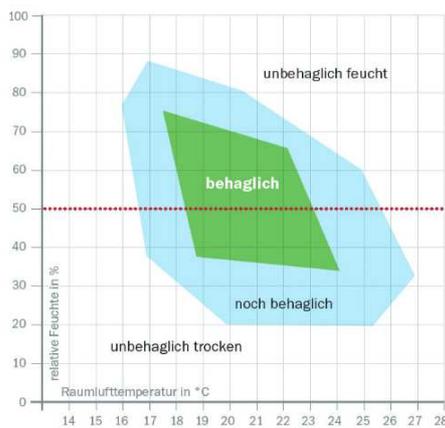


## Smarte Schimmelvermeidung – Schimmelampel

DI Dr. Bernhard Lipp,  
IBO - Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie GmbH

DI Dr. Karl Torghelle,  
Spektrum GmbH und  
IBO - Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie GmbH

## Behaglichkeitsbereich – Luftfeuchte und Temperatur

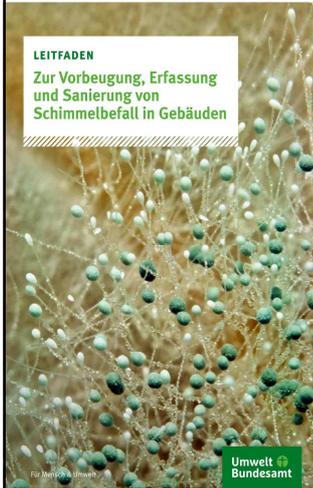


Bauphysikalische Obergrenze für relative Luftfeuchtigkeit in der kalten Jahreszeit: 45 bis 50 %.

Abb. 1: Feuchte- und Temperatur-Behaglichkeitsbereich nach Leusden und Freymark.



# Feuchtegrenzen

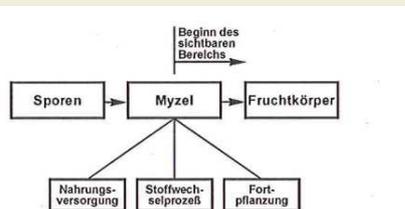


Die Feuchtegrenze, unterhalb derer kein Wachstum von Schimmelpilzen auf Materialien stattfindet, liegt unter sonst optimalen Bedingungen bei ca. 70 % relativer Feuchte an der Oberfläche.

**Mit zunehmendem Feuchtegehalt des Materials steigt die Wahrscheinlichkeit, dass Schimmelpilzwachstum auftritt.**

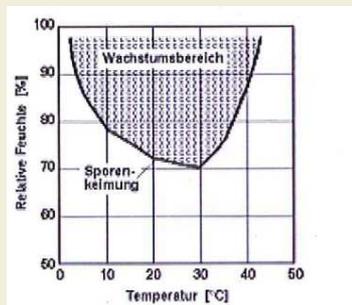
Bei 80 % relativer Feuchte an der Oberfläche sind bei ausreichend hoher Oberflächentemperatur (deutlich im Plusgradbereich) die Wachstumsbedingungen für viele innenraumrelevante Schimmelpilzarten erreicht. Bei höherer Oberflächenfeuchte von über 80 % können nahezu alle Schimmelpilzarten sowie Bakterien wachsen. Im stehenden Wasser (100 % Feuchte) wachsen in der Regel keine Schimmelpilze, sondern Bakterien.

# Schimmelpilzwachstum



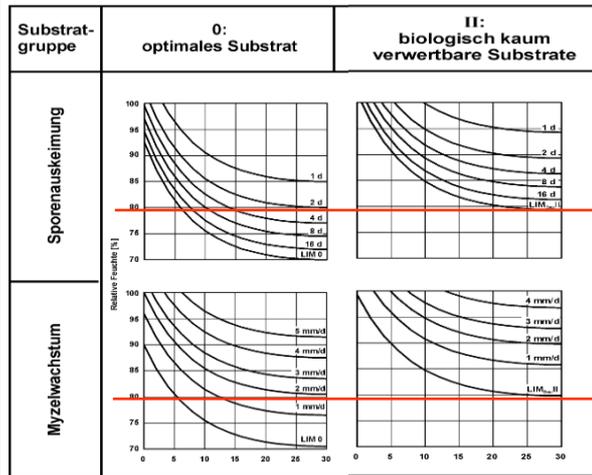
**Bild 16** Schematische Darstellung des Ablaufs von Pilzwachstum.

Bei ausreichenden Klimabedingungen keimt die Spore aus. Es bildet sich ein Myzel. Dort finden die Nahrungsaufnahme, die Stoffwechselprozesse und die Fortpflanzung statt. Das Ergebnis der Fortpflanzung ist die Bildung von neuen Sporen (Sporulation) in den Fruchtkörpern.



Schematische Darstellung des Wachstumsbereichs für Schimmelpilze in Abhängigkeit von Temperatur und relativer Feuchte; als Vorbereitung für die Festlegung von Wachstumsisoplethen.

# Sporenauskeimung und Myzelwachstum



80%

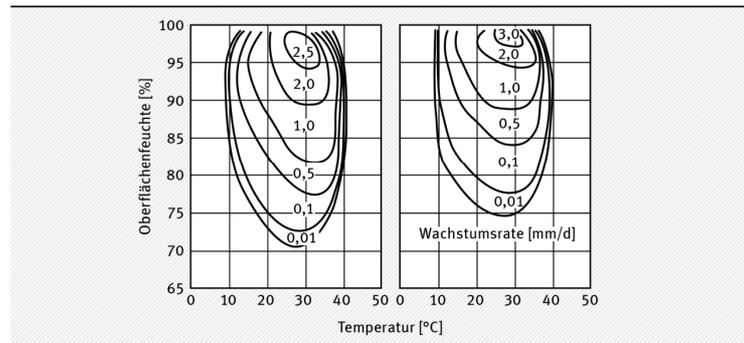
80%

# Schimmelpilzwachstum – Faktor Zeit



Abbildung 7

Isoplethensysteme für Myzelwachstum der Schimmelpilze *Aspergillus restrictus* (links) und *Aspergillus versicolor* (rechts) in Abhängigkeit von relativer Oberflächenfeuchte und Temperatur nach Smith et al. (1982)



Die Zahlen an den Isoplethen kennzeichnen die Wachstumsraten in Millimeter pro Tag (mm/d)

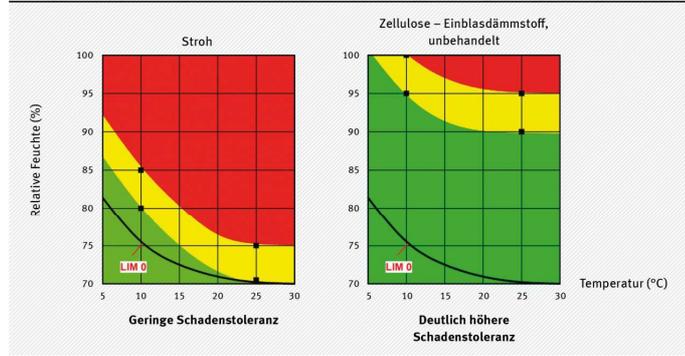
Quelle: Sedlbauer, IBP

# Schimmelpilzwachstum – Faktor Zeit



Abbildung 8

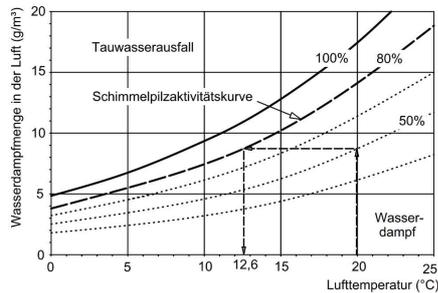
Gemessene Isoplethenbereiche von Stroh (links) und von einem Zellulose-Einblasdämmstoff (rechts)



In den roten Arealen ist Schimmelpilzwachstum sehr wahrscheinlich, während in den grün gefärbten Bereichen nicht mit Schimmelpilzwachstum zu rechnen ist. Die gelben Zonen kennzeichnen einen Übergangsbereich, in dem Schimmelpilzwachstum nicht völlig ausgeschlossen werden kann. Der LIM-0 bezeichnet den so genannten „Lowest Isopleth for Mould“, der für eine große Auswahl an Schimmelpilzen von Baustoffen im Labor unter Einsatz von optimalen Nährstoffbedingungen auf Agarplatten (Voll-Nährböden) ermittelt wurde.

Quelle: Seidlbauer 2001 Vorhersage von Schimmelpilzbildung auf und in Bauteilen

# Temperaturfaktor und Oberflächenfeuchte



$$f_{Rsi} = \frac{\theta_{si} - \theta_e}{\theta_i - \theta_e} \quad -$$

- $\theta_{si}$  Oberflächentemperatur innen °C
- $\theta_e$  Aussentemperatur °C
- $\theta_i$  Innentemperatur °C

$$\theta_{si} = \theta_e + f_{Rsi} \cdot (\theta_i - \theta_e)$$

$$\Theta_{si} = \Theta_i - U R_{si} (\Theta_i - \Theta_e)$$

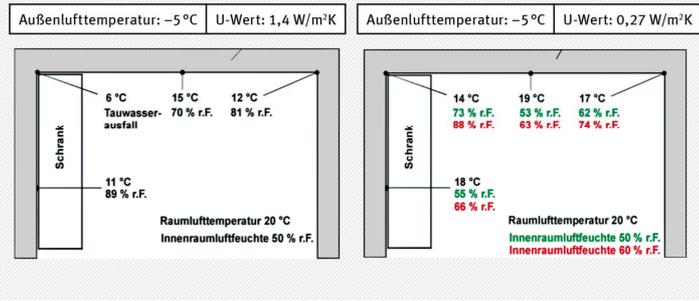
- $U$  [W/(m² K)]\* Wärmedurchgangskoeffizient
- $R_{si}$  [(m² K)/W]\* Wärmeübergangswiderstand innen

# Innenraumluftfeuchte, Temperatur und Zeit



Abbildung 12

Zusammenfassende Darstellung der Folgen eines erhöhten Wärmeübergangswiderstands (z. B. durch vor der Wand stehende Möbel, hoher Wärmedurchgangskoeffizienten (oberer Bildteil) und von Wärmebrücken (Außenecken) auf die Wandtemperatur und die relative Feuchte an der Oberfläche (Oberflächenfeuchte) der Innenraumseite der Außenwände



Links: Gebäude mit geringem Wärmedämmstandard (U-Wert = 1,4 W/m²K).  
 Rechts: Gebäude mit hohem Wärmedämmstandard (U-Wert = 0,27 W/m²K).

Quelle: Fraunhofer Institut für Bauphysik, Holzkirchen

## f<sub>RSi</sub> – Anforderung: EN 13788

Wärme- und feuchtechnisches Verhalten von Bauteilen und Bauelementen -  
 Raumseitige Oberflächenentemperatur zur Vermeidung kritischer Oberflächenfeuchte  
 und Tauwasserbildung im Bauteilinneren - Berechnungsverfahren (ISO 13788:2012)  
 ÖNORM EN ISO 13788: 2013 04 01



### Luftfeuchte - Anforderung Schimmel

θ <sub>a</sub>	θ <sub>i</sub>	φ <sub>i</sub>	θ <sub>si,min</sub> <sup>1)</sup>	f <sub>rsi,min</sub>	R <sub>si</sub>	U <sub>max</sub>
°C	°C	%	°C	-	m²K/W	W/m²K
5.0	20.0	55.0%	14.1	0.61	0.25	1.58
4.0	20.0	55.0%	14.1	0.63	0.25	1.48
3.0	20.0	55.0%	14.1	0.65	0.25	1.39
2.0	20.0	55.0%	14.1	0.67	0.25	1.31
1.0	20.0	55.0%	14.1	0.69	0.25	1.25
0.0	20.0	55.0%	14.1	0.70	0.25	1.18
-1.0	20.0	54.0%	13.8	0.70	0.25	1.18
-2.0	20.0	53.0%	13.5	0.71	0.25	1.18
-3.0	20.0	52.0%	13.2	0.71	0.25	1.18
-4.0	20.0	51.0%	12.9	0.71	0.25	1.18
-5.0	20.0	50.0%	12.6	0.70	0.25	1.18
-6.0	20.0	49.0%	12.3	0.70	0.25	1.18
-7.0	20.0	48.0%	12.0	0.70	0.25	1.18
-8.0	20.0	47.0%	11.7	0.70	0.25	1.19
-9.0	20.0	46.0%	11.4	0.70	0.25	1.19
-10.0	20.0	45.0%	11.0	0.70	0.25	1.20
-11.0	20.0	44.0%	10.7	0.70	0.25	1.20
-12.0	20.0	43.0%	10.3	0.70	0.25	1.21
-13.0	20.0	42.0%	10.0	0.70	0.25	1.21
-14.0	20.0	41.0%	9.6	0.70	0.25	1.22
-15.0	20.0	40.0%	9.3	0.69	0.25	1.23

<sup>1)</sup> θ<sub>si,min</sub> bei 80% Luftfeuchte, darf über mehrere Tage nicht überschritten werden - EN 13788



**Hohe Oberflächenfeuchten (> 80%) können unterschiedliche Ursachen haben:**

- Temperatur an der Oberfläche niedrig  
=> **Konstruktionsproblem**
- Feuchte im Raum zu hoch  
=> **Nutzerverhalten**

**Dieses Problem soll effizient und sicher gelöst werden!**



**Die Idee geht schon auf das Jahr 2006 zurück:**

**Umsetzungsschwierigkeiten:**

- Genaue und stabile Temperatur- und Feuchtsensoren sind erforderlich -> Preis!
- Stabile und energiesparende Funksysteme zur einfachen Nachinstallation (IoT macht es jetzt möglich)
- Kosteneffiziente Basisstationen mit entsprechender Speicherkapazität und Kosteneffizienz

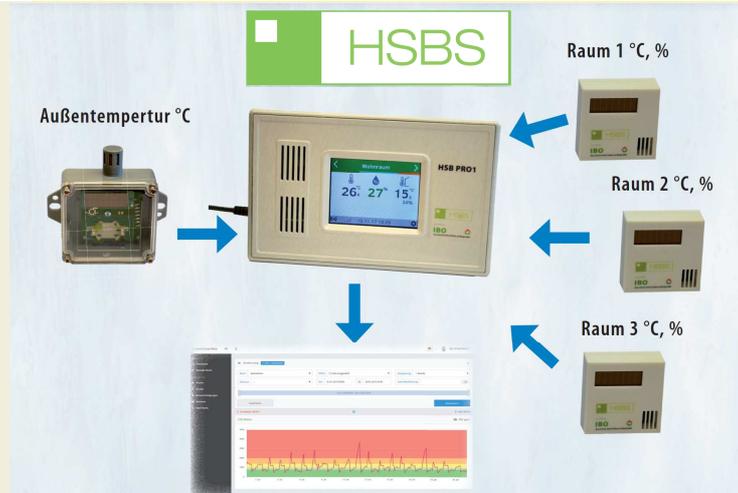
## IBO SVA2 - Logik

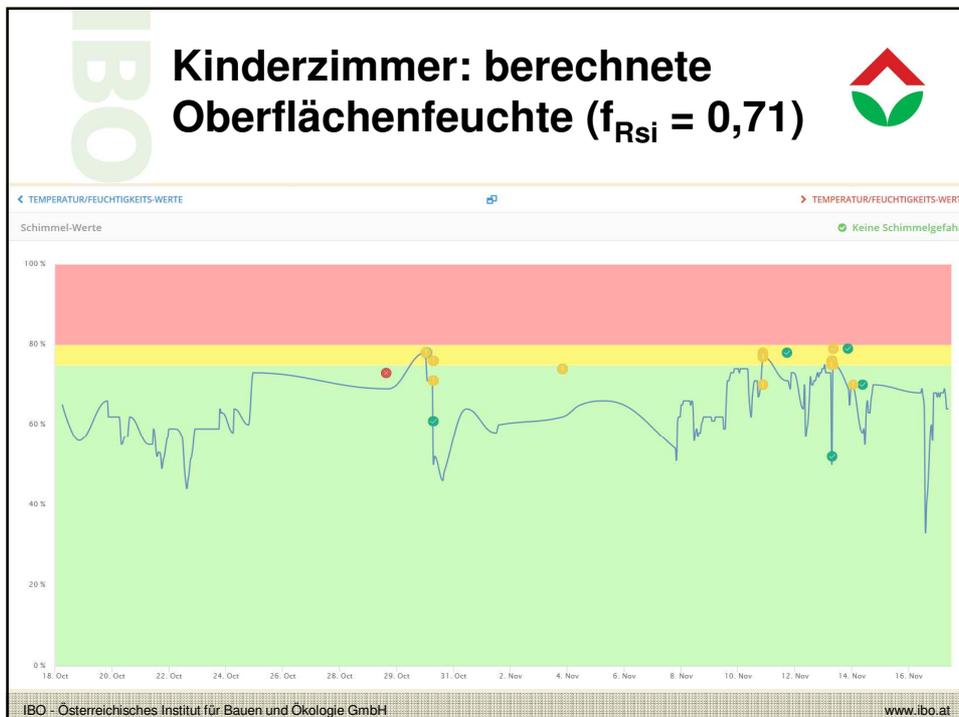
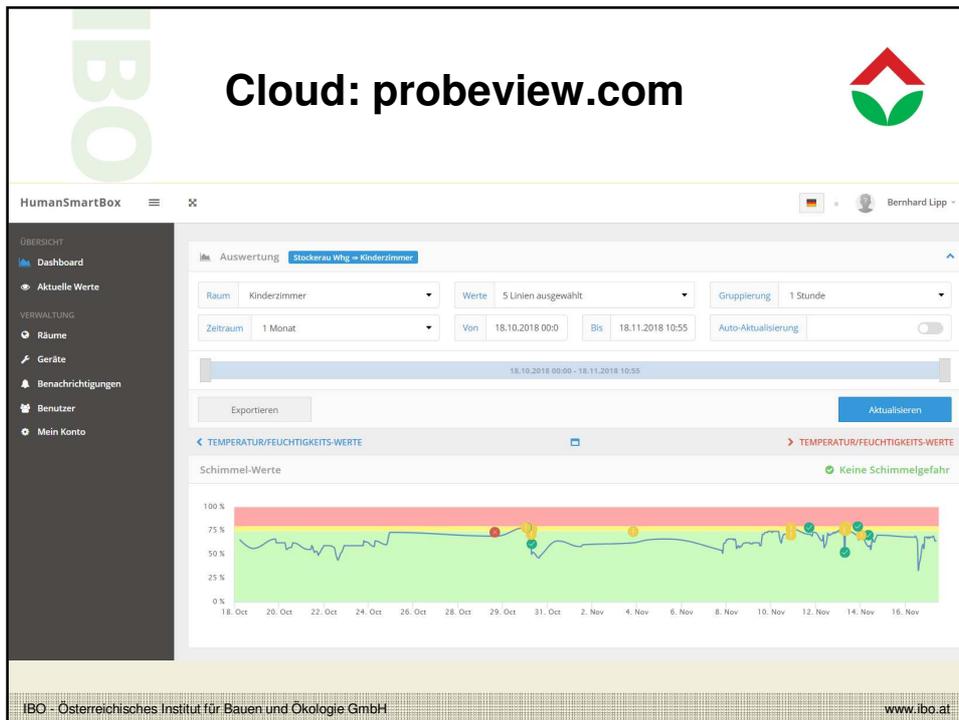


1. Wenn ein Gebäude bautechnisch mängelfrei ist, dann kann  $f_{Rsi,min} > 0,71$  für die ungünstigste Stelle angenommen werden.
2. Die Anwendung des IBO SVA2 erfordert die genaue und kontinuierliche Messung der Außentemperatur, Raumtemperatur und der relative Luftfeuchtigkeit in den Räumen.
3. Daraus lassen sich Oberflächentemperaturen und Oberflächenfeuchten berechnen und als Eingabeparameter für die Schimmelwachstumsmodelle verwenden.
4. Auf Basis der Wachstumsmodelle lässt sich das Schimmelrisiko berechnen und entsprechend anzeigen bzw. Aktionen auslösen (z.B. Lüfterstufe erhöhen)



## HSB – System (2016)







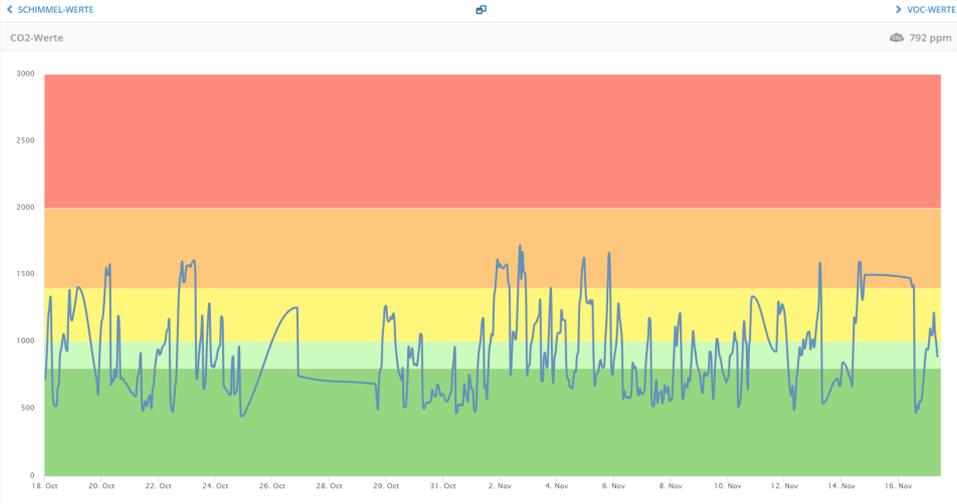
# Schlafzimmer: berechnete Oberflächenfeuchte ( $f_{Rsi} = 0,71$ )



# Wohnzimmer: berechnete Oberflächenfeuchte ( $f_{Rsi} = 0,71$ )

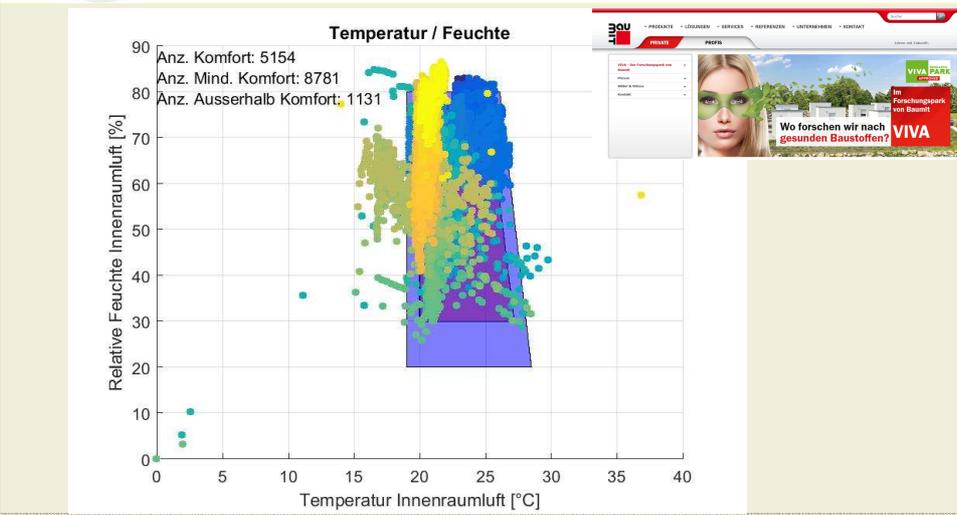


# Wohnzimmer: CO<sub>2</sub> in ppm



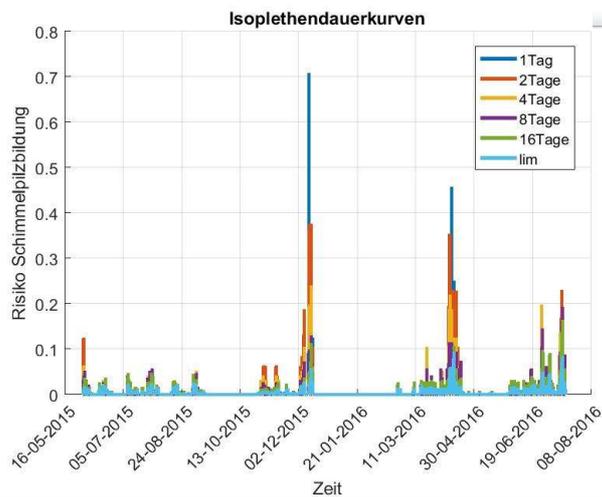
# Schimmelrisiko - Wachstumsmodelltest

mit VIVA-Forschungsparkdaten



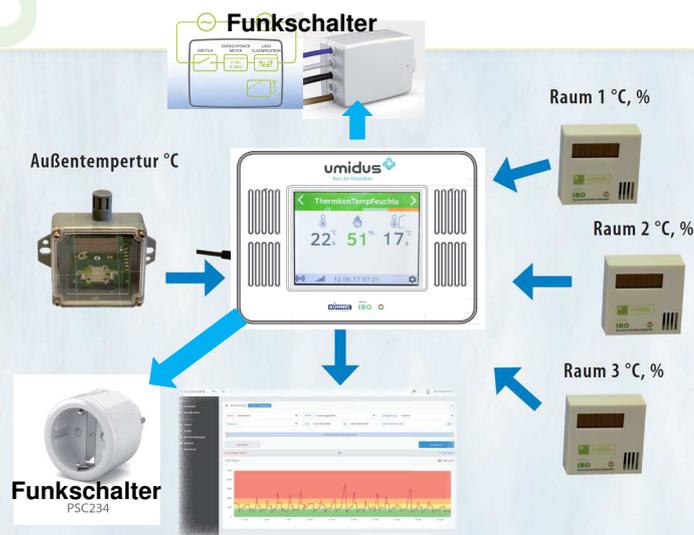
# Schimmelrisiko - Wachstumsmodelltest

mit VIVA-Forschungsparkdaten



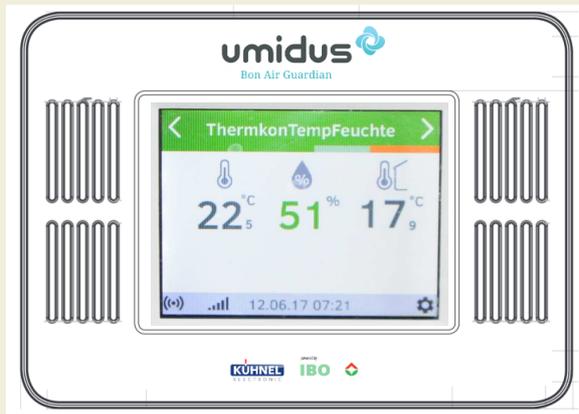
# Neues System: umidus

Bon Air Guardian



IBO

Neues System: Verkauf ab 2.1.2019



**Danke für Ihre Aufmerksamkeit!**