



Feuchte Mauerbank

Experimente und Simulationen zu
Feuchteschäden im Auftrag der
Wirtschaftskammer NÖ, Landesinnung Bau
Niederösterreich , Sparte Gewerbe und
Handwerk

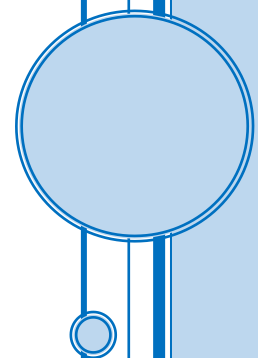
Institut für Werkstofftechnologie,
Bauphysik und Bauökologie

Forschungsbereich Bauphysik

TU Wien

Autoren: Thomas Lewis, Andreas Sarkany, Thomas Bednar, Ernst
Heiduk, Manfred Grüner, Harald Hofbauer

Datum: 30.12.2021



Inhaltsverzeichnis

1	Ausgangslage	2
2	Forschungsfragen und Methoden	4
2.1	Projektziele	4
2.1.1	Handlungsanleitung	4
2.1.2	Beispiel für eine Analyse­methode feuchtetechnischer Probleme	4
2.1.3	Vorschläge zur Überarbeitung der ÖNORM 8110-2:2020	6
2.1.3.1	Einfluss der Konvektion → Berücksichtigung in der Simulation erforderlich	7
2.1.4	Identifizierte feuchtetechnische Risiken	7
2.1.4.1	Konvektion warmfeuchter Luft aufgrund von Löchern in der luftdichten Ebene	7
2.1.4.2	Dampfbremse mit niedrigem sd-Wert bei gleichzeitig schlecht belüftetem Dachboden	11
2.2	Versuche	11
2.2.1	Ergebnisse	11
2.3	Versuchsaufbauten	12
2.3.1	Großversuch	12
2.3.1.1	Plandarstellung	12
2.3.1.2	Versuchsablauf	12
2.3.2	Kleinversuch	13
3	Anhang	14
3.1	Messdaten	14
3.1.0.1	Verlauf der Kurven	14
	Ankerdorn 02	15
	Ankerdorn 04	17
	Ankerdorn 06	19
	Ankerdorn 09	21
	Bezüglich ihrer Position vergleichbare Sensorgruppen	23
3.2	Fotos des Versuchsaufbaus	27
3.2.1	Großversuch	27
3.2.2	Kleinversuch	30

1 Ausgangslage

Einschlägige Projektgespräche starteten in der 2. Hälfte des Jahres 2019. Auslöser des Forschungsprojekts waren Beobachtungen einer niederösterreichischen Bau­firma. Die Firma stellte Feuchteschäden in unkonditionierten Dachböden von Einfamilienhäusern in Ziegelbauweise mit einem Dachstuhl in Holzbauweise fest. Die Schäden wurden nicht als Einzelfall typisiert sondern konnten bei mehreren Projekten beobachtet werden und umfassten:

1. Augenscheinliche Feuchteflecken an der sogenannten „Mauerbank“ (Fußfette aus Holz = traufseitiges Sparrenauf­lager). Die Flecken sind vermuteterweise auf Kondensat zurückzuführen und traten an der Mauerbankoberseite auf, mit einer gewissen Regelmäßigkeit rund um die Köpfe der Ankerdorne, mit denen die Mauerbank in der Stahlbetondecke verankert ist. Von diesem Schadenstyp existieren keine Fotos.
2. Kondensat (Abb. 1.3) und Schimmel (Abb. 1.2) in den Stoßfugen der beiden EPS-Lagen , die auf der Stahlbetondecke über einer Dampfbremse angebracht sind.

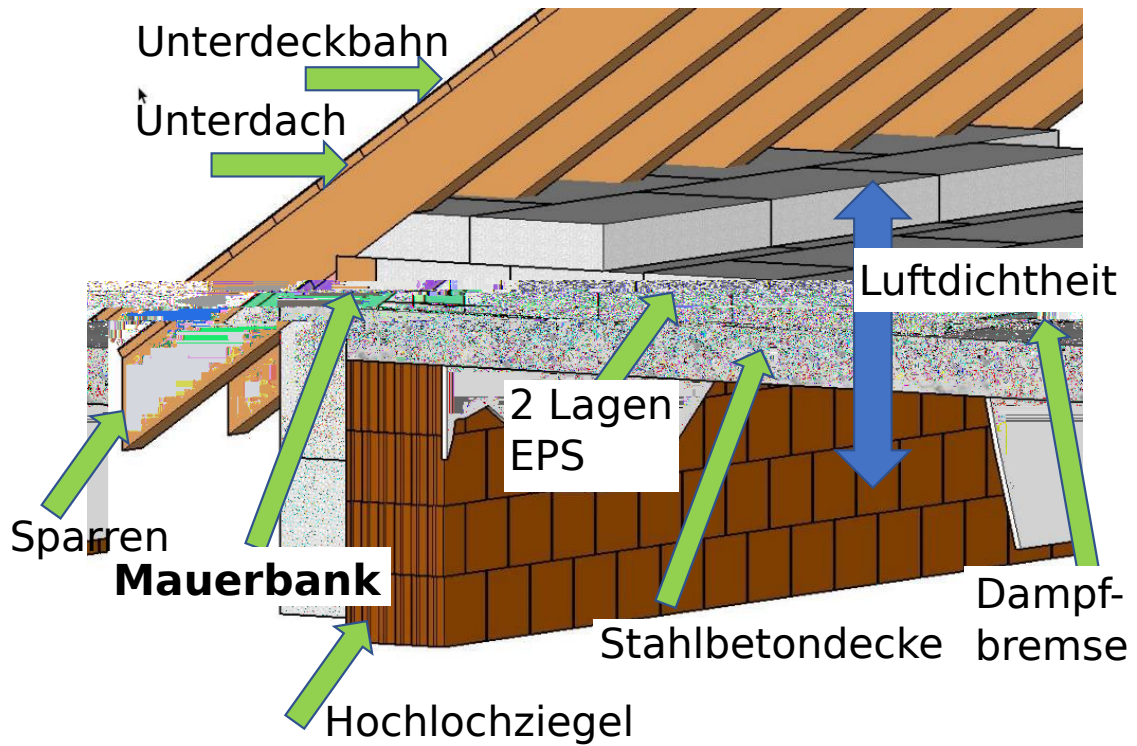


Abb. 1.1: 3D-Darstellung des dem Projekt zugrunde liegenden Details



Abb. 1.2: Schimmel an EPS-Stößen



Abb. 1.3: Kondensat an EPS-Stößen

2 Forschungsfragen und Methoden

1. Was ist die *Ursache* der beobachteten Schadensbilder? → Dazu wurden *Experimente* (2 Kleinversuche, 1 Großversuch) an der TU Wien (Standort Science Center im 3. Wiener Gemeindebezirk), *Simulationen* und eine *Literaturstudie* durchgeführt.
2. Welche Vorkehrungen sind in Planung und Ausführung erforderlich, damit die beobachteten Schäden vermieden werden? → Dazu wurde eine *Handlungsanleitung* erstellt.

2.1 Projektziele

Im folgenden wird auf die Punkte gemäß dem Forschungsförderungsantrag eingegangen:

2.1.1 Handlungsanleitung

Das Erarbeiten praxisorientierter, abgesicherter Handlungsanleitungen, die helfen, das Risiko feuchtebedingter Bauschäden im Bereich von Bauteilanschlüssen zu minimieren.

→ Eine Handlungsanleitung für das unersuchte Detail „Dachboden/Mauerbank“ wurde erstellt (separate Beilage). Die Handlungsanleitung wird auch nach Berichtsende um Anmerkungen seitens Stakeholder ergänzt werden.

2.1.2 Beispiel für eine Analysemethode feuchtetechnischer Probleme

Das Schaffen eines konkreten Beispiels für eine Methode, wie feuchtetechnische Probleme bei Bauteilanschlüssen analysiert werden können. Dabei soll

das Prinzip der feuchtechnischen Fehlertoleranz berücksichtigt werden

→ Untenstehende Vorgangsweise hat sich im Projekt als zielführend herausgestellt, um die Feuchte- und Temperaturentwicklung im Anschlussbereich besser zu verstehen. Die Methode ist tendenziell aufwendig und eignet sich daher vorwiegend für wissenschaftliche Zwecke. Der Aufwand betrifft nicht nur den Einsatz materieller bzw. anlagentechnischer und personeller Ressourcen sondern auch das Vorsehen ausreichend langer Messdauern. Die Gesamtmessdauer kann – je nach Variantenzahl – Wochen bis mehreren Monate umfassen.

Der grundlegende Ansatz besteht darin, ein hygrothermisches Simulationsmodell zu erzeugen, das validiert ist, das heißt, dass es die Messsignale einer bestimmten Versuchskonfiguration über eine Simulation ausreichend genau abbilden kann.

Die verwendete Software für die hygrothermische Simulation muss ihrerseits selbst validiert sein, aktuell bedeutet das, dass sie den Validierungsanforderungen der ÖNORM 15026 entsprechen muss.

Mit dem einmal validierten Modell können dann *Variantenrechnungen* für Konfigurationen des Anschlussdetails und auch die Randbedingungen durchgeführt werden, die messtechnisch nicht mehr unter vertretbarem Aufwand nachgebildet werden können. Z. B. können „virtuell“, also nur in der Software, die Wärmeleitfähigkeit von Dämmstoffen, die Feuchtespeicherfähigkeit, die Einbaufeuchte, die Luftdurchströmbarkeit, die Nutzungsprofile von Räumen (wird durch NutzerInnen z. B. viel Feuchte freigesetzt, wenig gelüftet) etc. verändert werden. Damit können Varianten erstellt werden, die eine Beurteilung des Anschlussdetails bezüglich Fehlertoleranz erlauben.

Die dazu empfohlenen Schritte, die fast vollständig auch im aktuellen Projekt so umgesetzt wurden, sind:

1. Eine Vorabbewertung, welche Fragestellungen ggf. auch über einen *Kleinversuch* beantwortet werden können. Mit Kleinversuch sind hier Versuchskörper gemeint, die äußere Abmessungen von maximal einem Meter und ein Gewicht von maximal 100 kg haben und daher auch manuell transportiert werden können. → Ggf. erfolgt die Umsetzung der folgenden Schritte – was die Messung betrifft – im jeweiligen Fall als Kleinversuch.
2. *Nachbau* des fraglichen Anschlussdetails in Maßstab 1:1 als Versuchskörper und *messtechnische Erfassung* desselben:
 - (a) Platzierung *kalibrierter Sensoren*, die sowohl relative Luftfeuchte als auch Temperatur mit ausreichender Genauigkeit erfassen können. Die Sensoren sollten in relativ hoher räumlicher Dichte in der Nähe des zu untersuchenden Anschlusses positioniert werden und dort möglichst auch in *durchströmbaren* Bereichen, damit der Einfluss von Luftströmungen detektiert werden kann. Im aktuellen Fall betraf dieser Bereich höherer Sensordichte die Mauerbank und dort konkret vier Ankerdorne (an Ankerdornen waren im Ausgangsproblem Feuchteschäden beobachtet worden). Der Versuch, eine Strömung direkt zu messen ist bei den meist sehr geringen Strömungsgeschwindigkeiten nicht zielführend.
 - (b) Zunächst *Verschließen durchströmbarer Hohlräume*, die zwischen Bauteilen entstehen, die selbst nicht durchströmbar sind. Dies betrifft vor allem Spalten, Fugen, die als solche in der Ausführungsplanung nicht angeführt sind, aber aus baupraktischen Gründen in der überwiegenden Zahl der Fälle entstehen. Im

aktuellen Fall betrifft das vor allem die Stöße bzw. die Lagerfugen zwischen den EPS-Platten.

- (c) Messen bei *konstanten Klimarandbedingungen* über Zeiträume, die so lange bemessen sind, das sich stationäre Verhältnisse bei Temperatur und relativer Luftfeuchte einstellen.
 - (d) Öffnen von durchströmbaren Öffnungen und erneutes Messen
 - (e) Ggf. Ändern weiterer Randbedingungen, die im Vorfeld als relevant erachtet wurden, wie z. B. die Belüftung.
3. *Hygrothermische Simulation* des Versuchs, wobei als Input in die Simulation die Klimarandbedingungen zugrundegelegt werden, die gemessen wurden.
 4. *Kalibrierung* des Simulationsmodells durch stufenweise Ändern von Materialparametern im Modell, um eine maximale Übereinstimmung mit den gemessenen Sensorsignalen für die jeweilige Versuchskonfiguration zu erreichen. Dabei ist es sinnvoll, das Modell auch an die beiden Versuchskonfigurationen „mit Luftdurchströmung“ und „ohne Luftdurchströmung“ anzupassen.
 5. Untersuchen verschiedener *Varianten* mit dem kalibrierten Modell.

2.1.3 Vorschläge zur Überarbeitung der ÖNORM 8110-2:2020

Erarbeiten entsprechender Vorschläge für eine künftige Überarbeitung der ÖNORM 8110-2 zur Wasserdampfdiffusion und Kondensationsschutz im Hochbau in der aktuellen Fassung von 2020

Die ÖNORM B 8110-2:2020 behandelt de facto Regelquerschnitte. Die Norm erlaubt die Möglichkeit, einen sogenannten nichtnachweisfreien Aufbau, über eine hygrothermische Simulation nachzuweisen. Aktuell kommerziell erhältliche Software berücksichtigt dabei üblicherweise keine Luftströmungen. Die Behandlung von Luftströmungen wird in der oben erwähnten, international normativ für hygrothermische Simulationen maßgeblichen Norm ÖNORM 15026 (aktuell in Überarbeitung) nicht ausgeschlossen aber auch nicht dezidiert gefordert. Überdies behandelt die Norm nur Wärme- und Feuchteströme in einer Dimension.

Das Modell im aktuellen Projekt zeigte, dass mit „Einschalten“ der Durchströmbarkeit jenes Materials, mit dem die Lagerfugen und die Stöße zwischen den EPS-Platten abgebildet wurden konnte eine bessere Übereinstimmung mit den Messergebnissen erzielt werden als ohne Durchströmbarkeit. Dies ist ein Hinweis darauf, dass die Berücksichtigung von Konvektion in der Simulation bzw. einer künftigen Überarbeitung von Vorgaben zum Nachweis per hygrothermischer Simulation gemäß ÖNORM B 8110-2:2020 nicht vernachlässigt werden sollte.

Der Vorschlag für eine künftige Überarbeitung der ÖNORM 8110-2 lautet daher, Luftströmungen im Sinne einer Fehlertoleranz entsprechend zu berücksichtigen, sobald abgesicherte Ergebnisse vorhanden sind. Die Ergebnisse aus dem aktuellen Projekt können nicht als abgesichert angesehen werden jedoch als Hinweis darauf, dass es wichtig ist, Luftströmungen als Feuchte- und Wärmetransportweg auch in der Simulation abzubilden.

Ausblick: Um Ergebnisse einer Simulation auch im Bereich von Anschlüssen auf einen feuchtetechnischen Nachweis der Gebrauchstauglichkeit des Anschlusses umzulegen, werden neben validierten Modellen entsprechende *statistische Daten* bezüglich Art, Anzahl und Geometrie von Hohlräumen in aktuellen Bauweisen in entsprechenden Details (im aktuellen Fall im Bereich der Mauerbank bzw. des Anschlusses der Stahlbetondecke unter einem Dachboden an die Außenwand/Schrägdach) erforderlich sein. Statistische Daten zur Luftundichtheit der luftdichten Ebene generell sind bereits erhoben worden (Nusser, Bednar und Teibinger 2010) und waren eine wesentliche Grundlage für aktuelle Anforderungen in der ÖNORM B 8110-2:2020 bezüglich der Nachweisfreiheit von Regelquerschnitten,

2.1.3.1 Einfluss der Konvektion → Berücksichtigung in der Simulation erforderlich Überdies konnte gezeigt werden, dass durch Berücksichtigung der Luftströmung zwischen den EPS-Spalten in einer Parameterstudie die Messdaten besser nachgebildet werden konnten.

2.1.4 Identifizierte feuchtetechnische Risiken

In Simulation und Messung konnten bei der Ausführung mit EPS als Dämmlage zwei Risiken identifiziert werden. Beide Risiken sind in die Handlungsanleitung eingeflossen:

2.1.4.1 Konvektion warmfeuchter Luft aufgrund von Löchern in der luftdichten Ebene Konvektion warmfeuchter Luft aus dem Raum unter dem Dachboden durch Öffnungen in der Stahlbetondecke wie z. B. aufgrund nicht fachgerecht ausgeführter Durchdringungen mit Rohren/Leitungen ist, verglichen mit der Diffusion aus der Stahlbetondecke, ein leistungsfähiger Feuchtetransportweg. Ein entsprechender Schaden wurde über eine Simulation abgebildet. Bei der Simulation wurde ein Loch in der Stahlbetondecke „erzeugt“. Die EPS-Lage feuchtet dann unzulässig auf.

Bei Einsatz des Dämmstoffes Mineralwolle ((Abb. 2.2), vergleichbar wäre hier evtl. auch Zellulose, jedenfalls steht eine gute *Luftdurchströmbarkeit* und der geringe Dampfdiffusionswiderstand des Dämmstoffes im Vordergrund) ist die Dämmlage bezüglich Feuchteschäden fehlertoleranter als EPS (Abb. 2.3).

In jedem Fall wird vorausgesetzt, dass der Dachboden *ausreichend belüftet* ist.

In den folgenden beiden Abbildungen ist der Bereich links neben der Mauerbank zu beachten, der bei der Mineralwolle erkennbar trockener = „tiefblauer“ ist.

XZ-Schnitt Schichte: 6

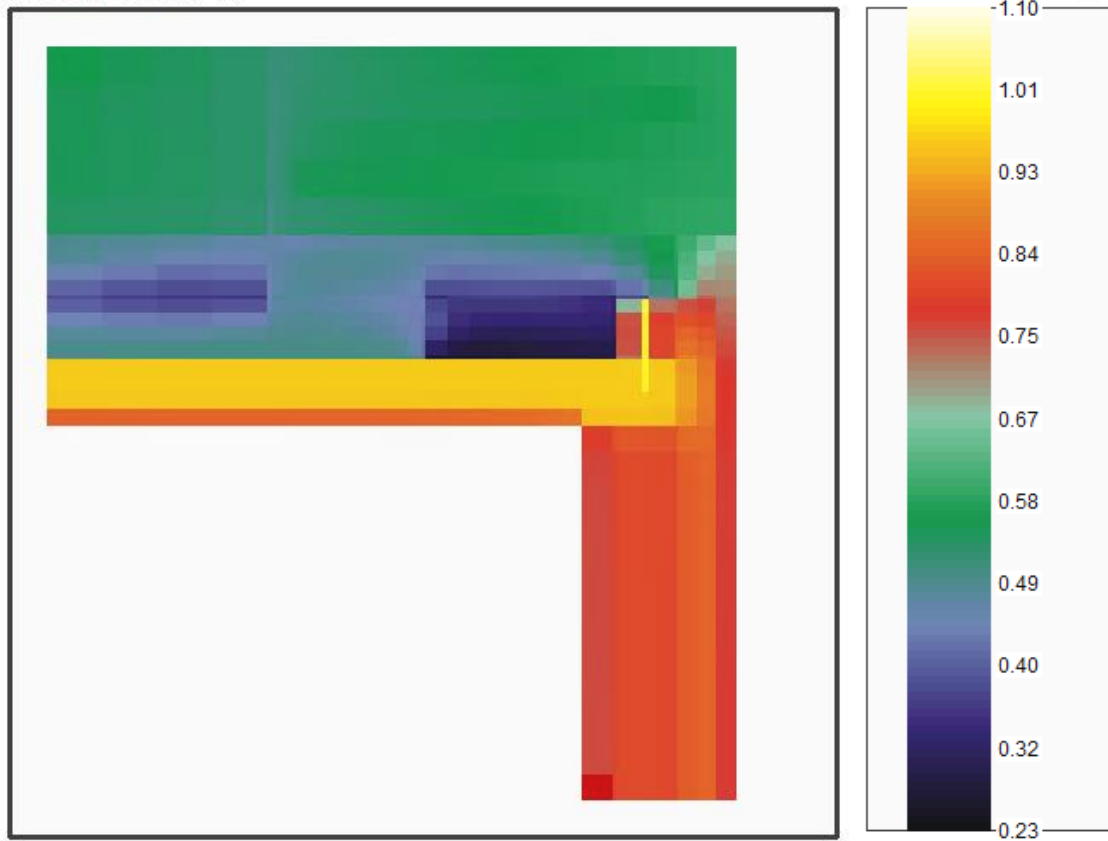


Abb. 2.1: hygrothermische Simulation: EPS mit Loch, relative Luftfeuchte, Darstellung zum simulierten Zeitpunkt 500 Stunden nach Einbringen des Versuchskörpers in die Klimabox (= eingeschwungener Zustand)

XZ-Schnitt Schichte: 6

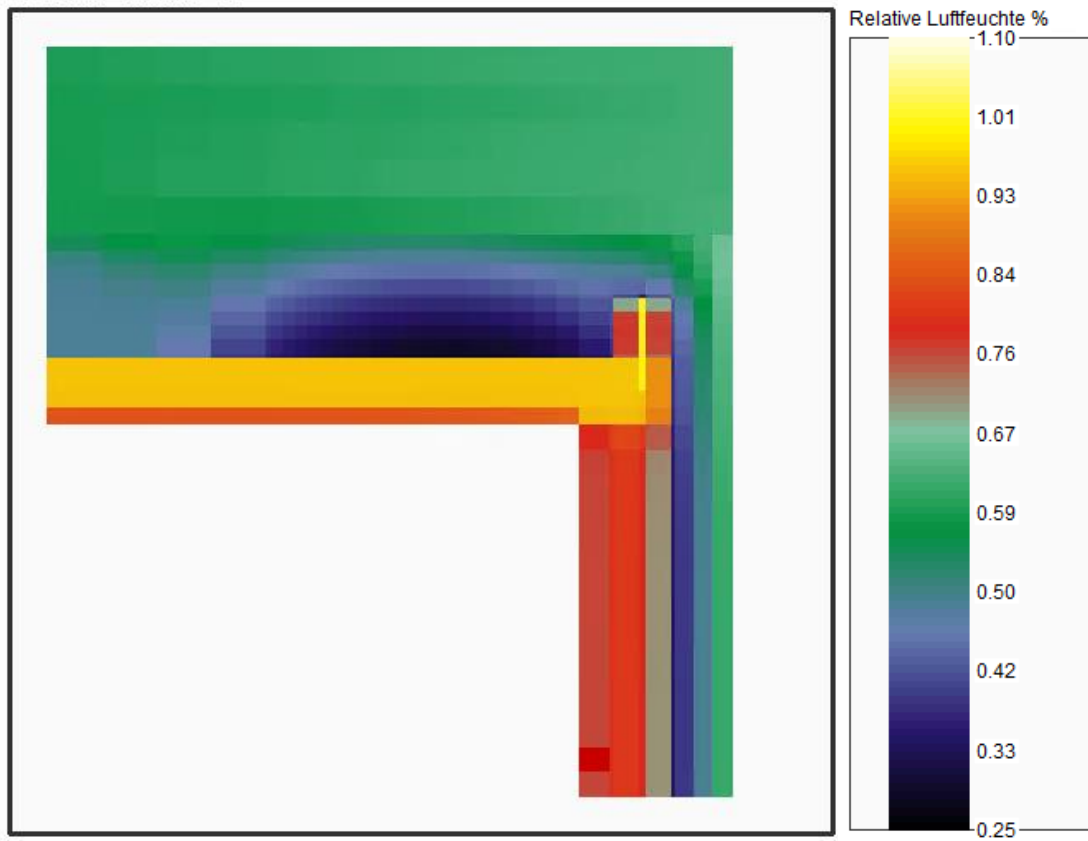


Abb. 2.2: hygrothermische Simulation: Mineralwolle mit Loch, relative Luftfeuchte, Darstellung zum simulierten Zeitpunkt 500 Stunden nach Einbringen des Versuchskörpers in die Klimabox (= eingeschwungener Zustand)

XZ-Schnitt Schichte: 6

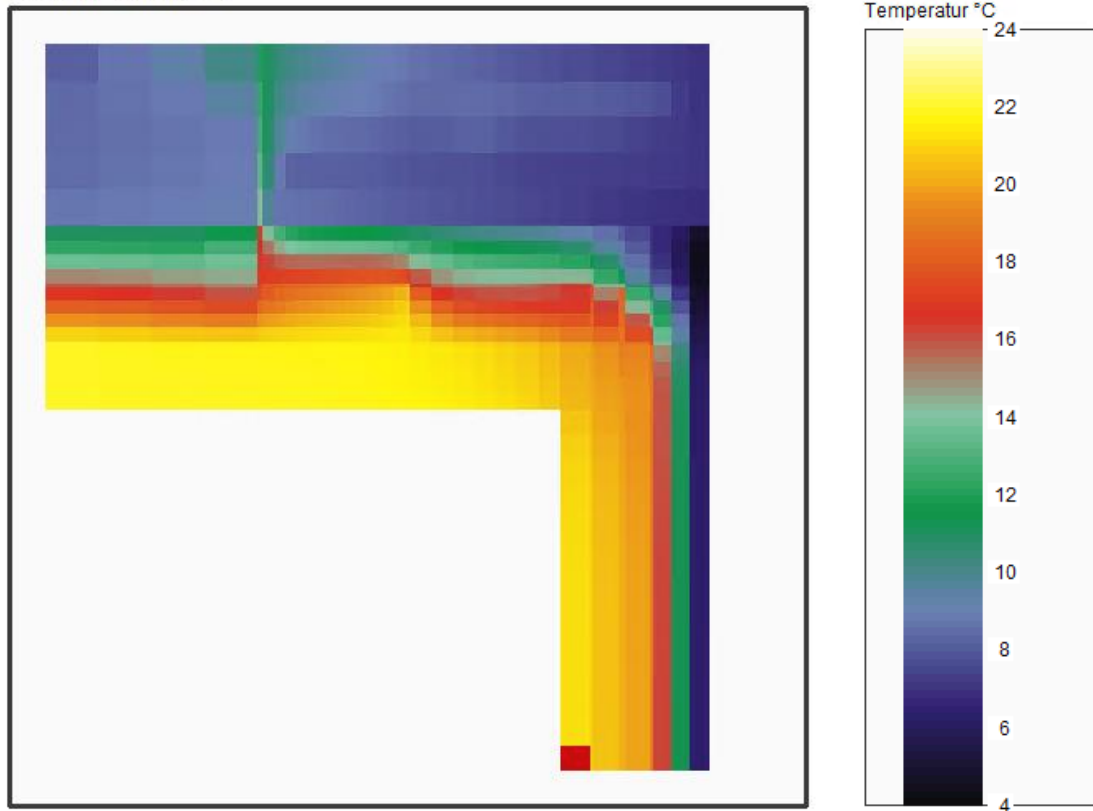


Abb. 2.3: hygrothermische Simulation: EPS mit Loch, Temperatur, Darstellung zum simulierten Zeitpunkt 500 Stunden nach Einbringen des Versuchskörpers in die Klimabox (= eingeschwungener Zustand)

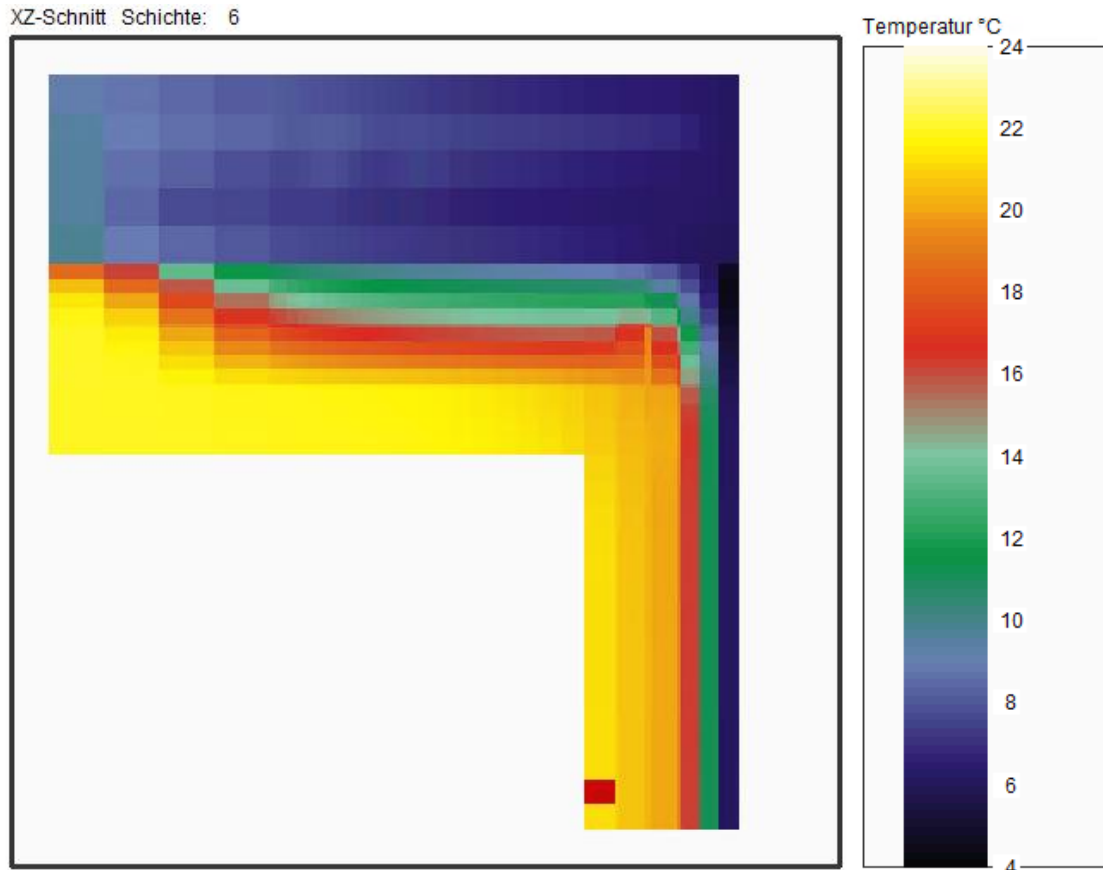


Abb. 2.4: hygrothermische Simulation: Mineralwolle mit Loch, Temperatur, Darstellung zum simulierten Zeitpunkt 500 Stunden nach Einbringen des Versuchskörpers in die Klimabox (= eingeschwungener Zustand)

2.1.4.2 Dampfbremse mit niedrigem sd-Wert bei gleichzeitig schlecht belüftetem Dachboden Die Verwendung einer diffusionsoffenen (sd-Wert $\leq 0,5$ m gemäß Begriffsdefinition der ÖNORM B 8110-2:2020) führte in einem Kleinversuch zu einer massiven Aufwechtung der Konstruktion. Dabei war der Luftraum über der Konstruktion nicht belüftet.

In dem Großversuch wurde eine diffusionssperrende Dampfbremse (sd-Wert ≥ 100 m) verwendet. Mit dieser Konfiguration konnte weder im belüfteten noch im unbelüfteten Dachbodenraum eine unzulässige Aufwechtung beobachtet werden.

Weitere Risiken wurden aufgrund einer Literaturstudie identifiziert, die im Projekt durchgeführt wurde. Diese Risiken sind in die Handlungsanleitung eingeflossen.

2.2 Versuche

2.2.1 Ergebnisse

1. *Kleinversuch:* In den Kleinversuchen hat sich gezeigt, dass der Einfluss des sd-Wertes (dampfdiffusionsäquivalente Schichtdicke) der Dampfbremse bei dem Material EPS entscheidend ist. Ein zu geringer sd-Wert bewirkt – bei fehlender Belüftung des Luftraums über der Dämmlage – ein rasches Aufweichten der Dämmschicht bzw. des Luftraumes darüber.
2. *Großversuch:* Hier konnte mit einer Dampfbremse mit hohem sd-Wert (> 100 m und einer EPS-Dämmung auf der Stahlbetondecke ein Aufbau

errichtet werden, der nicht dauerhaft auffeuchtete. Als nächster Schritt ist geplant, gezielt Ausführungsfehler einzubringen, um Schäden zu verursachen.

2.3 Versuchsaufbauten

2.3.1 Großversuch

Ein Teil des betroffenen Gebäudeausschnitts/Details (Dachboden, Wohnraum unter Dachboden, Außenwand) wurde im Maßstab 1:1 nachgebaut. Dazu wurde ein eigener Anbau an eine an der TU Wien bestehende Doppelklimakammer als thermische Hülle bzw. als Einhausung des gesamten Versuchskörpers errichtet.

2.3.1.1 Plandarstellung

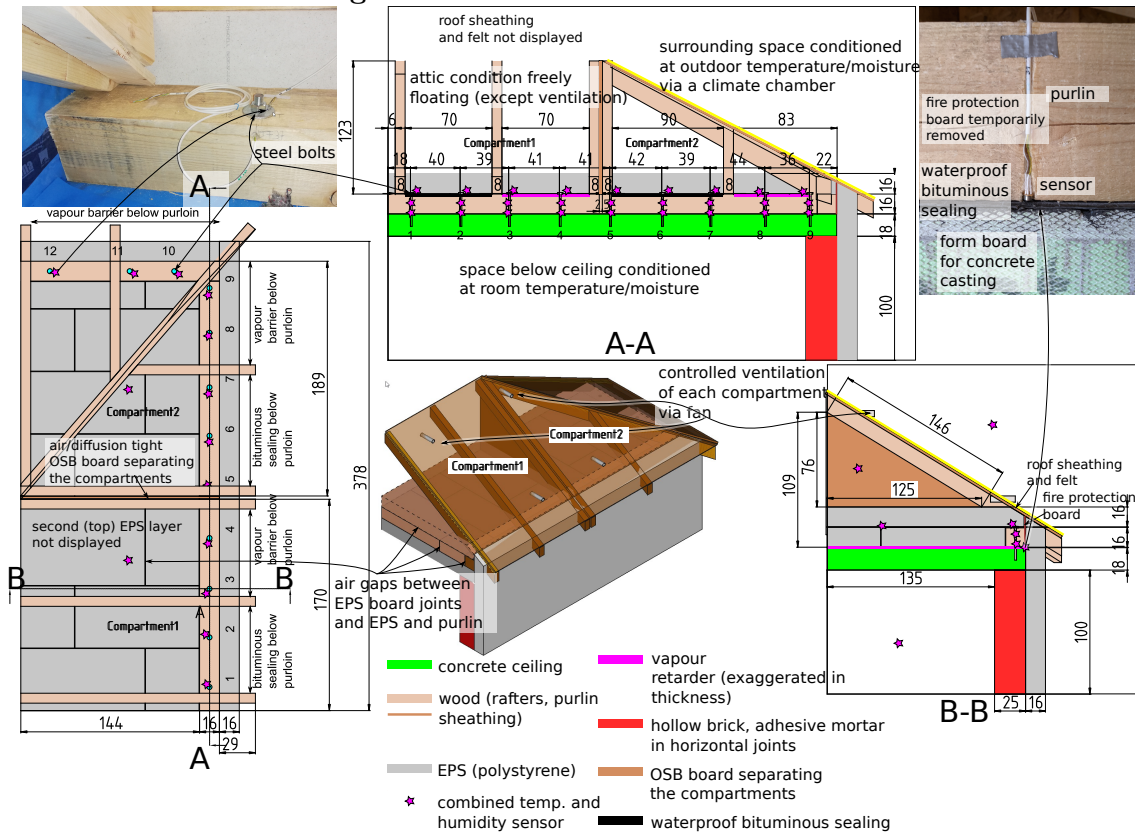


Abb. 2.5: Plandarstellung des Großversuchs

2.3.1.2 Versuchsablauf

Datum	Änderung/Aktion
2021, 7, 1, 1, 0	Außentemperatur (in Klimabox) = +2 °C, Dach noch offen
2021, 7, 2, 17, 0	Dach geschlossen, Erhöhung des Luftwechsels auf 0/h
2021, 7, 6, 16, 0	Wohnraumregelung aktiv
2021, 7, 14, 12, 0	Erhöhung des Luftwechsels auf 3/h
2021, 7, 15, 8, 30	Wohnraumheizung 400 W → 100 W
2021, 7, 16, 10, 0	Befeuchtungslüfter verbessert
2021, 7, 23, 16, 0	Strahlungsschutzfolie gegen Sonnenbestrahlung außen an der Klimabox nordseitig montiert
2021, 7, 29, 1, 3	Verbesserte Trennung Dachbodenkompartimente 1 und 2
2021, 8, 4, 1, 3	Erhöhung des Luftwechsels auf 2/h
2021, 8, 6, 1, 3	Erhöhung des Luftwechsels auf 5/h, Rohrenden der Fußbodenheizung gedämmt
2021, 8, 10, 9, 15	Heißluftheizern der Fußbodenheizungsrohre (Rohrende war bislang verschlossen gewesen)
2021, 8, 10, 17, 5	Ende des Heißluftheizens, Rohrenden danach offen

Anmerkung: Obige Angaben zum Luftwechsel des Dachbodens beziehen sich nur auf das belüftete Kompartiment (Kompartiment 1) des durch eine Scheidewand luftdicht abgeteilten Versuchsdachbodens.

2.3.2 Kleinversuch

Das Projekt wurde während der Bauphase des Großversuchs mit zwei Kleinversuchen gestartet. Dabei wurde ein Kleinversuchskörper von Grundrissabmessungen von ca. 60 cm x 100 cm angefertigt. Untersucht wurde dabei der Einfluss des sd-Werts der Dampfbremse auf der Stahlbetondecke. Es wurde eine diffusionsoffene Variante mit einer Dampfbremse mit hohem sd-Wert verglichen.

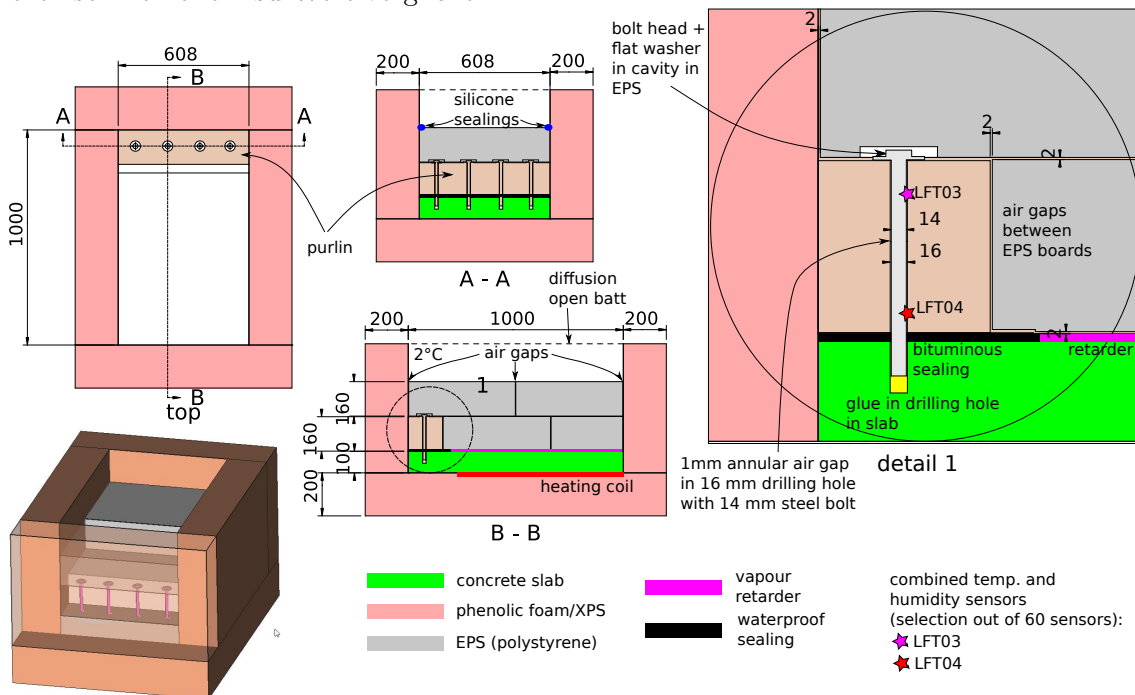


Abb. 2.6: Plandarstellung des Kleinversuchs (Draufsicht ohne 2. EPS-Lage). Zwischen den EPS-Platten waren Spalte von ca. 2 mm Dicke über Beilagscheiben erzeugt worden.

3 Anhang

3.1 Messdaten

Dargestellt sind im folgenden die Messdaten zu den wesentlichen Punkten im Aufbau des Großversuchs, den Ankerdornen, wobei jedem Ankerdorn ein Unterabschnitt gewidmet ist. Die Kurven zeigen das vollständige Zeitintervall während der die Messung gelaufen ist, also von 1. Juli 2021 bis 1. Oktober 2021. In jedem Diagramm zu den Ankerdornen ist die Position des zugehörigen Sensors vor einem Hintergrundbild des Mauerbankdetails dargestellt. Die Reihenfolge der Diagramme, von links nach rechts und von oben nach unten bezüglich der Sensorpositionen ist pro Ankerdorn gleich: Die Sensorpositionen beginnen links unterhalb der Mauerbank und „laufen“ dann gegen den Uhrzeigersinn um die „Mauerbank herum“, die letzten beiden Sensoren sind jene im Bohrloch des Ankerdorns. In jedem Abschnitt zu einem Ankerdorn befinden sich abschließend auch Diagramme zu den Randbedingungen, also die Temperaturen und Luftfeuchten in den den Versuchskörper begrenzenden Lufträumen.

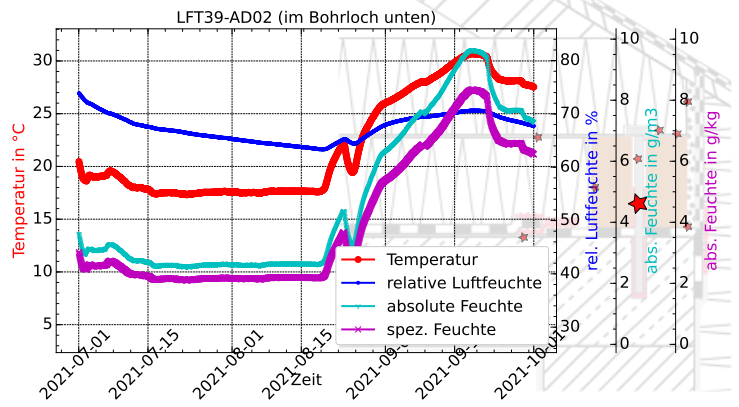
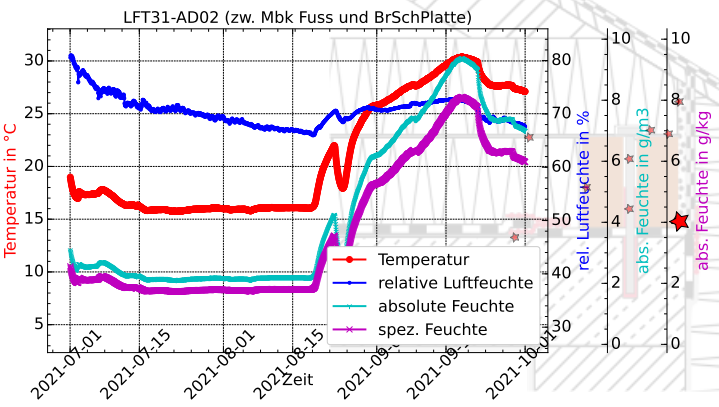
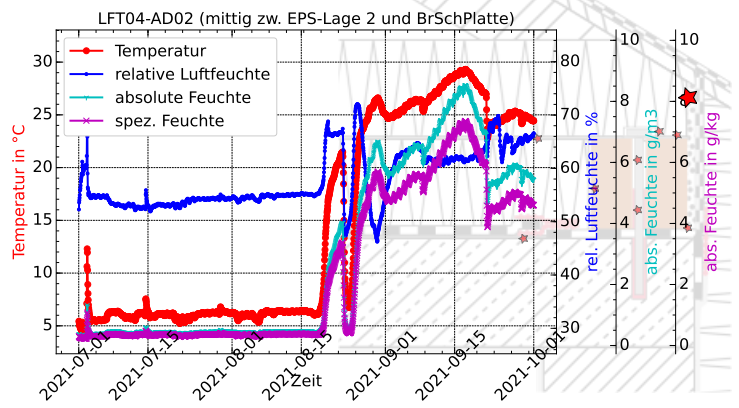
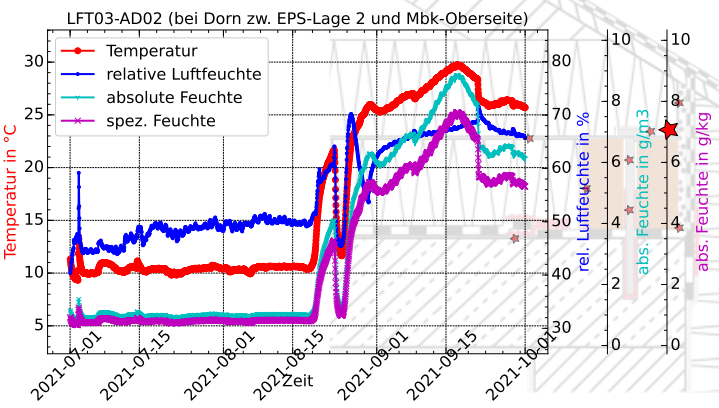
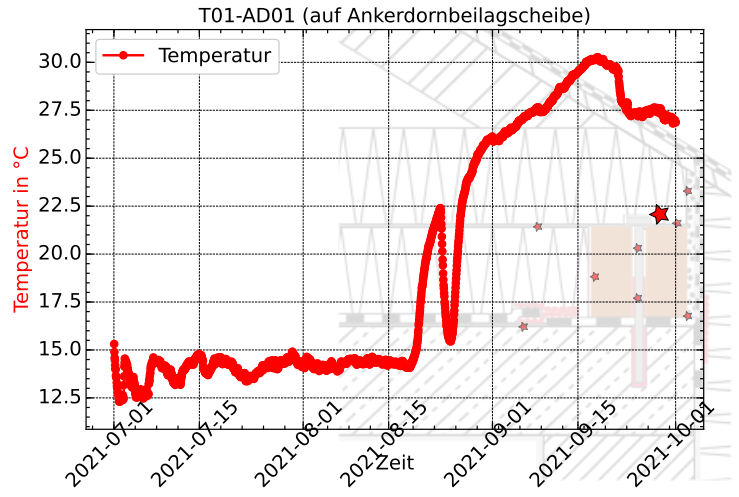
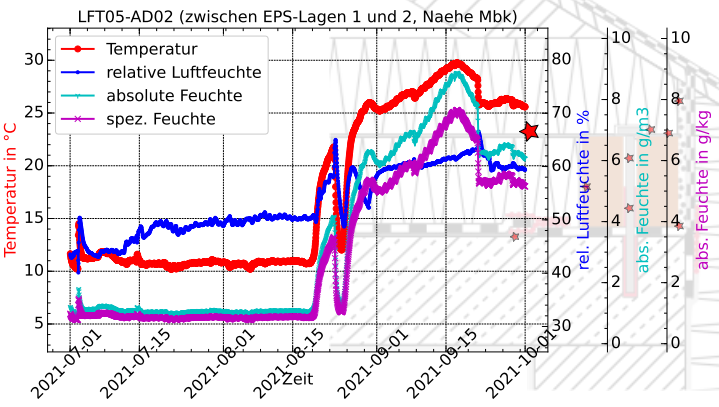
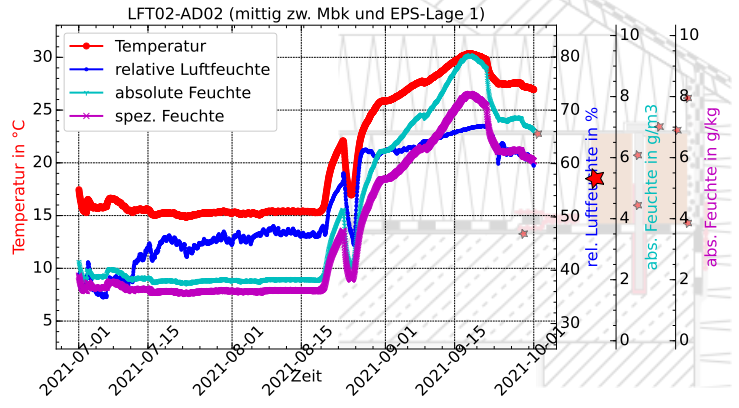
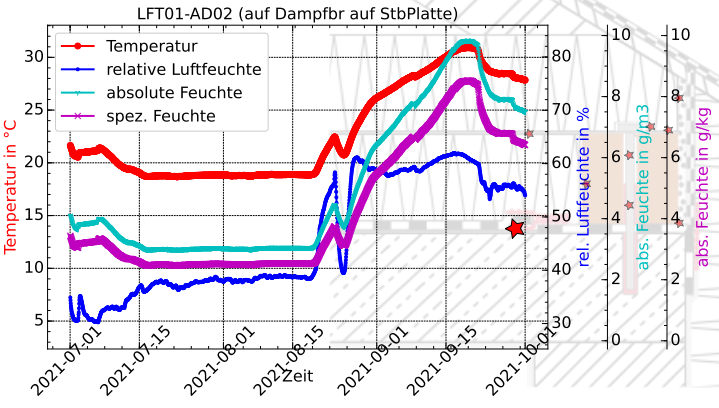
Neben den Temperaturen sind vor allem die Feuchtezustände wesentlich. Direkt gemessen werden Luftfeuchten in Hohlräumen, keine Materialfeuchten. Dargestellt sind beide üblichen Größen zur Angabe der Luftfeuchte, die absolute Feuchte in g/m^3 sowie in g/kg trockener Luft. Die absolute Feuchte, vor allem in ihrer Einheit g/kg trockener Luft kann im Zusammenspiel mit der Simulation helfen, Luftkonvektionen zu erkennen. Wenn die absolute Feuchte schneller ansteigt, als dies durch den Transportvorgang reiner Diffusion in der Simulation ermittelt wird, ist dies ein Hinweis, dass Konvektion stattfindet.

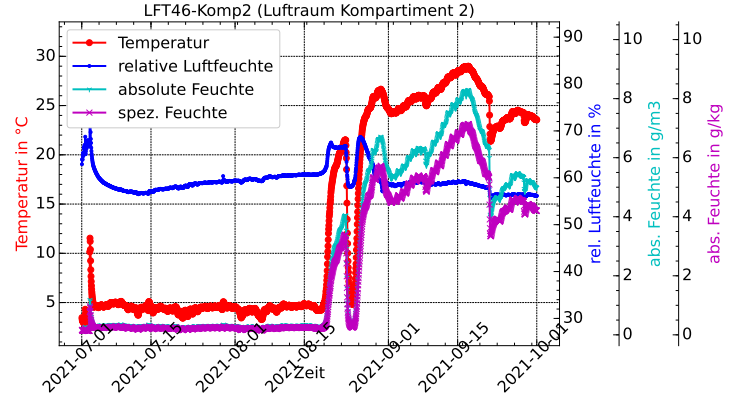
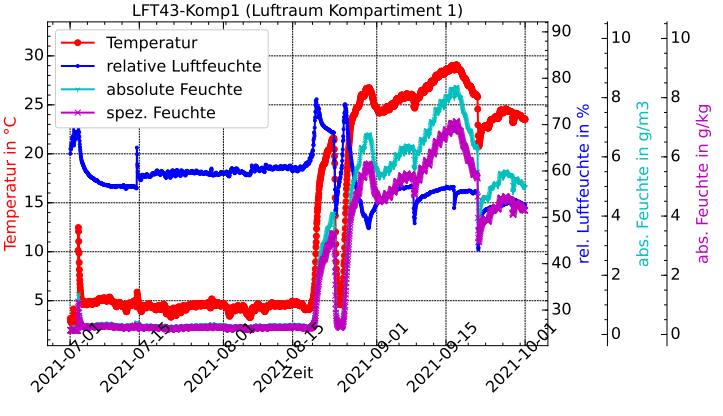
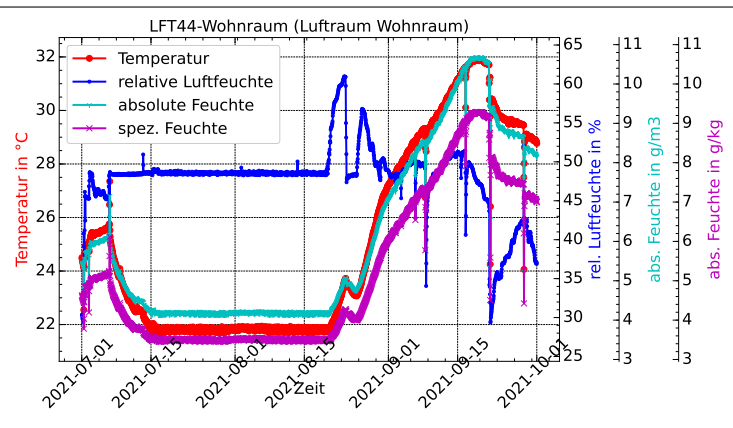
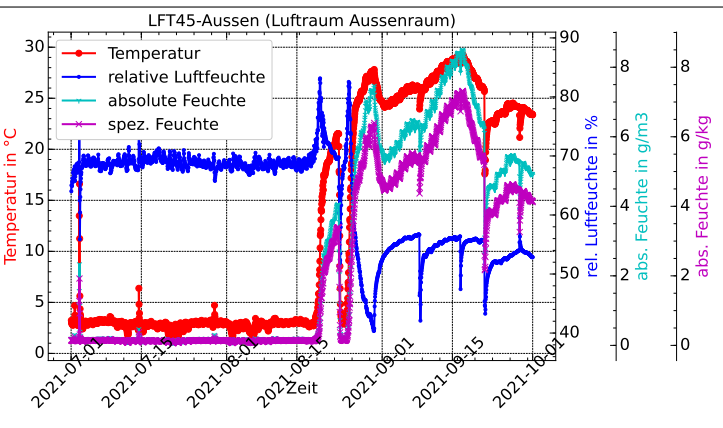
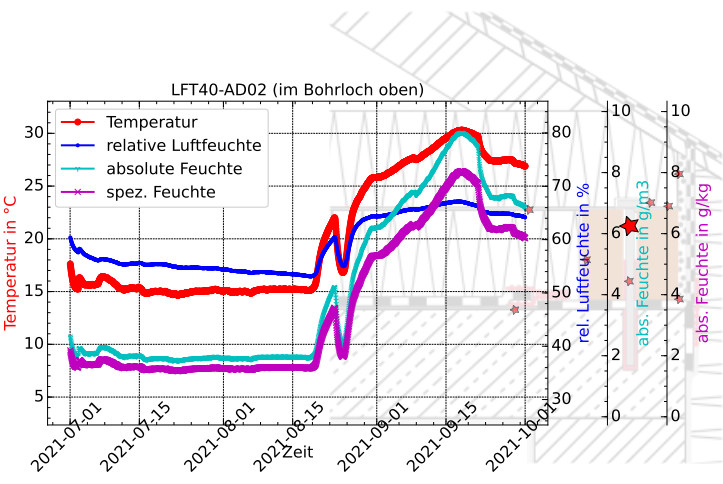
3.1.0.1 Verlauf der Kurven Aufgrund der vollständigen Darstellung enthält der Verlauf auch die Phase des sogenannten Einschwingens während der Versuchskörper von seinem ursprünglichen Zustand bezüglich Temperatur und Feuchte sich auf einen stationären Zustand einpendelt. Das Außenklima war auf $2\text{ }^\circ\text{C}$ eingestellt, das Dachbodenklima stellte sich frei zwischen Wohnraum und Außenklima ein.

In keinem Fall war an einer Stelle ein unzulässiger Feuchtezustand erreicht worden.

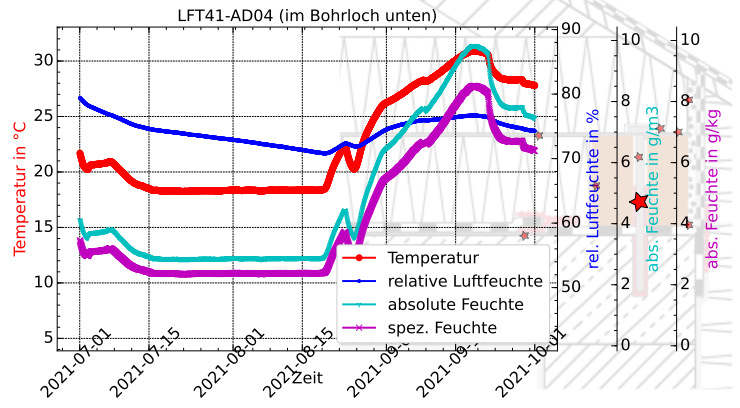
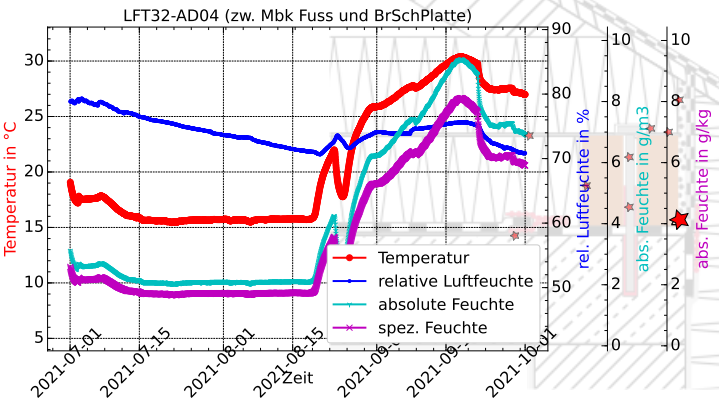
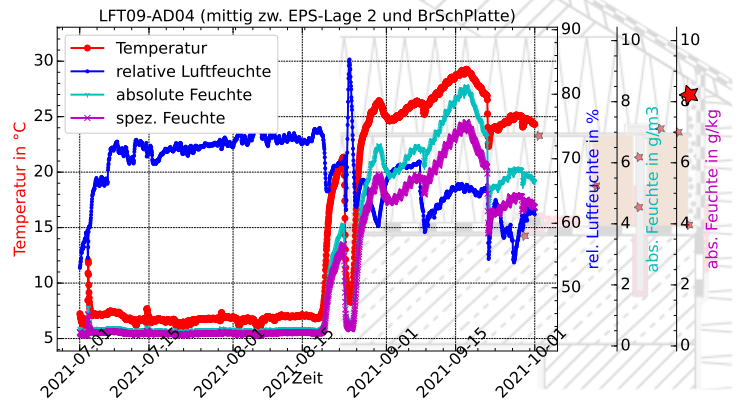
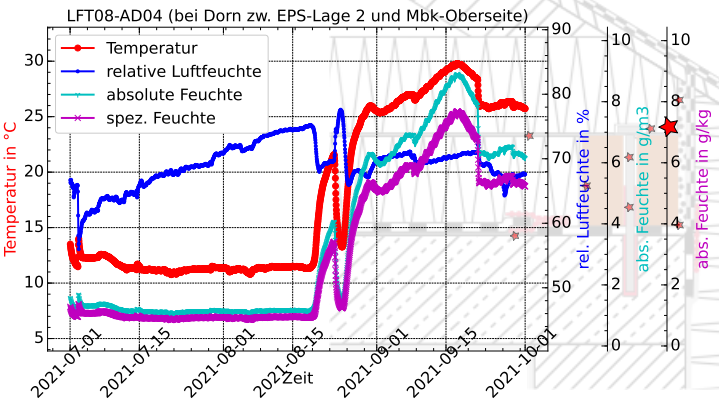
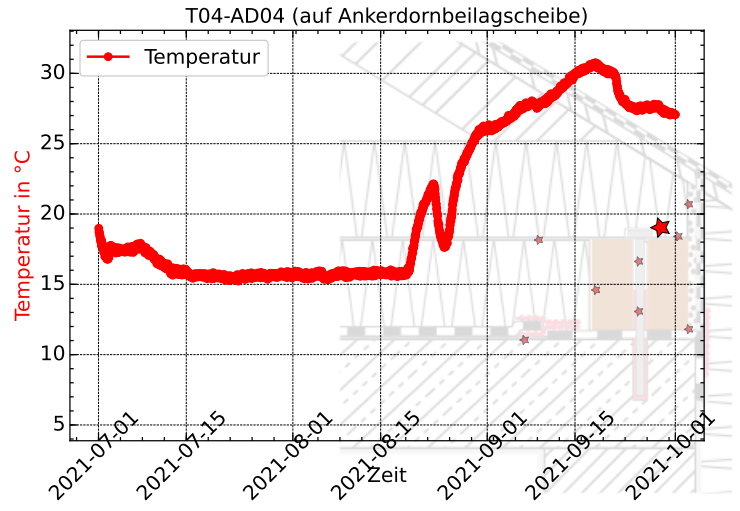
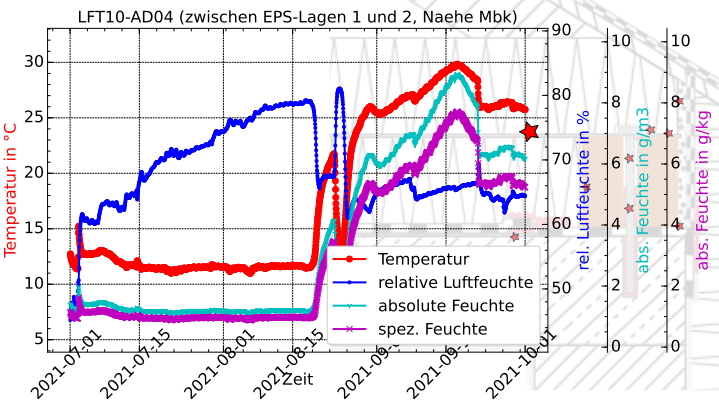
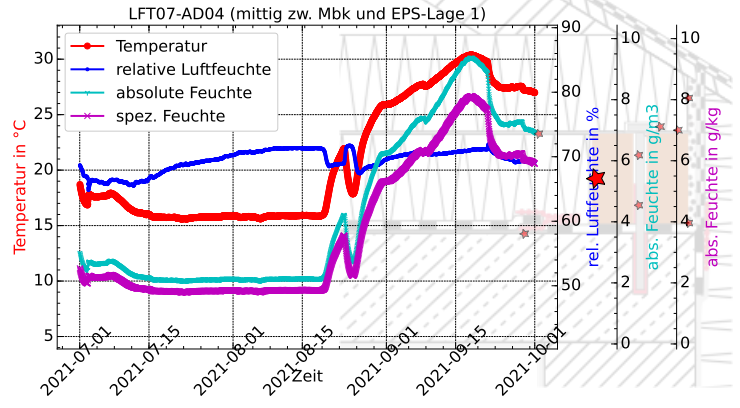
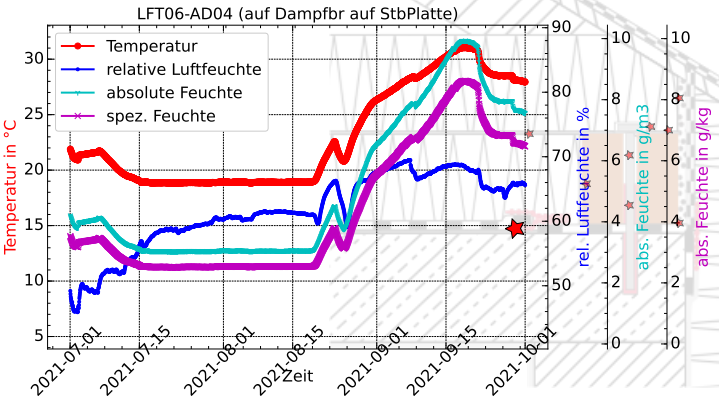
Dieser unzulässige Feuchtezustand wurde hier als das Vorliegen einer relativen Luftfeuchte von $> 80\%$ (vereinfachtes Kriterium für Schimmelpilzwachstum) über mehrere Tage angenommen

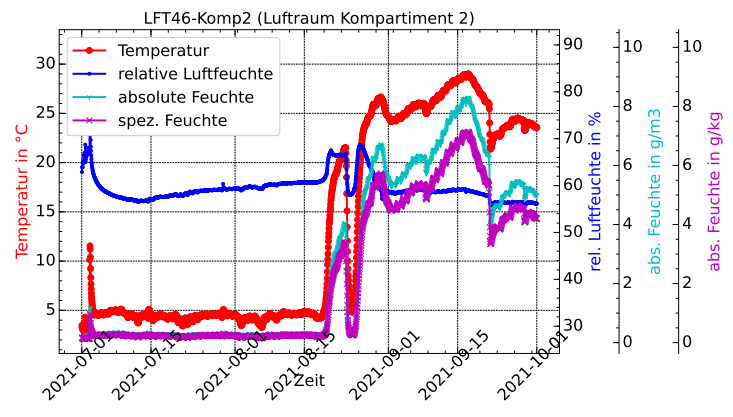
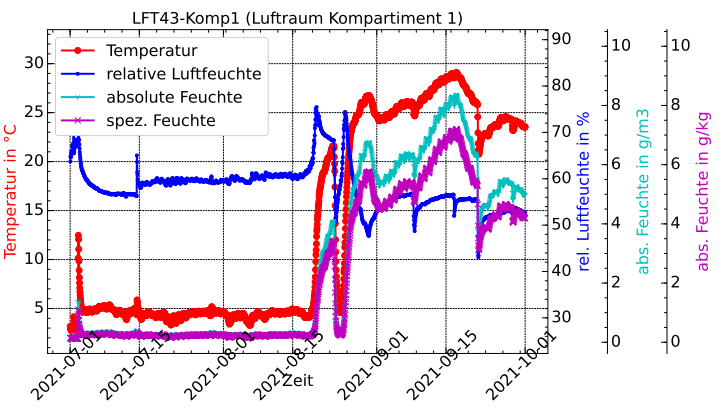
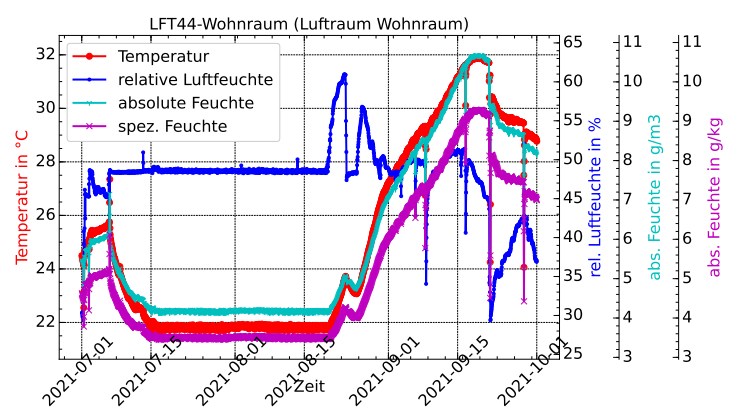
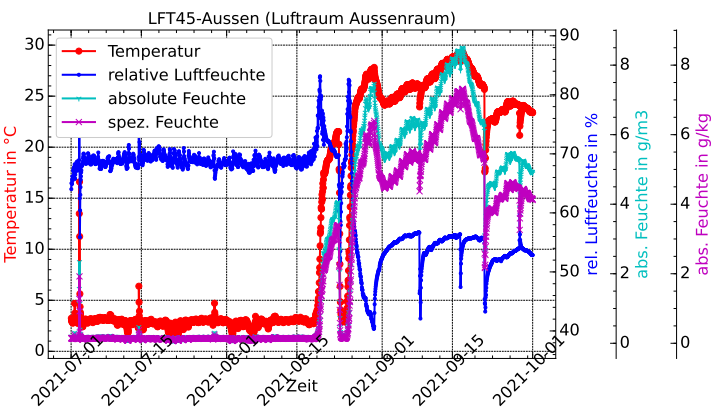
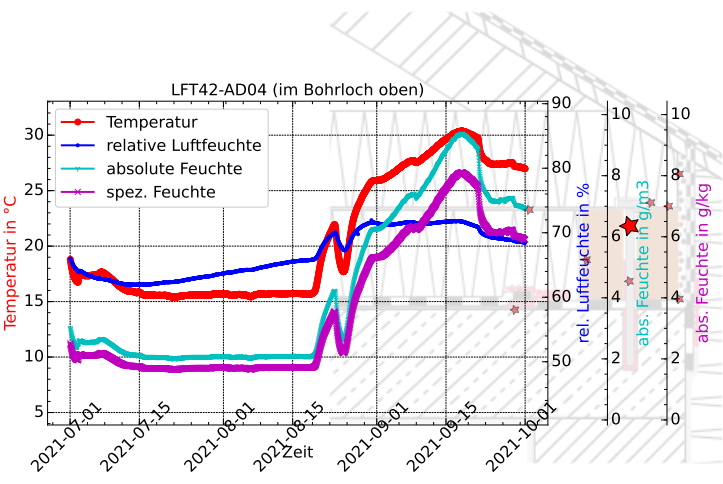
Ankerdorn 02



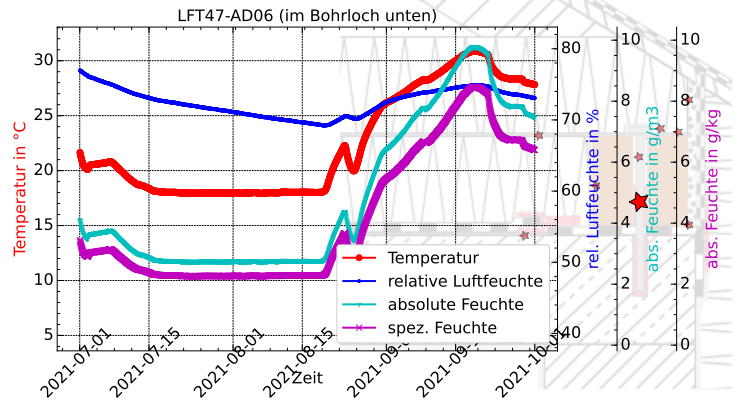
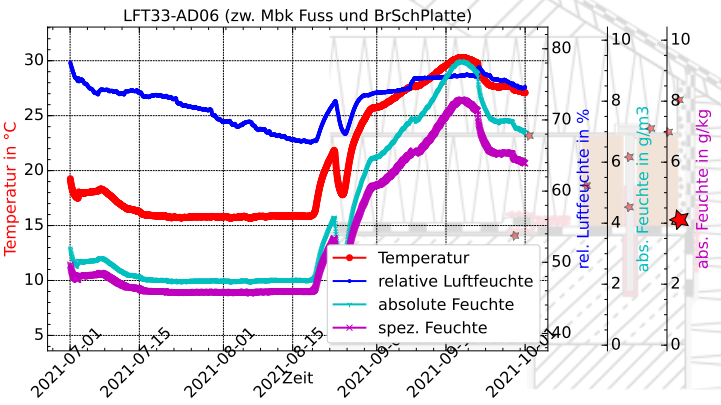
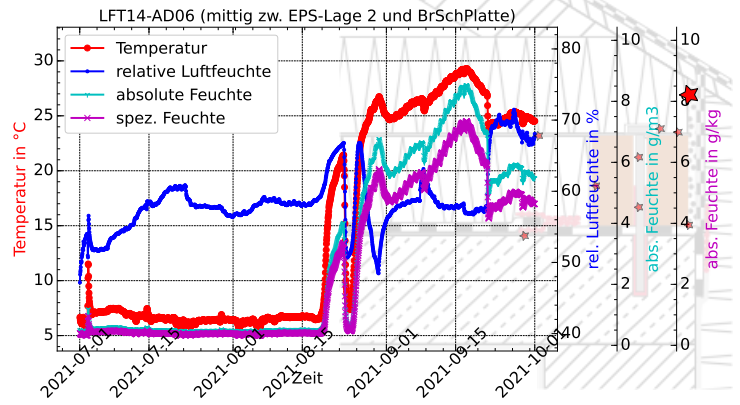
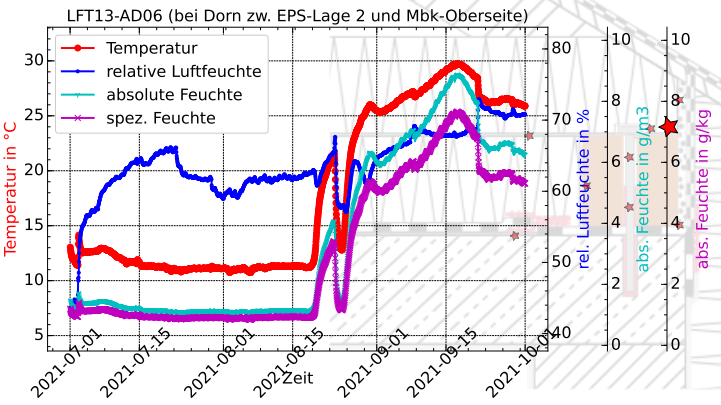
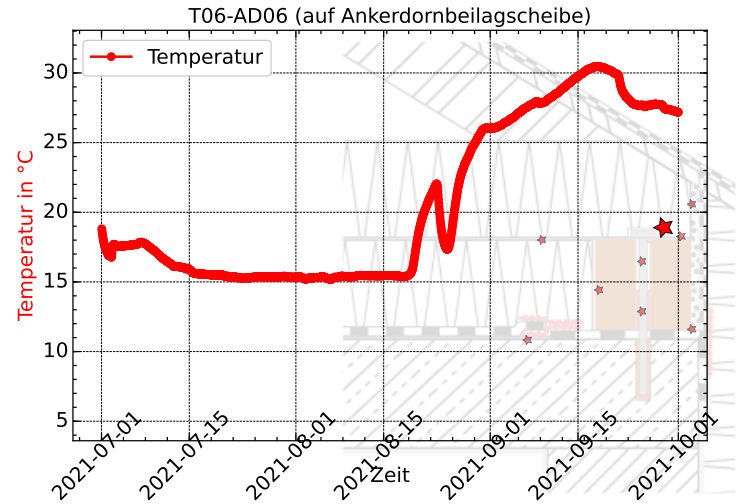
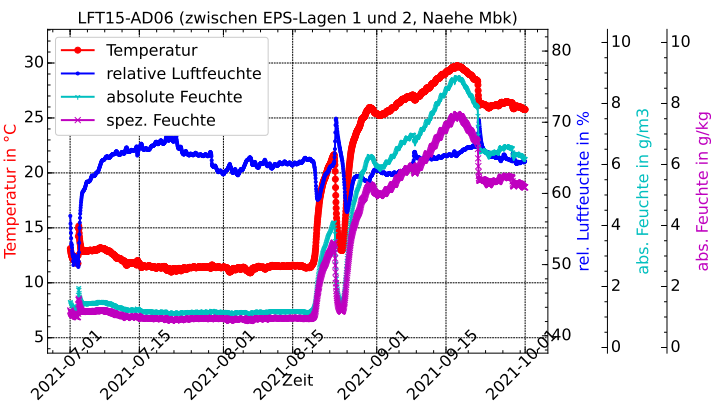
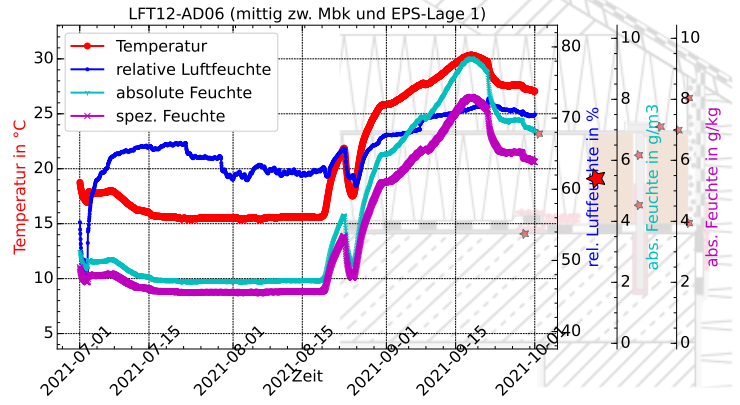
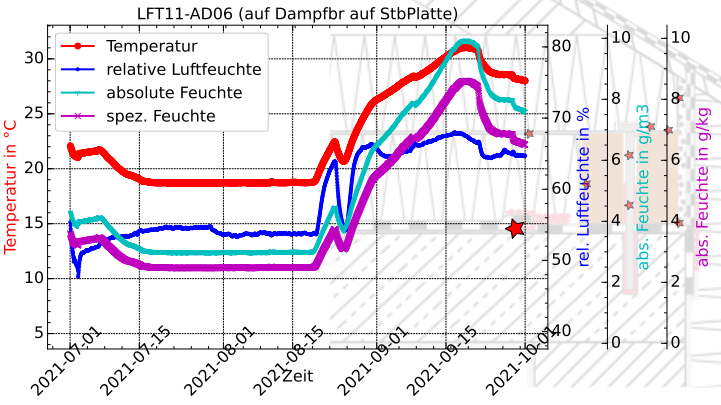


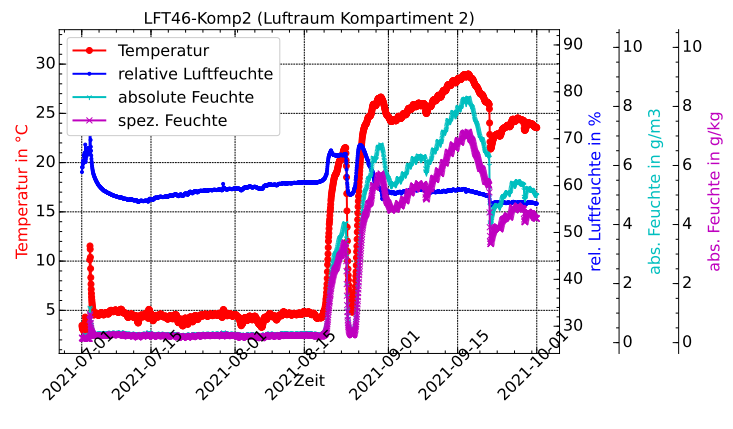
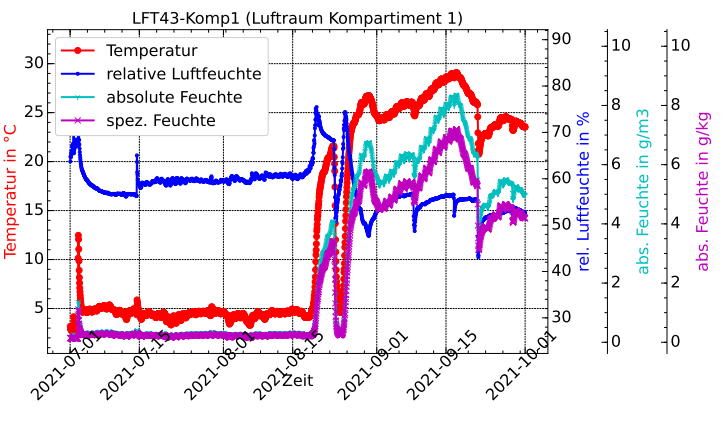
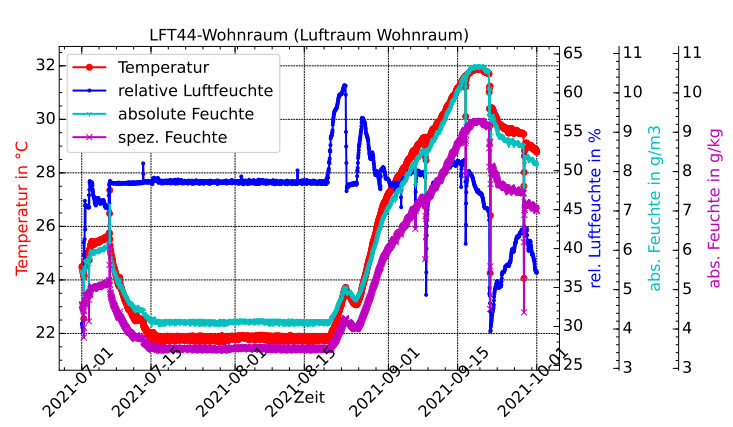
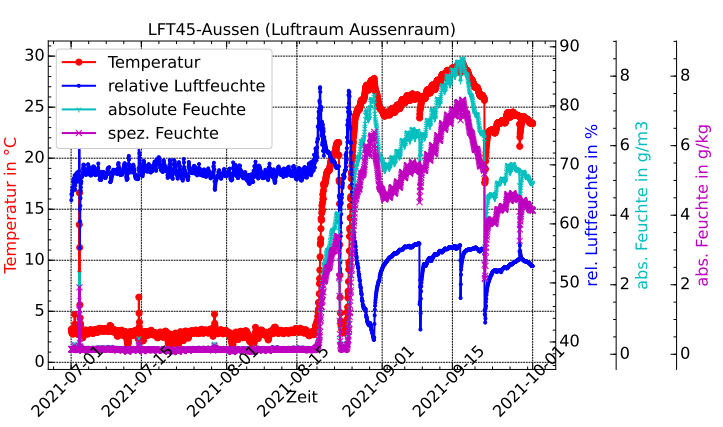
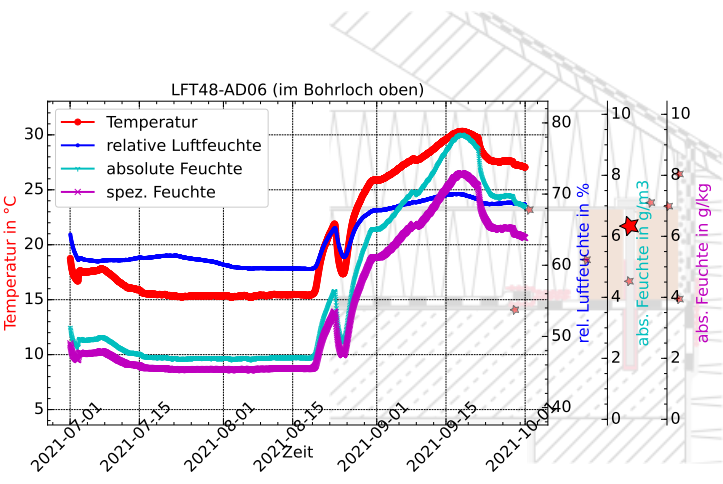
Ankerdorn 04



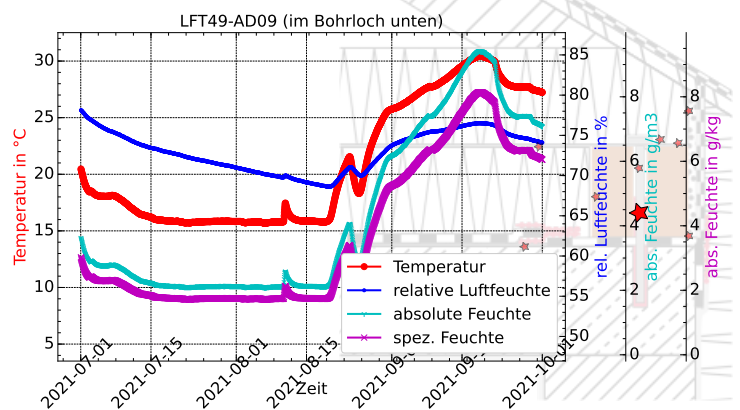
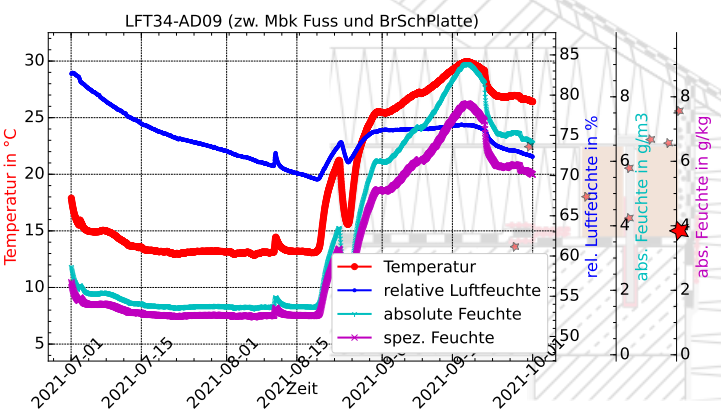
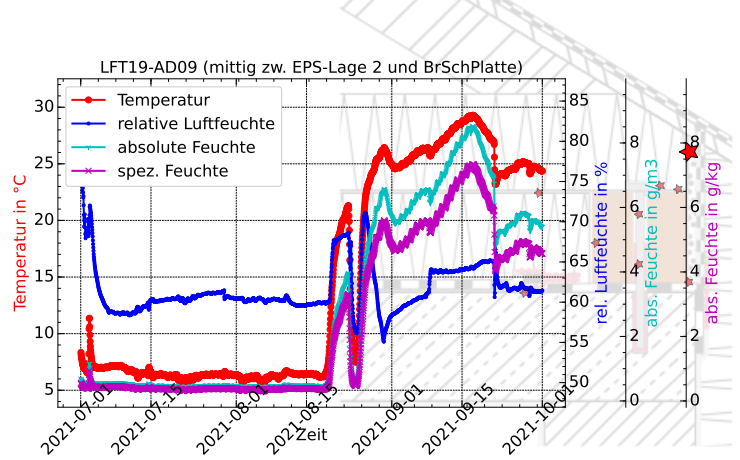
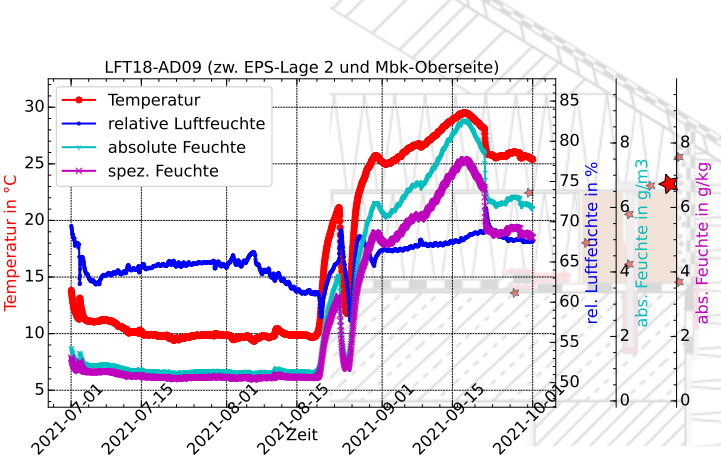
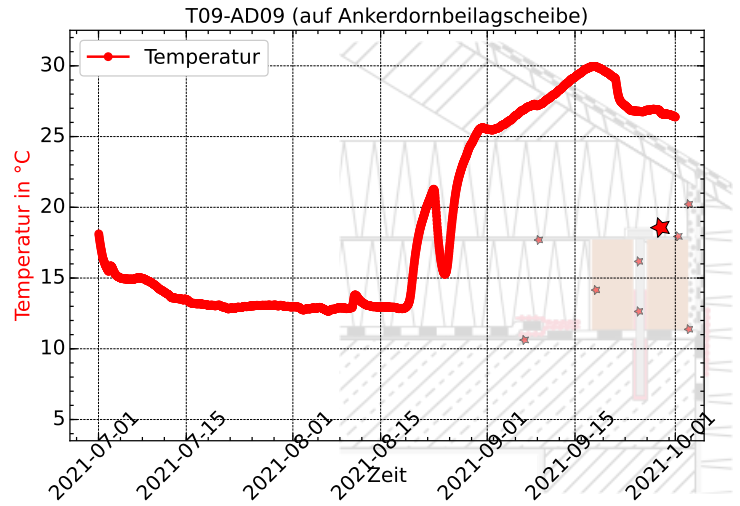
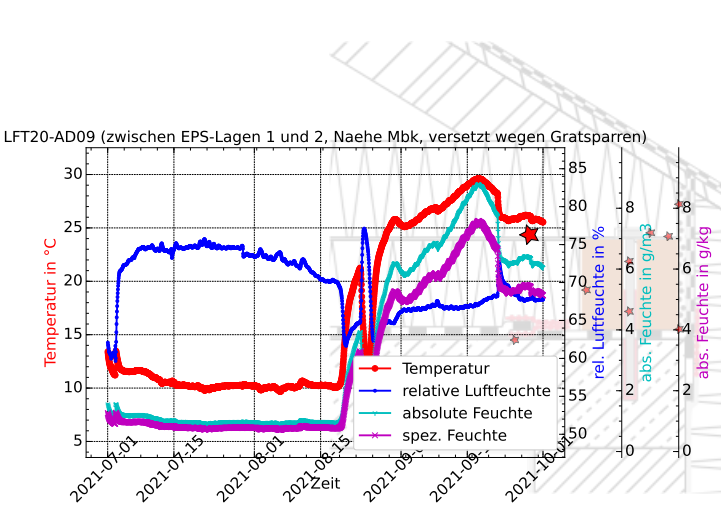
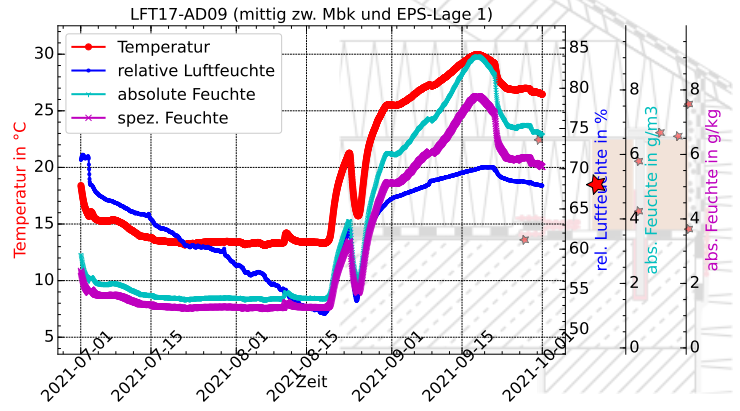
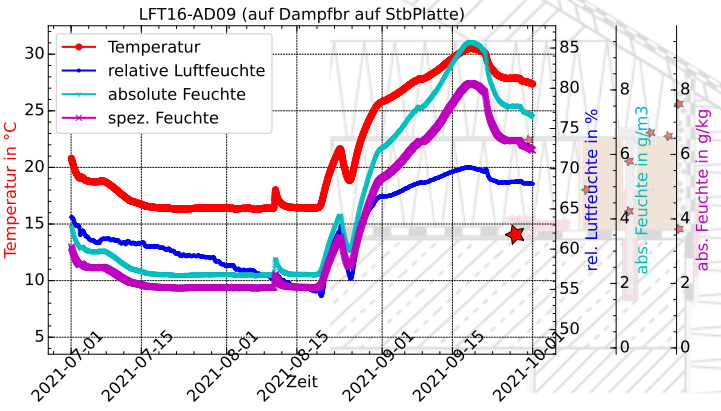


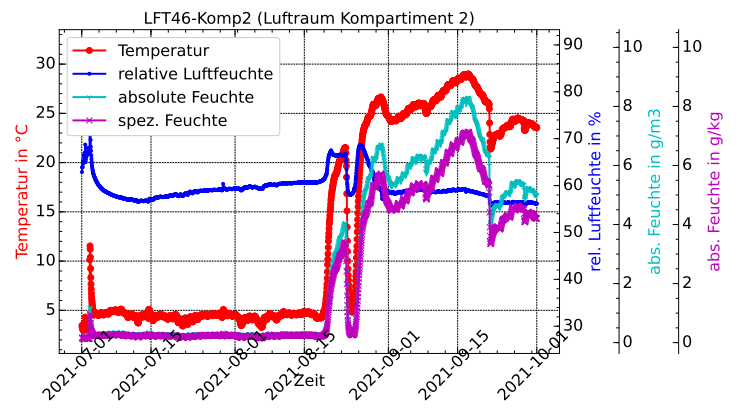
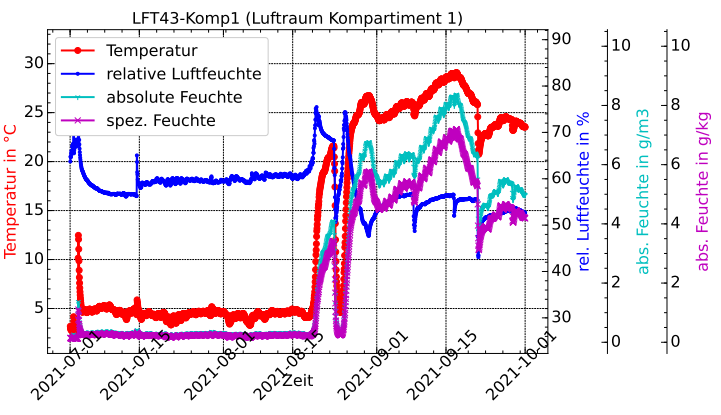
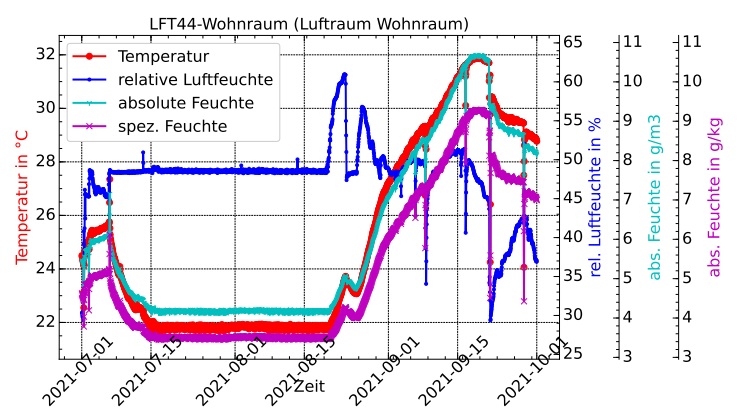
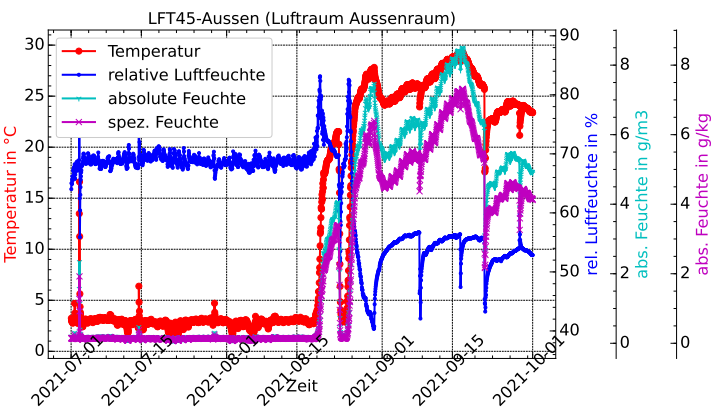
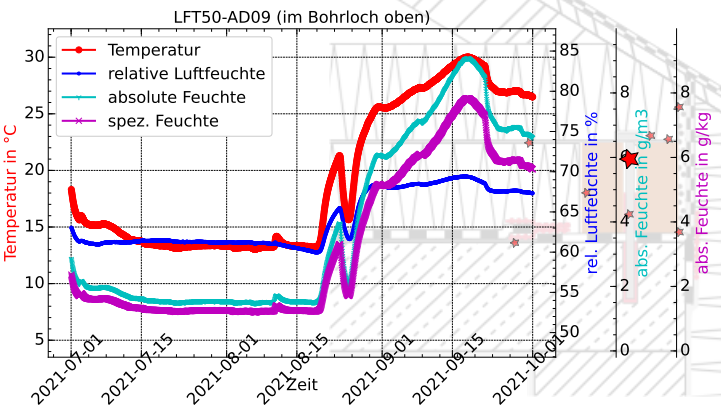
Ankerdorn 06



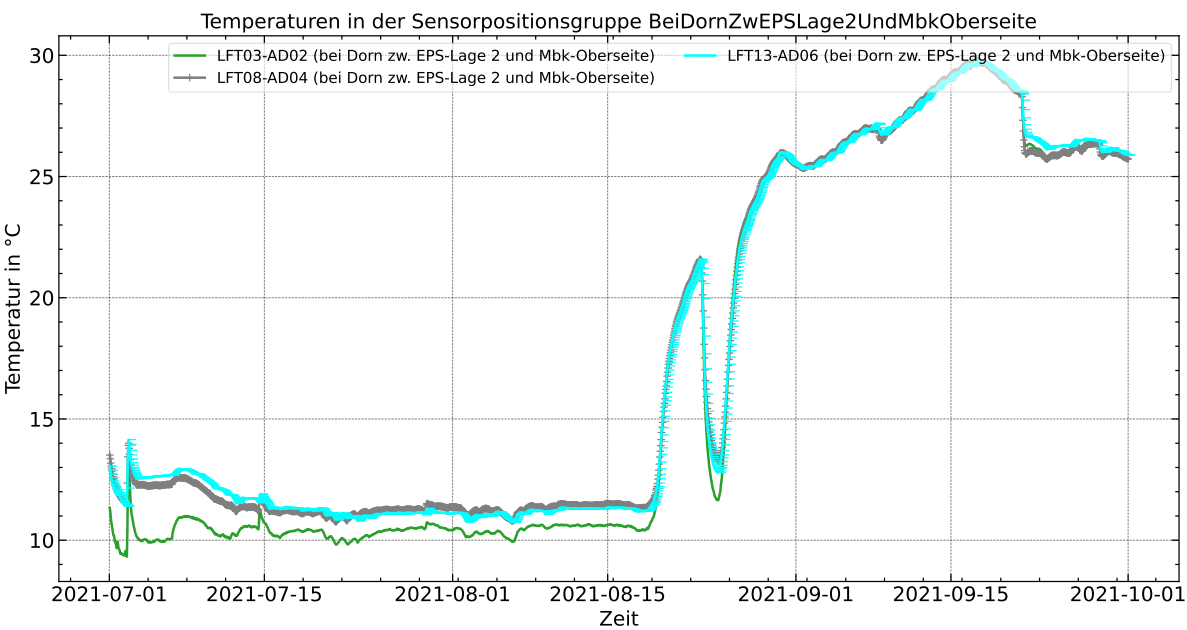
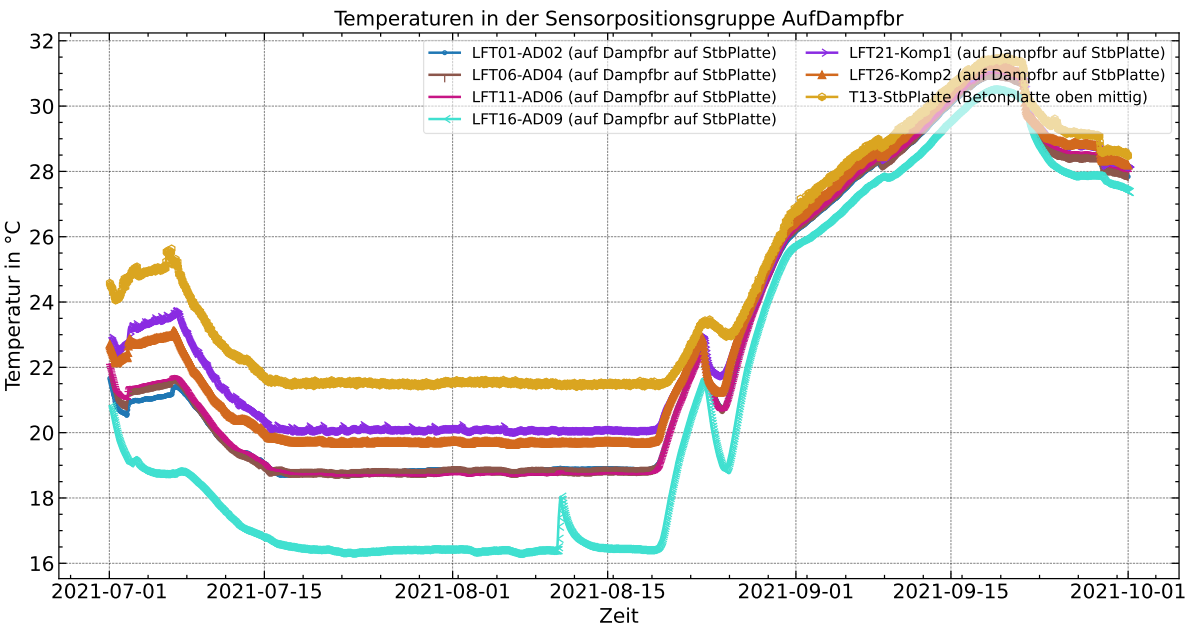
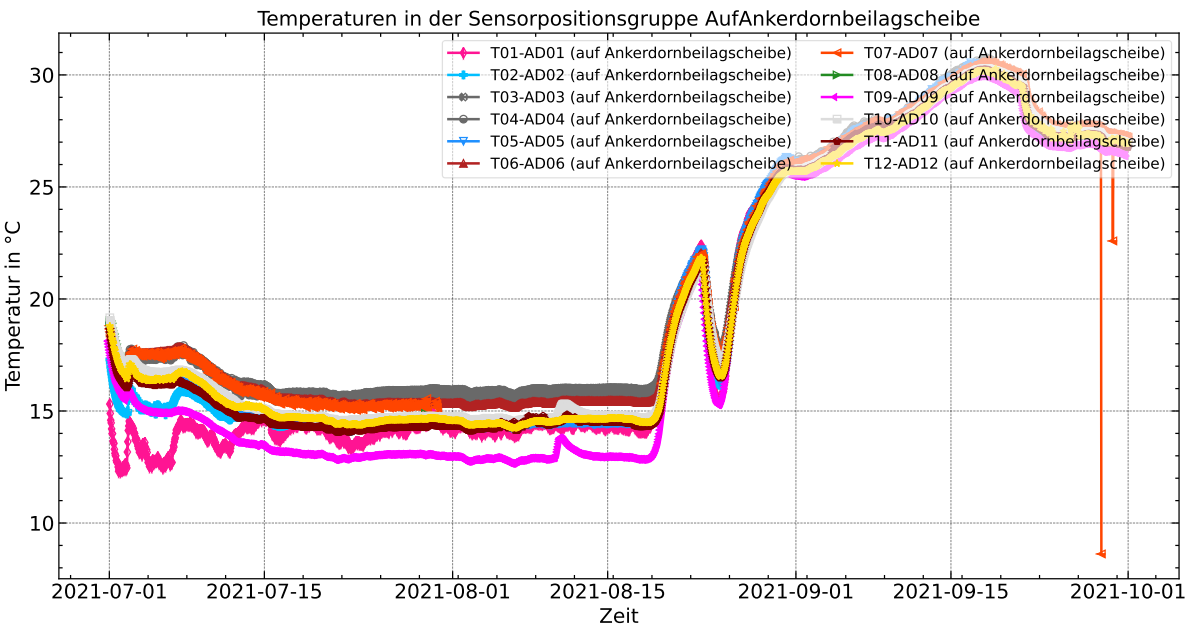


Ankerdorn 09

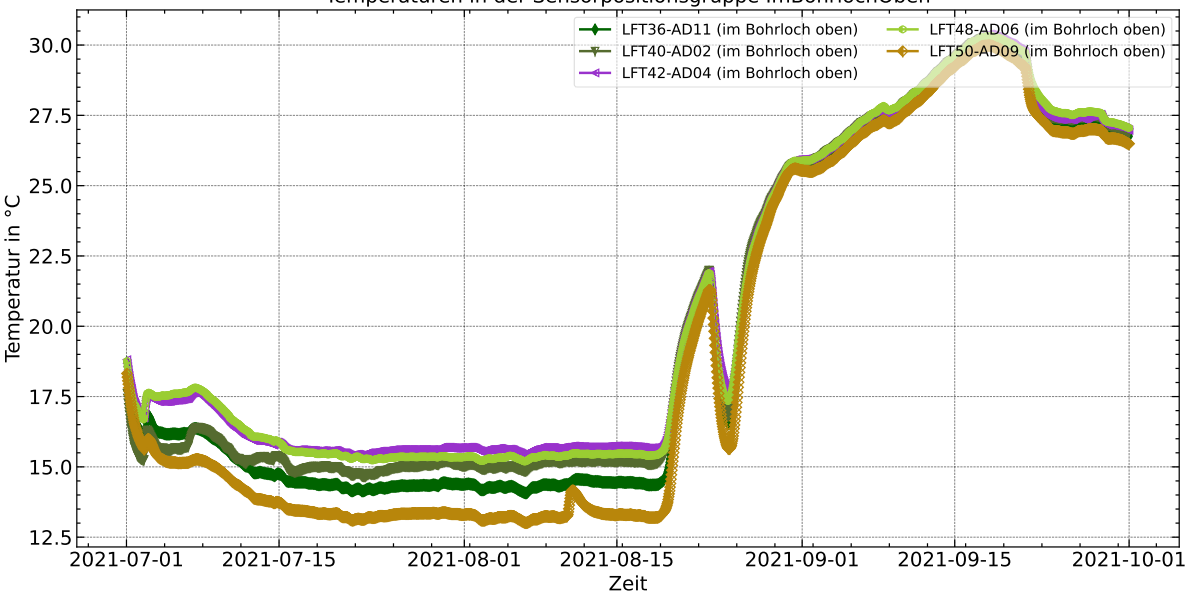




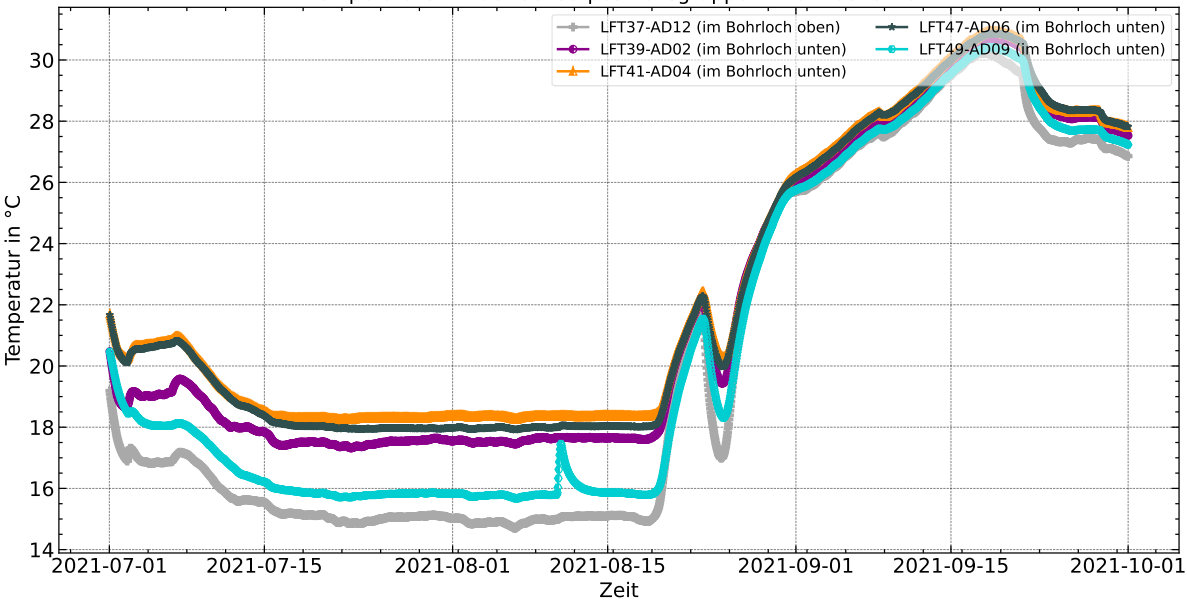
Bezüglich ihrer Position vergleichbare Sensorgruppen



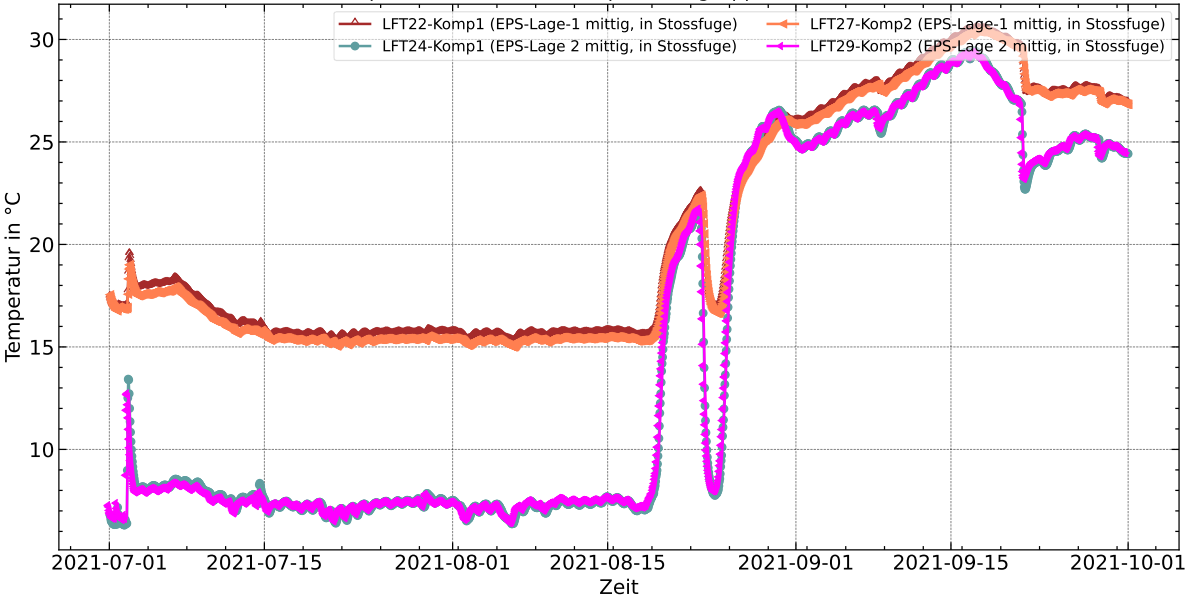
Temperaturen in der Sensorpositionsgruppe ImBohrlochOben



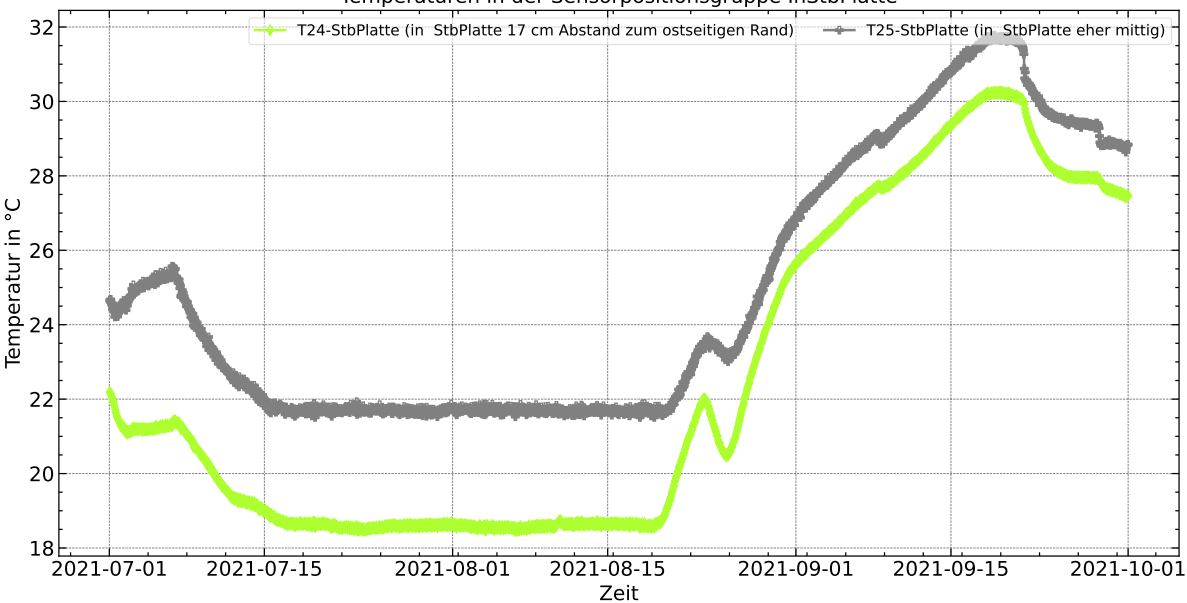
Temperaturen in der Sensorpositionsgruppe ImBohrlochUnten



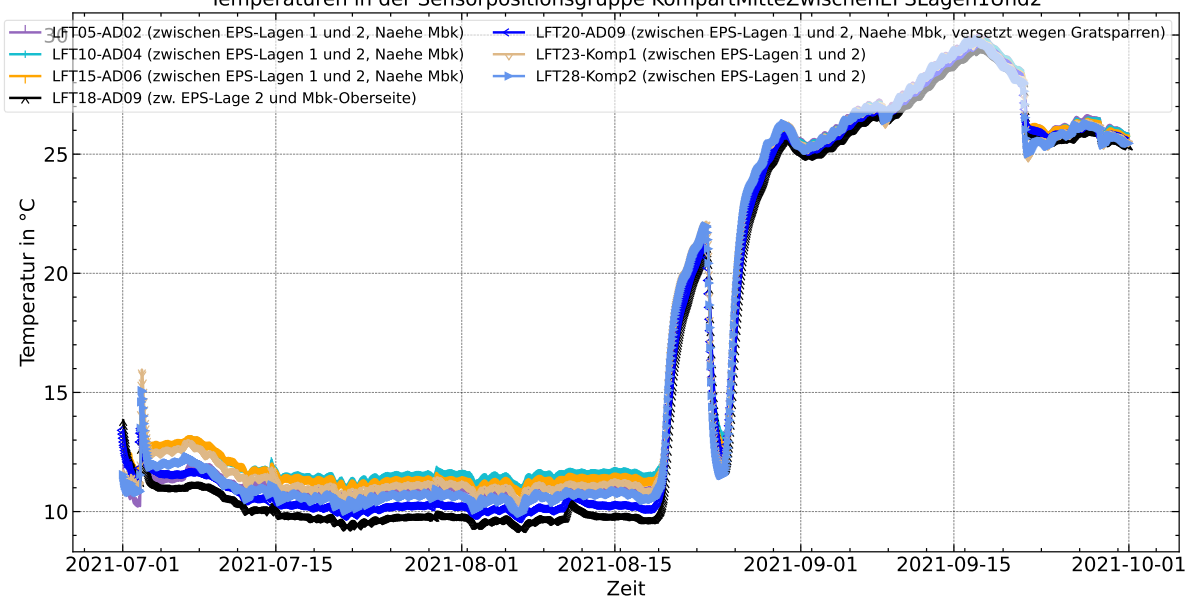
Temperaturen in der Sensorpositionsgruppe InEPSFlaeche



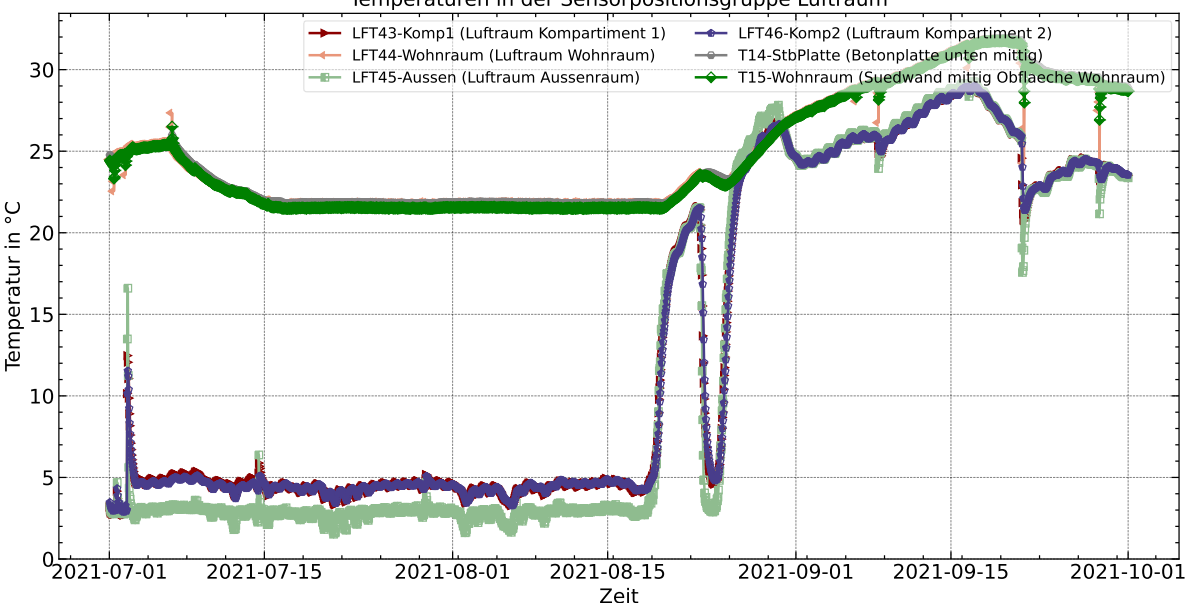
Temperaturen in der Sensorpositionsgruppe InStbPlatte



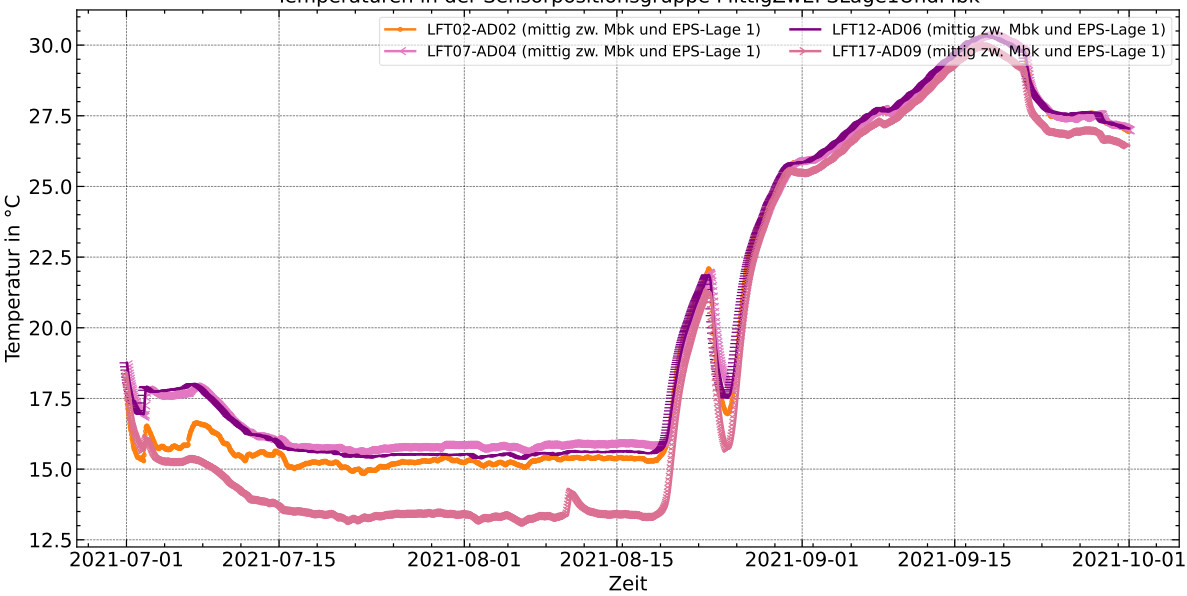
Temperaturen in der Sensorpositionsgruppe KompartMitteZwischenEPSLagen1Und2



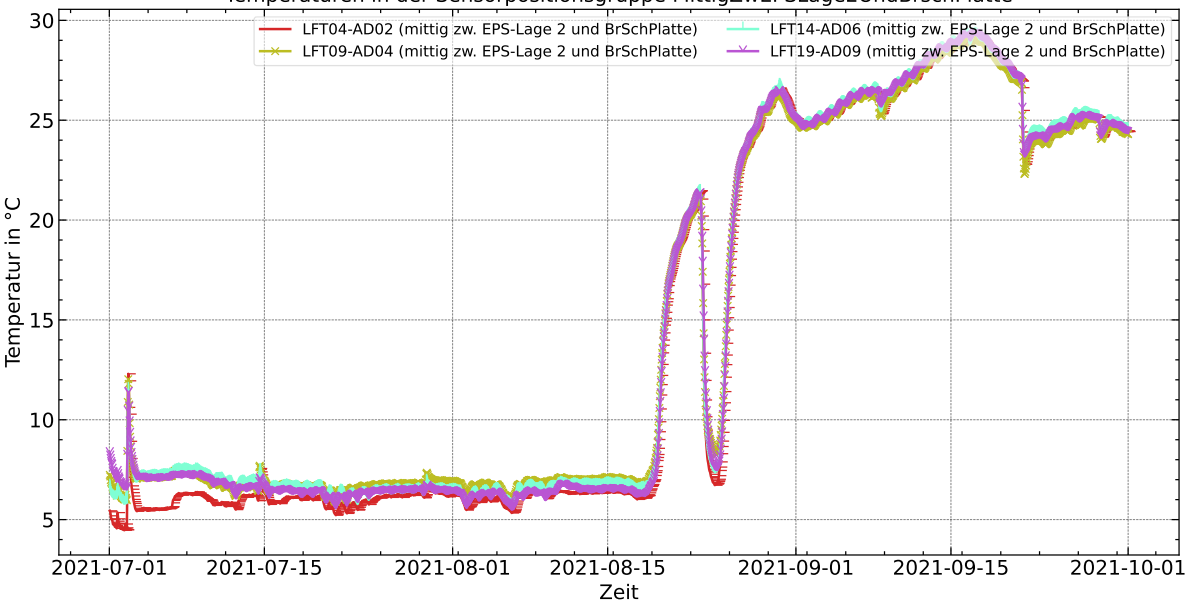
Temperaturen in der Sensorpositionsgruppe Luftraum



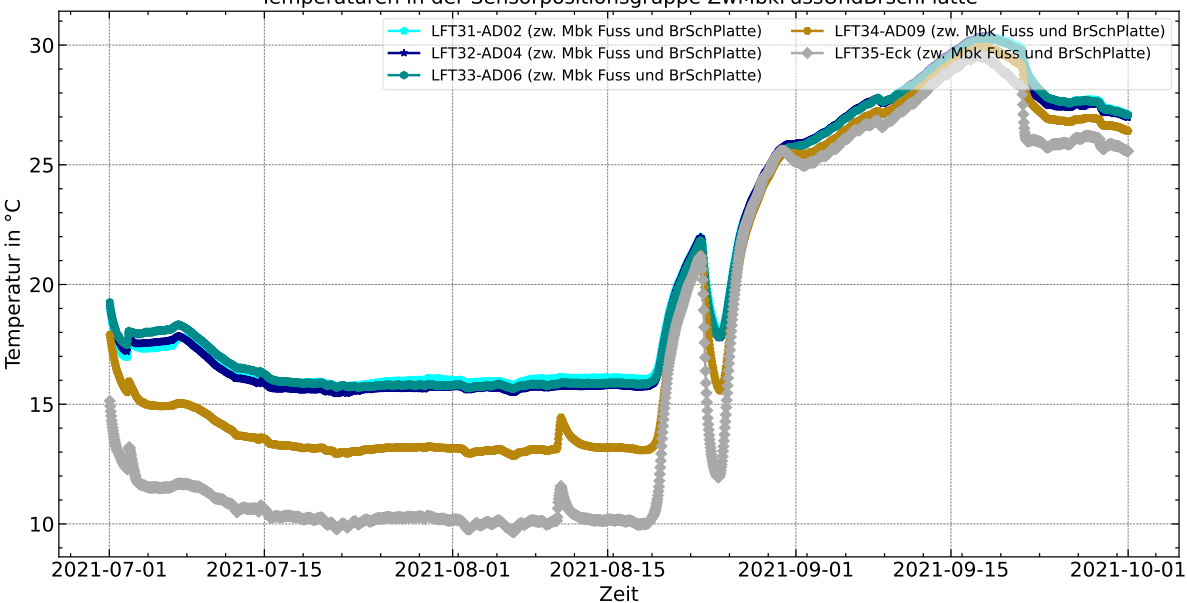
Temperaturen in der Sensorpositionsgruppe MittigZwEPSLage1UndMbk



Temperaturen in der Sensorpositionsgruppe MittigZwEPSLage2UndBrSchPlatte



Temperaturen in der Sensorpositionsgruppe ZwMbkFussUndBrSchPlatte



3.2 Fotos des Versuchaufbaus

3.2.1 Großversuch



Abb. 3.1: Rohbau mit Ziegelaußenwand



Abb. 3.2: Rohbau: Stahlbetondecke mit eingelegten Heizschlangen



Abb. 3.3: Rohbau: Wohnraum unter Dachstuhl/Stahlbetondecke



Abb. 3.4: Rohbau: Blick von innen in den Dachstuhlteil mit Gebäudeecke



Abb. 3.5: Rohbau: Dachstuhl

3.2.2 Kleinversuch



Abb. 3.6: Kondensat und verrostete Schrauben bei Kleinversuch mit Dampfbremse mit geringem s_d -Wert



Abb. 3.7: Kondensat an der Aussendämmplatte bei Mauerbank auch bei hohem s_d -Wert. Ggf. Restfeuchte aus den wiederverwendeten EPS-Platten

Quellen

Deutsches Institut für Normung e. V. (Juli 2007). *DIN EN 15026 Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Bauteilen und Bauelementen - Bewertung der Feuchteübertragung durch numerische Simulation*

Komitee 175 Wärmeschutz von Gebäuden und Bauteilen (Jan. 2020). *ÖNORM B 8110-2 Wärmeschutz im Hochbau Teil 2: Wasserdampfdiffusion und Kondensationsschutz*

Nusser, Bernd, Thomas Bednar und Martin Teibinger (2010). „Euro-Glaser unter Beachtung solarer Strahlungs/Absorptionsbedingungen sowie druckinduzierter Feuchteinträge im Vergleich zu dynamischen Simulationen“. In: *Proceedings of the third German-Austrian IBPSA Conference*, S. 535–541