

Feuchte-Monitoring der Gebäudehülle

Abgleich bauphysikalischer Berechnungsergebnisse mit der baupraktischen Ausführung

12. IFB – Symposium
Flachdachaufbau & Bauwerksabdichtung

25. Februar 2016

Bmst. DI Helmut Schöberl
Schöberl & Pöll GmbH, Bauphysik und Forschung

Inhaltsangaben

1. Problemstellung
2. Sensorunterstütztes Feuchtemonitoring - Allgemein
3. Status Quo in der Entwicklung und Technik
4. Neue Regelwerke – Lösungsansätze
5. ASMME

1. Problemstellung

Risiko feuchteinduzierte Bauschäden steigt

- EU-Gebäudeeffizienzrichtlinie 2010/31/EU fordert Niedrigstenergiegebäude bis 2020
- Maßnahmen zur Energieeffizienzsteigerung mit dem Ziel Energieverbrauch zu senken (Wärmedämmung, Luftdichtheit, etc.) oder den Energieertrag zu steigern (PV, Solarthermie, etc.) haben das Risiko feuchteinduzierter Bauschäden
- Weitere Risikofaktoren: Begrünung von Dachflächen, Baufeuchtigkeit, bauphysikalische falsche Bauteilaufbauten, etc.
- Flachdächer liegen im Trend

Schadensausmaß

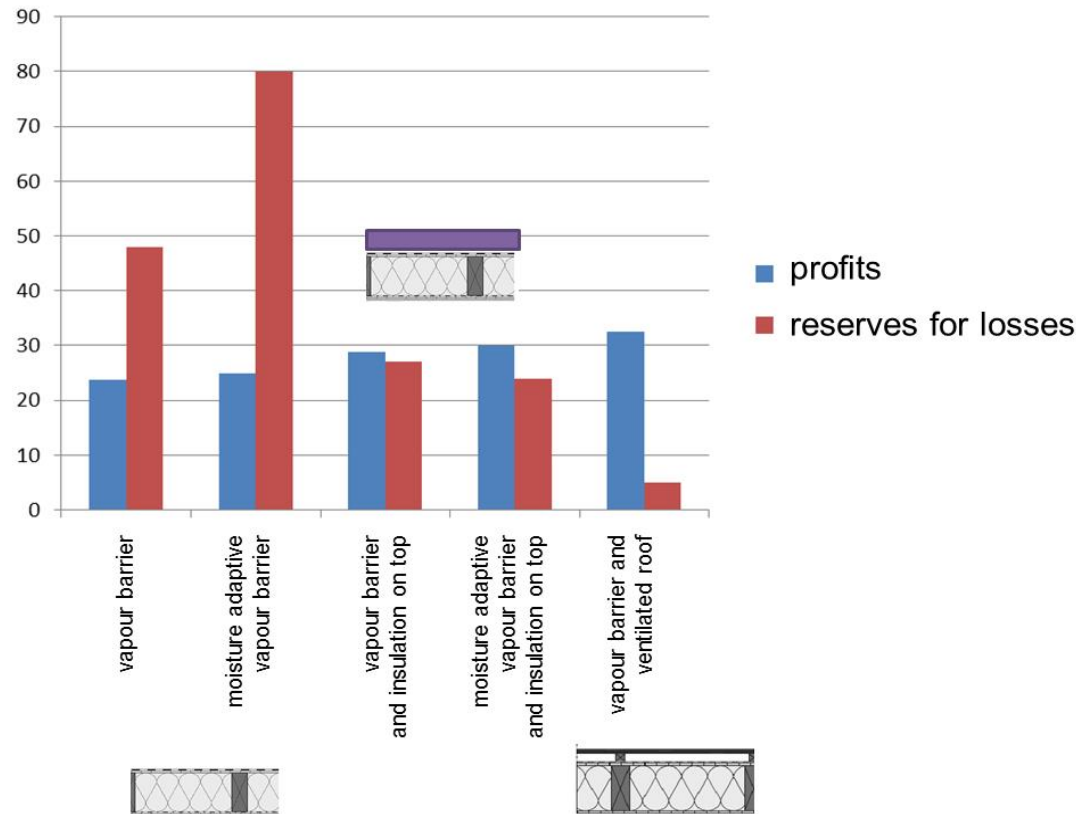
Jährliche Schadenssumme aufgrund von Feuchtemängel:

Ca. 100 Millionen Euro

Risiko vs. Nutzen bei Flachdachkonstruktionen

Das Risiko von Kosten für Schäden übersteigt oft den Nutzen

reserves for losses und profits in EUR/m²



Planung SOLL-Zustand

+

Bauphase Toleranzen, Niederschläge,
Baufeuchte, Qualifikation uvm.

+

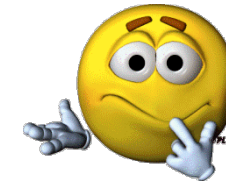
Nutzung Lüften, klimatisieren, nach-
trägliche Montagen, Wartung uvm.

=

Bauwerk IST-Zustand



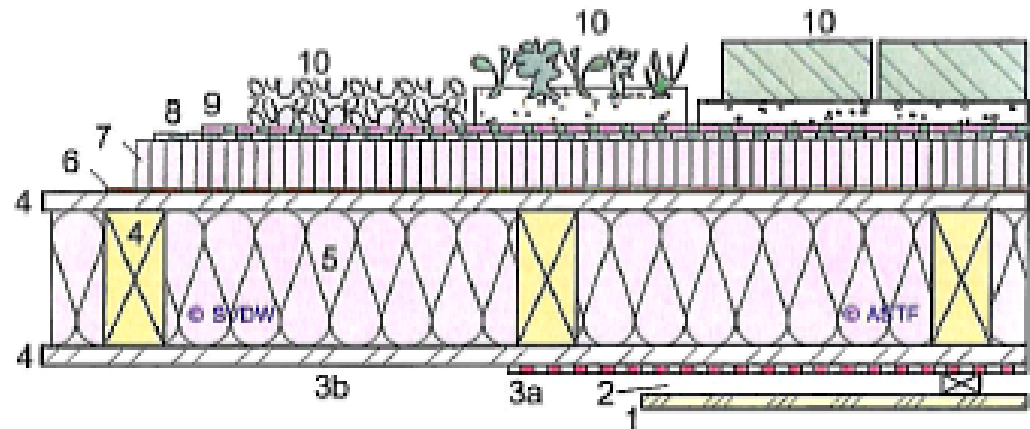
Planung



AUFBAU III

Nicht durchlüftete Konstruktion mit Wärmedämmung innerhalb der Tragkonstruktion und Zusatzdämmung

- 8 Dachabdichtung $s_d > 300\text{m}$ bei Gründach
- 7 Druckfeste Zusatzdämmung (nicht biogen) $1/3$ bis $1/2$ der Gefachdämmung
- 6 Dachabdichtung/Dampfbremse $s_d > 100\text{m}$
- 3a Dampfbremse $s_d > 2 - \approx 8 \text{ m}$

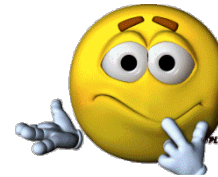


Quelle: Verband Gebäudehülle Schweiz

Gesicherte, großflächige Baupraxis fehlt!
0% Ausführungstoleranz!!!

Planung

Attikakonstruktion



Bauphase

Baufeuchtigkeit



- Wann (Jahreszeit) wird / wurde das BV errichtet?
- Letztes Regenereignis?
- Trocknungsphasen (z.B. vor dem Fenstereinbau) ?
- Bezugstermin? Beheizt?

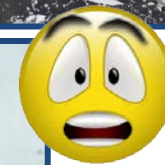
Normative keine Regelung, Abschätzung ohne Berechnungsmethode!

Baufeuchte wird normativ nur „verbal“ erwähnt!

z.B. Beton, in Abhängigkeit der Festigkeitsklasse und des

Wasserzementwert Zusatzwasser von $\approx 120 - 150 \text{ l/m}^3$

Bauphase



Bauphase



Nutzung

Feuchtigkeitsanreicherung durch Nutzungsänderung



Fallbeispiel Schadensfälle Sanierung

1. Großflächig permanent beschattetes Holzelementdach

Aufbau vor der Sanierung (innen nach außen):

OSB Platte 18mm

PAE-Dampfbremse 0,25mm

Holzträger ausgedämmt mit 20cm Mineralwolle

OSB Platte 18mm

Schutzvlies

PVC Dachabdichtung 2,0mm mechanisch befestigt

Fallbeispiel Schadensfälle Sanierung

1. Großflächig permanent beschattetes Holzelementdach

Schaden: Verrottung der OSB Platten und Feuchteschäden an den Holzträgern

Schadensursache: Langfristig zu wenig Austrocknungspotenzial durch permanente Dachbeschattung. Fehlstellen in der Dampfsperrverklebung.

Fallbeispiel Schadensfälle Sanierung

1. Großflächig permanent beschattetes Holzelementdach

Sanierung: Aufbringen einer XPS – Wärmedämmung auf den bestehenden Dachaufbau

Möglicher Folgeschaden nach der Sanierung: Weiterhin Kondensatbildung im Dachelement und somit neuerliche Folgeschäden. Für dieses Fallbeispiel sind kaum empirische Daten vorhanden welche die Funktionstauglichkeit der Sanierung bestätigen.

Fallbeispiel Schadensfälle Sanierung

2. Genutzte Terrasse, ungedämmte Fassade

Aufbau vor der Sanierung (innen nach außen):

KLH Decke 20cm

Dampfbremse GV 45

EPS- Wärmedämmung 18 cm

2-Lagen Polymerbitumen

Schutzvlies

Splitt 4cm

Betonplatten 4cm

Fallbeispiel Schadensfälle Sanierung

2. Genutzte Terrasse, ungedämmte Fassade

Schaden: Feuchteschäden rauminnenseitig im Decken-/Wandbereich

Schadensursache: Wärmebrücken im Decken-/Fassadenbereich. Fehlstellen im Terrassentür-Abdichtungsanschluss

Fallbeispiel Schadensfälle Sanierung

2. Genutzte Terrasse, ungedämmte Fassade

Sanierung:

Abräumen des Terrassengehbelags bis hin zur Abdichtungsschicht.

Aufbringen einer Vakuumdämmung 50mm.

Aufkleben einer 2-lagigen Polymerbitumen Abdichtung inkl. allererforderlichen An-und Abschlüsse.

Wiederverlegen des Terrassengehbelags.

Dämmen der Fassade.

Möglicher Folgeschaden nach der Sanierung: Kondensatbildung im Dachaufbau da das in den ursprünglichen Dachaufbau eingedrungene Wasser nicht entfernt wurde.

Fallbeispiel Schadensfälle Sanierung

3. Bekieste Dachfläche

Aufbau vor der Sanierung (innen nach außen):

Betondecke 20cm

Dampfsperre E-AL GV 4 (horizontal verlegt)

EPS- Wärmedämmung als Gefälledämmung i.M. 25 cm

1-Lage Flexiblen Polyolefinen (FPO) Dachbahn 2mm

Kiesschüttung 6cm

Fallbeispiel Schadensfälle Sanierung

3. Bekieste Dachfläche

Schaden: Großflächige Wassereintritte im Dachaufbau.

Schadensursache: Fehlstellen innerhalb der Feuchtigkeitsabdichtung.

Fallbeispiel Schadensfälle Sanierung

3. Bekieste Dachfläche

Sanierung: Punktueller Öffnen der Dachabdichtung und Absaugen des lokal augenscheinlich erkennbaren Stauwassers.

Möglicher Folgeschaden nach der Sanierung:
Kondensatbildung im Dachaufbau da nicht sichergestellt werden kann, dass zum einen das gesamte Stauwasser entfernt wurde und zum anderen die im Dachaufbau verbliebene EPS-Wärmedämmung Feuchte absorbiert hat.

Fallbeispiel Schadensfälle Sanierung

4. Bekiestes Umkehrdach

Aufbau vor der Sanierung (innen nach außen):

Betondecke 20cm mit Gefälle

2 Lagen Feuchtigkeitsabdichtung (E-KV) 4mm

XPS- Wärmedämmung 18cm

Rieselschutzvlies

Kiesschüttung 6cm

Fallbeispiel Schadensfälle Sanierung

4. Bekiestes Umkehrdach

Sanierungsmotivation: Kein Feuchteschaden sondern thermische Optimierung gewünscht inkl. Gründachaufbau.

Sanierung:

Abräumen der Kiesschicht inkl. Rieselschutzvlies.
Auflegen von 10 cm EPS- Wärmedämmung.
Aufkleben von 2 Lagen Polymerbitumenabdichtung.
1 Lage Wurzelschutzbahn mit Kupferbandeinlage.
Schutzvlies
50cm intensive Begrünung.

Fallbeispiel Schadensfälle Sanierung

4. Bekiestes Umkehrdach

Möglicher Folgeschaden nach der Sanierung:

Kondensatbildung im Dachaufbau da nicht sichergestellt werden kann, dass zum einen das gesamte Stauwasser entfernt wurde sowie die XPS- Wärmedämmung bereits Feuchte absorbiert hat und zum anderen die Dampfbremse (2 Lagen EKV-4) einen geringeren sd-Wert aufweist als die Dachabdichtung.

Fallbeispiel Schadensfälle Sanierung

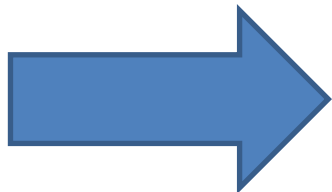
- Dargestellte Feuchteschäden werden oft erst erkannt wenn massive Folgeschäden entstanden sind
- Derartige Feuchteschäden ist einer der meist verbreiteten und kostenintensivsten Schadenstypen
- V.a. Niedrig- und Niedrigstenergiegebäude betroffen
- 100 Mio. Euro jährliche Schadenssumme

**=> Risikomanagement für sichere
Planung erforderlich**

2. Sensorunterstütztes Feuchtemonitoring

Begriff Monitoring

-  unmittelbares systematisches erfassen eines Vorgangs oder Prozesses mittels technischer Hilfsmittel oder Beobachtungssysteme
-  zentrales Element sind wiederholte und regelmäßige Durchführungen
-  durch Ergebnisvergleiche können Schlussfolgerungen gezogen werden
-  Prozess einzugreifen wenn z.B. bestimmte Schwellwerte unter- bzw. überschritten sind



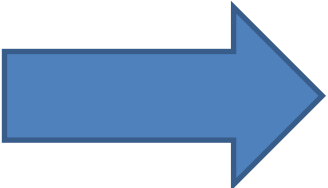
Monitoring beobachtet, überwacht und protokolliert Prozessergebnisse **in situ**

Assoziative Begriffe

***Bauwerksmonitoring
Bauwerksdiagnostik
Dachassistenzsysteme***

.....

darunter ist zu verstehen:

- 
- die fortlaufende
 - augenscheinliche Beobachtung
 - messtechnische Überwachung
 - ingenieurmäßige Bewertung

von Konstruktionsteilen an Bauwerken.

Feuchtemonitoring

Feuchte-Monitoring der Gebäudehülle

beispielsweise

- **Dach**
- **Fassade**
- **Abdichtungen erdberührter Bauteile**
- **Nassräume**
- **Behälterbau**

Beurteilung der Dauerhaftigkeit von abgedichteten Konstruktionen mit messtechnischer Unterstützung

Feuchtemonitoring Ziele I

- Erfassung allgemeiner Zustand von Bauteilen unter Berücksichtigung der konkreten Nutzung, bauphysikalischer Vorgänge, als auch meteorologischer Daten
- Rechtzeitige und treffsicher Alarmierung bei drohenden Schäden
- Reparaturbedarf ohne kostenintensive Öffnungen von Baukonstruktionen frühzeitig erkennen

**=> Präventive Verhinderung kostenintensiver
Feuchteschäden und Verlängerung der Lebensdauer**

Feuchtemonitoring Ziele II

- Auswertung gesammelter Monitoringergebnisse
- Ableitung von Erkenntnissen für Planung und Ausführung
- Ausbildungen (Workshops, Seminare, Schulungen, etc.)
- Bildung einer Austauschplattform für Forschung und Industrie)
- ÖNORM zur Planung und Ausführung von Monitoringsystemen

=> Entwicklung feuchtesicherer Konstruktionen

Feuchtemonitoring in der derzeitigen Normung

ÖNORM B 3691: Planung und Ausführung von Dachabdichtungen

Bei Dächern der Kategorie 3 (Schadensfolgeklasse und Nutzungsdauer) wird eine Zusatzmaßnahme zur Erhöhung der Sicherheit von Dachabdichtungen erforderlich:

**=> Einbau von flächigen Detektionssystemen, die
eine zerstörungsfreie Feuchtigkeitskontrolle
ermöglichen**

3. Status Quo in der Entwicklung und Technik

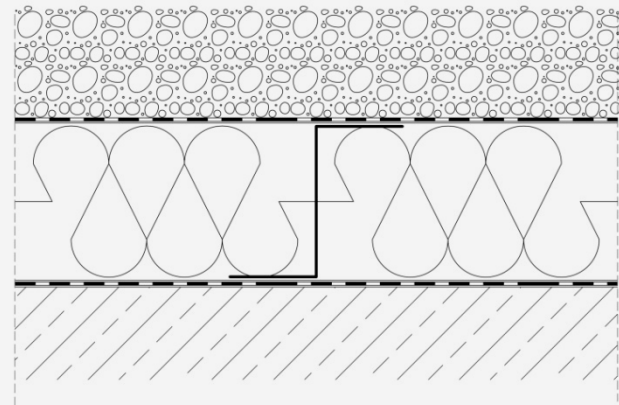
Abschottungen

Kontrollöffnung

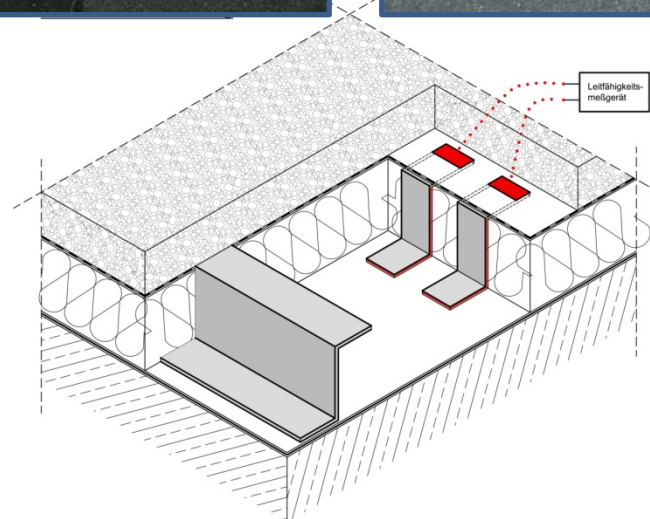


**Abschottung innerhalb der
Wärmedämmschicht**

Skizze 4 Abschottung mit Klebeband



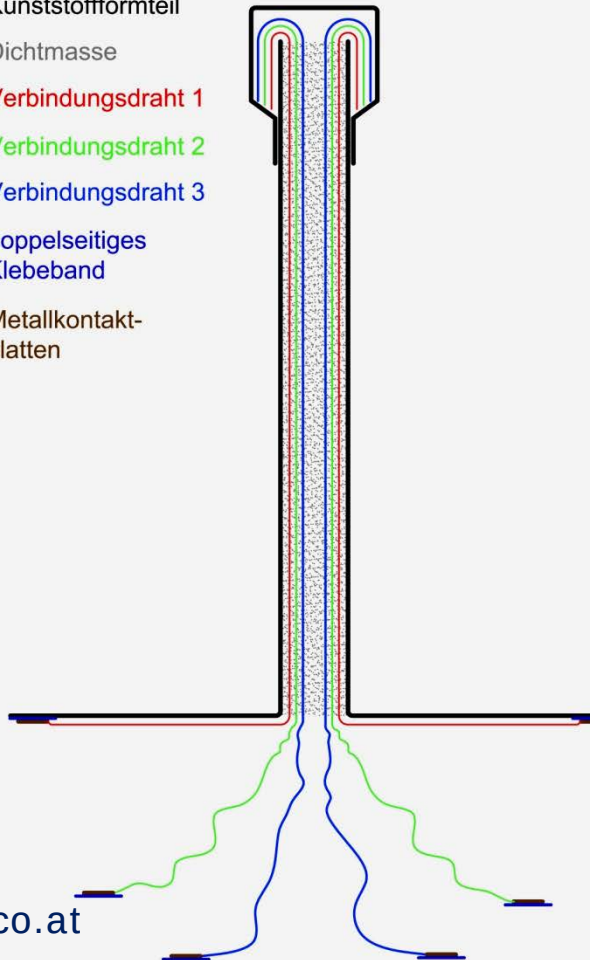
Einfache Kontaktmessungen



Feuchtemessung Ja/Nein

Skizze 2 Feuchtigkeitsdetektor

- Kunststoffformteil
- Dichtmasse
- Verbindungsdraht 1
- Verbindungsdraht 2
- Verbindungsdraht 3
- doppelseitiges Klebeband
- Metallkontakt-platten

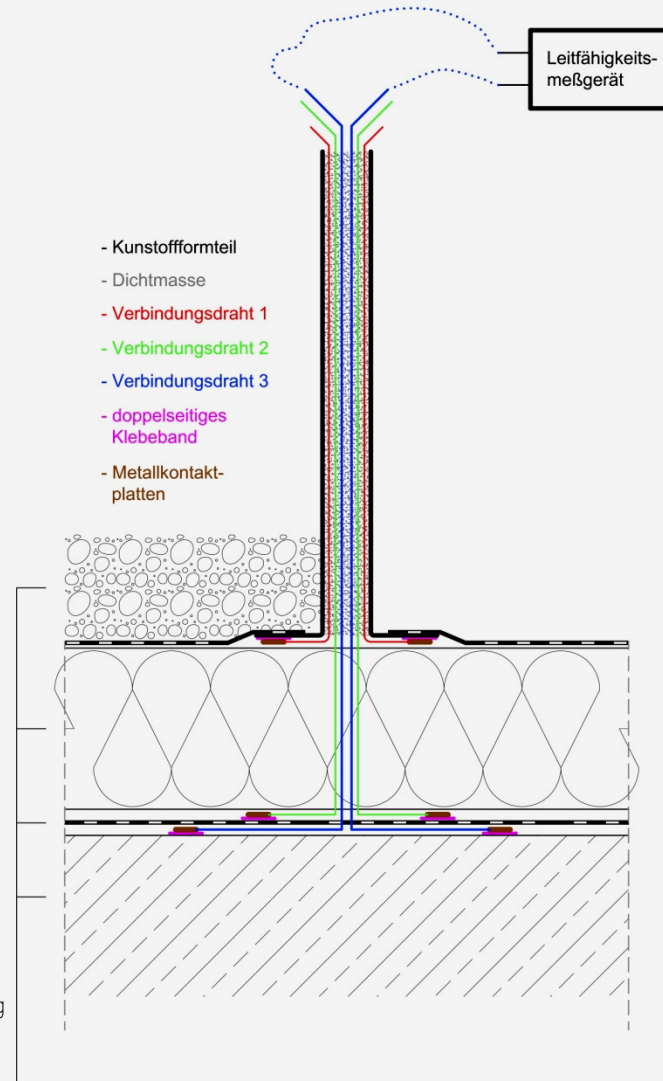


Kissschüttung
Dachabdichtung
Wärmedämmung
Dampfsperre
Betondecke

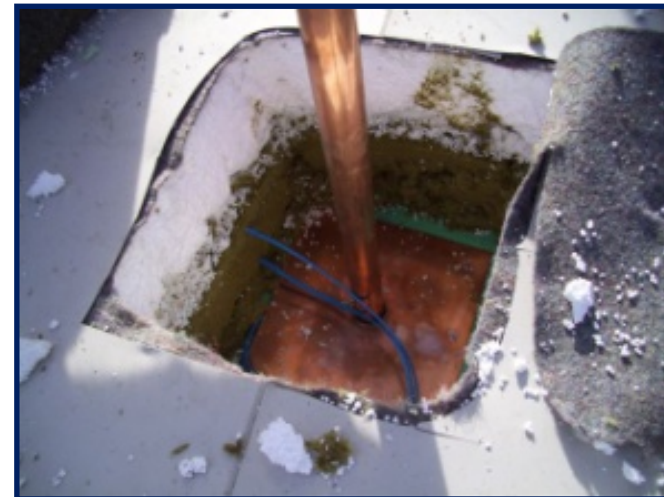
www.ifb.co.at

Skizze 3 Feuchtigkeitsdetektor im Dachaufbau integriert

- Kunststoffformteil
- Dichtmasse
- Verbindungsdraht 1
- Verbindungsdraht 2
- Verbindungsdraht 3
- doppelseitiges Klebeband
- Metallkontakt-platten

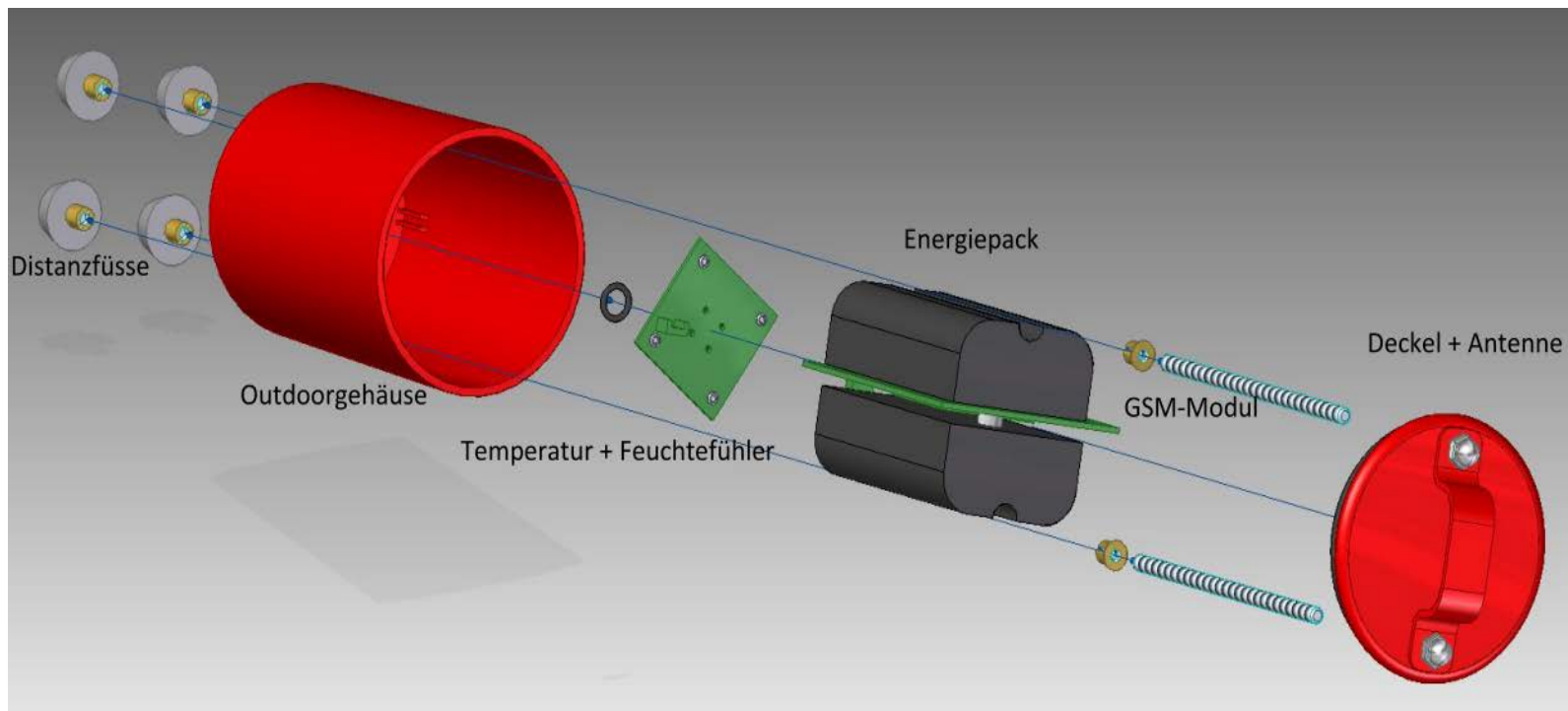


Sensoren: Erste Entwicklungsschritte



Feuchtemonitoring – technischer Lösungsansatz

1. Entwicklung Sensor Einbauteil für die Aufnahme eines Micro-Monitorings für eine Outdooranwendung



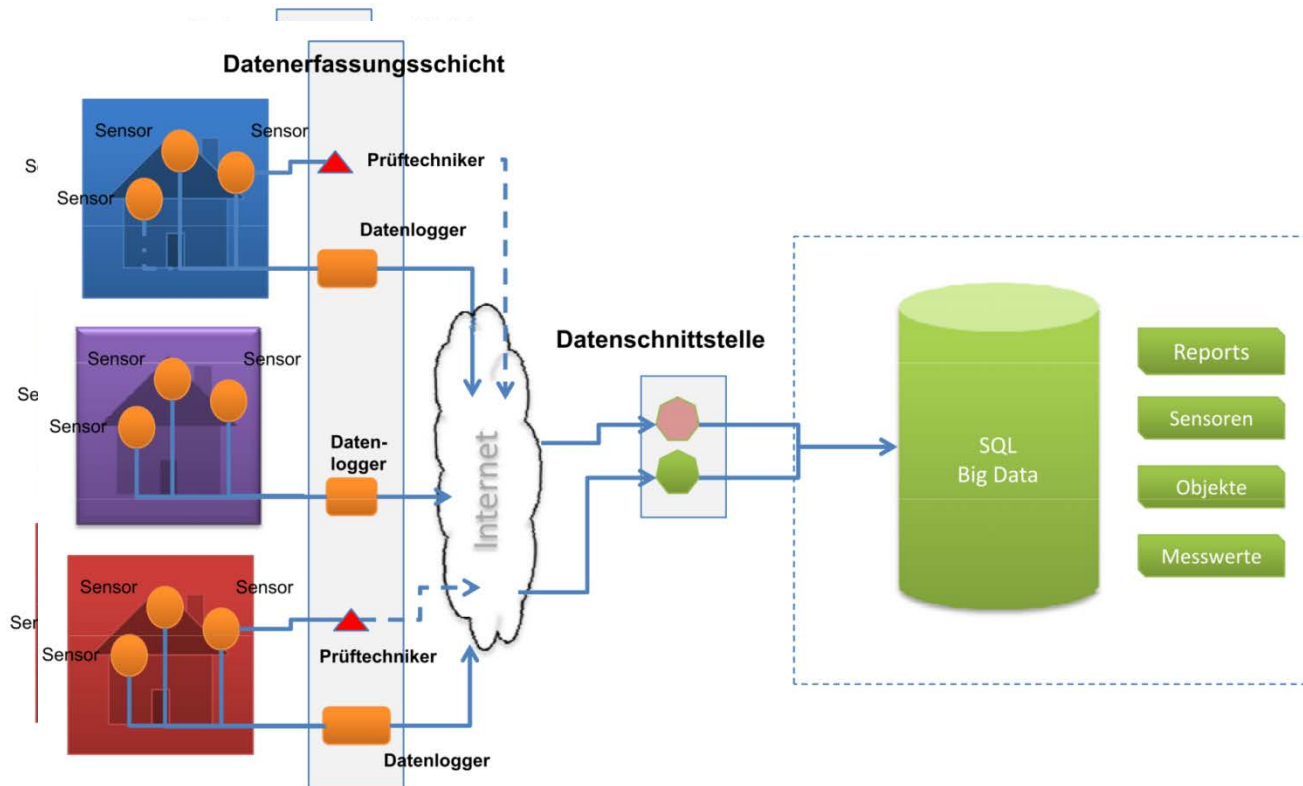
Feuchtemonitoring – technischer Lösungsansatz

2. Anforderungen an die Hardware:

- Wasserdichtheit
- Dampfdiffusionsdichtheit
- UV- und IR-Strahlung
- Begehrbarkeit
- Hitzebeständigkeit
- Stoß- und Schlagfestigkeit
- Korrosionsbeständigkeit
- Energieverbrauch
- Reichweite Sendeleistung
- Lebensdauer Akku
- Tauschintervall
- etc.

Feuchtemonitoring – technischer Lösungsansatz

3. Entwicklung Sensorik für das Flachdach Monitoring-System mit entsprechender Datenübertragung

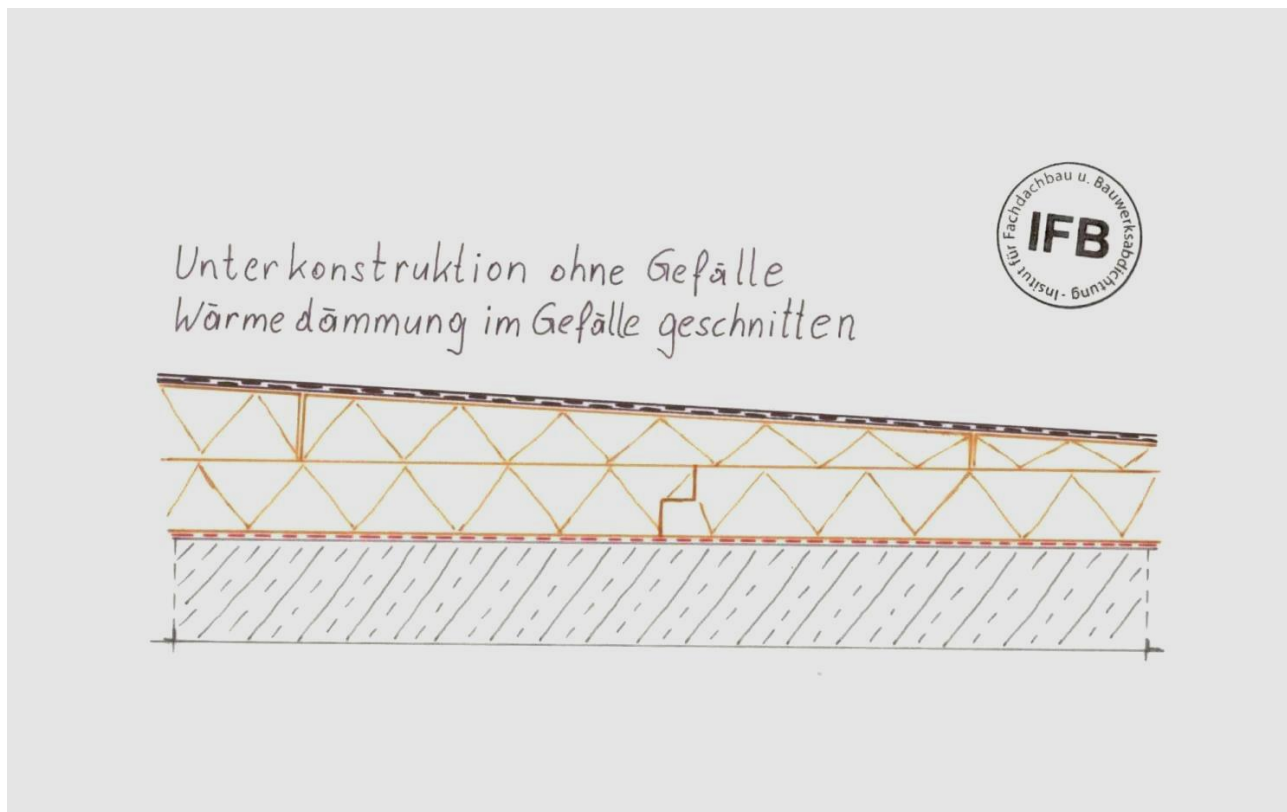


Feuchtemonitoring – technischer Lösungsansatz

4. Formulierung Alarmierungsalgorithmus zur frühzeitigen Erkennung feuchtetechnischer Risikosituationen unter:
 - Einbeziehung der bauphysikalischen Nutzerdaten (Temperatur + Feuchte) des darunterliegenden Raumes für die Ermittlung der Schwellenwerte des Sensors.
 - Einbeziehung der meteorologischen Daten in die Ermittlung der Schwellenwerte des Sensors.

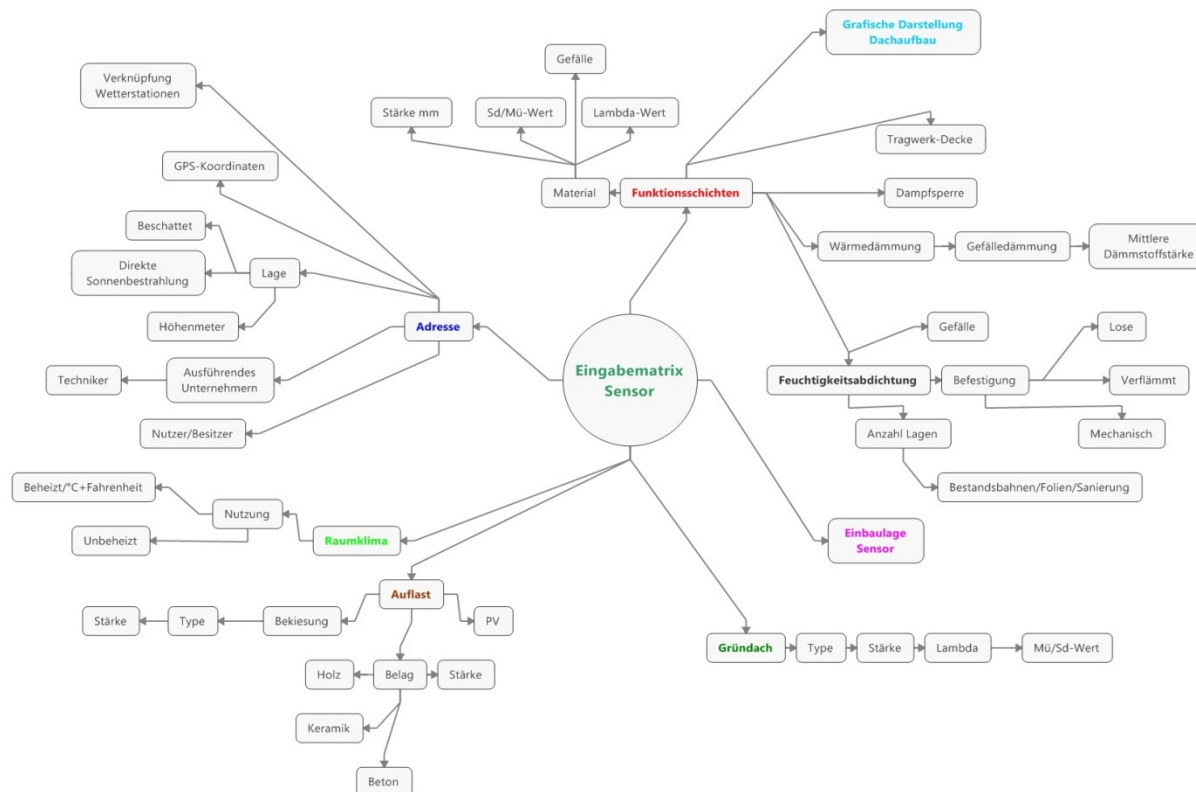
Feuchtemonitoring – technischer Lösungsansatz

5. Erforschung der Anzahl und Einbaulage des Sensors (z.B. Stk. Sensor/ x m² Dachfläche, Lage auf der Dampfsperrein, in der Wärmedämmung).



Feuchtemonitoring – technischer Lösungsansatz

6. Erstellung einer Eingabedatenmatrix der relevanten Eckdaten für die Berechnung der bauphysikalischen „Komfortklimazone“ des Dachaufbaues.



4. Neue Regelwerke – Lösungsansätze

ÖNORM B3693

Titel: Planung und Ausführung von
Monitoringsystemen in der Gebäudehülle

Ziel:

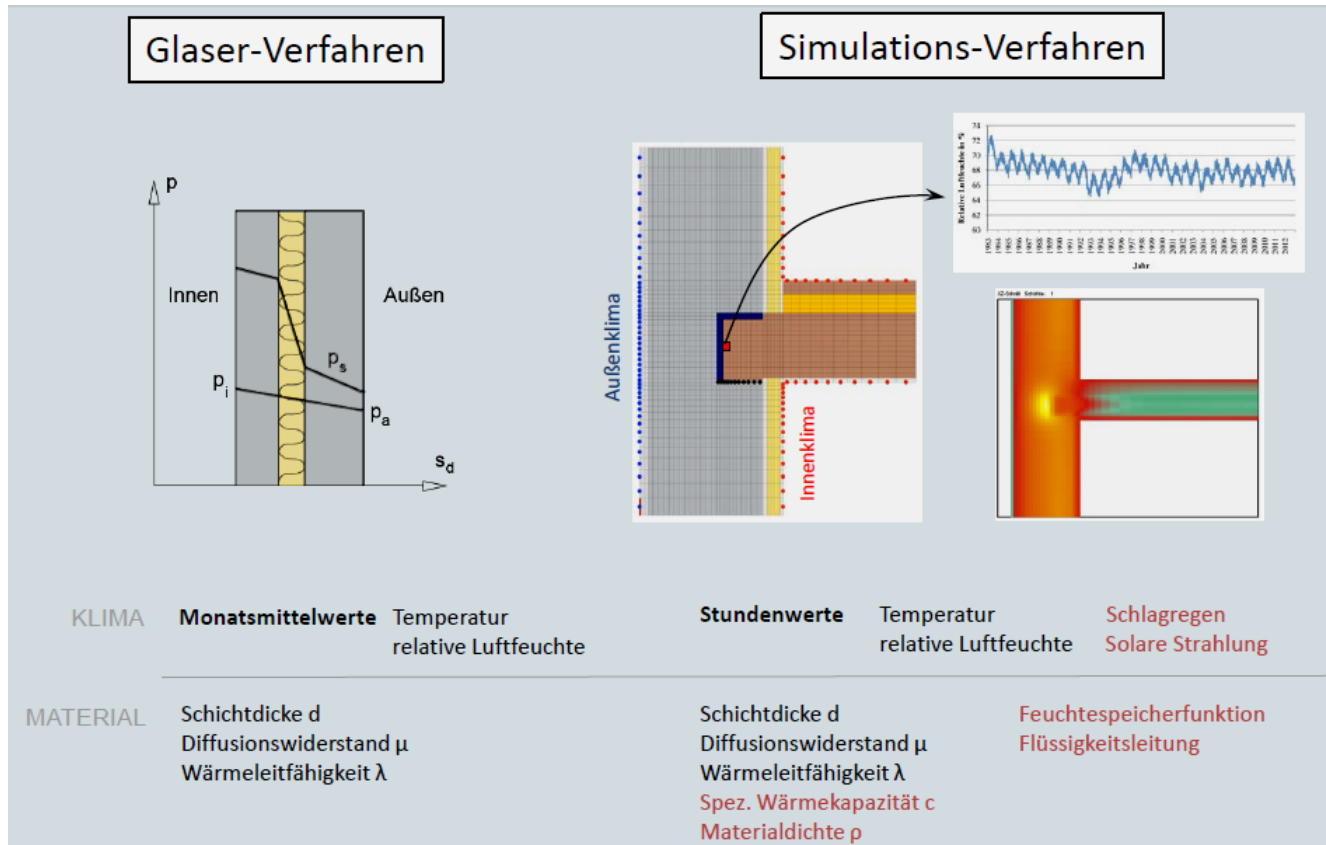
- Vergleichbarkeit von Feuchte-Monitoringsystemen
- Grundstruktur einer Feuchte-Monitoringdatenbank
- Rahmenbedingungen für den Einbau
- Planung der strategisch richtigen Position.
- Definition von Grenzwerten im Kontext der Bauphysik
- Vermittelbare Grundlagen in der Aus- und Weiterbildung
- Wartung u. Instandhaltung v. Feuchte-Monitoringsystemen
- Integration der Feuchte-Monitoringsysteme in die obligatorischen Inspektions- Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten.

ÖNORM B3693

!!! NICHT ZIEL !!!

- Technische Produktnormierung
- Verpflichtung zum generellen Einbau !!!

Bauphysik - Rechenverfahren



Quelle TU Wien, Bild wikimedia

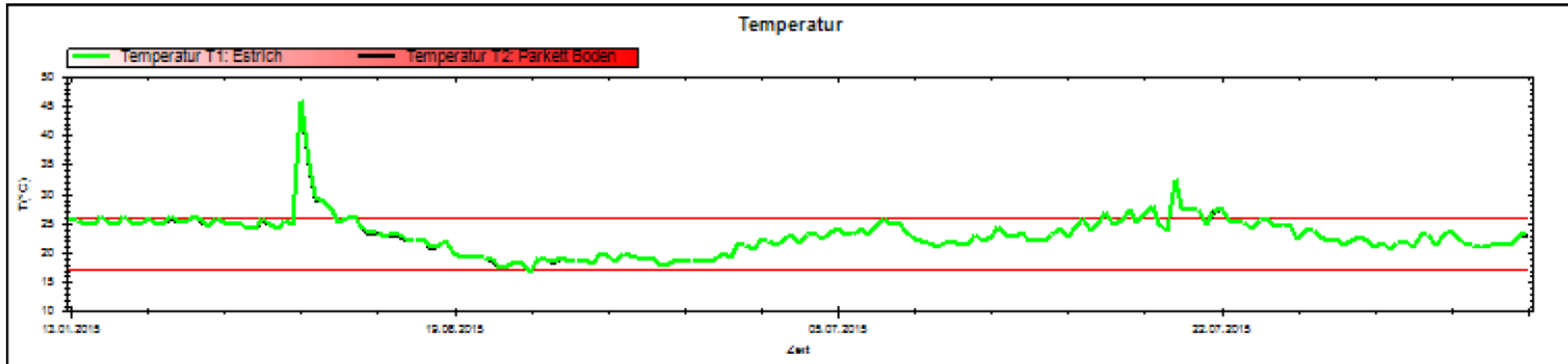
Messergebnisse

20.06.2015 03:48:52	19,05	64,03
20.06.2015 11:48:52	19,09	69,71
20.06.2015 19:48:52	18,61	64,90
21.06.2015 03:48:52	17,33	64,68
21.06.2015 11:48:52	17,87	72,24
21.06.2015 19:48:52	18,58	61,21
22.06.2015 03:48:52	18,02	64,80
22.06.2015 11:48:52	16,59	97,65
22.06.2015 19:48:52	19,02	100,00
23.06.2015 03:48:52	18,69	99,83
23.06.2015 11:48:52	18,26	99,64
23.06.2015 19:48:52	19,02	100,00

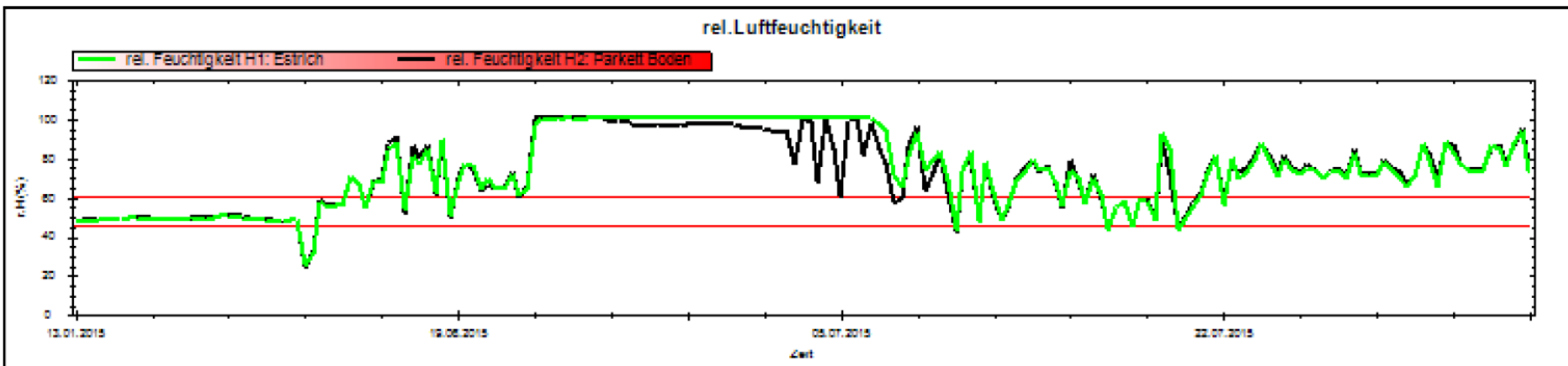
07.07.2015 03:48:52	23,14	100,00
07.07.2015 11:48:52	24,49	97,71
07.07.2015 19:48:52	25,95	93,77
08.07.2015 03:48:52	24,83	70,89
08.07.2015 11:48:52	24,96	65,30
08.07.2015 19:48:52	23,51	81,76
09.07.2015 03:48:52	22,25	93,10
09.07.2015 11:48:52	22,02	73,66
09.07.2015 19:48:52	21,54	79,61
10.07.2015 03:48:52	20,88	83,89
10.07.2015 11:48:52	21,46	69,15
10.07.2015 19:48:52	22,12	43,63
11.07.2015 03:48:52	21,16	74,09
11.07.2015 11:48:52	21,74	83,09

Messergebnisse

Temperatur-Analyse



Feuchtigkeits-Analyse



6. ASMME

2015 / 2016 Gründung



Association for Moisture Monitoring & Engineering

Technisch wissenschaftliche Arbeitsgemeinschaft
für Feuchtemonitoring und -engineering

- Förderung der Wissenschaft und Forschung
- Produkt- und Anwendungsentwicklung auf dem Gebiet des Feuchte Monitoring, insbesondere betreffend die Methoden der Messtechnik sowie die Auswertung und Interpretation der daraus gewonnenen messtechnischen Daten und Nutzbarmachung für die Allgemeinheit
- Auftragsforschung
- Forschungsprojekte beantragen und durchführen
- fachspezifische Veranstaltungen (Vorträge, Seminare, Schulungen, Symposien, Veröffentlichungen etc.)
- Academy, Präsentations-und Austauschplattform für Mitglieder, Systemhersteller und Professionisten und sonstige Anwender

Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

Schöberl & Pöll GmbH
Bauphysik und Forschung
Lassallestraße 2/6-8
1020 Wien
www.schoeberlpoell.at