeit, Nassräume kontinuierlich bauphysikalisch (Aggregatzustand flüssig und gasförmig) zu überwachen.

Wasserdetektoren können Überschwemmungen erkennen und Alarme auslösen. Auch die Aufzeichnung von Temperatur und rel. Luftfeuchte erscheint in speziellen Situationen (z.B. Ferienwohnungen) sinnvoll.

Generelle Aufgabenstellung beim Monitoring von bauphysikalischen Messwerten in Gebäuden, so auch bei der Nassraumüberwachung:

- Lage der Räume
Nassräume liegen meist in den Häusern und Wohnungen an zentraler Stelle
- Datenkommunikation an sich
Die Kommunikation sollte sicher und vom jeweiligen Wohnungsnutzer unabhängig sein
- Gebäudekommunikation
Die Sensoren und Monitoring Systeme sollten Funktechnologien verwenden, die Gebäude durchdringen.

- Langlebig und kostengünstig

Die Sensoren und Monitoring Systeme sollten für einen langlebigen und kostengünstigen Betrieb ausgelegt sein.

Messdaten in Gebäuden erfassen

Messdaten sind die Grundlage für die Nassraumbodenschichtaufbauüberwachung und stehen für die Optimierung von Gebäuden. Die Datenerhebung in Bestandsgebäuden ist eine komplexe Herausforderung. Sensordaten an beliebigen Standorten einfach und schnell erfassen ohne Kabel und ohne Firmennetzwerk ist nicht einfach. LoRaWAN ist eine geeignete Technologie für den Anwendungsfall Nassraum im Wohnbau.

Funktechnologien

Welche der bekannten Funktechnologien ist für den Anwendungszweck Nassraum -Monitoring geeignet?
Welche der bekannten Funktechnologien kann in Gebäuden eingesetzt werden?

- Bluetooth™
- WiFi™
- LoRa™
- 3G/4G GSM

Die Vorzüge einer Datenübertragung mit hoher Reichweite und dabei geringem Leistungsverbrauch erfüllen nur die wenigsten Technologien.

Gängige Sensorlösungen basierend auf WLAN, Bluetooth oder Zigbee haben unter optimalen Bedingungen eine maximale Reichweite von weniger als 100 Metern. Das ist für einen Praxiseinsatz, zum Beispiel in Wohnbauten, für die Industriehalle im obigen Beispiel oft nicht ausreichend.

Bei WLAN muss zusätzlich die Leistungsaufnahme berücksichtigt werden. WLAN benötigt in etwa drei Mal so viel Strom wie ein herkömmliches LoRa-Modul.

LoRa vs. WiFi

Generell betrachtet ist weder die eine noch die andere Technologie objektiv „besser“ – entscheidend ist der Anwendungsfall.

Bei der Übertragung von Messdaten fallen in der Regel sehr geringe Datenmengen an. Diese sollen zuverlässig über große Distanzen, durch Gebäude und Hindernisse hindurch und möglichst energieeffizient übermittelt werden. Genau für diesen Anwendungsfall wurde LoRa™ entwickelt und ist hier WiFi™ eindeutig überlegen.

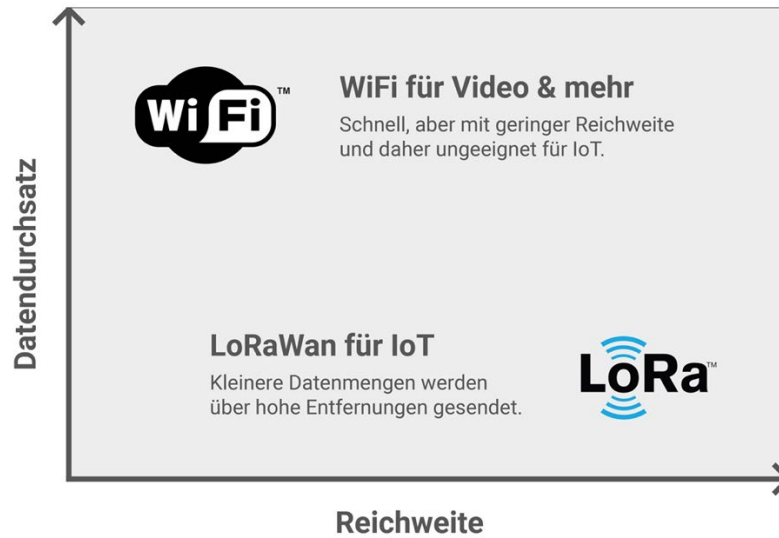


Abbildung 9

LoRa bzw. LoRaWAN sind freie Netzwerke und können daher ohne Einschränkungen und ohne Genehmigungen europaweit betrieben werden.

LoRa und LoRaWAN

LoRaWAN steht für Long Range Wide Area Network. LoRa bezeichnet die von Semtech entwickelte Funktechnik, die eine stromsparende und weitreichende Datenübertragung möglich macht. Dies wurde speziell für das Internet of things (IoT) und Industrial Internet of Things (IIoT) entwickelt. Mit LoRaWAN ist es möglich hunderte Sensoren innerhalb eines Netzwerkes zu verwalten und Messdaten zu übertragen. Sensoren können bis zu 10 Jahren ohne Batteriewechsel betrieben werden, was den Wartungsaufwand erheblich einschränkt.

Ein LoRaWAN besteht zumindest aus drei Komponenten:

- einem Node (Sensor),
- einem Gateway und
- einem LoRa-Server

Das Gateway bildet einerseits die Schnittstelle zwischen der energieeffizienten LoRa-Funkübertragung und andererseits stellt das Gateway die Kommunikation mit dem Network-Server sicher.

Der Sensor (=Node) sendet Daten mittels LoRa Funkprotokoll an alle Gateways in seiner Umgebung. Diese nehmen die Daten auf und geben sie an den Network Server weiter. Ab diesem Zeitpunkt können die Daten individuell weiterverarbeitet, visualisiert und gespeichert werden.

Wer steht hinter LoRaWAN?

Mit der LoRa Alliance werden die Spezifikationen rund um die Technologie von einer offenen Non-Profit-Organisation vorgegeben. Zu den Gründungsmitgliedern zählen unter anderem IBM, MicroChip und Semtech, die Entwickler des LoRa-Funkstandards. Unter den Mitgliedern finden sich Tech-Riesen wie Amazon, Hardware-Hersteller wie Bosch aber auch Startups und Gewerbebetriebe.

Die Aufgabe der LoRa Alliance ist der stetige Ausbau der Funktechnologie mit dem Ziel, einen Standard für die Kommunikation zu definieren. Software-Grundlagen sind nach dem Open-Source-Prinzip offen zugänglich, um eine möglichst schnelle Entwicklung zu ermöglichen.

LoRa Reichweite in Theorie und Praxis

In den Herstellerangaben von LoRaWAN-Modulen bzw. bei allgemeinen Informationen über LoRaWAN wird meist eine Reichweite von 15km angegeben. Dies ist jedoch nur eine grobe Abschätzung unter sehr guten Bedingungen. Zum Beispiel bei vorhandener Sichtverbindung, keinerlei Hindernissen in der Funkstrecke und einem flachen Terrain.

In realen Umgebungen, beispielsweise in Bürogebäuden, sind solche Reichweiten nicht möglich. Je nach Gegebenheiten sind in Gebäuden 200m bis 500m und im Außenbereich (Betriebsgelände, etc.) bis 5km Reichweite möglich.

Batterielaufzeiten von LoRa-Sensoren

Viele Hersteller von LoRaWAN-Sensoren geben eine Batterielaufzeit von 10 Jahren an. Dies ist jedoch die maximale Laufzeit und ist sehr stark von folgenden Parametern abhängig:

- Sende-Intervall: Je häufiger Daten übermittelt werden, desto höher der Energieverbrauch. Sensoren können entweder in festgelegten Intervallen senden oder erst bei Eintreten eines Ereignisses (z.B. dem Überschreiten eines Grenzwerts). Je enger das Intervall, desto kürzer die Batterielaufzeit.
- Datenmenge: Je größer die Datenmenge, desto länger braucht der Sensor, um diese zu übertragen. Die Unterschiede betragen nur den Bruchteil einer Sekunde, summieren sich über die gesamte Laufzeit allerdings auf, besonders wenn in kurzen Intervallen gesendet wird. Je größer die versendeten Datenmengen, desto kürzer die Batterielaufzeit.
- Empfangsstärke: Muss der Sensor über eine besonders weite Distanz oder durch Hindernisse (z.B. Wände) senden, steigt der Energieverbrauch. Durch eine optimale Positionierung des Gateways lässt sich die Batterielaufzeit optimieren.

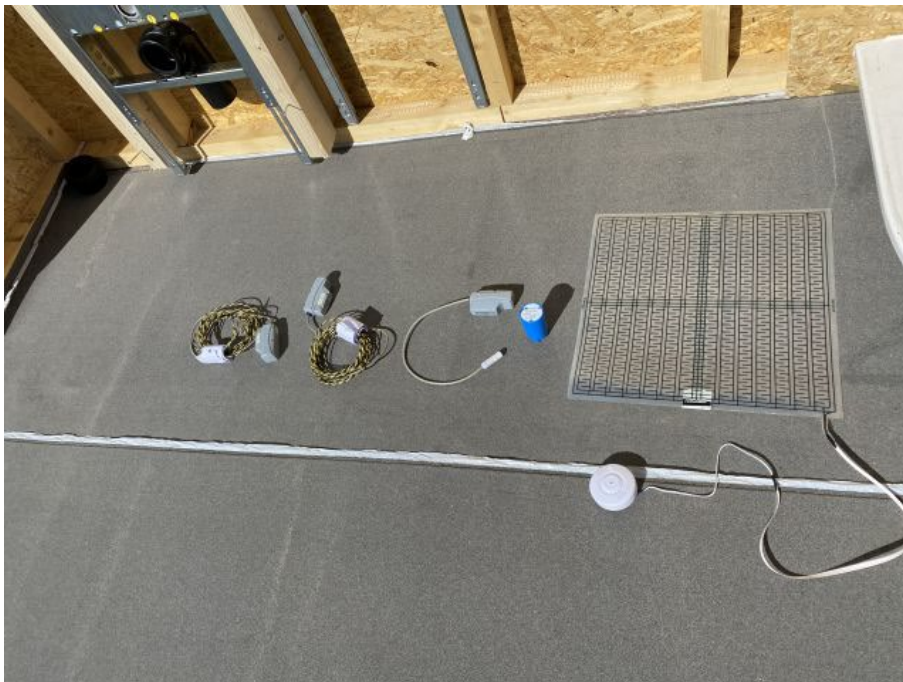
Linksammlung und Quellen:

- <https://lora-alliance.org/>
- <https://smartmakers.io/lorawan-reichweite-teil-1-die-wichtigsten-faktoren-fuer-eine-gute-lorawan-funkreichweite/>
- <https://www.linemetrics.com/de/>

10.3 Anwendungsbeispiel: NASSRAUM MONITORING

Um den Projektauftrag abarbeiten zu können, musste eine Entscheidung getroffen werden, welche Monitoringsysteme im praktischen Versuch zur Anwendung kommen. Dazu entschied sich der Forschungsprojektspartner Fa. Pasteriner für ein Band-/drahtförmiges System, eine punktförmige Messmethode sowie flächige Sensorik in Form von bedruckten Detektionsfolien. Der Fokus lag darauf, dass die Anschaffung der Sensorik für die Allgemeinheit frei zugänglich war (d.h. Sensorikhersteller und Webportalanbieter agieren wirtschaftlich unabhängig voneinander).

Abbildung 10 zeigt die angewendete und am Modellboden aufgelegte Sensorik



10.3.1 Sensoransichten im Detail:



Abbildung 11

Detektionsfolie inkl. Alarmeinheit
Stand Alone Funktion – kein Webportal



Abbildung 12

Laird LoRaWan Sensor

Ermittlung der Raumtemperatur und relative Luftfeuchtigkeit



Abbildung 13

Sensing Lab LoRaWan Sensor

Punktsensor für Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit im Nassraumboden - Schichtaufbau



Abbildung 14

Sensing Lab LoRaWan Sensor

Band- drahtförmiger Sensor zur Detektion von flüssigem Wasser.



Abbildung 15

Bmonc Microsensor 3G

Punktsensor für Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit im Nassraumboden – Schichtaufbau

Anmerkung:

Sensoren nach dem Mobilfunkstandard 3G haben sich im Nassraumbodenaufbau aufgrund der Bauart und Baugröße sowie letztendlich auch hinsichtlich der Datenübertragung als nicht weiter verfolgenswert herausgestellt. Der überwiegende Einsatzbereich dieser Sensoren liegt im Flachdachbereich (Position im Dachschichtenaufbau).

Recherchen haben ergeben, dass unter anderem gemäß den Herstellerangaben sich auch noch folgende Monitoringsysteme in Nassräumen eignen (keine Gewähr auf Vollständigkeit):

- ProtectSys®
- roofSec®
- smartex®
- Phs PRINTED HUMIDITY SENSOR®
- Optidry®
- RPM®

10.3.2 Konkretes Anwendungsbeispiel im Nassraum:

Möchte man in einem Wohnobjekt den Nassraumbodenaufbau überwachen, die Messdaten dokumentieren und visualisieren, so kann man dies mithilfe eines LoRaWAN Netzwerkes sicherstellen. Dazu kommen im Wesentlichen 3 Komponenten zum Einsatz:

a) LoRaWan-Gateway:

Üblicherweise reicht ein LoRa-Gateways aus, um alle Sensoren in den Nassräumen eines Wohnobjektes zu erfassen. Dieses Gateway wird über LAN oder LTE mit dem Internet verbunden und mit dem LoRa-Network Server gesichert verbunden. Nun ist die Kommunikation zwischen Nassraum Sensoren und dem Monitoring Server hergestellt. Die ermöglicht die Überwachung der bauphysikalischen Bedingungen in den Nassräumen.

b) Nodes:

Die LoRa-Sensoren zur Erfassung Messdaten. Dies könnte im Anwendungsfall Nassraum die Erfassung des Raumklimas (Temperatur, rel. Luftfeuchte). Unterhalb der Dusche und/oder der Badewanne kann der Wasserdetektor platziert werden. Dieser schlägt unmittelbar bei Wasseraustritt Alarm. Üblicherweise reicht die Reichweite eines LoRa-Gateways aus um alle Sensoren im Wohnobjekt abzudecken.

c) Datenplattform:

Die Datenplattform sammelt die Messdaten, speichert diese und visualisiert die Zeitreihe der Messdaten.

Auf Basis dieser Daten können faktenbasierte Analysen bzgl. der bauphysikalischen Messwerte in den jeweiligen Nassräumen vorgenommen werden. Bei Erreichen kritischer Werte kann Alarm ausgelöst werden.

Ziel war es, eine passende Sensortechnik zur Gewährleistung einer dauerhaften Schadensfreiheit im Betrieb von Nassräumen zu entwickeln. Konkret wurde dieses Ziel dadurch erreicht, indem die oben abgebildeten Sensoren recherchiert und parallel dazu eine geeignete Datenplattform / WebPortal entwickelt wurde.

Datenplattform / WebPortal Version 1.0

Ansicht der Startseite wo im Wesentlichen drei Sensoren dargestellt wurden.

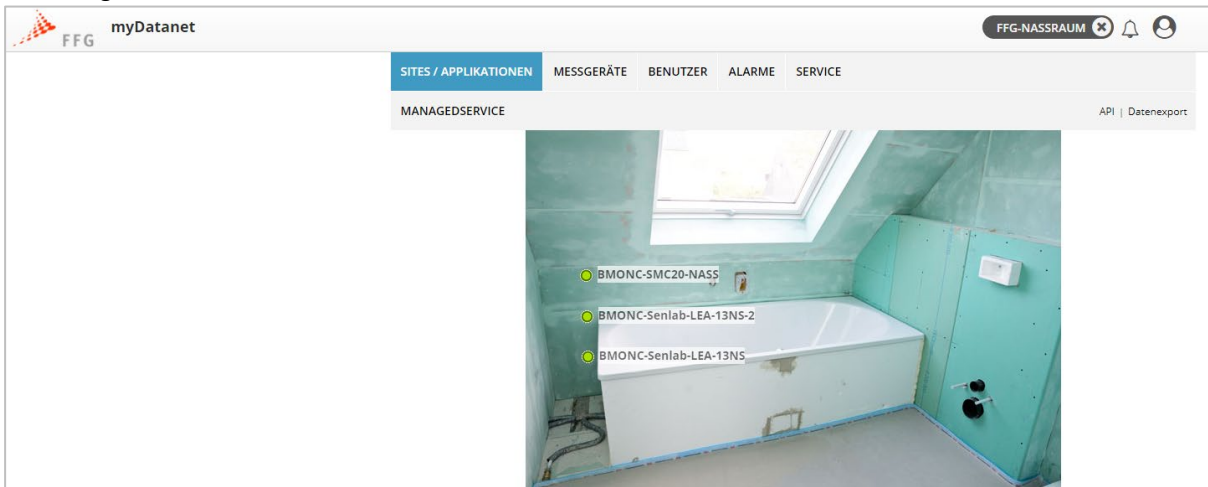
1 Stk. Bmonc SMC

- Punktsensor für Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit im Nassraumboden - Schichtaufbau

2 Stk. SenLab LoRaWan Sensor

- Band- drahtförmiger Sensor zur Detektion von flüssigem Wasser.

Abbildung 16



Darstellung der Auswertung, d.h. Ansicht der Sensorenmeßwerte

Abbildung 17

Auswertungen				
Suche...		Seiten: 1 (Gesamt 3)		
BMONC-R-Senlab-LEA-13NS SENSLAB-LEA-13NS , Wasserdetektor LORA70B3D580A010BB1A	RSSI BMONC-Senlab... -43 dBm	Current Sta... BMONC-Senlab... 	Battery BMONC-Senlab... 	Site Status BMONC-Senlab...
BMONC-R-Senlab-LEA-13NS-2 SENSLAB-LEA-13NS , Wasserdetektor LORA70B3D580A010BB1A	RSSI BMONC-Senlab... -41 dBm	Current Sta... BMONC-Senlab... 	Battery BMONC-Senlab... 	Site Status BMONC-Senlab...
BMONC-R-SMC20-NASS SMC20 Senstick Nassraum Temp.(°C) rel. Hum.(%) Luftdruck Movement (g)	Humidity BMONC-SMC20... 56,69 %	Temperatu... BMONC-SMC20... 25,21 °C	Battery BMONC-SMC20... 	Site Status BMONC-SMC20...

Sensorspezifische Darstellung über den Energiestatus der Sensoren sowie deren Sendekapazität (Qualität und Leistung)

Abbildung 18

The screenshot shows a web interface for 'Sites / Applikationen'. It features a search bar, filter options (set to 'aus'), and sorting options (set to 'Name'). The main content area lists three sensor sites:

- BMONC-Senlab-LEA-13NS**: SenlabD LEA-LAB-13NS: LORA70B3D580A010BAD2 (21.7.2020 - 28.6.2021) Waterdetector. Last update: 28.6.2021 10:50:37 SER UTC+02:00.
- BMONC-Senlab-LEA-13NS-2**: SenlabD LEA-LAB-13NS: LORA70B3D580A010BB1A (19.1.2021 - 28.6.2021) TOR-LAB-13NS WATERDETECTOR - LORA70B3D580A010BB1A. Last update: 28.6.2021 10:26:28 SER UTC+02:00.
- BMONC-SMC20-NASS**: SMC20 SENSTICK: LORA012387231F0235CF (18.1.2021 - 28.6.2021) Sensstick im FFG-NASSRAUM Projekt. Last update: 28.6.2021 11:07:41 SER UTC+02:00.

Footer information: BMONC GmbH | you are connected from 80.121.242.202 powered by Microtronics 49v031

Darstellung des Band- drahtförmigen Sensors zur Detektion von flüssigem Wasser.

The screenshot shows a detailed view of a sensor site 'BMONC-R-Senlab-LEA-13NS'. It includes a 'ZURÜCK' button and a 'FFG-NASSRAUM' indicator. The 'Letzte Messwerte' section displays five key metrics:

- Site Status**: BMONC.Senlab-LEA-13NS (Green circle icon)
- Current State**: BMONC.Senlab-LEA-13NS (Green circle icon)
- Last Pulse ID**: BMONC.Senlab-LEA-13NS (Grey circle icon)
- Battery**: BMONC.Senlab-LEA-13NS (Green battery icon)
- RSSI**: BMONC.Senlab-LEA-13NS (Signal strength icon)

All metrics show a timestamp of 28.6.2021 10:50:38 SER UTC+2:00. Below this is a 'Grafik' section with a time-series chart. The chart has a y-axis from 0.0001 to 1.0001 and an x-axis from 12:00 on 27.6.21 to 09:00 on 28.6.21. Three data series are plotted: 'Current State', 'First Pulse ID', and 'Last Pulse ID'. A legend on the right shows values for min, avg, and max for each series.

Footer information: BMONC GmbH | you are connected from 80.121.242.202 powered by Microtronics 49v031

Tabellarische Darstellung der einzelnen Sensorenmeßwerte des Band- drahtförmigen SenLab LoRaWan Sensors zur Detektion von flüssigem Wasser.

Abbildung 20

Tabelle		
UTC+2,00	rawdata	Status
28.6.2021 11:07:41 Mo	0009D916259F63BA	OK
28.6.2021 10:37:41 Mo	0009D316519F61B9	OK
28.6.2021 10:07:41 Mo	0009CD168E9F61B9	OK
28.6.2021 09:37:41 Mo	0009BA16F39F61BA	OK
28.6.2021 09:07:41 Mo	00098F17029F61BE	OK
28.6.2021 08:37:41 Mo	00097816CC9F61BB	OK
28.6.2021 08:07:41 Mo	000978164D9F61B7	OK
28.6.2021 07:37:41 Mo	0009B715299F63BB	OK
28.6.2021 07:07:41 Mo	0009D315B19F61BA	OK
28.6.2021 06:37:41 Mo	0009D315B19E63B9	OK
28.6.2021 06:07:41 Mo	0009D215AE9E63BD	OK
28.6.2021 05:37:41 Mo	0009D515AA9E61BC	OK
28.6.2021 05:07:42 Mo	0009D415AD9E63BA	OK
28.6.2021 04:37:42 Mo	0009D915AC9E63B6	OK
28.6.2021 04:07:42 Mo	0009DC15AA9E63B6	OK

BMONC GmbH | you are connected from 80.121.242.202 powered by Microtronics 49v031

Darstellung des Punktsensors Sensor Bmonc SMC in Diagrammform Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit im Nassraumboden – Schichtaufbau

Abbildung 21

FFG-NASSRAUM

ZURÜCK

BMONC-R-SMC20-NASS

Letzte Messwerte

Site Status
BMONC-SMC20-NASS

28.6.2021 11:07:41
SER UTC+2,00

Temperature
BMONC-SMC20-NASS

25,21

28.6.2021 11:07:41
SER UTC+2,00

Humidity
BMONC-SMC20-NASS

56,69

28.6.2021 11:07:41
SER UTC+2,00

Air Pressure
BMONC-SMC20-NASS

1.004

28.6.2021 11:07:41
SER UTC+2,00

Battery
BMONC-SMC20-NASS

28.6.2021 11:07:41
SER UTC+2,00

Letzte Messwerte

Movement
BMONC-SMC20-NASS

0,99

28.6.2021 11:07:41
SER UTC+2,00

RSSI
BMONC-SMC20-NASS

-56

28.6.2021 11:07:41
SER UTC+2,00

Abbildung 22

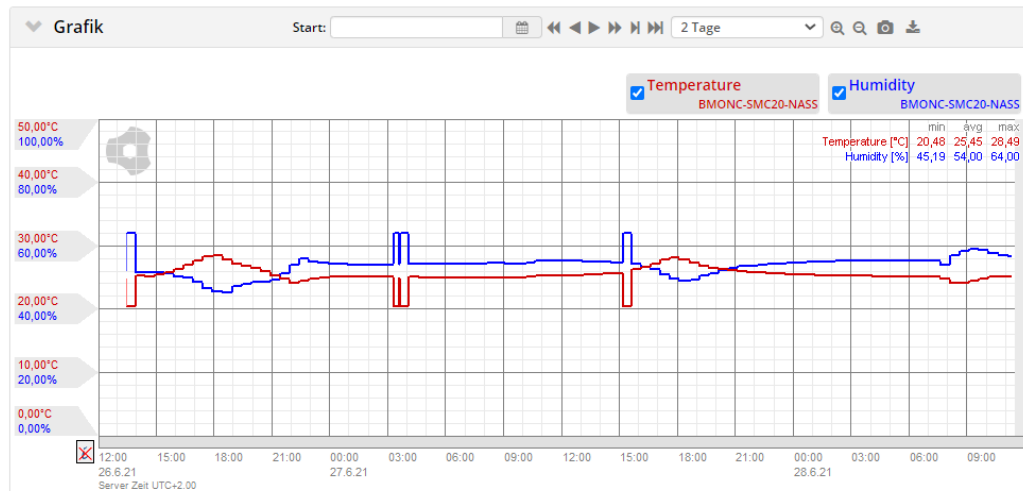
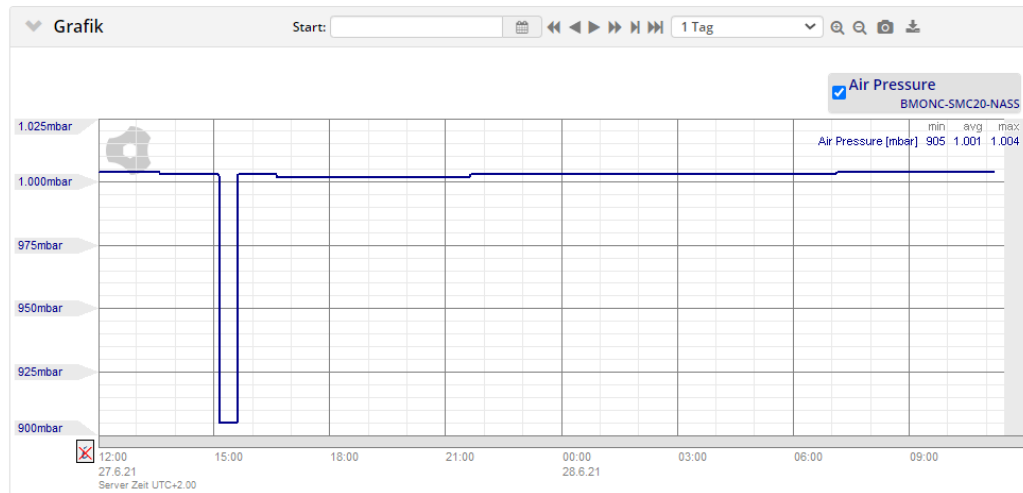


Abbildung 23



Fazit zur Datenplattform / WebPortal Version 1.0

Im Zuge der Verwendung der Datenplattform hat sich herausgestellt, dass das Handling nicht optimal ist und auch bei den Darstellmöglichkeiten Einschränkungen durch den Infrastrukturanbieter bestanden haben, wo dieser wenig Bereitschaft signalisiert hat, Optimierungen vorzunehmen.

Letztendlich war für die Beendigung der Zusammenarbeit ausschlaggebend, dass sich die Eigentümerstruktur des Infrastrukturanbieters geändert hat, was eine empfindliche Preissteigerung bei der Nutzung des Datenplattform / Webportal zur Folge gehabt hätte.

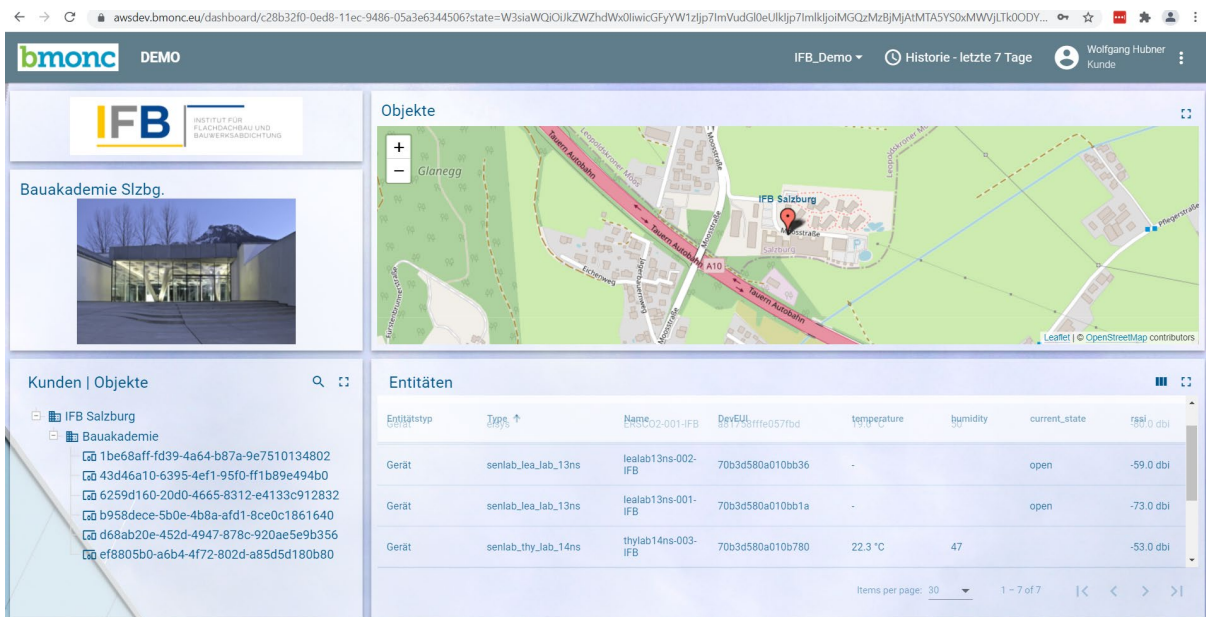
Aus diesem Grund wurden neue Partner gesucht und eine Version 2.0 der Datenplattform / Webportal programmiert.

Datenplattform / WebPortal Version 2.0

Vom Design und Technologieparameter weiterentwickeltes Webportal.

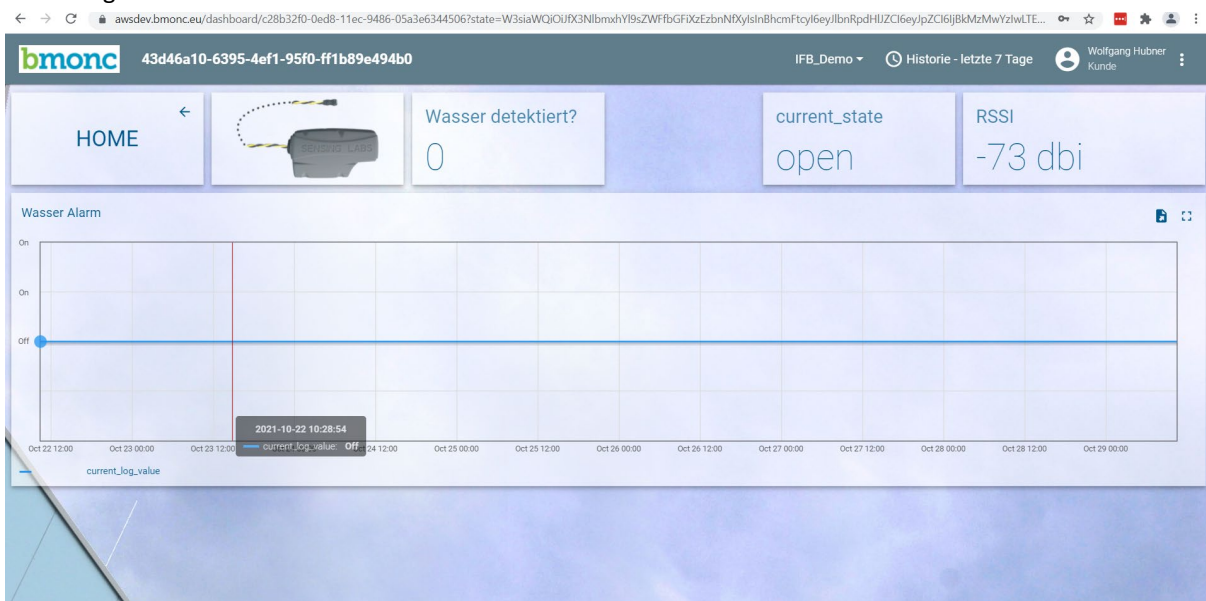
Ansicht der Startseite wo im Wesentlichen jene Objekte, in denen Sensoren eingebaut wurden, dargestellt werden. Unter Entitäten (Informationsobjekt/Objekt das Informationen speichert) sind jene Sensoren, die im vorliegenden Forschungsprojekt Anwendung kamen, erfasst.

Abbildung 24



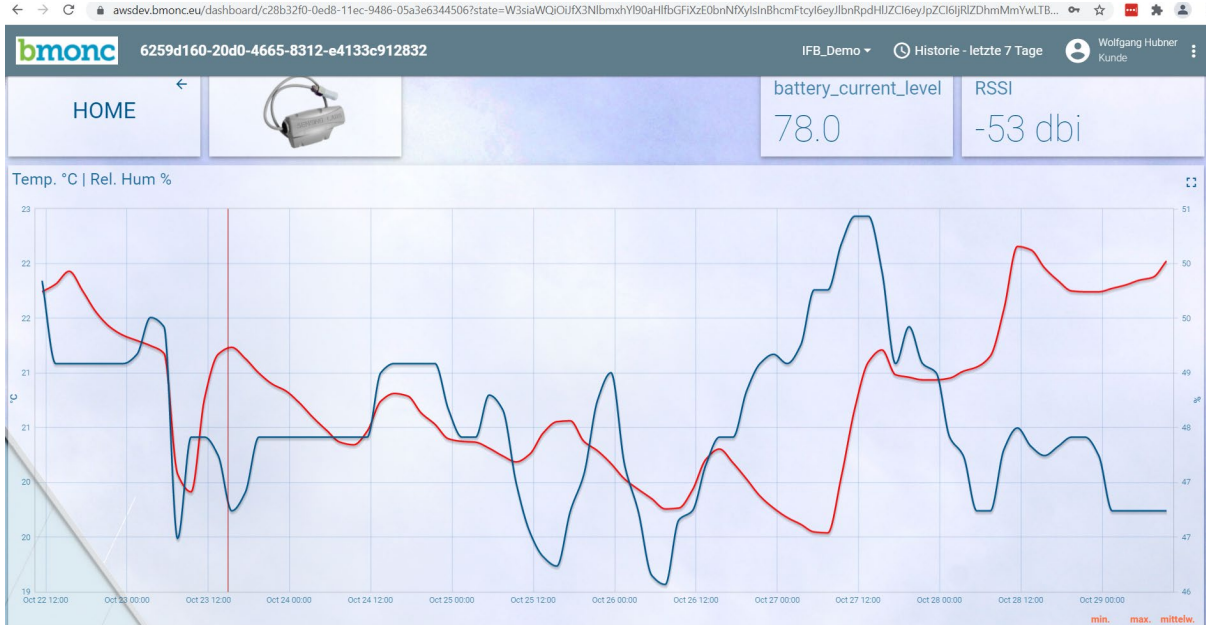
Um flüssiges Wasser zu detektieren, werden die Sensoren **Sensing Lab LoRaWan Sensor** (2 Stück) eingesetzt (siehe im Anhang Datenblatt A)

Abbildung 25



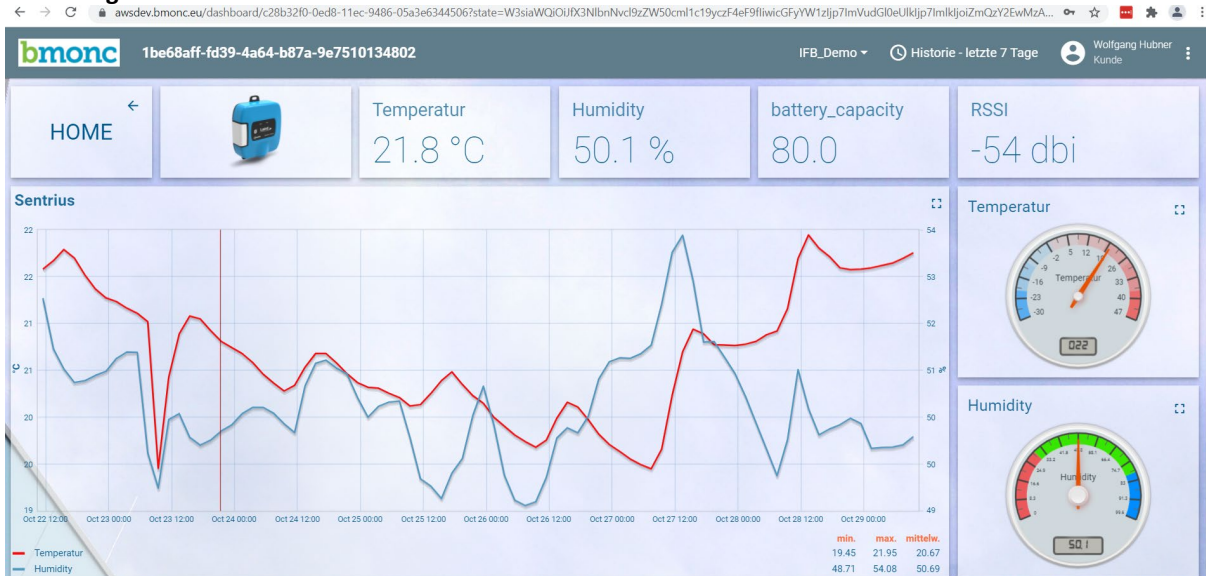
Für die Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit im Nassraumboden Schichtaufbau war der **Sensing Lab LoRaWan** Sensor im Einsatz (siehe im Anhang Datenblatt B)

Abbildung 26



Für die Ermittlung der Raum Temperaturen und relative Luftfeuchtigkeit wurde der **Laird LoRaWan** Sensor verwendet. (siehe im Anhang Datenblatt C)

Abbildung 27



10.4 Häufige Fragen

Wer baut Feuchte-/ und Dichtheitsmonitoringsysteme ein?

Unterschieden wird in der Installation von punktförmigen, draht-/ und bandförmigen, oder flächigen Sensoren, die von Fachspezialisten:innen durchgeführt werden. Dies können Bauwerksabdichtungsunternehmen, Haustechnikunternehmen aber auch Hersteller von Monitoringsystemen sein. Sofern eine permanente Stromzufuhr erforderlich ist, fällt dies in die Gewerbeberechtigung von Elektroinstallationsunternehmen.

Wann kommen punktförmig platzierte Sensoren, draht- oder bandförmige Sensoren oder aber Flächensensoren zum Einsatz?

Punktförmig platzierte Sensoren zur Messung von flüssigem Wasser können dann eingesetzt werden, wenn diese am tiefsten Punkt der Deckenoberfläche positionierbar sind. Dies setzt eine entsprechende Abdichtung, die ein ausreichendes Gefälle (≥ 1 Prozent) auf der Deckenoberfläche, voraus.

Für die Temperatur-/ und relative Luftfeuchtheitsmessung im Fußbodenschichtaufbau ist die Position des Sensors vorzugsweise in der Nähe wasserbeanspruchter Stellen vorzusehen. Der Flächenwirkungsgrad der Sensoren (wieviele Quadratmeter deckt ein Sensor ab) ist vom Hersteller bekanntzugeben.

Band-/ oder drahtförmige Sensoren werden überwiegend für die Detektion von flüssigem Wasser herangezogen, können aber auch über eine entsprechende Auswertungssoftware, Rückschlüsse auf den Feuchtegehalt der Luft innerhalb des Fußbodenschichtaufbaus zulassen. Die Sensoren werden entweder direkt unterhalb der wasserbeanspruchten Flächen (zB Duschbereich) eingebaut oder alternativ über die gesamte Nass-/Feuchtraumfläche.

Flächige Detektionssensoren in Form von elektrisch leitfähigem Geotextil werden für die Detektion von flüssigem Wasser herangezogen.

Wie hoch ist die Lebensdauer der Sensoren?

Grundsätzlich sind diesbezüglich Erfahrungswerte von den jeweiligen Systemherstellern einzuholen. Für jene Sensoren, die nach der Installation nicht mehr zugänglich sind, ist eine Funktionstauglichkeit auf den Nutzungszeitraum des Nass-/Feuchtraum auszulegen.

Punktförmige Sensoren sind über Revisionsöffnungen austauschbar zu gestalten. Produktgarantien sind mit dem Hersteller zu vereinbaren.

Sensorsysteme müssen auf ihre Funktionstauglichkeit im eingebauten Zustand überprüft werden können.

Wer wertet die Meßergebnisse aus?

Die Auswertung der Messergebnisse hat automatisch zu erfolgen und bei etwaigen Grenzwertüberschreitungen ist eine Alarmmeldung an den Nutzer zu richten. Dies kann in Form einer High-End-Lösung über eine IT- Plattform erfolgen(im Zuge des Forschungsprojektes beispielsweise von der Firma „bmonc“ verwendet → siehe 10.3.2) bis hin zu einfachen Kontaktsensoren, welche ein akustisches Signal im Nass-/ Feuchtraum absenden.

Etwaige Grenzwerte werden vom Sensorsystemhersteller vordefiniert.

Wie hoch sind die Kosten?

Wir unterscheiden in Material- und Arbeitszeitkosten sowie Aufwände im laufenden Betrieb. Grundsätzlich sind diese Kosten abhängig von der gewählten Sensorik und der damit verbundenen Auswertung der Messergebnisse. Simple Sensorfolien mit akustischem Signal beginnen bei rund netto € 100 pro Quadratmeter.

Fragen zur Haftung in Bezug auf den Einsatz von Feuchte-/und Dichtheitsmonitoringsystemen wurden in diesem Forschungsprojekt nicht untersucht und sind Gegenstand weiterer Untersuchungen!

Eine allgemeine Kostenkalkulation und Lebensdauerabschätzung hinsichtlich der Sensorik war nicht Projektinhalt und ist im Einzelfall und auf die jeweilige Anforderung projektspezifisch abzuklären.

11 LÖSUNGSVORSCHLÄGE

Ziel dieser Forschungsarbeit ist es, ein Feuchteschutzkonzept für Ein- und Mehrfamilienhäuser aber auch gewerblich genutzte und öffentlich zugängliche Immobilien zu entwickeln, das sich in Abhängigkeit der Schadensfolgeklasse aus bis zu zwei Schutzebenen und erforderlichenfalls Feuchte-/Dichtheitsmonitoringsystemen bzw. Indikatoren zusammensetzen kann.

11.1 Abdichtungsmaßnahmen

Die **erste Schutzebene** ist bekannt und wird als Verbundabdichtung bezeichnet. Diese kann beispielsweise mit mineralischen spachtelbaren Dichtmassen in Kombination mit Fliesenkleber od. ähnlichem realisiert werden. Es ist jedenfalls darauf zu achten, dass sämtliche Rohrdurchführungen und sonstige Durchdringungen und Anbauten wasserdicht konzipiert werden. Speziell bei Einfamilienhäusern mit mineralischer Bausubstanz und üblicher Nutzung (2 Erwachsene und 2 Kinder) hat sich die Verbundabdichtung als alleinige Feuchteschutzmaßnahme bewährt (Ausführung siehe 7.4).

Die **zweite Schutzebene** stellt eine Feuchtigkeitsabdichtung auf Rohbauebene/Deckenoberfläche dar, die beim Versagen der Verbundabdichtung, aber auch bei Rohrgebrecen den Feuchteschutz der Baukonstruktion übernimmt. Diese Feuchtigkeitsabdichtung wird im Regelfall aus Flüssigkunststoffen, Bitumen- oder Kunststoffbahnen hergestellt. Die zweite Schutzebene inklusive erforderlichenfalls einzusetzenden Feuchte-/Dichtheitsmonitoringsmaßnahmen ist im Wesentlichen auf die Wasserbelastung und Schadensfolgeklasse abzustimmen.

Im Zusammenhang mit der zweiten Schutzebene ist auf die Untergrundbeschaffenheit ist zu achten, sollte diese eine Rautiefe von 3 mm nicht übersteigen und die Ebenheitstoleranz zumindest einer *flächenfertigen Oberfläche (Estrichoberfläche)* entsprechen. Sofern die Oberfläche der Rohbauebene kein Gefälle in Richtung eines oder mehrerer Entwässerungsabläufe oder Detektionseinrichtungen aufweist, ist die Ebenföchigkeit von großer Bedeutung, damit beispielsweise Detektionssysteme nicht am Hochpunkt der Rohbauoberfläche situiert werden (verzögerte Wasserdetektion).

Grundsätzlich sind die unterschiedlichen Abdichtungsmaßnahmen, insbesondere jene die in der Aufzählung im **Kapitel 7 Stand der Technik und Wissenschaft** aufscheinen, bereits relativ gut erforscht und haben sich in der Praxis bewährt.

Das Aufzeigen von Optimierungsbedarf ist Teil dieses Forschungsauftrages. Abdichtungsmaßnahmen sind in Abhängigkeit von der Wasserbeabspruchung, der Nutzung, und dem Folgeschadensrisiko zu setzen.

Gezeigt hat sich bei der Bearbeitung des Modells (**praktische Arbeit, Kapitel 12**), dass eine lückenlos wasserdichte Verarbeitung der Abdichtung auf Rohbauebene/Deckenoberfläche in den Hochzugsbereichen nicht zur Gänze möglich war. Zuviele Rohrdurchführungen, Installationen mit wärmegeämmten Rohrschalen, Montagepunkte usw., wo im Regelfall keine Anschlussflansche für Abdichtungen vorhanden sind, ließen keinen 100 %igen wasserdichten Anschluss zu. Es hat sich aber gezeigt, wenn der Feuchteschutz der Rohbauebene zumindest 20mm über die Oberfläche Rohbauebene gezogen werden soll und auch die Rohrleitungen oberhalb der 20 mm Abstand zur Oberfläche Rohbauebene durch die begrenzenende Konstruktion (ZB Wände,

Schwellenkonstruktionen bei Türen) und dies in Kombination mit einem Feuchte-/Dichtheitsmonitoringsystem zur Anwendung kommt, bei Konstruktionen der Folgeschadensklasse CC1 und CC2 ausreichend war.

Dies bedeutet, dass bei Konstruktionen der Folgeschadensklasse CC 1 und CC 2 es zutreffender wäre, von einem konstruktiven Feuchteschutz auf der Oberfläche der Rohbauebene zu sprechen und nicht von einer Feuchtigkeitsabdichtung, der eine lückenlose Wasserdichtheit attestiert werden muss.

Der vorhin beschriebene Abdichtungshochzug sollte jedoch nicht im Schichtaufbau der Nassraumbodenkonstruktion enden, sondern die Oberkante der Verbundabdichtung idealerweise mindestens 30 mm überragen.

Bei Konstruktionen der Folgeschadensklasse CC 1 und CC 2 kann somit das Folgeschadenrisiko nicht zur Gänze ausgeschlossen (da keine geschlossene wasserdichte Abdichtungswanne hergestellt werden konnte), aber weitgehendst reduziert werden. Wie hoch das verbleibende Folgeschadensrisiko ist, muss konstruktionsabhängig und projektspezifisch bewertet werden.

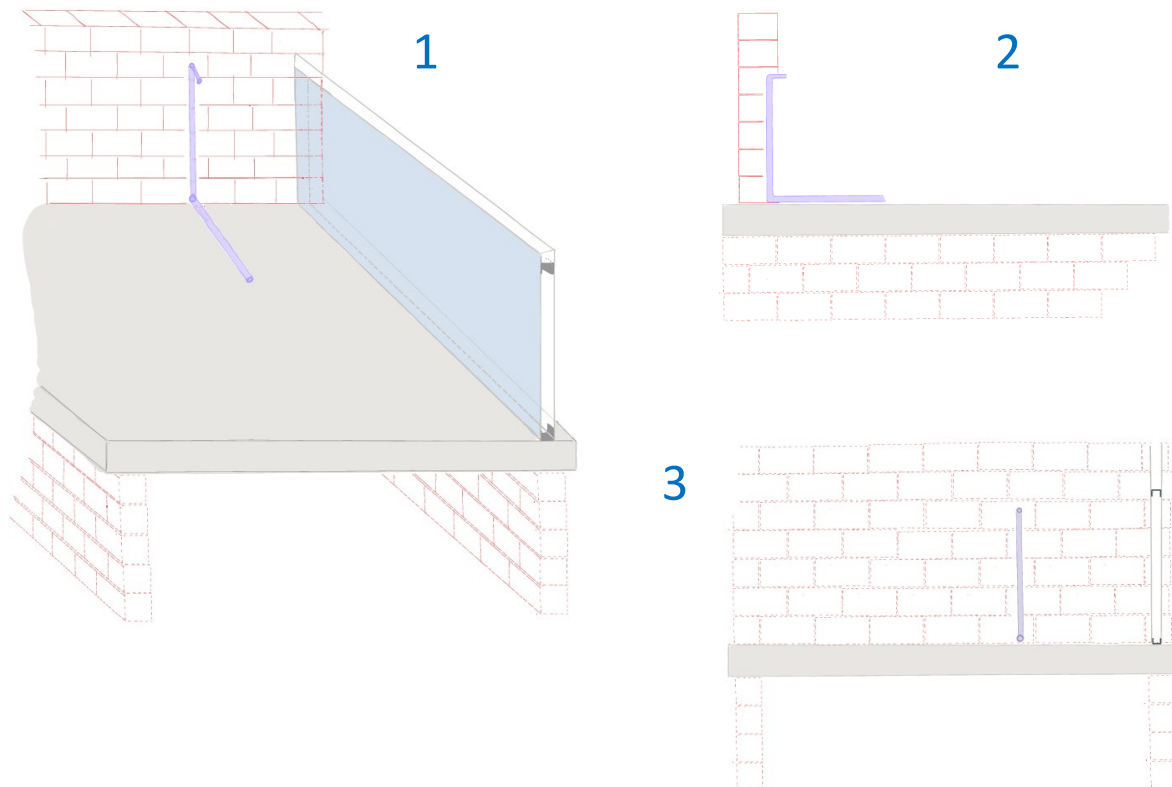
11.1.1 Prinzipielle Abdichtungsvarianten auf der Decken-(Rohbau)oberfläche

1-> Wasserrohrleitung im Rohbau

2-> Seitenansicht, Wasserrohr ist im Ziegel eingestemmt und verläuft knapp oberhalb der Deckenoberfläche

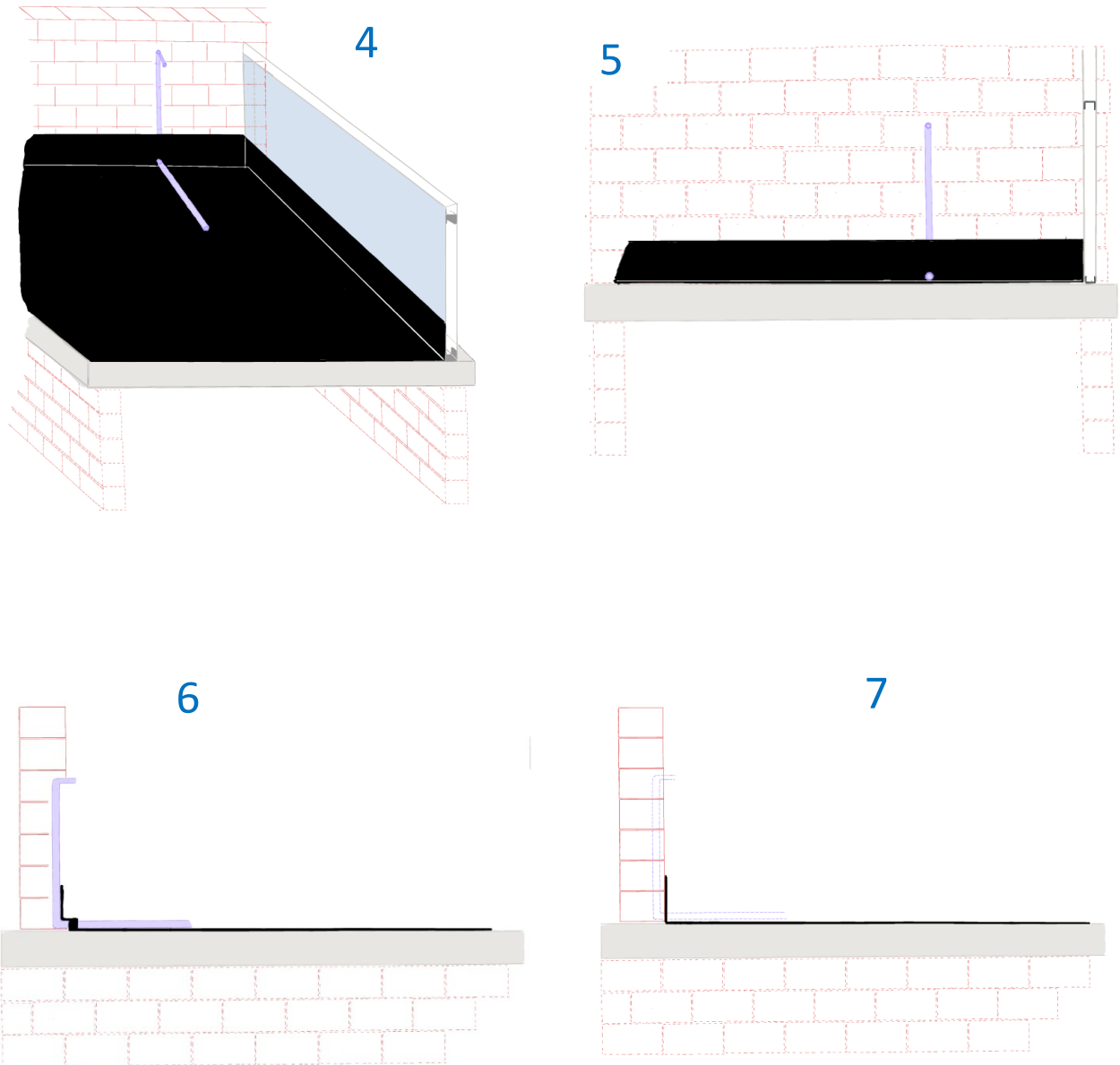
3-> Vorderansicht

Abbildung 28



- 4-> Abdichtung horizontaler Rohbauebene mit Wand -innenseitigem Abdichtungshochzug
- 5-> Rohrdurchführung ist mit dem Abdichtungshochzug einzudichten
- 6-> Abdichtungshochzug wird vor der Rohrleitung hochgezogen
- 7-> Abdichtungshochzug wird wand -innenseitig hochgezogen

Abbildung 29



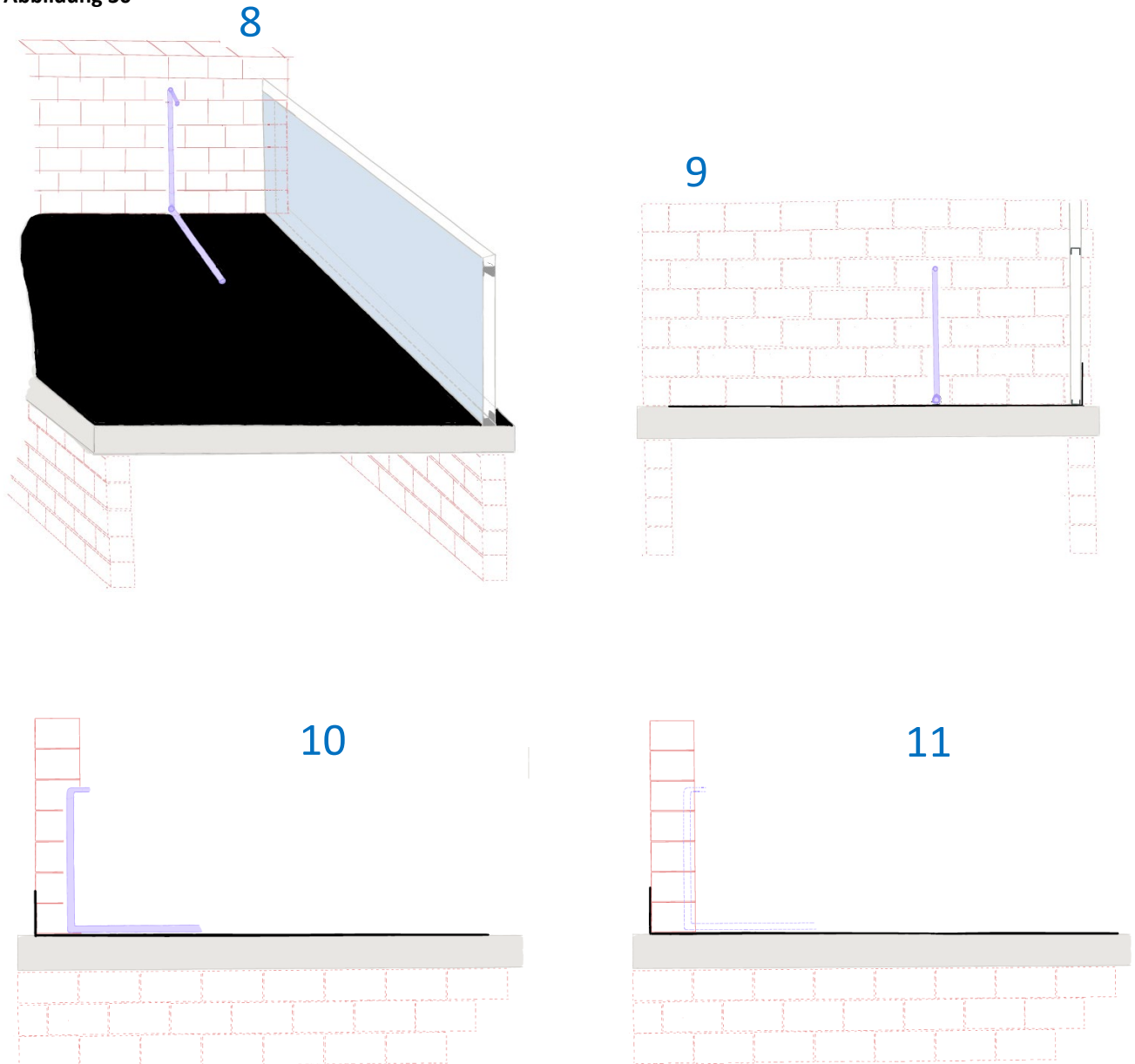
8-> Abdichtung horizontaler Rohbauebene mit Wand -außenseitigem Abdichtungshochzug

9-> Rohrdurchführung ohne Abdichtungsanschluss

10-> Abdichtungshochzug wird hinter der Rohrleitung hochgezogen

11-> Abdichtungshochzug wird Wand -außenseitig hochgezogen

Abbildung 30



Fazit:

Wenn die Abdichtung der zweiten Schutzebene an den Wandoberflächen im Innenraum des Nass-/Feuchtraums hochgezogen wird, werden die in den Wänden verlaufenden Rohrleitungen und Armaturen von den Abdichtungsmaßnahmen nicht abgedeckt. Wird hingegen die Abdichtung unterhalb der Nass-/Feuchtraumwände hindurchgezogen oder in Mauernischen hinter den Nassraumarmaturen hochgezogen, werden auch Wasseraustritte aus den Rohrleitungen mit einbezogen.

11.2 Prinzipielle Detektionsvarianten bei Feuchte-/Wassereintritte

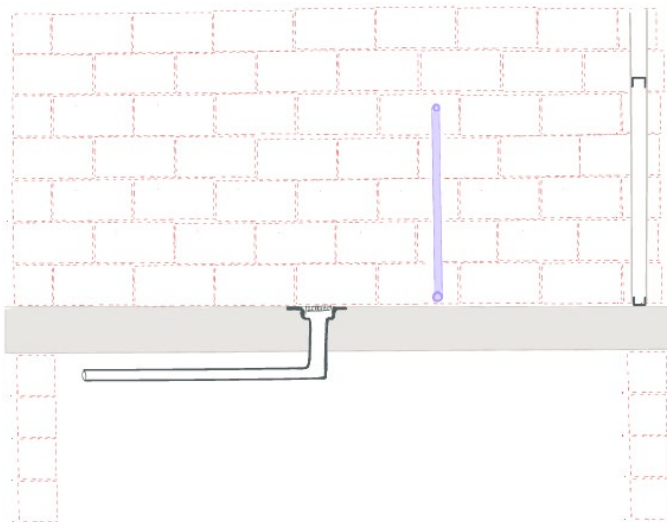
Bislang werden in Nassräumen kaum Feuchte-/Dichtheits Monitoringsysteme oder Indikatoren, die eine früh- bzw. rechtzeitig Information beim Auftreten eines Feuchteschadens anzeigen, eingebaut. Dieses technische Vakuum soll im Rahmen des gegenständlichen Projekts durch Analyse geeigneter Techniken gelöst werden.

Wir unterscheiden in Feuchteprüfung und Feuchtemonitoring.

11.2.1 Die Feuchteprüfung stellt eine Momentaufnahme dar und ist geeignet für die Detektion von Wasser auf der Abdichtungsebene

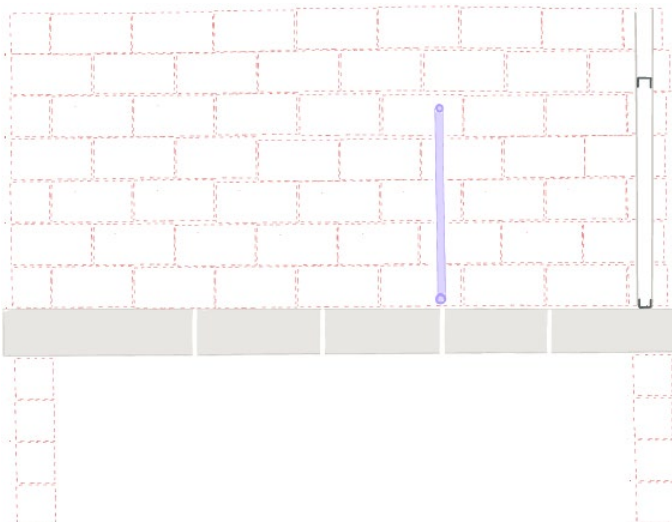
-> Ablaufvorrichtungen z.B. Entwässerungsgully

Abbildung 31



11.2.2 Bohrungen durch die Abdichtungsebene und Decke; Durchmesser ca. 10 mm; im darunterliegenden Raum nur mit Deckenverputz abgedeckt.

Abbildung 32



11.2.3 Detektion über Ablaufschläuche die an der Abdichtungsebene angeschlossen sind.

Abbildung 33

98

Sekundärabdichtung



Sekundärabdichtung – Ausführung

Ausbildung Abfluss – Anbindung an Hochzug






Quelle: TU Graz - iBBW, 2017

TU Graz | HFA | QS TGA-Holzbau | Modul 3 | 08.07.2020

Abbildung 34

99

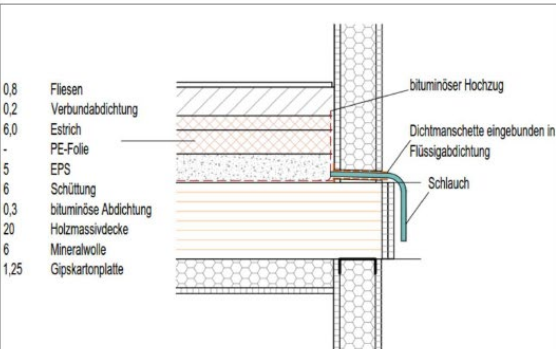
Sekundärabdichtung



Sekundärabdichtung – Ausführung

Ausbildung Abfluss - Befestigung mittels Klemmschelle an der Dichtmanschette

0,8	Fliesen
0,2	Verbundabdichtung
6,0	Estrich
-	PE-Folie
-	Flüssigabdichtung
5	EPS
6	Schüttung
0,3	bituminöse Abdichtung
20	Holzmassivdecke
6	Mineralwolle
1,25	Gipskartonplatte




Quelle: MAGG A.: Gebäudetechnik im mehrgeschoßigen Holzbau: Eine baubegleitende Analyse des Ablaufs und der konstruktiven Ausführung haustechnischer Installationen, Masterarbeit TU Graz, 2018, S. 110

TU Graz | HFA | QS TGA-Holzbau | Modul 3 | 08.07.2020

11.2.4 Detektion über eine Leerverrohrung, welche beispielsweise von einer Steckdose (Abb. 35), die entweder in Nassräumen oder an der Außenseite der Begrenzungswand des Nassraumes eingebaut ist, ausgeht. Diese Leerverrohrung wird in den Bodenschichtaufbau des Nassraumes, vorzugsweise in jene Bereiche wo das höchste Risiko für Wasseraustritte im Schichtaufbau bestehen, geführt (Abb. 36). Über eine sogenannte Einziehfeder (verwendet zum Einziehen von Elektroleitungen) kann ein Feuchteindikator (Papierstreifen der sich mit Feuchtekontakt verfärbt) in den Fußbodenschichtaufbau geschoben werden. Nach kurzer Einwirkzeit wird der Feuchteindikator wieder herausgezogen, bei einer Verfärbung des Indikatorpapiers ist Feuchtigkeit auf der Rohbauabdichtung nachgewiesen worden.

Abbildung 35



Abbildung 36



11.2.5 Dichtheits- Feuchtemonitoringsysteme

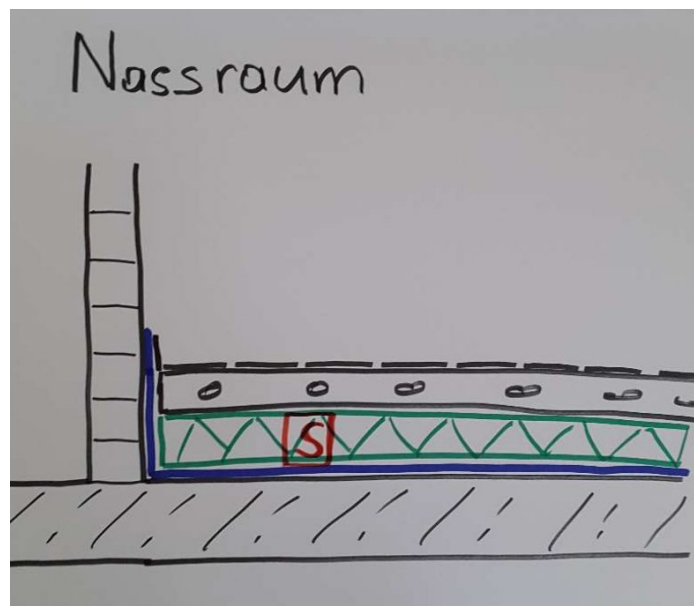
11.2.5.1 Mit Dichtheitsmonitoringsystemen kann sehr rasch und treffsicher die Wasserdichtheit der Verbundabdichtung inklusive deren An- und Abschlüsse sowie etwaiger Folgen von Rohrgebrechen detektiert werden. Im Regelfall werden diese Systeme beispielsweise im Bereich von Wand- und Anschlussfugen verlegt. Ebenso empfiehlt es sich Dichtheitsmonitoringsysteme im unmittelbaren Bereich von Rohrverbindungen anzuordnen. Die Schadensstatistik zeigt, dass die überwiegenden Schäden bei Verbundabdichtungen im Bereich der An- und Abschlüsse zu finden sind und nicht großflächig in der Nassraumboberfläche. Grundsätzlich kann aber auch die gesamte Fläche des Nassraums überwacht werden. Dazu werden entweder Flächensensoren (zum Beispiel elektrisch leitfähiges Geotextil) oder in Schleifen oder Rasterform verlegte Bandsensoren installiert.

11.2.5.2 Feuchtemonitoringsysteme reagieren nur zeitverzögert auf etwaige Wassereintritte über die Verbundabdichtung oder Leckagen in Rohren und können bei beispielsweise punktförmigen Sensoren auch keine zuverlässige Angabe über die Feuchteposition geben. Feuchtemonitoringsysteme können dort zur Anwendung kommen, wo die Gefahr von Kondenswasser im Fußbodenaufbau besteht. Siehe dazu *Kapitel 9 Bauphysik*. Feuchtemonitoringsysteme geben Auskunft über die Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit im Fußbodenschichtaufbau. In Abhängigkeit der Nutzung und der Schadensfolgeklasse können auch Dichtheits- und Feuchtemonitoringsysteme gemeinsam in einem Nassraum zum Einsatz kommen.

In der Prinzipskizze (Abb. 37) ist der rot gekennzeichnete Sensor erkennbar, welcher die Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit im Fußboden Schichtaufbau misst.

Im Praxismodell, kam in der Datenplattform Version Nr. 1, für die Messung der Temperatur und relativen Luftfeuchtigkeit im Nassraumboden/Schichtaufbau, der Bmonc Microsensor 3G Punktsensor zum Einsatz (siehe Abb. 15). In der Datenplattform Version Nr. 2 wurden ausschließlich LoRaWAN unterstützende Sensoren eingesetzt.

Abbildung 37



In Abbildung 38 sind zwei unterschiedliche Dichtheitsmonitoringsysteme sowie ein Detektionsschlauch dargestellt. Im Zuge des praktischen Versuches wurde die Dichtmassenfuge im Bereich der Duschtasse beschädigt und danach mit Wasser besprüht. Über die eingebaute Fehlstelle erfolgte ein Wassereintritt unterhalb der Duschtasse. Der Wasserdetektionssensor (Abb. 13) erkannte den Wassereintritt und sendete einen Impuls an die IT-Plattform. Im Messwertediagramm ist der Zeitpunkt und die Dauer des Wassereintrittes abgebildet (Abb. 25).

In einem zweiten Versuch wurde ein Wasseraustritt aus einer Druckleitung simuliert, wo es ebenfalls zu einem Wasseraustritt kam. Diese Fehlstelle wurde sowohl von der Detektionfolie (siehe Abb. 11) inklusive anschließendem Alarm und dem Wasserdetektionssensor (siehe Abb. 13) detektiert.

Im Zuge der Feuchteprüfung konnte über das in die Leerverrohrung eingeschobene Feuchteindikatorpapier der Wasseraustritt aus der Druckrohrleitung nachgewiesen werden.

Hinsichtlich Temperatur und relativer Luftfeuchtigkeit waren zwei Sensoren im Einsatz Abb. 12 **LoRaWan Sensor** Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit und Abb. 13 **Laird Sensing Lab LoRaWan** Sensor Punktsensor für Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit im Nassraumboden – Schichtaufbau.

Messergebnisse im Diagramm Abb. 26 und Abb. 27 dargestellt.

- Laird Sensing Lab**
LoRaWan Punktsensor
- LoRaWan Sensor** Ermittlung der Raumtemperatur und relative Luftfeuchtigkeit
- Wasserdetektionssensor**
Sensing Lab LoRaWan
Band- drahtförmiger Sensor zur Detektion von flüssigem Wasser.
- Detektionsfolie** inkl. Alarmeinheit
Stand Alone Funktion

Detektion über eine **Lehrverrohrung**

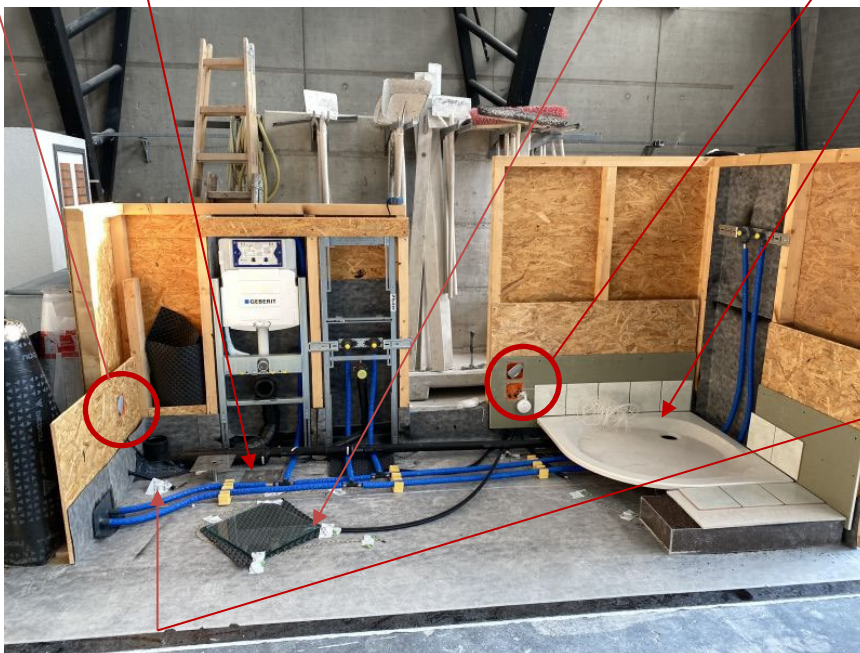


Abbildung 38

12 PRAKTISCHER VERSUCH

Die praktische Umsetzung wurde anhand eines Modells, das einer tatsächlichen baupraktischen Anwendung entsprach, untersucht. Dazu wurde aus Holzwerkstoffen ein ca. 4 m langes und 2 m breites Modell gefertigt. Die Verwendung von Holzwerkstoffen im Boden- und Wandbereich entspricht der Baurealität bei Holzhauskonstruktionen.

Das Modell weist folgende Sanitäreinrichtungen auf (Abb. 38):

- Komplettverrohrung
- Duschtasse 90 × 90 cm
- WC Spülkasten
- Handwaschbeckenanschlüsse
- Fußbodenheizung

Damit am Nassraummodell sämtliche Arbeitsschritte nachvollzogen und diese für spätere Schulungszwecke auch ausgestellt werden können, wurde der gesamte Fußbodenaufbau nur exemplarisch, im rechten Bereich neben der Duschtasse hergestellt (Abb. 38).

In den Abbildungen 39-44 sind die grundlegenden Planungsschritte festgehalten.

Konstruktive Detaillösungen waren an der Türschwelle sowie an den Wandhochzügen umzusetzen. Die Hochzüge an den Holzwänden waren in einer Höhe von mind. 30 Zentimeter, in den Mauernischen, hinter den Armaturen, auf ca. 1,20 m und höher hergestellt worden (Abb. 45 - 48).

Auch auf der Bodenplatte des Holzmodells wurde eine Lage Polymerbitumenbahn mit einer Dicke von 4 mm als Feuchtigkeitsabdichtung vollflächig aufgebracht (Abb. 49).

Die Fixierung der am Boden verlaufenden Rohrleitungen erfolgte in Hartschaumstoffschellen. Diese waren mittels doppelseitigen Klebebandes auf die Bodenabdichtung aufgeklebt worden (Abb. 50).

In Mauernischen der Holzwände werden die Zuleitungen von Warm- und Kaltwasser zum Handwaschbecken und zur Duscharmatur geführt (Abb. 53-56).

Der WC Spülkasten befindet sich innerhalb der Holzwand (Abb. 51).

Montage der Duschtasse sowie der Wandfliesen im Duschbereich siehe Abb. 52.

Zur WC-Spülung erfolgt nur eine Kaltwasserzuleitung (Abb. 56).

Ablaufleitungen wurden von der Duschtasse und dem Handwaschbecken zusammengefasst (Abb. 58).

Vom WC wird eine Kanalleitung abgeführt (Abb. 57).

Die Fußbodenheizung wird unterhalb der Türschwelle durchgeführt (Abb. 61).

Sämtliche Rohrleitungen wurden im Abdichtungsbahnenhochzug mittels flüssig aufzubringender Abdichtung eingedichtet (Abb. 38).

Im Bereich der Fliesenwandfuge, die mit langzeitelastischer Dichtmasse abgedichtet wurde, befindet sich unterhalb der Duschtasse der band- drahtförmiger Sensor **Sensing Lab LoRaWan** zur Detektion von flüssigem Wasser (Abb. 54).

Unterhalb der Duschtasse befand sich auch die *Stand Alone* Detektionsfolie inkl. Alarmeinheit.

Im Anschlussbereich des WC und Waschbecken werden ebenso der band- drahtförmige Sensor **Sensing Lab LoRaWan** zur Detektion von flüssigem Wasser und die *Stand Alone* Detektionsfolie inkl. Alarmeinheit verlegt (Abb. 54).

Im rauminnenseitigen Wandsockel erfolgte noch eine zusätzliche Inspektionsöffnung. Diese führte einen Elektroschlauch mit einem Durchmesser von ca. 15-20 mm auf die Abdichtungsoberfläche. Im Zuge von Inspektionsarbeiten kann über diesen Elektroschlauch ein Feuchteindikatorpapier in den Fußboden Schichtaufbau geführt werden (Abb. 54).

Ferner befinden sich im Wandsockelbereich Öffnungen für die Feuchtemonitoringsensoren **LoRaWan-Sensor**- Ermittlung der Raumtemperatur und relative Luftfeuchtigkeit und den „**Laird Sensing Lab**“-LoRaWan-Punktsensor (Abb. 54)

Das Ansprechverhalten und die Sensibilität der Feuchtigkeitssensoren wurde in mehreren Spritzwasserversuchen erfolgreich geprüft. Dies bedeutet in der Praxis, dass sämtliche Detektionsmaßnahmen, in Abhängigkeit ihres Verwendungszwecks, funktionstauglich waren.

12.03.2021 Prototyp des Modells



Abbildung 39

08.05.2021 Vorinstallation der Sanitärtechnik und Planung der Leitungsführung

Abmessungen

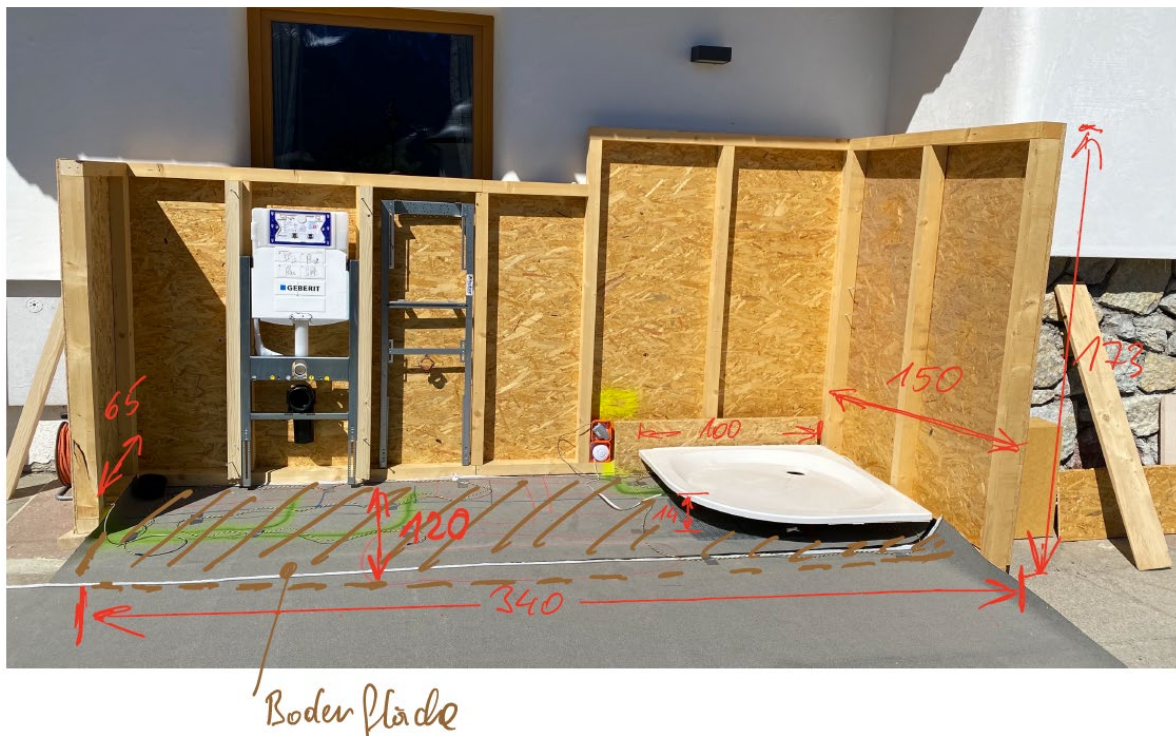


Abbildung 40

Wandverkleidung, Eingang



Abbildung 41

Wandverkleidung mit Fliesen



Abbildung 42

Verlegeprinzip FeuchteMonitoring



Abbildung 43

Wasser-, Abwasser- Elektroinstallation

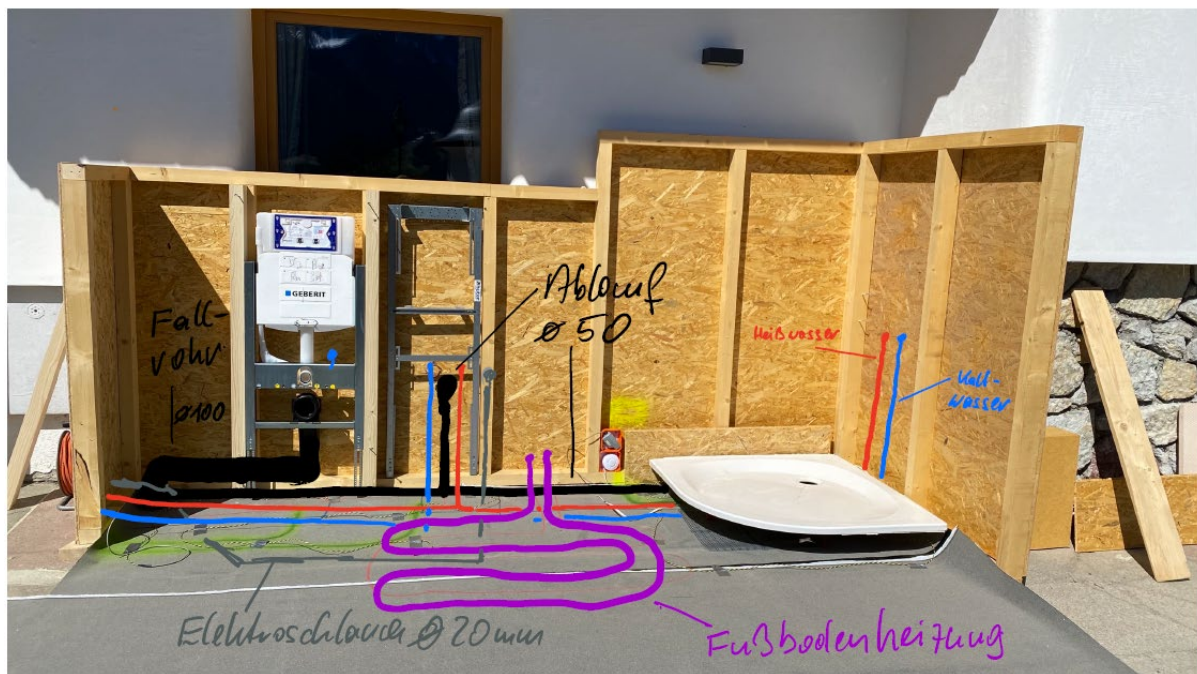


Abbildung 44



Abbildung 45



Abbildung 46



Abbildung 47

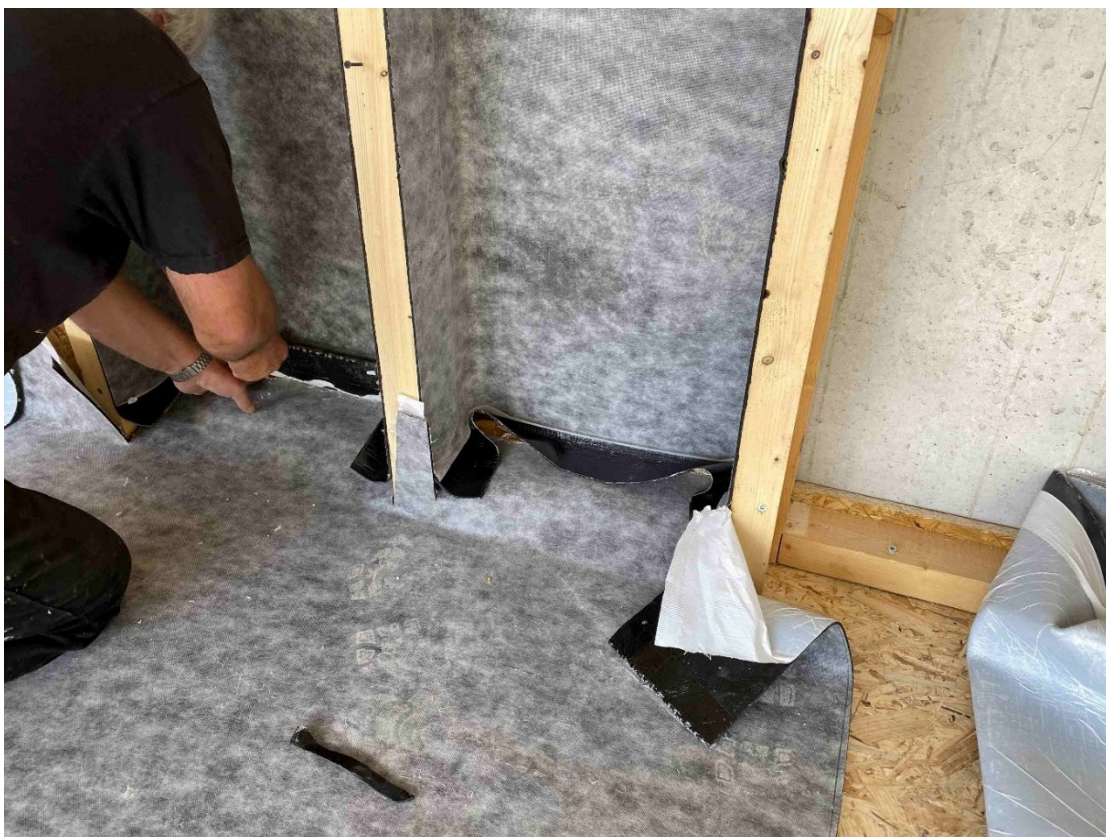


Abbildung 48

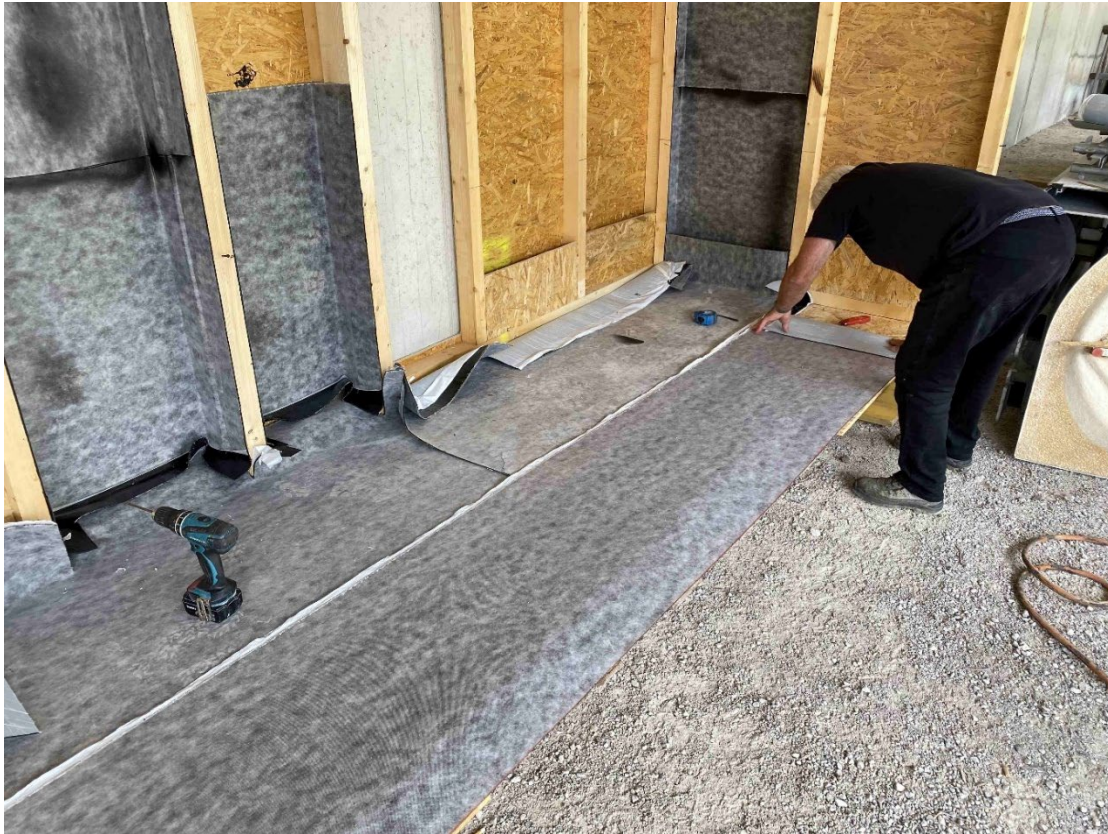


Abbildung 49



Abbildung 50



Abbildung 51



Abbildung 52



Abbildung 53



Abbildung 54



Abbildung 55



Abbildung 56



Abbildung 57



Abbildung 58

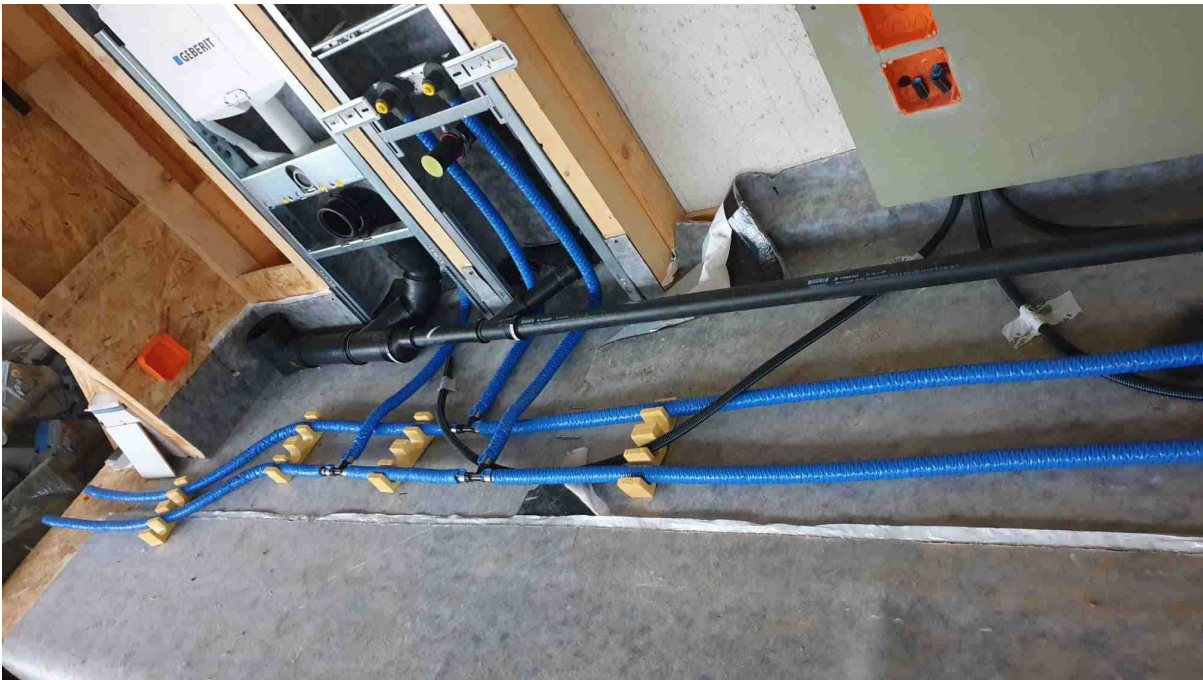


Abbildung 59



Abbildung 60



Abbildung 61

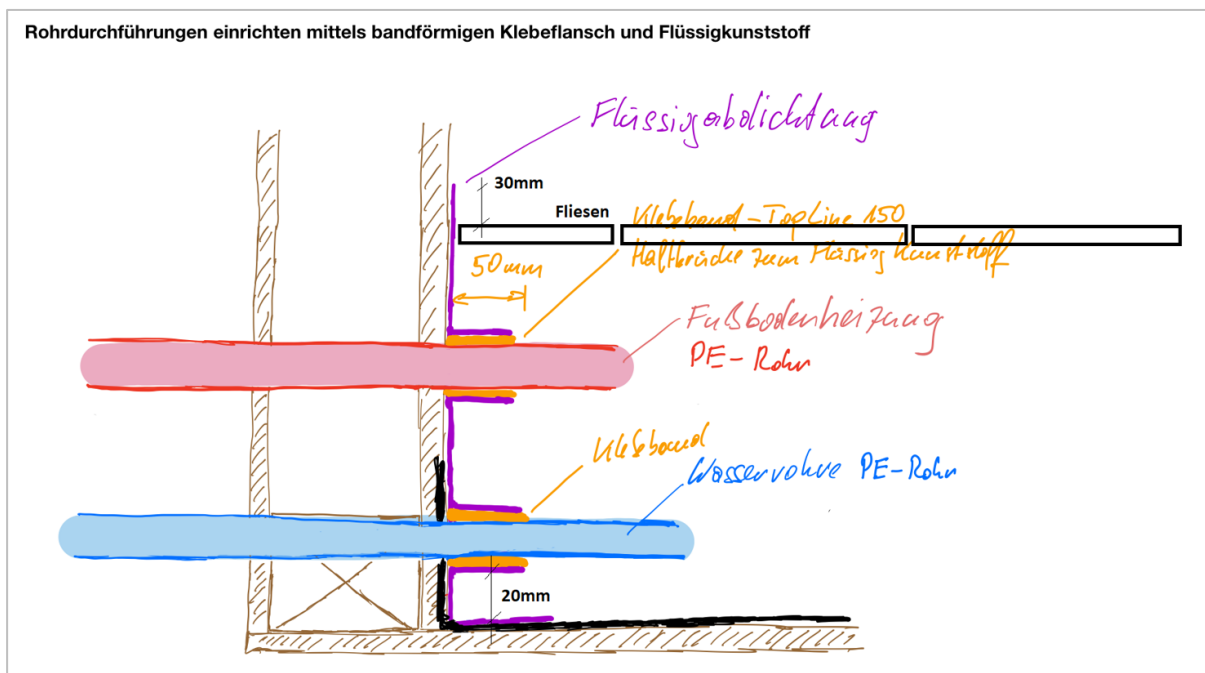


Abbildung 62

13 ZUSAMMENFASSUNG

In Fachkreisen wird immer wieder gefordert, dass Wassereintritte in Nassraum-/Feuchtraum Fußbodenschichtaufbauten rasch erkannt werden müssen, um Folgeschäden gering zu halten.

Bei starken Druckrohrgebrechen wird die rasche Erkennung auch ohne zusätzlicher, zweiter Schutzebene (Abdichtung auf Rohbauebene/Deckenoberfläche) möglich sein, da in kurzer Zeit eine große Menge Wasser austritt.

Anders verhält es sich aber bei geringen Wasseraus- oder Eintritten, die lange Zeit unentdeckt bleiben. In diesem Fall ist stark zwischen den Materialien der Deckenkonstruktion zu unterscheiden, hier kann eine Abdichtung verhindern, dass auf Rohbauebene/Deckenoberfläche die austretende Feuchtigkeit von der Deckenkonstruktion absorbiert wird und somit ohne Detektionsmaßnahmen unentdeckt bleiben würde.

Insbesondere *Verbundabdichtungen* (ggf. auch die *Verbundabdichtung plus*) stellen ein erprobtes Abdichtungskonzept in der Gehbelagsoberfläche von Nass-/Feuchträumen dar.

In Abhängigkeit von der Wasserintensität, insbesondere der Schadensfolgeklasse und der Anforderung, auch Undichtheiten in Rohrleitungen mit einer Schutzmaßnahme entgegenwirken zu können, hat eine zusätzliche Feuchtigkeitsabdichtung (zweite Schutzebene auf der Rohbaukonstruktion/Deckenoberfläche) grundsätzlich Potenzial, umfangreiche Folgeschäden durch Wasseraustritte zu verhindern bzw. zu reduzieren. Die Auswahl des Abdichtungssystems sollte im Einzelfall in Abhängigkeit von der Schadensfolgeklasse, dem Material der Deckenkonstruktion und dem technischen Nutzen abhängig gemacht werden.

Im praktischen Versuch wurde festgestellt, dass eine durchgehende wasserdichte Einbindung von sämtlichen Rohrdurchführungen mittels flüssig aufzubringender Abdichtung, welche den Abdichtungshochzug durchdringen, nicht ohne zusätzliche, systemkompatible Einbindemanschetten und Abdichtungszubehör, in üblicher handwerklicher Sorgfalt, herzustellen waren. Sinnvollerweise wird der Einbau eines Dichtheitsmonitoringsystem mit automatischer Alarmierung vorgenommen. Als Beispiel seien die Anschlüsse an isolierte Rohrleitungen zu nennen.

Wasserdichte Einfassungen von Rohrdurchführungen stellen einen deutlichen Mehraufwand dar und müssten explizit in der Planung und Ausschreibung vorgesehen werden. Dies kann in der Schadensfolgeklasse CC3 durchaus notwendig sein. Es hat sich ferner gezeigt, dass die Abdichtung von der Rohbauebene/Deckenoberfläche mindestens 20 mm als wasserdichter Hochzug auszubilden war, erst darüber folgten die Rohrdurchführungen (siehe Abbildung 62).

Der flüssig aufzubringende Abdichtungshochzug ist bis mind. 30mm über OK- Gehbelagsoberfläche zu führen.

Feuchtemonitoringsysteme ohne unmittelbare Detektion von flüssigem Wasser haben weniger Präventionspotential, da Messwerte über die relative Luftfeuchtigkeit des Bodenschichtaufbaus nur über einen längeren Beobachtungszeitraum aussagekräftig werden.

Indikatoren, um Wasseraustritte möglichst schnell erkennen zu können, wie beispielsweise Bohrungen durch die Deckenkonstruktion oberhalb von Nassräumen, können sicherlich im Einfamilienhausbereich angewendet werden, bei Mehrparteienhäusern wäre dies projektspezifisch festzulegen.

Im Zuge des Praxisversuches konnte auch festgestellt werden, dass die Wasserdetektion insbesondere im Fugenanschlussbereich zwischen Boden- und Wandfläche, welche auch die häufigste Wassereintrittsstelle darstellt, durch draht-/bandförmige Sensoren besonders effizient war. Lokale Detektionsmaßnahmen sind auch bei Verbindungsstücken von Rohrleitungen angezeigt.

Kostengünstig, aber nicht weniger praktikabel, ist der Einbau eines Feuchteindikatorschlauches, über den beispielsweise zur Kontrolle ein Indikatorpapier in den Nassraumbodenaufbau eingeschoben werden kann. Diese Kontrolle lässt jedoch nur eine Aussage zu einem bestimmten Zeitpunkt zu und wäre nicht als Monitoringmaßnahme zu verstehen.

Das generelle Risiko der Kondensatbildung innerhalb des Fußbodenaufbaus hängt sehr stark von der tatsächlichen Nutzung und Konditionierung der übereinander befindlichen Nassräume ab. Gleiches gilt für die Position innerhalb des Aufbaus, an der am wahrscheinlichsten mit Kondensat zu rechnen ist. Im Allgemeinen lassen sich in Bezug auf das Kondensatrisiko jedoch folgende Aussagen treffen:

- Aufbauten mit mehreren stark diffusionshemmenden Schichten weisen eine geringe Fehlertoleranz auf. Feuchtigkeit, die einmal zwischen zwei diffusionshemmende Schichten eintritt, kommt nicht mehr so leicht wieder hinaus („Feuchtefalle“).
- Bei Vorhandensein von Anfangsfeuchte (Baufeuchte) innerhalb der Ebene der Schüttung besteht ein erhöhtes Kondensatrisiko – insbesondere bei Aufbauten mit einer Feuchtraumabdichtung auf der Rohdecke.
- Bei Feuchte in der Rohdecke (Baufeuchte) ist durch die Feuchtraumabdichtung auf der Rohdecke die Austrocknung nur mehr in eine Richtung möglich.
- Generell ist das Kondensatrisiko unter bzw. über diffusionshemmenden Schichten (abhängig vom Dampfdiffusionsgefälle) am größten – Sensoren zur Kontrolle des Auftretens von Kondensat innerhalb des Fußbodenaufbaus sollten daher möglichst direkt über und unter den am stärksten dampfdiffusionshemmenden Schichten angeordnet werden.
- Bei Fußboden- bzw. Deckenkühlung ist das Kondensatrisiko in unmittelbarer Nähe der Kühlleitungen i.d.R. am größten.

Eine allgemein gültige Aussage zur **am besten geeigneten Sensorposition**, in Bezug auf die Detektion von Kondenswasser innerhalb von Nassraumaufbauten, kann aufgrund der bereits betonten Vielfalt an Aufbauten und beeinflussenden Faktoren nicht getroffen werden. Insbesondere bei den ersten Umsetzungen solcher Detektionssysteme wird eine Einzelfall-Beurteilung unerlässlich sein.

FEUCHTEEMPFLINDLICHKEIT DER STATISCH RELEVANTEN BAUKONSTRUKTION

- Massivbau/Stahlbetonkonstruktionen haben i.d.R. ein **geringes Folgeschadensrisiko**
- Holz-/Verbundkonstruktionen haben i.d.R. ein **höheres Folgeschadensrisiko**

Zur **leichteren Veranschaulichung** der Abdichtungsmaßnahmen soll die folgende Matrix dienen, welche die Abhängigkeit von der Wasserbeanspruchung, der Nutzung und dem Folgeschadensrisiko darstellt.

Schadensfolge- klasse		Wasserbelastung		
		W3	W4	W5
CC1 Massivbauweise z.Bsp. Einfamilien- und Mehrfamilien- wohnhäuser	Feuchte- unempfindlich	Verbundabdichtung	Verbundabdichtung	Verbundabdichtung + Abdichtung auf Rohbauebene Empfohlen Monitoring
CC1 z.B. in Holzbau / Verbundbauweise z.Bsp. Einfamilien und Mehrfamilien- wohnhäuser	Feuchte- empfindlich	Verbundabdichtung + Abdichtung auf Rohbauebene	Verbundabdichtung + Abdichtung auf Rohbauebene + Monitoring	Verbundabdichtung + Abdichtung auf Rohbauebene + Monitoring
CC2 Massivbau Wohn und Bürobau	Feuchte- unempfindlich	Verbundabdichtung	Verbundabdichtung + Abdichtung Empfohlen Monitoring	Verbundabdichtung + Abdichtung + Empfohlen Monitoring
CC2 Wohn und Bürobau z.Bsp. in Holzbau oder Verbundbauweise	Feuchte- empfindlich	Verbundabdichtung + Abdichtung auf Rohbauebene	Verbundabdichtung + Abdichtung auf Rohbauebene + Monitoring	Verbundabdichtung + Abdichtung auf Rohbauebene + Monitoring
CC3 Sonderbau Konzert- halle, Krankenhaus, Kraftwerk, Museen	Feuchte- unempfindlich	Verbundabdichtung + Abdichtung auf Rohbauebene Empfohlen Monitoring	Verbundabdichtung + Abdichtung auf Rohbauebene + Monitoring	Verbundabdichtung + Abdichtung auf Rohbauebene + Empfohlen Monitoring
Sonderbau Konzert- halle, Krankenhaus, Kraftwerk, Museen	Feuchte- empfindlich	Verbundabdichtung + Abdichtung auf Rohbauebene + Monitoring	Verbundabdichtung + Abdichtung auf Rohbauebene + Monitoring	Verbundabdichtung + Abdichtung auf Rohbauebene + Monitoring

Beispiele und Untersuchungen zu Monitoringsystemen und Spezialabdichtungen finden Sie im Langbericht auf:
www.zukunft-bau.at/forschungsprojekte/schaden-am-bau/nassraumabdichtung/

Fazit und Ausblick

1. Feuchtigkeitsabdichtungen sollten in Abhängigkeit von der Schadensfolgeklasse und vom jeweiligen technischen Nutzen beurteilt und ausgesucht werden.
2. Im praktischen Anwendungsfall der Schadensfolgeklassen 1 und 2 (feuchteunempfindliche Konstruktionen in Standardbauwerken wie z.B. Einfamilienhäuser oder mehrgeschoßiger Wohnbau) ist eine fachgerechte Verbundabdichtung ausreichend. Voraussetzung ist eine funktionierende Detailabstimmung zwischen Fliesenleger und Installateur. Detektionsmaßnahmen können die Früherkennung beschleunigen. Holzkonstruktionen sind gesondert zu bewerten.
3. Bei der Schadensfolgeklasse 3 (komplexe Bauwerke mit hohem Schadenspotenzial bei Wasserschäden, wie z.B. Großküchen, industriell genutzte Gebäude, besonders feuchtesensible Konstruktionsbestandteile) sollten eine zweite Abdichtungsebene und der Einsatz eines Monitoringsystems geprüft werden. Das Monitoringsystem sollte über eine langfristig angelegte und verlässliche Meldetechnik verfügen.
4. Im Bereich der Normung sollte eine klare Trennung zwischen **Standard-Abdichtungen mit ausgewogenem Kosten-/Nutzenverhältnis** und Sonderlösungen, z.B. bei Gebäuden der Schadensfolgeklasse 3, vorgenommen werden.
5. Die Ergebnisse sollen generell unterschiedlichen Arbeitsgruppen für Normprojekte als Diskussionsgrundlage zur Verfügung gestellt werden. Konkret werden Nassraumabdichtungen im ONK 214, zurzeit in der Arbeitsgruppe 04 behandelt. Geplant ist, eine neue Arbeitsgruppe (214.06) ins Leben zu rufen, die sich im weiteren Sinne auch mit sogenannten Geschoßabdichtungen (beinhaltet z.B. auch Küchen) befasst. Für diese Arbeitsgruppen kann das vorliegende Forschungsergebnis von Nutzen sein.

14 PLANUNGS-/ AUSFÜHRUNGSCHECKLISTE (BEISPIELHAFT)

Die nachfolgend angeführten Punkte sind in der Planung und im weiteren Sinne auch in der Verarbeitung zu beachten (*haben keinen Anspruch auf Vollständigkeit und sind je nach Projekt individuell anzupassen*).

Gebäudedaten/Rahmenbedingungen/Prüfungen	
Projektname	
Position des Nass-/Feuchtraums	
Wasserbelastung W1 bis W5	
Schadensfolgeklasse CC 1 bis CC 3	
Wasserverschleppung verhindern	
Wasseraustritte aus Rohrleitungen im Bodenaufbau berücksichtigen	
Wasseraustritte aus Rohrleitungen und Armaturen im Wandaufbau berücksichtigen	
Bauphysikalische Berechnung vorgenommen	
Bodenebener Zugang in den Duschbereich	
Verarbeitungsqualitätsprüfung	
Dichtheitsprüfung der Abdichtung	
Warnschild anbringen! Achtung: Nicht durchstoßen! Achtung: Nicht draufsteigen!	
Wartungs- und Instandhaltungsanleitung für den Auftraggeber	
Individueller Text	

Konstruktionsdaten/Aufbau/Materialien	
Gebäudekonstruktion: Feuchte empfindlich/Feuchte unempfindlich	
Fußboden Schichtaufbau	
Verbundabdichtung	
Verbundabdichtung plus	
Abdichtung auf Deckenoberfläche/Rohbaukonstruktion	
Abdichtungshochzugshöhe über OK Oberflächenbelag	
Abdichtung Konzept von Rohrdurchführungen	
Zusätzlicher Ablauf in der Gehbelags Oberfläche. Gegebenenfalls Gefälle zum Ablauf.	
Entwässerungsablauf in der Abdichtungsebene auf Deckenoberfläche/Rohbaukonstruktion. Gegebenenfalls Gefälle zum Entwässerungsablauf	
Gefälle in der Abdichtungsebene	
Planmäßige Perforation der Abdichtung	
Individueller Text	

Detektion-/Feuchtemonitoring-/Indikatoren-/Datenauswertung	
Sensoreinbau- punktuell/streifenweise/flächig Anzahl, Position,	
Sensorerstaktivierung	
Sensornummer	
Wer verwaltet die Messdaten	
Innenraumklimadaten gemessen/abgenommen	
Wer wertet die Messdaten aus und informiert den Projektbetreiber	
Notiz der Feuchte- und Temperaturerstmessung	
Automatischer Wasserstopp in den Druckleitungen	
Indikatoren wie beispielsweise Deckenbohrungen, Kontrollschläuche	
Individueller Text	

Tabelle 29

15 DISSEMINATION DER ERGEBNISSE

Die Ergebnisse der Forschungsarbeiten sollen über die Zukunftsagentur Bau, die Bauinnungen, die BAUakademien und das Institut für Flachdachbau und Bauwerksabdichtung den österreichischen Baufirmen zur Verfügung gestellt werden. Als weitere Verteilungskanäle werden Vorträge bei Veranstaltungen und die Veröffentlichung der Ergebnisse in Zeitschriften der Baubranche angedacht. Weiters werden die Projektergebnisse im Internet frei verfügbar sein (z.B. über die Website der Zukunftsagentur Bau).

Das Projekt ist als Knowhow-Aufbau für die gesamte Baubranche gedacht, daher sollen die Ergebnisse auch öffentlich zugänglich sein.

ANHANG

A



THIS SENLAB™ D, FEATURING THE LoRaWAN™ CONNECTIVITY PROTOCOL, IS EQUIPPED WITH A WATER CABLE DETECTION OF 5 M.

Ref : LEA-LAB-13NS



- + 20 years*
- 15km* IP68 (Outdoor use)
- Local or Public Network compliant

*Depending on the operating conditions

It offers a solution to detect water presence on the floor and can alert with an alarm as soon as water presence is detected.

- This Senlab offers best in class features such as :
- **Battery Life time more than 20 years**
 - **Rich data content**
 - **Radio performances**
 - **Advanced set of functionalities**

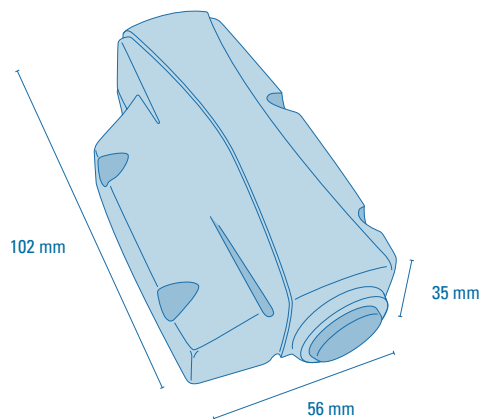
TYPICAL APPLICATIONS

- Protect water-sensitive material (data center, critical equipment...)
- Any system for which water presence is critical

TYPICAL SPECIFICATIONS

Physical specifications	Dimensions	56 x 102 x 35 mm
	Weight	190 gr
	Operating temperature	-20°C to +70°C
RF specifications	RF sensitivity	-137dBm
	RF power	+14dBm (25mW)
	Radio band	868 MHz
EC Conformity : Compliant with Directive 2014/53/UE (RED)	EMC	Final draft EN 301 489-3 v2.1.1 Draft EN 301 489-1 v2.2.0
	Radio	EN 300 220-2 v3.1.1
	Magnetic field exposure	EN 62479
	Safety	EN 60950-1, EN 60950-22

DIMENSIONAL DRAWING



TECHNICAL FEATURES FOCUS

Plug & Play installation

- Water detection cable length : 5 meters (up to 25m on demand)
- Cable fixation on soil with non metallic ties (not provided)
- Activation with magnet (LED feedback)

High configurability of event detection and transmission

- Event notification of water detection and/or end of detection
- Immediate transmission or after stable state duration
- Reconfiguration possible over the air

Network configuration

- LoRaWAN parameters (OTAA or ABP activation mode, initial datarate,...)
- Encryption keys customizable by client
- Standard LoRaWAN retries support
- Radio collisions avoidance by pseudo-randomization of transmissions
- Advanced transmission reliability mechanisms (recovery of lost messages, ...)

BATTERY LIFE DURATION ESTIMATION

This following matrix provides the estimated battery lifetime depending on the average spreading factor used by the Senlab and the transmission period.

Battery life (years)	10 min	15 min	30 min	1 h	2 h	4 h	6 h	8 h	12 h	24 h
SF7	16,4	18,2	>20	>20	>20	>20	>20	>20	>20	>20
SF8	13,6	15,8	18,8	>20	>20	>20	>20	>20	>20	>20
SF9	10,1	12,4	16,2	19,0	>20	>20	>20	>20	>20	>20
SF10	6,8	8,8	12,8	16,5	19,3	>20	>20	>20	>20	>20
SF11	4,2	5,8	9,3	13,2	16,8	19,5	>20	>20	>20	>20
SF12	2,5	3,5	6,1	9,7	13,6	17,2	18,8	19,7	>20	>20

A single event per frame.

For guidance and information purposes only.

ANHANG **B**

AMBIENT TEMPERATURE AND HUMIDITY MONITORING



SMART BUILDING



TEMPERATURE
HUMIDITY



Ref : THY-LAB-14NS



+ 20 years *
(replaceable battery)

15 km *

IP68
(Outdoor use)

Local or Public
Network compliant

* Depending on the
operating conditions

SENLAB™ H IS A SMART WIRELESS DEVICE,

FEATURING THE LoRaWAN™ CONNECTIVITY PROTOCOL,

EQUIPPED WITH A REMOTE HIGH-PRECISION TEMPERATURE

AND RELATIVE HUMIDITY PROBE.

This sensor connected to a 0,5m probe can measure temperatures from -40°C to +125°C and air humidity from 0 to 80%, with accuracy of ±0,2°C and 2% RH. Designed for outdoor use, Senlab™ H offers a ruggedized IP68 casing which enables a reliable wireless connectivity for continuous monitoring in harsh environments.

This Senlab offers best in class features such as :

- **Battery life time more than 20 years**
- **Rich Data Content thanks to datalogging :
Up to 23 measures / radio transmission**
- **Radio Performances**
- **Advanced set of functionalities**

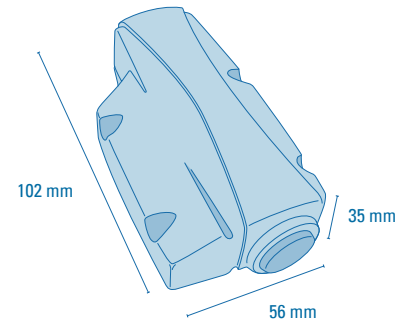
TYPICAL APPLICATION

- Monitor temperature and humidity in greenhouses cultivation and indoor farm animal area
- Monitor HVAC

TECHNICAL SPECIFICATIONS

Physical specifications	Dimensions	56 x 102 x 35 mm
	Weight	170 gr
	Operating temperature	Device : -20°C to +70°C / Probe : -40°C to +125°C
RF specifications	RF sensitivity	-137 dBm
	RF power	+14dBm (25mW)
	Radio band	868 MHz
EC Conformity : Compliant with Directive 2014/53/UE (RED)	EMC	Final draft EN 301 489-3 v2.1.1 Draft EN 301 489-1 v2.2.0
	Radio	EN 300 220-2 v3.1.1
	Magnetic field exposure	EN 62479
	Safety	EN 60950-1, EN 60950-22

TECHNICAL FEATURES FOCUS



High configurability

- Temperature precision of $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ [+20 ; +60°C], else $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$
- Humidity precision of $\pm 1.5\% \text{RH}$ range [0% - 80%]
- Temperature High and Low threshold overrun configuration
- Log and transmit mode for battery lifetime enhancement (up to 23 compressed measures per transmission)
- Reconfiguration possible over the air

Network Configuration

- LoRaWAN parameters (OTAA or ABP activation mode, initial datarate,...)
- Encryption keys customizable by client
- Standard LoRaWAN retries support
- Radio collisions avoidance by pseudo-randomization of transmissions
- Advanced transmission reliability mechanisms (redundancy of data, recovery of lost messages, ...)

BEST IN ADVANCED FEATURES

The temporal redundancy improves the reception’s reliability of measures, at an optimized energetic cost. If the radio signal is weak, it allows the transmission of a reminder of the previous measures with the new physical measures in successive radio messages.

The flush mode allows to accumulate up to 10 days of temperature data recording, when the network is not available. The Senlab T will transmit them as quickly as possible when the network is available.

Advanced monitoring mode allows the data to be monitored up to every second. An alarm can be triggered if the temperature rises within a given time period. This mode can be activated in parallel with the classic operating mode.

BATTERY LIFE DURATION ESTIMATION

This following matrix provides the estimated battery lifetime depending on the average spreading factor used by the Senlab and the transmission period.

Battery life (years)	10 min	15 min	30 min	1 h	2 h	4 h	6 h	8 h	12 h	24 h
SF7	18,2	>20	>20	>20	>20	>20	>20	>20	>20	>20
SF8	14,2	17,3	>20	>20	>20	>20	>20	>20	>20	>20
SF9	9,9	12,8	18,0	>20	>20	>20	>20	>20	>20	>20
SF10	6,3	8,5	13,3	18,6	>20	>20	>20	>20	>20	>20
SF11	3,8	5,3	9,0	14,0	19,2	>20	>20	>20	>20	>20
SF12	2,2	3,1	5,7	9,6	14,6	19,8	>20	>20	>20	>20

6 measures per frame.

For guidance and information purposes only.

ANHANG C

SECURE, SCALABLE WIRELESS SENSORS FOR LONG RANGE IOT APPLICATIONS



The Sentrius™ RS1xx Series is a **battery powered, long range integrated sensor platform** leveraging the benefits of LoRaWAN and Bluetooth Low Energy (BLE) connectivity. Its small, rugged form factor contains superior RF performance and flexibility with **precise temperature and humidity sensors**, and room for future expansions. At its core, the RS1xx series utilizes our field-proven and reliable RM1xx module hardware, providing **LoRaWAN** options in **868 and 915MHz** frequencies, plus **BLE** for local data display, configuration and troubleshooting. Based on the **Semtech SX1272** and **Nordic nRF51 silicon**, it offers a **LoRa range up to 10 miles** with a local 2.4 GHz connectivity option to smartphones and tablets. The RS1xx Series works with our Sentrius™ RG1xx Series of LoRa / multi-wireless gateways for simple out-of-the-box integration, and is compatible with 3rd party Cloud and LoRa network ecosystem partners.

- **Multi-wireless:** LoRaWAN (868 / 915 MHz) and Bluetooth v4.2 (Central / Peripheral) with fully integrated high-performance antennas
- **Multi sensor:** Temperature and Humidity, (future options for a range of additional sensors via expansion port)
- **Fully certified** for FCC/IC/CE and Bluetooth SIG
- **Simple wireless configuration** using mobile application and BLE.
- **Harsh Environments:** Robust enclosure to serve many varied installation needs
- **Integrated out of the box networks:** Default configuration with RG1xx gateways for simple, out-of-the-box cloud connectivity
- **New:** External temperature probe units available! Visit <https://connectivity.lairdtech.com/rs1xx-lora-sensors> for details.

FEATURES AT A GLANCE

YOUR WIRELESS NETWORK



Develop a fully-owned private LoRa network to capture, route, and process IoT data for your application - choose from RM1xx modules, RS1xx finished sensors or RG1xx Gateways

RUGGED DURABILITY WITH A BROAD SENSOR ARRAY



Robust enclosures provide a robust and resilient platform for recording and delivering sensor data from a range of harsh environments

COMPREHENSIVE SECURITY AND RELIABILITY



Robust multi-layer security at each interface to safeguard your network at every level

BROAD CERTIFICATION AND APPROVALS



Ready for deployment in multiple regulatory domains - FCC, IC, CE and Bluetooth SIG listing (all pending)

PLATFORM FOR BUILDING ACTIONABLE IOT INTELLIGENCE



Route sensor data to the Cloud with our simplified wireless connectivity deployment

PERSONAL SUPPORT FOR YOUR IMPLEMENTATION

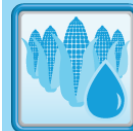


Our Tier-2 support and engineering teams work to help configure and deploy your application

APPLICATION AREAS



Cold Chain Management and Food Safety



Agricultural Humidity and Environmental Monitoring



Industrial Heating and Cooling

SPECIFICATIONS

Category	Feature	Specification
Chipset	LoRa®	Semtech SX1272
	Bluetooth®	Nordic nRF51822 – 256k / 32k
	LoRa Frequencies	863 – 870 MHz (EU), 902 – 928 MHz (US)
Sensors	Temperature Accuracy Ranges	-10° to +85°C (+/-0.4°C) -40° to +125°C (+/-0.9°C)
	Humidity Accuracy Ranges	0 – 90% RH (+/- 3%) 90 – 100% RH (+/- 4.5%)
	Antenna	Integrated Custom Laird Connectivity antenna for 868 or 915MHz Ceramic chip antenna for 2.4GHz
Power	Battery	2 x AA - replaceable
Software	Mobile Application	Android & iOS – Remote sensor display and/or configuration + Firmware Update
	Data logging	10,000 measurements (256k of flash memory available)
Storage	Status	3 – BLE and LoRa status
LED	User Input	Multi-use – default BLE Pairing
Button	Dimensions	116 x 91 x 34 mm
Physical	Operating Temp.	-25° to +50°C
Environmental	Storage Temperature	-40° to +50°C
Regulatory	Approvals	FCC, IC, CE, Bluetooth SIG
Warranty		1-Year Warranty



The Sentrius™ RS1xx Series LoRa / BLE sensor features integrated antennas, temperature and humidity sensors in rugged enclosures.

ORDERING INFORMATION

Part Number	Description
455-0002	Sentrius™ RS1xx Sensor - 868MHz Temp / Humidity including LoRa & BLE
455-0004	Sentrius™ RS1xx Sensor - 868MHz Temp / Humidity including LoRa & BLE – Bulk Packaging
455-0001	Sentrius™ RS1xx Sensor - 915MHz Temp / Humidity including LoRa & BLE
455-0003	Sentrius™ RS1xx Sensor - 915MHz Temp / Humidity including LoRa & BLE – Bulk Packaging

NEW: External temp sensor version available! Visit <https://connectivity.lairdtech.com/rs1xx-lora-sensors> for details.