

Feuchte Monitoring mit verschiedenen Messmethoden Fallbeispiel: Apartmenthaus

Anton Kraler
Institut für Konstruktion und Materialwissenschaften, Arbeitsbereich Holzbau
Universität Innsbruck, Österreich



Feuchte Monitoring mit verschiedenen Messmethoden – Fallbeispiel Apartmenthaus

1. Einleitung

Bauen mit Holz, vom Einfamilienhaus bis zum Hochhaus, ist beliebter denn je. Die steigenden Preise, Anforderungen an die Qualität und die zeitliche Umsetzung wirkt sich auch auf die zeitgenössische moderne Architektur aus. Die Gründe sind weitläufig: Bieten doch einfache geradlinige Baukörper enorme Vorteile in Bezug auf die Systematisierung, Vorfertigung und Ausführung von Gebäuden. Daher hat sich z.B. beim Dach, der Trend vom geneigten Dach zum Flachdach entwickelt. Neben den genannten Gründen bieten flache Ebenen weitere Vorteile: das Einhalten der gesetzlichen Abstandsbestimmungen zu den Nachbargrundstücken ist leichter möglich, die Flächen können als Terrasse, Garten, sowie auch zum Aufstellen von Haustechnikgeräten, (Wärmepumpen, Lüftungsgeräte etc.) genutzt werden. Durch die Möglichkeit der Vorfertigung und schnellen Umsetzung von Bauwerken, mit dem Naturbaustoff Holz, stellt sich die Frage, ob unter diesen Bedingungen eine ausreichende und qualitativ hochwertige Qualitätssicherung und Qualitätskontrolle möglich ist. Gerade in Bezug auf Feuchtigkeit ist mit Naturbaustoffen sehr sorgfältig umzugehen, um die Dauerhaftigkeit eines Bauwerks zu gewährleisten. Trotz großer Sorgfalt bei der Umsetzung von Bauwerken kommt es, begründet auch durch die Schnelligkeit des Bauablaufs, oft zu Fehlern in der Ausführung und dadurch zu unvorhersehbaren Feuchteproblemen im Bauwerk. Die langfristige Überwachung der Dichtheit von Abdichtungen, nicht zugänglichen Installationsleitungen im Fußbodenaufbau und die Kontrolle der Materialfeuchte wird daher immer wichtiger und soll sicherzustellen, dass es zu keinen Schädigungen der Bauteile durch Feuchtigkeit kommt.

Mit der Thematik des Feuchte Monitorings bzw. der Dichtheitsüberwachung von Abdichtungen und wasserführenden Leitungen haben sich in vergangenen Jahren vermehrt Institutionen und Firmen auseinandergesetzt. Das Ziel war und ist es, Systeme zur Überwachung der Feuchteentwicklung auf der Abdichtungsebene, in der Dämmebene und der Materialfeuchte auf den Markt bringen, um den Feuchteschutz zu erhöhen. In dieser Arbeit werden drei qualitätssichernde aktive Monitoring Systeme vorgestellt, mit denen feuchtegefährdete Bauteilbereiche überwacht werden können. Zu überwachende feuchtegefährdete Bauteile sind z.B. die Dach- und Terrassenabdichtungen, die Dämmebene im Warmdachaufbau sowie die Materialfeuchte (Holzfeuchte) der Tragkonstruktion. Weiter ist die messtechnische Überwachung von wasserführenden Leitungen im Bodenaufbau wichtig, um Undichtheiten bei den Installationen schon früh zu erkennen. Unter aktiver messtechnischer Überwachung versteht man Überwachungssysteme mit automatisierter Auswertung und Alarmierung bei einer definierten Grenzwertüberschreitung, mit ingenieurtechnischer Bewertung von Feuchtezuständen in Bauteilen.

Die Fragen, die sich im Rahmen von messtechnischen Dichtheits-, Feuchte- und Materialfeuchteüberwachung ergeben sind folgende: Welches Monitoring System ist für welche Überwachung am besten geeignet? Welche Gefahren entstehen durch den Einbau der Messsysteme? Wie funktionieren die Überwachungen und welche Lebensdauer haben die Monitoring Systeme? Damit auf solche und weitere Fragen Antworten gegeben werden können, entstand in Zusammenarbeit mit dem Holzbauunternehmen Ligna Construct aus St. Pankraz in Südtirol und mit finanzieller Unterstützung durch die Provinz Südtirol / Italien (Beratungs- und Dienstleistungsunterstützung) ein Forschungsprojekt, bei dem unterschiedliche aktive Monitoring-Messsysteme zu Einsatz kommen. Bereits in der Bauphase, bei den ersten Abdichtungsarbeiten, konnten hilfreiche Erfahrungen mit den verwendeten Monitoring Messsystemen erzielt werden. Kleinste Leckagen konnten aufgrund geringer Wassereintritte in kürzester Zeit geortet und beseitigt werden.

2. Feuchte- und Dichtheits- Monitoringsysteme

Feuchte- und Dichtheits- Monitoringsysteme werden hauptsächlich bei Bauteilen eingesetzt, wenn diese im nicht sichtbaren und nicht einfach kontrollierbaren Bereich liegen. Hauptanwendungsgebiete sind einerseits Flachdächer, Terrassen und sonstige Ebene Flächen. Der Einbau erfolgt zwischen dampfbremsenden und dampfsperrenden Schichten, im Regelfall auf der ersten Abdichtungsebene der Tragstruktur. Systemabhängig wird zwischen Flächen- und Punktsensoren unterschieden. Die Flächensensoren werden schon während der Bauphase eingebaut und verteilen sich je nach Konzept entweder über der gesamten ebenen Fläche oder nur über die feuchtekritischen Bereiche (Gully / Abfluss). Flächensensoren werden auch im Sanitärbereich, direkt auf dem Rohboden, eingebaut. Punktsensoren, die bei diesem Projekt zum Einsatz kommen, haben den Vorteil, dass sie im Regelfall erst nach Fertigstellung der Dachabdichtungen eingebaut werden. Punktsensoren können auch später noch nachgerüstet werden. Somit eignet sich dieses Monitoring System auch in der Sanierung und zur Qualitätssicherung von alten Dach- und Deckenkonstruktionen. Für die zwei genannten Monitoring Systeme gibt es noch eine Vielzahl an Einsatzmöglichkeiten, hier werden nur diese aufgezählt die auch im Fallbeispiel vorkommen. Bei dieser Forschungsarbeit wird neben den genannten aktiven Feuchte- und Dichtheits- Monitoring Systemen auch ein aktives Materialfeuchte (Holzfeuchte) Monitoring System in Form der elektrischen Widerstandsmessung eingesetzt, welches unterhalb der Abdichtung in die Holztragstruktur eingebaut wird. Das Ziel ist bei allen drei gewählten Monitoring Systemen das Gleiche, es geht darum, Feuchteinträge jeglicher Art möglichst früh zu erkennen, um dadurch Schäden zu vermeiden bzw. so gering als möglich zu halten.

2.1. Messsystem 1: Elektrisches Widerstandsmessverfahren

Für die Überwachung der Holzfeuchte wird das elektrische Widerstandsmessverfahren der Firma Scantronik Mugrauer GmbH verwendet. Diese Methode ist in den Fachkreisen als Stand der Technik anerkannt und ermöglicht eine zerstörungsfreie Messung der Feuchtegradienten über den Holzquerschnitt. Für die Messung der Holzfeuchteverteilung werden Elektroden in Form von Nirosta Schrauben mit unterschiedlichen Längen verwendet. Der Schraubenschaft wird mit einer Schrumpfmanschette isoliert, sodass nur an der Schraubenspitze die Feuchtigkeit gemessen wird. Dadurch ist es möglich die Holzfeuchte gezielt in verschiedenen Tiefen des Holzes zu messen. Der Abstand der Elektroden beträgt nach Vorgaben des Herstellers 30 mm. Mit abgeschirmtem Koaxialkabel, die eine Maximallänge von 15 Metern haben dürfen, werden die Messelektroden an das Materialfeuchtemessgerät angeschlossen. Es können bis zu acht Messpunkte mit einem Gerät überwacht und je nach Voreinstellung im Sekunden-, Minuten- oder Stundentakt an einen Datenlogger weitergeleitet und gespeichert werden. Weiter besteht die Möglichkeit über einen Datenlogger in Kombination mit einer Sensoreinheit auch die Temperatur (Holz, Luft, etc.) und die relative Luftfeuchtigkeit aufzuzeichnen. Die mit dem Datenlogger gespeicherten Messwerte können je nach festgelegtem Zeitintervall per E-Mail erhalten, bzw. wenn ein Stromanschluss vorhanden ist jederzeit mittels Telefonnummer der verwendeten Sim-Karte abgerufen werden. Der Ausgabewert der Holzfeuchte wird in Prozent oder in Ohm als Widerstand angegeben.

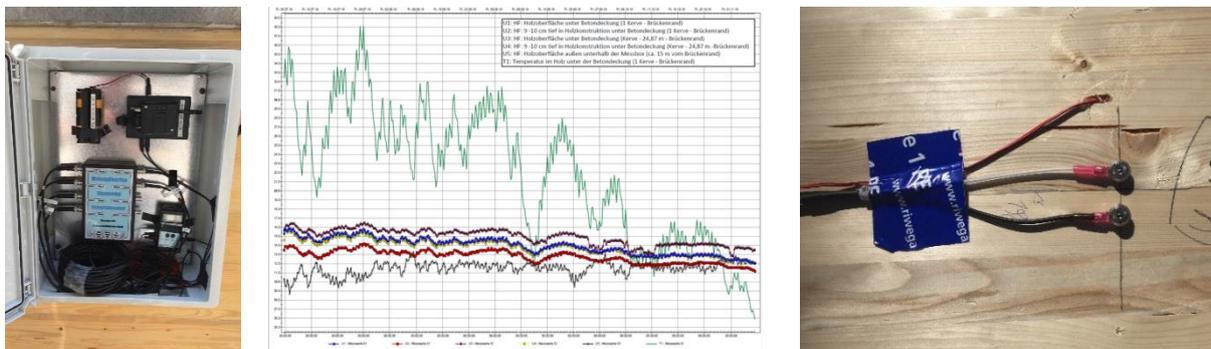


Abbildung 1: Scantronik Messtechnik – Holzfeuchte Messung mittels elektrischen Widerstandsmessverfahren

2.2. Messsystem 2: Flächensensoren

Das Optidry®-Monitoring-System (OMS) ist ein aktives Gebäude Monitoring- und Warnsystem zur Früherkennung und Detektion von verdeckten Wasserschäden. Dabei werden die Bandsensoren im Zuge der Flachdach-Eindeckung auf der diffusionshemmenden bzw. dampfsperrenden (Warmdach) Ebene verlegt. Vor der Verlegung der Bandsensoren wird das Dach in Rand-, Flächen- und Gefahrenzonen eingeteilt. Die Verlegung ist einfach und hängt von der verwendeten Abdichtungsbahn (Bitumen, Kunststoff, Rohdecke) ab, ob die Bandsensoren geklebt oder genagelt werden. Bis zu acht unabhängigen Überwachungsbereiche (Bandsensoreinheiten) können über ein Bussystem gespeichert und mit einer Zentrale verbunden werden. Bei Überschreitung der festgelegten Feuchteobergrenze, in Digits angegeben, wird von der Zentrale ein Alarm ausgelöst und an den Kunden weitergeleitet. Der aktuelle Feuchtezustand auf der Abdichtungsebene kann mit der OMS Inspektor-App direkt am Smartphone, Tablett oder PC abgerufen und ausgewertet werden. Ein Wassereintritt kann somit frühzeitig erkannt und örtlich eingegrenzt werden. Neben Flachdächern und Terrassen kommt das System auch in Nasszellen ab Nutzungsklasse W3 zum Einsatz. Das Optidry Monitoring System kann in Smarthome Systeme oder in die technische Gebäudeausstattung integriert werden.

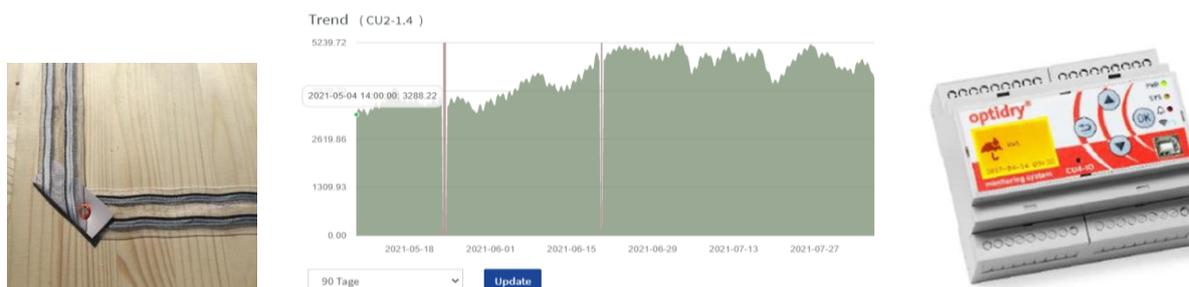


Abbildung 2: Optidry Monitoring-System (OMS); Feuchte- und Dichtheitsmessung mittels Bandsensoren

2.3. Messsystem 3: Punktsensoren

Der RPM ROOF PROTECTOR ist eine einfache und effiziente Methode, um Feuchtigkeit in Dachkonstruktionen sofort zu erkennen und rechtzeitig zu handeln. Über die Dachfläche regelmäßig verteilte Indikatoren messen die Feuchtigkeit und die Temperatur. Dadurch ist es möglich, Aussagen über den Feuchtezustand eines Dachpaketes (Dämmpaketes) zu treffen. Das Messsystem kann mit allen handelsüblichen Dachschichten (Abdichtungen, Dämmungen, etc.) kombiniert werden. Das System erfüllt auch die in der ÖNORM B3691 geforderte Zusatzmaßnahme bei der Überwachung von Flachdächern der Nutzungskategorie 3. Die erfassten Messdaten werden auf einem Zentralserver der RPM Gebäude Monitoring GmbH gespeichert und können via Webbrowser permanent und zu jeder Zeit abgefragt werden. Der Messsensor befindet sich im Warmdachaufbau knapp oberhalb der Abdichtungsbahn (Dampfsperre). Neben der Messung der Feuchtigkeit, in Digit angegeben, wird auch die Temperatur im Bereich der Dampfsperre und außen an der Oberkante des Dachaufbaus gemessen. Der Einbau erfolgt im Regelfall erst nach dem Verlegen der obersten Abdichtungsebene. Mit einem sogenannten Dosenbohrer, der denselben Durchmesser wie der Punktsensor hat, wird der Dämmstoff im Warmdachaufbau herausgebohrt und der vollgedämmte Punktsensor dort eingesetzt. Das verwendete System wird mit Batterien betrieben und ist daher unabhängig und kann daher überall eingesetzt werden wo ein Funkkontakt für die Datenübertragung vorhanden ist.

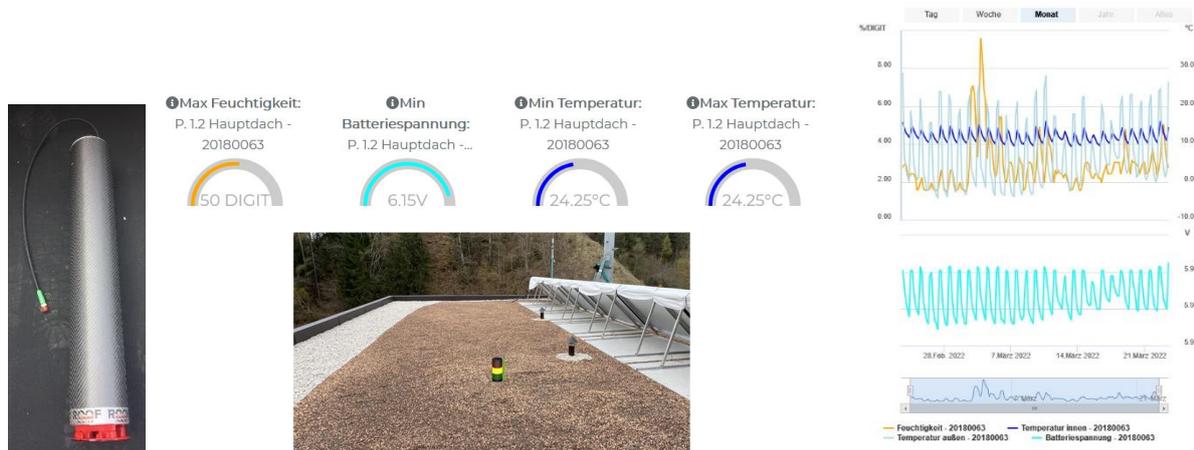


Abbildung 3: RPM Roof Protector; Feuchte- und Dichtheitsmessung mittels Punktsensoren

3. Fallbeispiel Apartmenthaus

Bei dem Apartmenthaus handelt es sich um ein neu errichtetes dreigeschossiges Gebäude mit fünf Wohneinheiten, mit integrierter Garage im Untergeschoss und einem an der Westseite angrenzenden eingeschossigen begrünten Bestandsgebäude welches als Fitness- und Wellnessbereich genutzt werden soll. Die zwei Obergeschosse und Teile der Decke über dem Untergeschoss wurden in Holzmassivbauweise ausgeführt. Durch die vielen ebenen Flächen (Flachdach, Terrassen, Balkon, Überdachungen, etc.) sowie der wechselten Materialien (Beton, Massivholz, Bitumenabdichtungen, Kunststoffabdichtungen, etc.) und aufgrund der exponierten Lage eignet sich dieses Gebäude besonders gut für Untersuchungen mit unterschiedlichen Feuchte-, Dichtheits- und Materialfeuchte Monitoring Systemen.



Abbildung 4: Apartmenthaus -Flachdach (rot) -Terrassen(blau); Bestandsgebäude -Begrünte Dachfläche (grün)

Im September 2020 begannen die ersten Beratungs- und Dienstleistungstätigkeiten zum Feuchte Monitoring – Wohnhaus in St. Pankraz der Firma Ligna Construct. Nach vorheriger Recherche wurden im ersten Schritt festgelegt, welche und wieviel Messsysteme im und am Gebäude zum Einsatz kommen sollen. Bei der Entscheidung wurde besonders darauf geachtet, dass vor allem die Gebäudebereiche mittels den gewählten Monitoringsystemen überwacht werden, bei denen eine höhere Gefahr von Feuchte bzw. Wassereintritt gegeben ist. Weiter wurde darauf geachtet, die Messsysteme und Anzahl der Systeme so einzubauen, dass die Dichtheits- und Feuchteüberwachung über einen Großteil der Dach-, Terrassen- und begrünten ebenen Flächen gegeben ist. Es wurde auch darauf geachtet, dass die Möglichkeit besteht, die Messergebnisse der verschiedenen eingebauten Monitoring Systeme mit einander zu vergleichen. Das Ziel war und ist, dass möglichst viele Ergebnisse und Erkenntnisse für zukünftige Holzbauten eruiert werden können. In Zusammenarbeit mit der Holzbaufirma Ligna Construct wurden drei Feuchte Monitoring Systeme festgelegt die zum Einsatz kommen.

Als erstes System wurden die Holzfeuchtemesssensoren von der Firma Scantronik Mugrauer eingebaut. Dabei handelt es sich um das elektrische Widerstandmessverfahren, welches auch als Standardmessverfahren für die Holzfeuchte in den Holzbaubetrieben verwendet wird. Der Unterschied zu den Einschlagelektroden ist, dass die Elektroden (Nirosta-Schrauben) in das Holz im Abstand von 30 mm eingedreht werden und über Koaxialkabel mit einem Datenlogger verbunden sind und aufgezeichnet werden. Mit diesem System kann die Holzfeuchte bei einem Holzbauteil von der Oberfläche bis zu ca. 10 cm in die Tiefe gemessen werden. Das hängt von der Länge der Schrauben sowie der Isolierung des Schraubenschaftes ab. D.h. wenn in 5 cm Tiefe des Holzes die Feuchte gemessen werden soll, werden 4 cm vom Schrauben-Schaft isoliert, dadurch wird die Holzfeuchte nur im Bereich der Schraubenspitze (ca. 1 cm) gemessen.

Die Elektroden für die Holzfeuchtemessung wurden am Flachdach an der Nord- und Südseite der Dachfläche bei den statisch benötigten Überzügen für den Vordachbereich unter der ersten Abdichtungsebene (Dampfsperre) eingebaut. Die Holzfeuchte in den Überzügen wird an der Oberfläche und in einer Holztiefe von ca. 40 mm gemessen. Die Messpunkte wurden so gewählt, dass die Holzfeuchte am Vordach und über dem Wohnraum überwacht werden kann. Damit sollen für zukünftige Holzbauten wichtige Erkenntnisse über das Feuchteverhalten von Verstärkungen und Aufdopplungen in der Dämmebene gewonnen werden. Das Wissen um die Materialfeuchte bei Überzügen im Warmdach, wird als besonders wichtig erachtet, da im Vergleich zur übrigen Dachfläche nur eine geringe Dämmstärke als Überdeckung vorhanden ist. Das bedeutet, dass an der Oberfläche der Holzverstärkungen die Temperatur bei niedrigen Außentemperaturen unter den Taupunktbereich absinkt, es zum Kondensatausfall in der Tragstruktur kommt und diese auf Dauer schädigt. Am Flachdach wurden 16 Messpunkte (acht auf der Südseite und acht auf der Nordseite) für die Holzfeuchtemessung und zwei Temperaturfühler im Holz eingebaut.

Bei dem System 2 den Flächensensoren von der Firma Optidry werden ca. 5 cm breite Gewebestreifen die zwei Nirosta Drähte beinhalten eingebaut. Über den Widerstand zwischen den zwei Drähten wird der Feuchtegehalt ermittelt. Der Abstand zwischen den Bandstreifen beträgt je nach Funktionsfläche (Dach, Terrasse, Bad, etc.) ca. 30 bis 100 cm. Die Anordnung der Bandsensoren wird in einer Art Schneckenform ausgeführt. Die zu überwachenden Bereiche werden in mehrere Felder unterteilt, um bei einem Feuchteintritt die Schadstelle durch die Begrenzung der Messkreise schneller orten zu können. Die Größe eines Feldes (Schneckenform) beträgt im Mittel ca. 5,0 x 5,0 Meter. Die Flächensensoren wurden am Flachdach, im 1. Obergeschoss auf der Terrasse und im Erdgeschoss eingebaut. Am Flachdach erfolgte der Einbau der Bandsensoren zuerst auf der Massivholzdecke und in weiterer Folge auf der aufgetragenen (Kunststoffbahn) Dampfsperre. Im 1. Obergeschoss auf der Terrasse wurden die Bandsensoren auf der Bitumenabdeckung montiert. Bei der Terrasse im Erdgeschoss gibt es zwei Materialkomponenten. Im südlichen Bereich sind die Deckenelemente in Massivholz und im nördlichen und westlichen Bereich des Gebäudes in Stahlbeton ausgeführt. Dies ermöglicht einen Überblick über das Feuchteverhalten der beiden Materialien zu erhalten. Im Innenbereich bei den sechs Sanitärbereichen werden ebenfalls Flächensensoren eingebaut. Gesamt (Innen- und Außen) wurden bei diesem Projekt 23 Messkreise der Bandsensoren eingebaut.

Als drittes System werden zwei Punktsensoren von der Firma RPM Gebäude Monitoring eingebaut. Ein Punktsensor wird in die Dämmebene des Flachdachs und der zweite Punktsensor in die Dämmebene des eingeschossigen Bauteils mit der begrünten Dachfläche eingebaut. Das System misst die Feuchtigkeit und Temperatur in der Dämmebene und auch auf der Abdichtungsebene der Rohdecke. Dieses System wurde zusätzlich zu den Flächensensoren eingebaut, um feststellen zu können, inwieweit die Ergebnisse vergleichbar sind bzw. welches System effizienter in der Erkennung und Auswertung der Feuchtigkeit ist.

Vor dem Einbau der Feuchte-Monitoring-Systeme wurde ein detaillierter Verlegeplan für alle drei Messsysteme erstellt und mit dem Projektpartner vor Ort besprochen und auf Vollständigkeit überprüft. Alle drei Messsysteme sind mit einem Fernüberwachungssystem ausgestattet, sodass das Überwachen und Auslesung der Daten jederzeit möglich ist.

3.1. Mess-Sensorik am Flachdach

In der Abbildung 5 wird der Grundriss vom Flachdach mit den Anordnungen der Messkreise und Messpunkte gezeigt. Um einen besseren Überblick zu geben werden die zusammengehörigen Systeme und Messbereiche einzeln in den Grundrissen dargestellt.

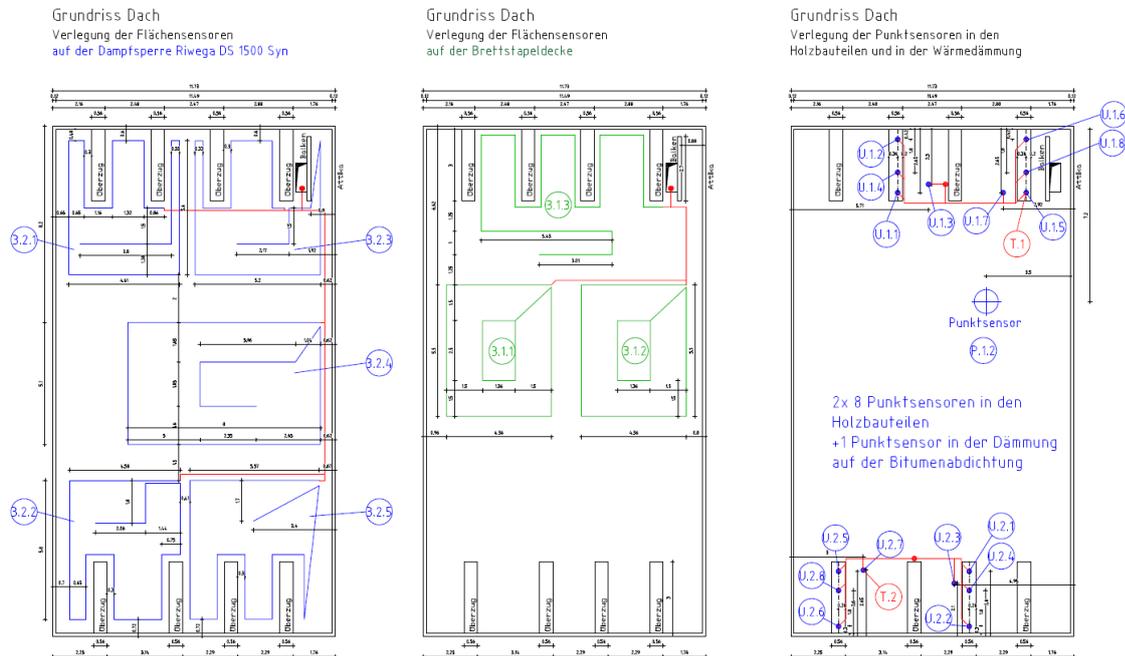


Abbildung 5: Bandsensoren auf der Abdichtungsebene (linker GR), auf der Massivholzdecke (GR Mitte), Punktsensor und Messpunkte der Holzfeuchte- und Temperaturmessung (rechter GR)

Im rechten Grundriss sind die Messpunkte für die Holzfeuchtemessung ersichtlich, von denen je acht Messstellen (Bezeichnung U) an der Süd- und der Nordseite des Daches montiert wurden. Die zwei verwendeten Temperaturfühler sind mit der Bezeichnung T in roter Farbe dargestellt. Weiter ist auf diesem Grundriss auch der Punktsensor eingezeichnet. Die Positionierung wurde etwas außerhalb der Mitte der Dachfläche, im Nordostbereich festgelegt. Die Gründe liegen darin, dass das Dach nach Osten geneigt ist (Wasserablenkung) und im Nordosten ein Installationsschacht das Dach durchdringt. Somit ist dieser Bereich als am gefährdetsten in Bezug auf mögliche Undichtheiten zu betrachten.

Am Grundriss in der Mitte sind drei Messkreise mit Bandsensoren abgebildet die direkt auf der Massivholzdecke des Daches montiert wurden. Die Anordnung wurde so gewählt, da im mittleren Bereich der Dachfläche die Durchbiegung am größten ist, d.h. bei Wassereintritt es in diesem Bereich vermutlich am schnellsten zur Durchfeuchtung der Oberfläche kommt. Der Messkreis an der Nordseite wurde in einem geringen Abstand zu den statisch benötigten Holzüberzügen verlegt. Die Überzüge haben auf der Fläche oben nur eine geringe Überdämmung, d.h. die Gefahr des Kondensatausfall bei niedrigen Außentemperaturen unterhalb der Abdichtung ist sehr groß. Daher soll überwacht werden, ob dies auch einen Feuchteinfluss auf die Oberfläche der mit den Überzügen verschraubten Tragstruktur (Brettsperrholz) hat. Im linken Grundriss sind fünf Messkreise mit Bandsensoren auf der ersten Abdichtungsebene (Dampfsperre) dargestellt. Die Anordnung wurde, einerseits aufgrund der Dachneigung (Richtung Osten) und andererseits um möglichst die gesamte Dachfläche feuchtechnisch zu überwachen, festgelegt.

3.2. Mess-Sensorik 1. Obergeschoss

Im 1. Obergeschoss wurde auf den Terrassen und in den Sanitärbereichen Bandsensoren eingebaut. Drei Messkreise sind auf der Terrasse (Westseite) über einen darunter befindlichen Wohnraum auf einer Bitumenabdichtung aufgebracht. Weitere Messkreise (grün dargestellt) sind in den drei Sanitärräumen direkt auf die Rohdecke aus Brettsperrholz installiert worden. Bei dem Messkreis an der Nordseite, auch auf einer Bitumenabdichtung befestigt, wird unterhalb als Durchgang und überdachte Terrasse verwendet. Somit sind die Temperaturunterschiede im Bauteil deutlich geringer und durch die nordseitige Lage ist

in den Wintermonaten mit wenig Sonneneinstrahlung zu erwarten. Das Ziel auf dieser Geschossebene ist ebenfalls eine gesamtheitliche Feuchte- und Dichtheitsüberwachung. Weiter soll die Überwachung auch Informationen über den Einfluss der verschiedenen thermischen Situationen geben.

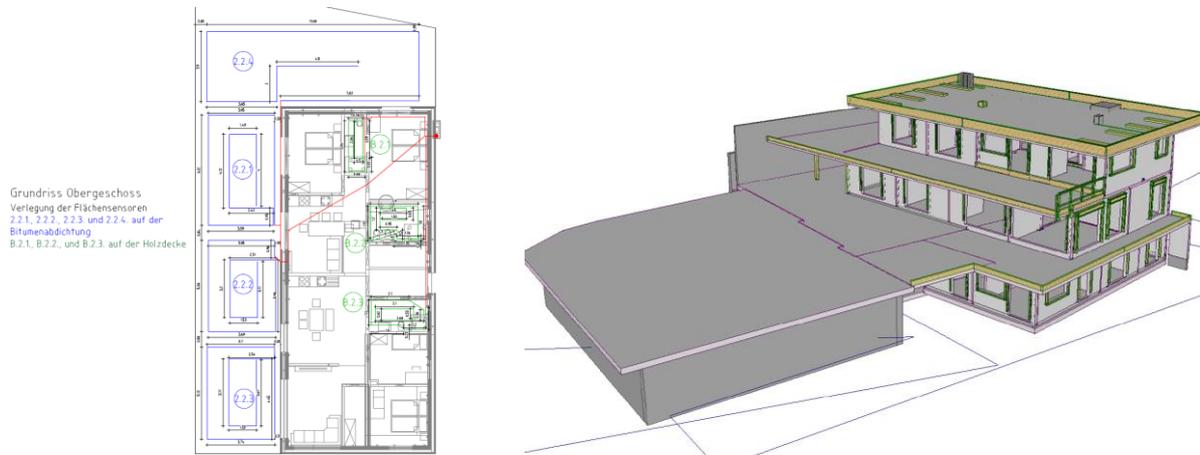


Abbildung 6: Obergeschoss - Bandsensoren auf Bitumen (blau) – Sanitärbereiche Sensoren auf Massivholz (grün)

3.3. Mess-Sensorik Erdgeschoss

Im Erdgeschoss wurden die drei Sanitärbereiche ebenfalls mit Bandsensoren ausgestattet. Die Sensoren wurden an den zwei nordseitig gelegen Bädern auf einer Stahlbetondecke und bei dem südlich gelegenen Bad auf einer Brettsperrholzdecke montiert. Die Bandsensoren im Außenbereich wurden so angeordnet, dass sie wiederum eine flächendeckende Überwachung des Hauptgebäudes ermöglichen. Die Messkreise 1.2.2, 1.2.3 und 1.2.4 sind auf der ersten Abdichtungsebene aus Bitumen montiert. Die Messkreise 1.2.2 und 1.2.4 befindet sich über einem überdachten Eingang und auf einen auskragenden Balkon. Bei dem Messkreis 1.2.3 sind die Bandsensoren teilweise über dem Wohnbereich und teilweise im auskragenden Bereich der Geschossdecke verlegt. Die Rohdecke bei diesen drei Messkreisen ist in Brettsperrholzbauweise ausgeführt. Der Messkreis 1.1.1 ist direkt auf die Stahlbetondecke verlegt worden. Unterhalb dieses Messkreises befindet sich die Tiefgarage. Der Messkreis 1.2.1 wurde auf dem begründeten eingeschossigen Bestandsgebäude auf einer Kunststoffbahn (Dampfsperre) verlegt. In der ursprünglichen Nutzung befand sich unterhalb im Innenbereich ein Schwimmbad. Zum Zeitpunkt der Festlegung der Messsensoren war noch nicht entschieden, ob das Schwimmbad wieder in Betrieb genommen wird oder ob er als Fitnessbereich genutzt wird. Neben dem Flachdach wurde ein weiterer Punktsensor an der Westseite des neu errichteten Warmdaches auf der Westseite des eingeschossigen Bestandsgebäudes eingebaut. Die Position wurde gewählt, da dieser Bereich der begründeten Fläche durch die Geländeformation im Winter meist verschattet ist.

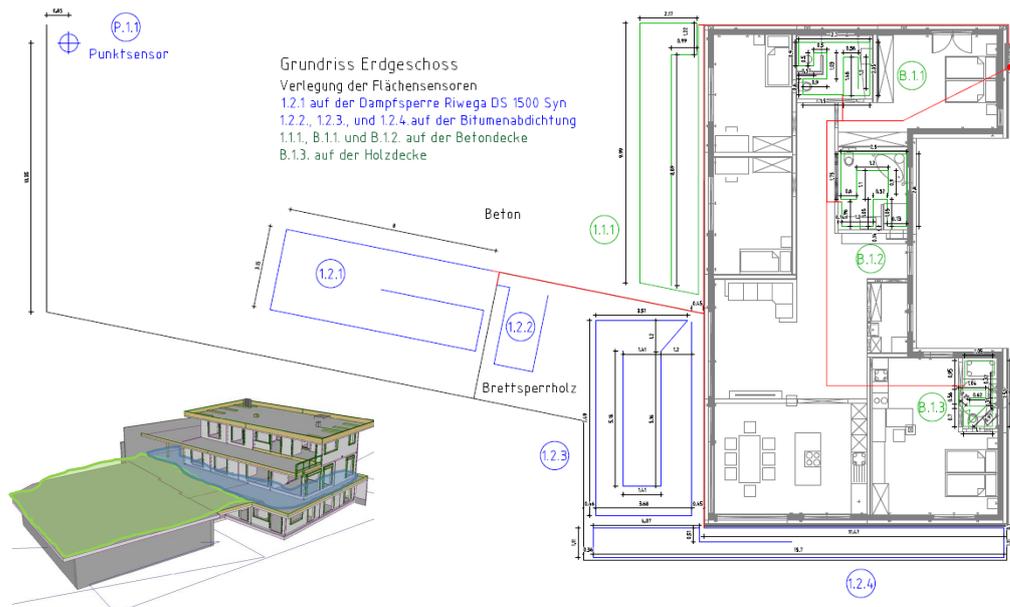


Abbildung 7: Erdgeschoss – Bandsensoren auf Abdichtungsbahnen (blau) – auf den Rohdecken (Stahlbeton und Brettsperholz; grün) Punktsensor – eingeschossiges Bestandsgebäude

4. Erkenntnisse aus dem Feuchte- und Dichte Monitoring

Die Diagramme und Messergebnisse zeigen einen Überblick über den bisherigen Messverlauf. Dazu ist zu erwähnen, dass aufgrund der in den Untersuchungszeitraum fallenden Lockdowns, sich der Baufortschritt und daher die Inbetriebnahme der Messsysteme und das bewohnen des Gebäudes um ca. ein Jahr nach hinten verschoben hat. D.h. die vollständige Inbetriebnahme aller Messsysteme erfolgte erst im April 2021. Vom September 2021 bis Jänner 2022 gab es zum Teil keine Datenübertragung da die Internetverbindung am Standort des Gebäudes zu schwach war und die Verlegung und der Anschluss der Glasfaserkabel sich um mehrere Monate verzögerte. Daher gibt es bis dato noch keine durchgängigen Messresultate über den gesamten Jahresverlauf. Zum Zeitpunkt der Verfassung dieses Berichtes ist nur die Wohnung im Erdgeschoss bewohnt, die im Herbst 2021 bezogen wurde. Somit sind noch keine aussagekräftigen Ergebnisse bzgl. des Feuchteverhaltens in den Sanitärbereichen, auf dem Dach und den Terrassen vorhanden. D.h. inwieweit neben der reinen Dichtheitsüberwachung der Abdichtungsbahnen auch das Bewohnen und das Nutzen der Räumlichkeiten durch unterschiedliche Temperaturen und der relativen Luftfeuchtigkeit, Auswirkung auf das Feuchteverhalten in den überwachten Bereichen hat, kann noch nicht beantwortet werden.

Die bisherigen Aufzeichnungen zeigen deutliche Unterschiede des Feuchteverhaltens zwischen den Sommer und Winter. In den folgenden Diagrammen wird ein gesamtheitlicher Überblick über den vorhandenen Messzeitraum gegeben und auf einzelnen Besonderheiten hingewiesen.

4.1. Materialfeuchtemessung

Das Messdiagramm von der Südseite des Flachdaches (Abb. 8) zeigt den Holzfeuchteverlauf der acht Messpunkte (U 2.1 – U 2.8) sowie den Temperaturverlauf im Holz (T 2.1) und im Innenbereich vom 1. OG (T 2.3) in dem sich der Datenlogger befindet. An der Y-Achse des Diagramms ist die Temperatur und Holzfeuchte und an der X-Achse der Zeitverlauf angegeben. Alle weiteren Diagramme sind gleich aufgebaut. Das Messsystem wurde am 08.04.2021 in Betrieb genommen. Die Messdaten im Diagramm zeigen den Verlauf der Holzfeuchte von der Inbetriebnahme bis 20. März 2022. Der Verlauf der Holzfeuchte liegt im Normbereich zwischen ca.8% und 15%. Die Abweichungen bei den Holzfeuchten sind, durch die verschiedenen Tiefen der eingebrachten Messelektroden erklärbar. Bei dem Messpunkt U 2.6 ist vom Mai 2021 bis Anfang Oktober 2021 ein stetiger Anstieg der Holzfeuchte bis 15% zu erkennen, die in den Wintermonaten wieder absinkt. Bei niedrigen

Temperaturen fällt auf, dass es bei dem Messsystem immer wieder zu Störungen bei der Datenspeicherung kommt, wie bei Messpunkt U 2.7 von ca. Mitte Dezember 2021 bis ca. Mitte Februar 2022 sichtbar ist. Der Messwert hat eine hohe Schwankungsbreite. Auffällig ist auch, dass in den Wintermonaten die Temperatur im Brettsperrholz trotz der Außen-dämmung auf unter 10°C, d.h. in den Taupunktbereich, absinkt.

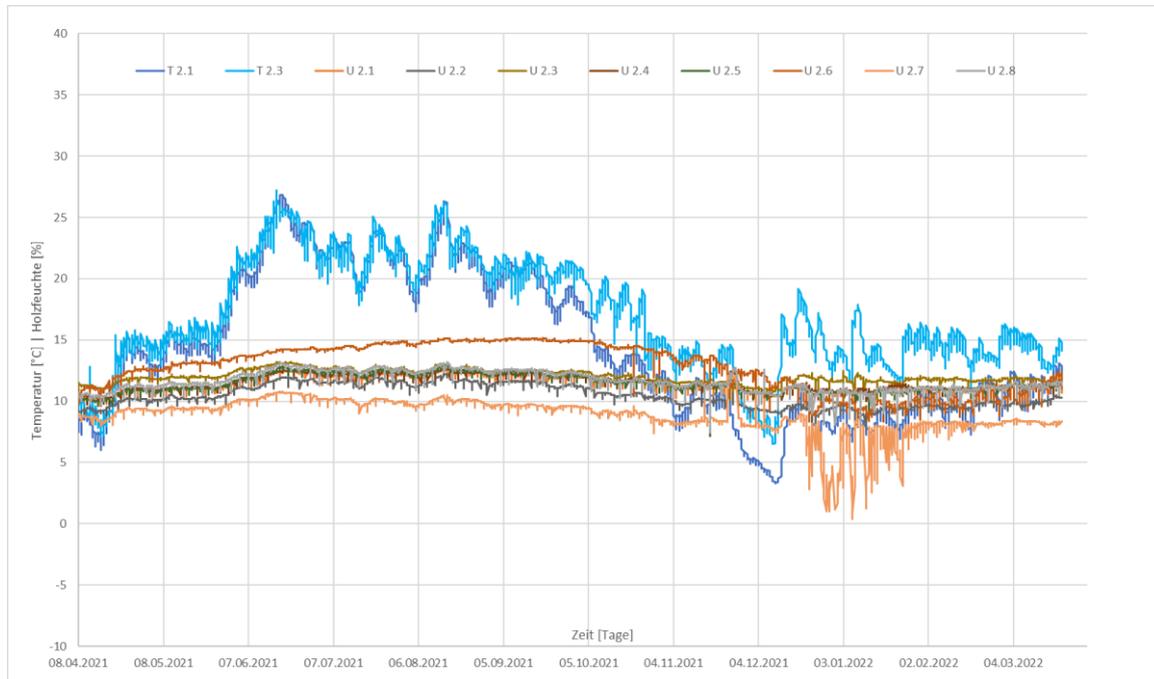


Abbildung 8: Flachdach (Südseite) – Holzfeuchtemessung U 2.1 – U 2.8; Temperatur im Brettsperrholz - T 2.1; Temperatur Innenraum 1. OG – T 2.3;

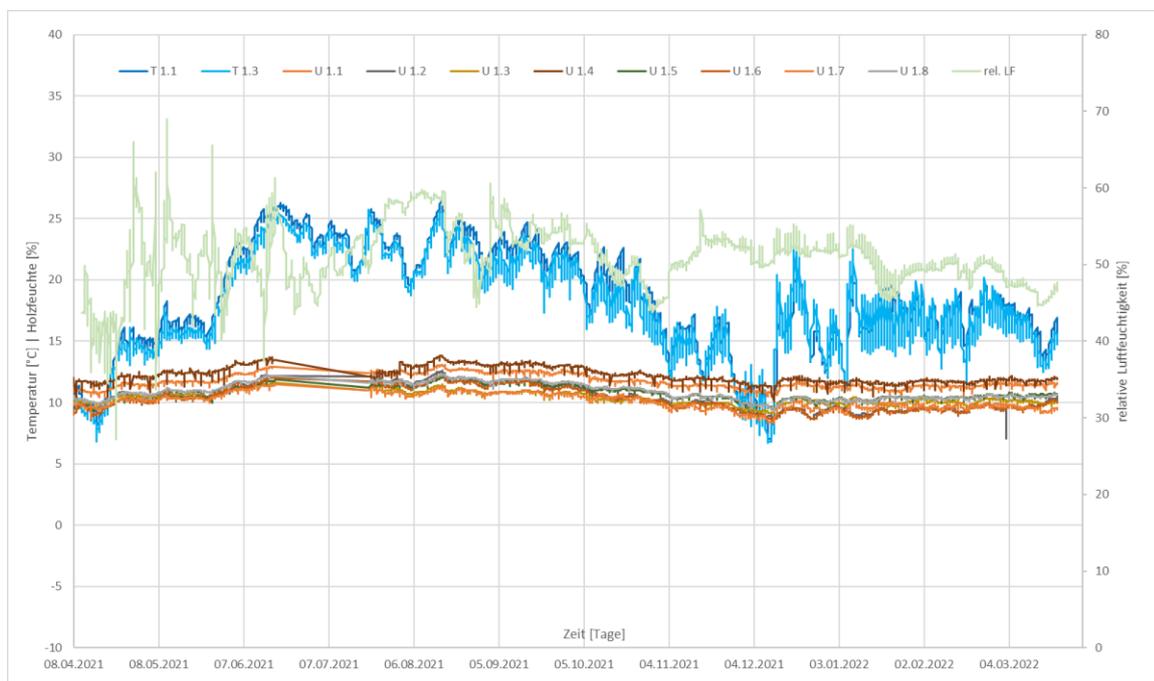


Abbildung 9: Flachdach (Nordseite) – Holzfeuchtemessung U 1.1 – U 1.8; Temperatur im Brettsperrholz - T 1.1; Temperatur und relative Luftfeuchte im Innenraum 1. OG – T 1.3 und rel. LF;

Der Messzeitraum an der Nordseite des Flachdaches ist derselbe wie an der Südseite beschrieben (Abb.9). Der Holzfeuchteverlauf ist über dem gesamten Messzeitraum sehr gleichmäßig und unauffällig. Bei dieser Messstation wird im Vergleich zur Südseite zusätzlich die relative Luftfeuchtigkeit im Innenraum des Obergeschosses mitgemessen. Im Zeitraum vom 16.06.2021 bis 15.08.2021 gab es eine Unterbrechung der Messaufzeichnungen, da bei den Bauarbeiten bei diesem Messgerät unabsichtlich ein Kabel gelöst wurde.

4.2. Flächensensoren

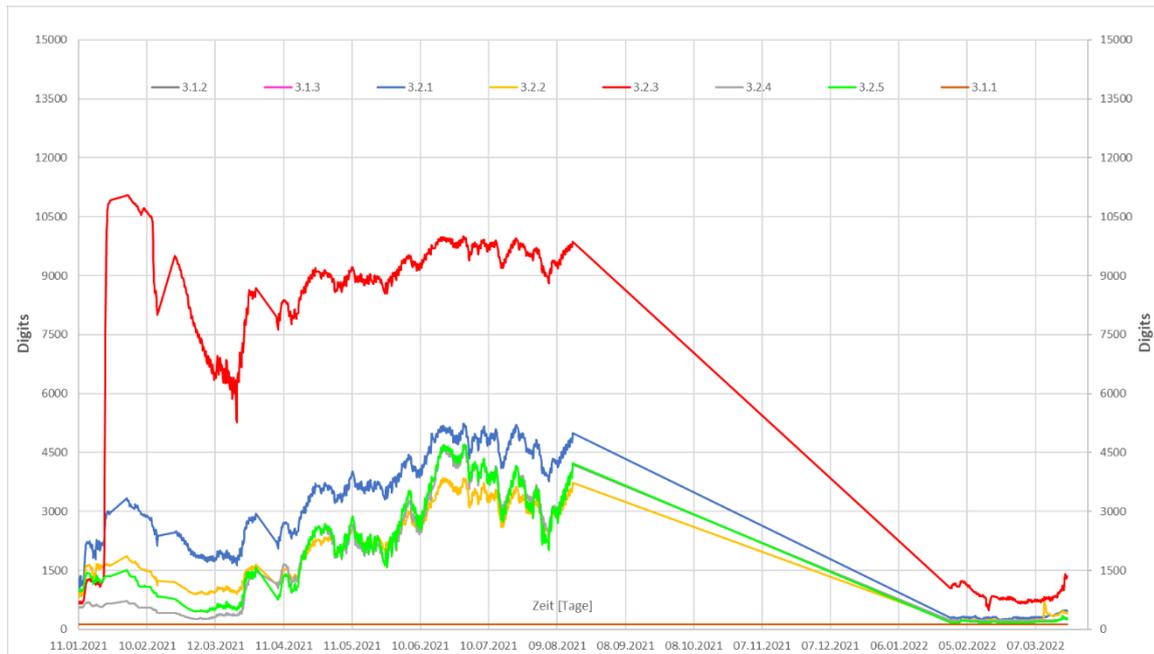


Abbildung 10: Flachdach- Bandsensoren 3.1.1 – 3.1.3 auf der Brettspertholzdecke; Bandsensoren 3.2.1 – 3.2.5 auf der ersten Abdichtungsebene (Dampfsperre – Kunststoffbahn)

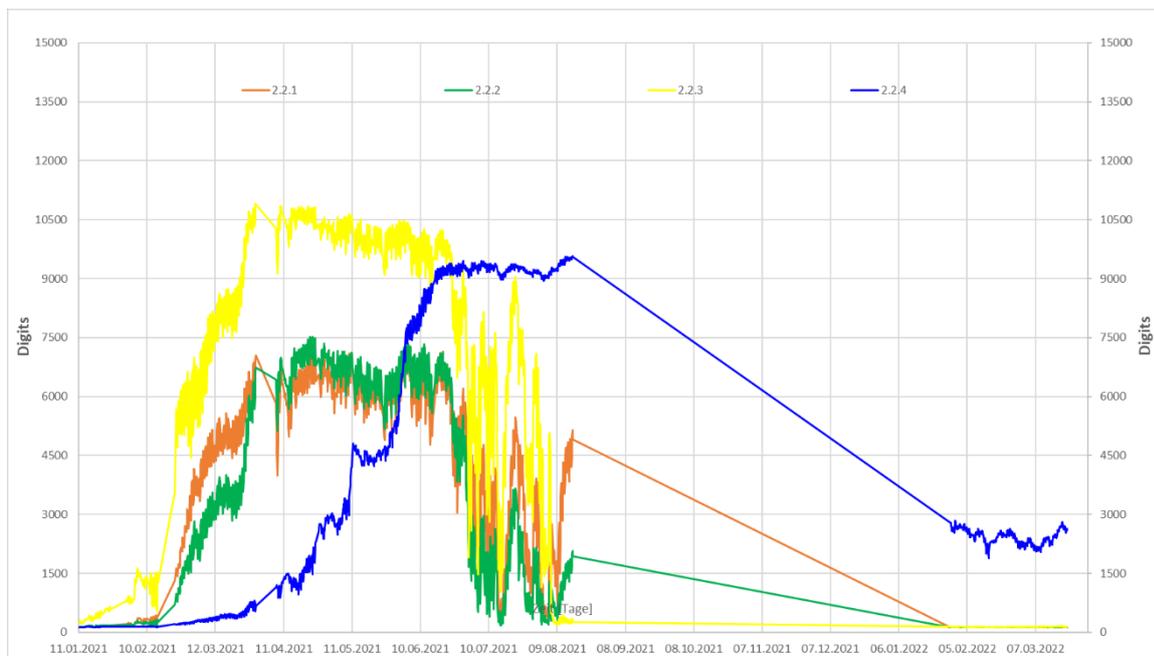


Abbildung 11: 1. Obergeschoss - Bandsensoren 2.2.1 – 2.2.4 auf Bitumenbahnen montiert

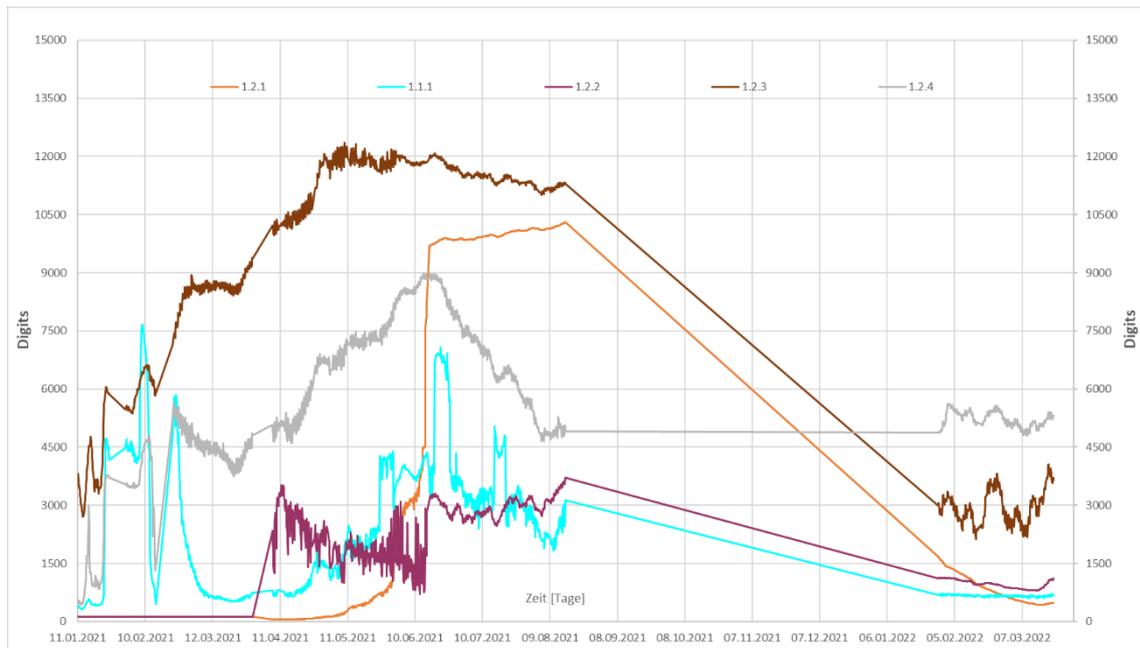


Abbildung 12: Erdgeschoss - Bandsensoren 1.1.1 auf der Stahlbetondecke montiert; 1.2.1 – 1.2.3 auf Bitumenbahnen montiert; 1.2.4 auf einer Kunststoffbahn – Dampfsperre montiert

Die Flächensensoren auf dem Flachdach, im 1. OG und im Erdgeschoss konnten aufgrund des Baufortschritts nicht alle gleichzeitig eingebaut und in Betrieb genommen werden. Dies erklärt, dass bei einigen Messkreisen die Grundspannung bei 120 Digits liegt. Bei der Inbetriebnahme ist dann zum Teil ein steiler Anstieg, wie am Messkreis 1.2.1 in der Abb. 12, der Feuchte zu erkennen. Bei jedem der drei Diagrammen (Abb. 10-12) ist erkennbar, dass es bei jeder überwachten Geschossebene ein bis mehrere Messkreise gibt, bei denen bereits von Beginn an ein hoher Feuchtegehalt auf der Abdichtungsebene vorhanden ist. Der Grund liegt darin, dass es beim Einbau der Dachaufbauten durch Regen und Schneefall zu Wassereintritten kam und daher teilweise der festgelegte Grenzbereich von 11500 Digits überschritten wurde. Weiter ist bei den Diagrammen zu erwähnen, dass es von Mitte September 2021 bis Ende Jänner 2022 keine Netzwerkverbindung gab und daher keine Onlinenabfrage zur Verfügung stand. Es zeigt sich aber, dass der Feuchtegehalt in den Bauteilen über den Winter deutlich geringer wurde.

4.3. Punktsensoren



Abbildung 13: Punktsensor 1.2. auf dem Flachdach

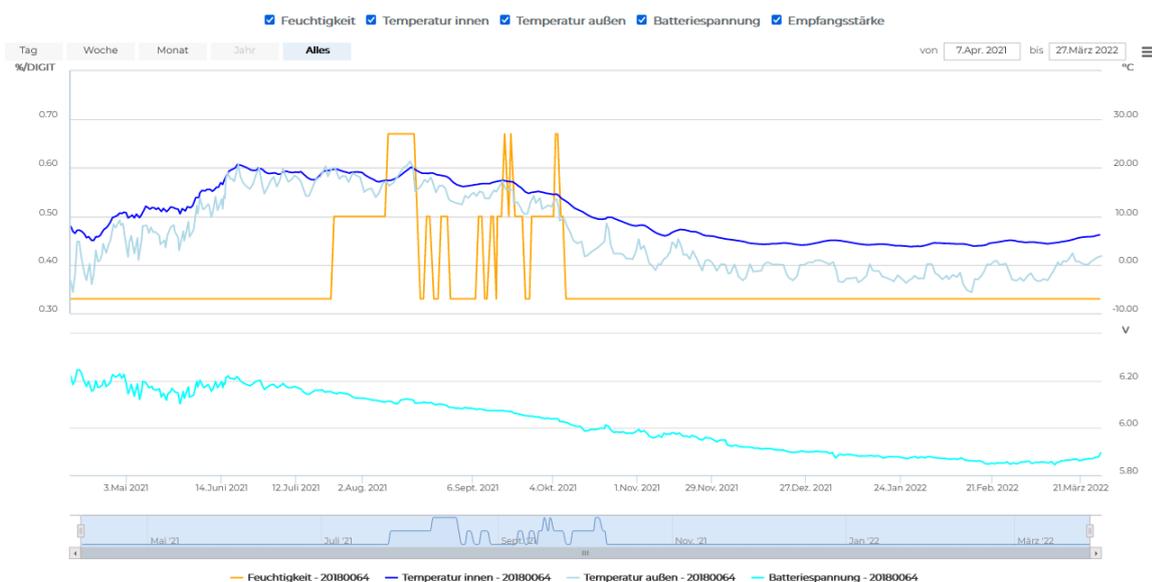


Abbildung 14: Punktsensor 1.1 auf der begründeten Dachfläche des eingeschossigen Bestandsgebäudes

Der Punktsensor am Flachdach 1.2 (Abb. 13) ist in der Nähe des Messkreises 3.2.3 eingebaut. Im Bereich dieses Messkreises kam es beim Abdichten der obersten Abdichtungsebene zu einem Feuchteintritt. Der erhöhte Feuchtegehalt wird auch vom Punktsensor angezeigt. Mit Ende Jänner 2022 ist jedoch ein sehr schneller Feuchteabfall d.h. eine Trocknung im Aufbau ersichtlich. Wie es zu dieser doch sehr schnellen Austrocknung kommen kann, muss noch genauer eruiert werden. Beim Punktsensor 1.1 sind in den ersten Monaten keine Feuchteänderungen bzw. Feuchteauffälligkeiten zu erkennen. Von Mitte Juli 2022 bis Mitte Oktober 2022 kommt es allerdings zu nicht nachvollziehbaren Feuchteauschlägen. Auch hier muss noch untersucht werden, ob dies am Messgerät liegt bzw. was sonst Ursache dafür sein kann. Ansonsten sind keine weiteren Auffälligkeiten im Aufbau zu erkennen.

5. Zusammenfassung

Nach dem bisherigen Untersuchungsstand kann folgendes festgestellt werden:

- Der Aufwand für die Planung, dem Einbau und die Inbetriebnahme der verwendeten Messsysteme war einfach und gut händelbar.
- Kurz nach Inbetriebnahme der Flächensensoren konnten Leckstellen in der Abdichtung durch erhöhte Feuchte eruiert werden. Durch das schnelle Abdichten wurden zukünftige Feuchteschäden verhindert.
- Die Interpretation der Messwerte ist aufgrund der unterschiedlichen Skalierung bei den Messgeräten etwas schwierig. Dazu kommt, dass sich bei der Verwendung auf verschiedenen Materialien auch die Messwerte (Bandsensoren) ändern.
- Bei einigen Messkreisen mit erhöhten Feuchtwerten in den Sommermonaten ist nicht klar nachvollziehbar, ab wann mit Trocknungsmaßnahmen begonnen werden soll.
- Von den fünf Wohneinheiten ist erst seit Herbst 2021 die Wohnung im Erdgeschoss bewohnt. Daher fehlen noch aussagekräftige Messwerte von den Sanitärbereichen sowie den Messkreisen auf dem Flachdach, die auf den Brettsperrholzelement verlegt wurden.
- Klarere Aussagen über die Messwerte und der Vergleich der Messwerte und Messsysteme können erst nach einer gesamten Jahresperiode gemacht werden und wenn das Gebäude gesamtheitlich bewohnt wird.

6. Danksagung

Dieses Forschungsprojekt wird aus Mitteln der Provinz Südtirol für Beratungs- und Dienstleistungsinnovation und vom Holzbauunternehmen Ligna Construct finanziell unterstützt. Wir bedanken uns für die Bereitschaft zur Unterstützung dieses Projektes. Das ist für den Holzbau ein weiterer wichtiger Beitrag für die Qualität und Langlebigkeit von Holzbauten.

7. Literatur

- [1] IFB-Institut für Flachdach und Bauwerksabdichtung; Richtlinie: Dichtheits- und Feuchtemonitoring; Gebäudeassistenzsysteme innerhalb der Gebäudehülle in Bauteilen; Ausgabe 1/2018].
- [2] ÖNORM B 3691: Planung und Ausführung von Dachabdichtungen, Wien 2019
- [3] ÖNORM B 3692: Planung und Ausführung von Bauwerksabdichtungen, Wien 2014
- [4] <https://www.optidry.at/de/>; 25.03.2022
- [5] <https://www.scantronik.de/>; 25.03.2022
- [6] <https://www.gebaeudemonitoring.at/>; 25.03.2022