



**Fraunhofer** Institut  
Bauphysik

Bauaufsichtlich anerkannte Stelle  
für Prüfung, Überwachung und  
Zertifizierung  
Zulassung neuer Baustoffe, Bauteile  
und Bauarten  
Forschung, Entwicklung,  
Demonstration und Beratung auf  
den Gebieten der Bauphysik

Institutsleitung  
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Gerd Hauser  
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Klaus Sedlbauer

## **IBP-Bericht RKB-10/2006**

### **Projekt Feuchtwarngerät**

Durchgeführt im Auftrag von

Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft,  
Infrastruktur, Verkehr und Technologie -  
Innovationsberatungsstelle Südbayern -

CalCon Holding GmbH, München

GW-Elektronik GmbH, München

Dipl.-Phys. Rudolf Schwab

Abteilungsleiter

Bearbeiter

Dr.-Ing. Andreas Holm

Dipl.-Phys. Rudolf Schwab

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Ermittlung des Bedarfs und der potentiellen Nutzer</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Entwicklung des Feuchtwarngeräts</b>	<b>4</b>
3.1	Messungen zur Verifizierung des Messprinzips	4
3.2	Einfluss von Ungenauigkeiten von Temperatur- und Luftfeuchtemessungen auf die Feuchtemessung an der Wand	7
3.3	Entwicklung des Geräte-Konzepts	8
3.4	Eigenschaften des fertiggestellten Feuchtwarngeräts	9
3.5	Überprüfung des Feuchtwarngeräts	11
<b>4</b>	<b>Anwendung in Gebäuden</b>	<b>12</b>
4.1	Messungen in Wohnräumen	12
4.1.1	Feuchtigkeit an kalter Wand	12
4.1.2	Schwitzwasser am Fenster	14
4.2	Messungen in einem Kellerraum	16
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>19</b>
<b>6</b>	<b>Literatur</b>	<b>19</b>
<b>7</b>	<b>Förderung</b>	<b>19</b>

# 1 Einleitung

Zielsetzung des Forschungsvorhabens war es, ein Verfahren und ein Labor-Mustergerät zu entwickeln, um die Tauwasserbildung an Innenwänden rechtzeitig erkennen zu können, bevor es zu Schäden an der Wand und zu Beeinträchtigungen der Bewohner kommt (z.B. Schimmelbildung und Einatmen der Sporen). Aufgrund der Vorgaben der Energieeinsparverordnung ist eine zufällige Lüftung durch den Nutzer nicht mehr ausreichend. Wesentlicher Gesichtspunkt des Vorhabens war es, dass nicht der schwer zu erfassende Wert der Oberflächenfeuchte an der Wand direkt gemessen wird, sondern die Raumlufffeuchte und die zugehörige Raumtemperatur. Bei Kenntnis der Wandtemperatur kann dann durch geeignete Rechenmethoden auf die Taupunkttemperatur, bzw. auf die der Wandtemperatur entsprechende Feuchte geschlossen werden. Der Verlauf der Feuchte an der Wand sollte über einen Zeitraum von mindestens einem Monat aufgezeichnet werden können. Bei Überschreitung eines kritischen Wertes wird dieser Zustand zusätzlich durch ein Signal gemeldet oder das Gerät steuert optional eine Maßnahme zur Schadensvorbeugung. Einsatzbereiche sind nicht nur sanierte und unsanierte Altbauten, selbst bei Neubauten treten häufig lokal feuchte Flecken an Wänden auf. Das Vorhaben sollte zur Entwicklung eines Laborgerätes führen, mit dem erste Praxismessungen durchgeführt werden können.

# 2 Ermittlung des Bedarfs und der potentiellen Nutzer

Zur Ermittlung des Bedarfs und der für das Gerät nötigen Anforderungen wurden die potentiellen Nutzer des zu entwickelnden Gerätes bestimmt.

Zur Abschätzung des Bedarfs wurde die Alterstruktur des Wohnungsbestandes ermittelt. 27,9 % der Wohnungen in Deutschland stammen aus der Zeit bis 1948, 61 % entstanden zwischen 1949 und 1990 und jede neunte Wohnung wurde 1991 und später gebaut. Im Osten lag der Anteil der bis 1948 gebauten Wohnungen bei 42,6 %, während es im Westen nur knapp ein Viertel war. Insgesamt sind die Gebäude – und damit die Wohnungen – im Osten erheblich älter als im Westen. Dies ist im Wesentlichen auf die geringere Neubautätigkeit in der ehemaligen DDR zurückzuführen. In den Jahren zwischen 1949 und 1990 wurden in den alten Bundesländern über 65 % aller Wohnungen gebaut, in den neuen etwa 44 %.

Dies zeigt, dass der Großteil der Wohnungen in Deutschland vor 1990 gebaut wurde. Ausreichende Wärmedämm-Maßnahmen und das Augenmerk auf Wärmebrücken wurden in dieser Zeit erst nach und nach in den Gebäudebau einbezogen. Aufgrund dieser Altersstruktur ist das Potential für Taupunktüberschreitung an den Innenwänden und der Bedarf an ein Feuchtwarngerät entsprechend hoch.

Grundsätzlich lassen sich fünf Gruppen unterscheiden, die einen Nutzen aus dem zu entwickelnden Gerät ziehen könnten (vgl. Bild 1).

- Dienstleister, die das Gerät als Arbeitsmittel für Beratungs-/Dienstleistungen nutzen (Architekten, Bauingenieure, usw.)

- Besitzer (Eigennutzer/Mieter), die eigenständig ihr Wohnraumklima regeln oder verbessern möchten
- Eigentümer aber nicht Besitzer, d.h. Vermieter, die entweder Mietminderungsklagen vermeiden wollen, bzw. die Rechtmäßigkeit einer Mietminderung überprüfen wollen.
- Versicherungen, die das Haftungs-/Schadensrisiko verringern wollen, das durch Schimmelbefall eintreten kann
- Baustoffhandel/Bauprodukthersteller, die durch den Taupunktensor Folgeprodukte absetzen können

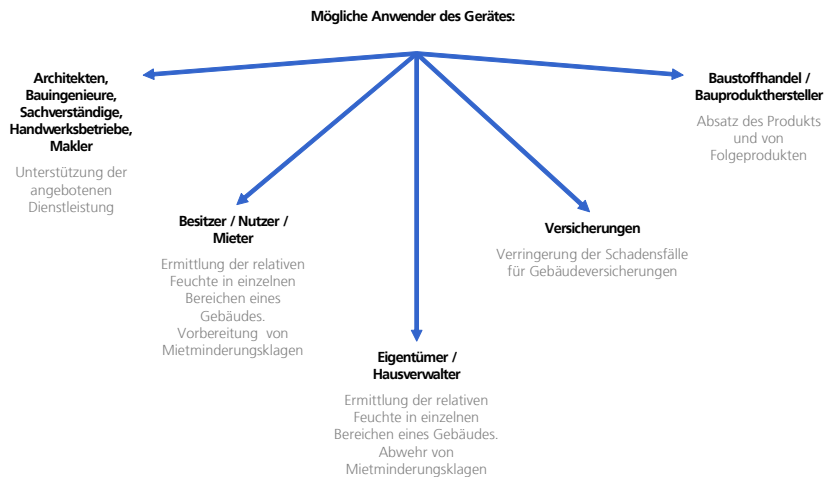


Bild 1: Potentielle Anwender des Feuchtwarngeräts (Quelle: CalCon).

## 3 Entwicklung des Feuchtwarngeräts

### 3.1 Messungen zur Verifizierung des Messprinzips

Inwieweit die Theorie des vorgesehenen Messprinzips in die Praxis umgesetzt werden kann, sollten prinzipielle Untersuchungen in einem Klimaraum des IBP zeigen. Dazu wurden Luftfeuchte und Temperatur im Klimaraum eingestellt und an einer gekühlten Hilfswand mit niedrigerer Oberflächentemperatur die Tauwasserbildung erfasst und die dazugehörige Oberflächentemperatur gemessen. Die Hilfswand bestand aus einem Spiegel zur Sichtbarmachung der Tauwasserbildung, der an der Vorderseite eines Peltier-Elements angebracht war. Die bei der Abkühlung des Spiegels erzeugte Wärme an der Rückseite des Peltier-Elements wurde zur Erhöhung des Wirkungsgrades an einen mit Wasser gefüllten Behälter abgegeben. Bild 2 zeigt die Bestandteile des Versuchsaufbaus.

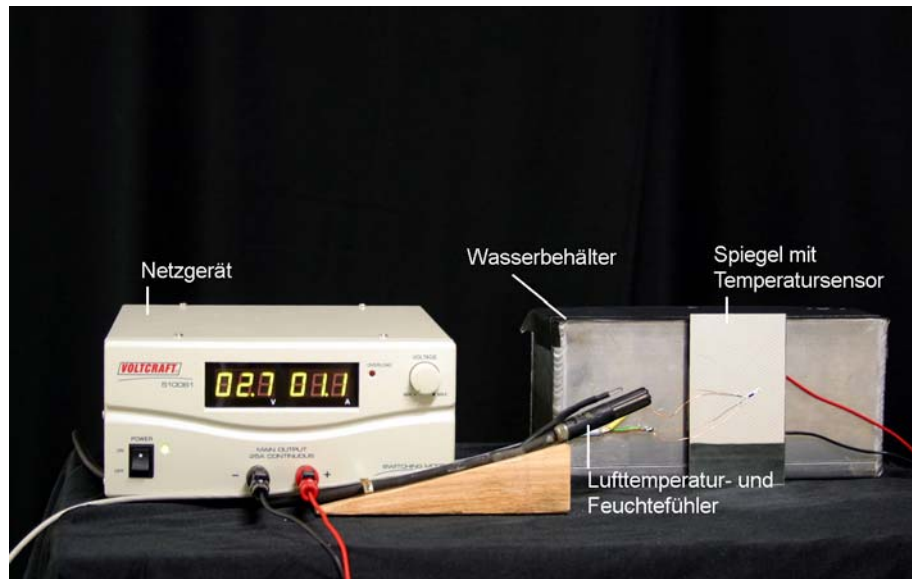


Bild 2: Komponenten des Versuchsaufbaus. Das Peltier-Element ist hinter dem Spiegel angebracht.

Der bei der Abkühlung der Hilfswand auf dem Spiegel erreichte Temperaturverlauf ist in Bild 3 dargestellt.

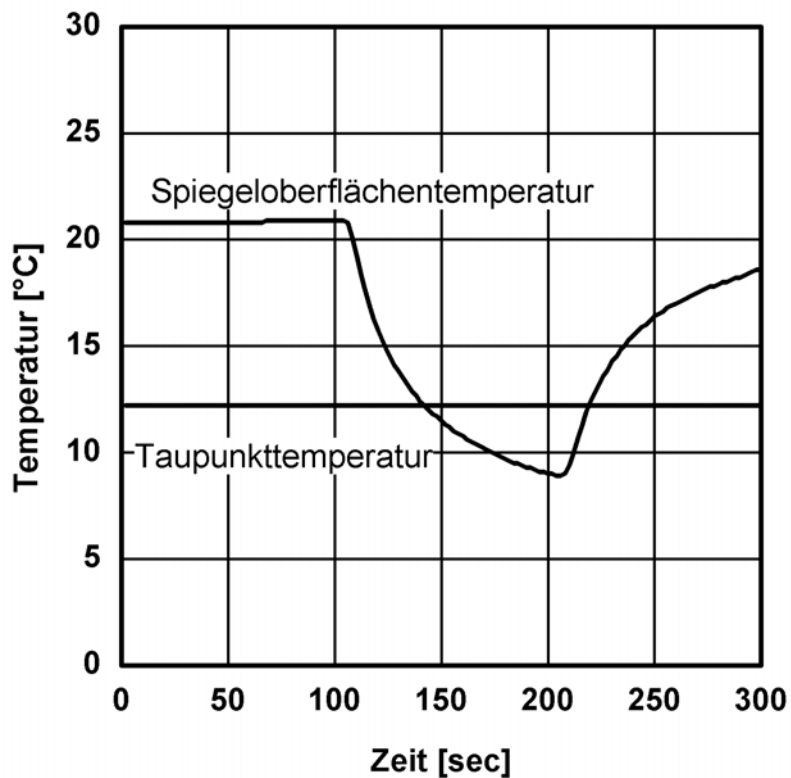


Bild 3: Verlauf der Spiegeloberflächentemperatur durch Abkühlung mit einem Peltier-Element. Taupunkttemperatur 12,2 °C bei 50 % rel. Feuchte im Raum und 23 °C Lufttemperatur.

Wird der Taupunkt in Abhängigkeit der Raumlufffeuchte und Temperatur an der kältesten Stelle der Spiegeloberfläche erreicht, bildet sich Kondensat aus (Bild 4).

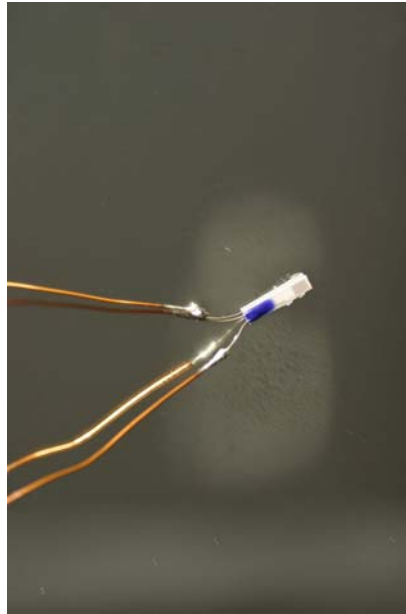


Bild 4: Fotografische Aufnahme im Moment der Tauwasserbildung an der Spiegeloberfläche um den Ort des Temperatursensors.

Zum Zeitpunkt der Kondensation wird die Temperatur der Oberfläche gemessen und mit der aus der Berechnung vorhergesagten verglichen. Die gefundenen Ergebnisse sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Vergleich der gemessenen und berechneten Taupunkttemperaturen bei verschiedenen Raumsituationen.

Raumlufftemperatur [°C]	Raumlufffeuchte [%]	Lufttemperatur am Spiegel [°C]	Taupunkt gemessen [°C]	Taupunkt berechnet [°C]
23,9	72,9	23,9	18,2	18,9
23,1	50,5	23,1	12,2	12,2
24,2	20,0	24,2	1,4	-0,2

Die Berechnung der rel. Feuchte an der Wand erfolgte nach DIN EN ISO 13788 (2001) für Temperaturen über 0°C nach Gleichung (1):

$$\varphi_{Wand} = \frac{610,5 \cdot e^{\frac{17,26 \cdot \theta_{Raum}}{237,3 + \theta_{Raum}}}}{610,5 \cdot e^{\frac{17,26 \cdot \theta_{Wand}}{237,3 + \theta_{Wand}}}} \cdot \varphi_{Raum} \quad (1)$$

mit

$\varphi_{Wand}$  = relative Feuchte an der Wand [%]

$\varphi_{Raum}$  = relative Feuchte im Raum [%]

$\theta_{Raum}$  = Raumtemperatur [°C]

$\theta_{Wand}$  = Wandtemperatur [°C]

Wie die Ergebnisse zeigen, unterscheiden sich die gemessenen und berechneten Temperaturen ca. um 1 K. Die Ungenauigkeiten zwischen gemessenem und berechnetem Taupunkt sind im Wesentlichen auf die Sensortoleranzen und die zeitliche Bestimmung des Auftretens der ersten Tauwasserbildung zurückzuführen. Welche Genauigkeiten der für das zu entwickelnde Gerät verwendeten Temperatur- und Feuchtefühler erforderlich sind, zeigt eine Fehlerabschätzung für die Feuchte an der Wand im nächsten Abschnitt.

### 3.2 Einfluss von Ungenauigkeiten von Temperatur- und Luftfeuchtemessungen auf die Feuchtemessung an der Wand

Zur Ermittlung der erforderlichen Genauigkeit von Raumtemperatursensor, Wandtemperatursensor und Feuchtefühler wurde vorab eine Fehlerabschätzung durchgeführt. Dazu wurden mittels der Gleichung zur Berechnung der relativen Feuchte an der Wand (nach DIN EN ISO 13788) die Einflüsse von Ungenauigkeiten der Temperaturfühler und des Feuchtefühlers auf das Ergebnis der Wandfeuchte ermittelt.

Ausgehend von Gleichung (1) in Absatz 3.1 und Bildung der Differentialquotienten nach den zu erfassenden Größen Lufttemperatur, Wandtemperatur und Luftfeuchte im Raum lässt sich der Einfluss der Fehler der drei Größen auf die Wandfeuchte bestimmen. Der Differentialquotient für eine Größe ist hierbei nicht konstant, sondern hängt von den Werten der jeweils beiden anderen Größen ab. Die Berechnungen zeigten, dass der Fehler für die Wandfeuchte nicht linear mit den Fehlern der einzelnen Sensoren zusammenhängt, sondern mit der Differenz der Luft- und Wandtemperatur zunimmt.

Bei in Räumen üblichen Werten der genannten Größen führt z.B. ein Fehler der Messung der Raumlufffeuchte um 1 % rel. Feuchte im ungünstigsten berechneten Fall mit einer Raumtemperatur von 30 °C und einer Wandtemperatur von 15 °C zu einem Fehler der relativen Feuchte an der Wand um ca. 2,5 % rel. Feuchte, unabhängig vom Wert der Raumlufffeuchte. Sind Luft- und Wandtemperaturen gleich, ist der Fehler der Feuchte an der Wand dem Fehler der Raumlufffeuchte gleichzusetzen. Für die Fehler der Wand- und Lufttemperatursensoren zeigte die Berechnung für beide Temperaturen einen ähnlichen Einfluss auf das Ergebnis der Feuchte an der Wand. Bei den o.g. Randbedingungen und einer Raumlufffeuchte von 80 % r.F. liefert z.B. eine Ungenauigkeit von 0,5 °C bei den Temperaturmessungen einen Fehler der Feuchte an der Wand von ca. 6 % rel. Feuchte. Für das Erreichen einer Genauigkeit von 5 % rel. Feuchte an der Wand sollte somit die Genauigkeit der Temperaturmessung im Bereich von 0,1 K liegen und der Fehler der Luftfeuchtemessung im Raum geringer als 5 % r.F. sein.

### 3.3 Entwicklung des Geräte-Konzepts

Bei der Erörterung des Gerätekonzepts für das hier zu entwickelnde Laborgerät wurden eine Reihe von Anforderungen definiert. Damit das Gerät weiterentwicklungsfähig ist werden optionale Anforderungen für eine zukünftige Ausgestaltung mit angeführt. Das zu entwickelnde Gerät soll eine Hilfestellung zum problemgerechten Lüften von Innenräumen bereitstellen, indem bei Überschreitung von kritischen Feuchte/Temperaturwerten eine Warnung ausgegeben wird. Daraus ergaben sich die folgenden Anforderungen:

- Das Gerät soll aus einem Hauptgerät mit interner Messung von rel. Feuchte und Raumtemperatur bestehen und einem entfernten Sensor zur Messung der Wandtemperaturen, optional mit drei Wandtemperatursensoren.
- Das Gerät wird vorzugsweise in Raummitte aufgestellt, der Fühler wird an kritischen (kalten) Stellen der Wand befestigt.
- Das Gerät enthält eine Möglichkeit zur internen Datenspeicherung.
- Bei interner Datenspeicherung soll die Dauer der Speicherung mindestens vier Wochen betragen. Für das Laborgerät ist die Möglichkeit einer direkten Datenspeicherung auf der Festplatte auf einem PC vorgesehen.
- Für den Betrieb an einem Laptop ist eine Infrarotschnittstelle zur Datenübertragung vorzusehen.
- Die Datenübertragung vom Wandsensor zum Hauptgerät erfolgt per Kabel, optional per Funk.
- Die Spannungsversorgung erfolgt über Batterien oder ein Netzteil.
- Die Überschreitung des Grenzwertes der rel. Feuchte an der Wand kann akustisch und/oder mit einer Leuchtdiode erfolgen.
- Der Grenzwert ist mit 80 % r.F. fest eingestellt
- Das Gerät erhält einen Steuerausgang zur Ansteuerung externer Maßnahmen, wie z.B. Einschalten eines Entfeuchters. Möglichkeiten hierzu sind ein potentialfreier Relaisausgang oder ein Spannungssignal.
- Gewährleistung der gegenseitigen Störsicherheit und zu anderen Geräten
- Reichweite ausreichend für eine größere Wohnung (Sensoren in verschiedenen Räumen) bei Funkübertragung
- Geringster Kalibrieraufwand



Nach Fertigstellung des Gerätes und in Gebäuden durchgeführten Messungen ergaben sich zu Projektende noch folgende Anforderungen:

- Anbindung eines PC's über eine serielle Schnittstelle anstelle nur Infrarot
- Akustische und optische Alarmsignale abstellbar
- Relaischaltvorgänge zur Geräuschminderung deaktivierbar
- Einstellung einer Hysterese bei Alarmsignalen, besonders wichtig für Schaltausgang, Größe abhängig von angeschlossener Maßnahme (Entfeuchter, Lüftung usw.)

### 3.4 Eigenschaften des fertiggestellten Feuchtwarngeräts

Ausgehend von den Erfordernissen der Konzept- und den Genauigkeitsvorgaben wurde ein Labormuster des Feuchtwarngeräts gefertigt. Dieses Gerät erlaubt durch Messung der Raumlufttemperatur und Raumluftfeuchte am Aufstellungsort sowie der Messung der Wandtemperatur an der zu beobachtenden Stelle über ein Kabel die Bestimmung der entsprechend relativen Luftfeuchte an der Wand. Im Display angezeigt werden die gemessene Raumlufttemperatur, Raumluftfeuchte und Wandtemperatur, sowie die berechnete rel. Feuchte an der Wand. Bei Überschreiten von 80 % rel. Feuchte an der Wand wird ein optischer Alarm ausgelöst. Zusätzlich kann über einen Relaisausgang ein Gerät (zur Verringerung der Feuchtesituation) geschaltet werden. Die gemessenen Daten werden alle 5 Minuten intern abgespeichert, der verwendete Ringpufferspeicher erlaubt eine Messdauer von 41,6 Tagen. Alternativ können die Daten unmittelbar mit einem Zeittakt von 10 Sekunden an einen PC übergeben werden. Bild 5 und Bild 6 zeigen eine Ansicht des Feuchtwarngeräts und der Elektronikplatine.



Bild 5: Ansicht des Feuchtwarngeräts.



Bild 6: Ansicht der Platine (Photo GW-elektronik).

Die Spannungsversorgung erfolgt entweder über 3 AA-Zellen oder über ein Netzteil. Die Nominalspannung beträgt 4.5V, der Stromverbrauch im Wachmodus ca. 30mA, im Sparmodus (ohne Displayanzeige) ca. 3mA. Im Betrieb mit einem PC werden die Zeit und alle vier Messgrößen alle 10 Sekunden auf der Festplatte des PC's abgespeichert, zusätzlich alle 5 Minuten die rel. Wandfeuchte im Ringpufferspeicher des Taupunktwarners.

Im stand-alone-Betrieb wird nur die rel. Wandfeuchte im Ringpuffer (first-in-first-out Prinzip) abgespeichert. Zur Speicherminimierung erfolgt hier die Speicherung ohne Zeitstempel. Dieser wird erst beim Auslesen mit dem PC über dessen Systemzeit hinzugefügt. Dazu werden vom Ringspeicher die Daten in umgekehrter Reihenfolge ausgelesen (last-in-first-out). Dem neuesten Wert wird von der Auslesesoftware die Systemzeit hinzugefügt und für die anderen Werte die Zeit im 5-Minuten-Abstand zurückgerechnet. Auf diese Art können mit dem vorhandenen Speicher 120000 Messwerte entsprechend 41,6 Tage verwaltet werden. Voraussetzung hierfür ist, dass das Gerät im Dauerbetrieb arbeitete. Ein vorübergehendes Ausschalten des Geräts wird durch eine Null im Datenstrom angezeigt. Am Ende der Übertragung erscheint ein Dialog, der die Vergabe eines Dateinamens ermöglicht. Die entstandene Datei ist Excel-kompatibel.

### 3.5 Überprüfung des Feuchtwarngeräts

Die Funktionsweise des fertiggestellten Feuchtwarngeräts wurde in einem Klimaraum des Instituts überprüft. Dazu wurde der Wandtemperatursensor des Feuchtwarngeräts bei einer Raumlufttemperatur von 23 °C und einer Luftfeuchte von 50 % r.F. an einer kühlbaren Wand des Klimaraumes befestigt. Zusätzlich erfolgte mit einem unabhängigen Temperaturmessgerät eine weitere Messung der Wandtemperatur. Eine Berechnung über Gleichung (1) lieferte aus den vorgegebenen Werten eine rel. Wandfeuchte von 80 % bei einer Wandtemperatur von 14,3 °C. Während der Abkühlung der Wandoberfläche wurde der Moment vermerkt bei dem das Feuchtwarngerät 80 % rel. Wandfeuchte anzeigte. Die zugehörige Wandtemperatur lieferte bei den beiden voneinander unabhängigen Temperaturmessungen 14,3 °C, wie auch die Berechnung ergab. Bild 7 zeigt den mit dem Feuchtwarngerät erhaltenen Verlauf von Wandtemperatur und Wandfeuchte.

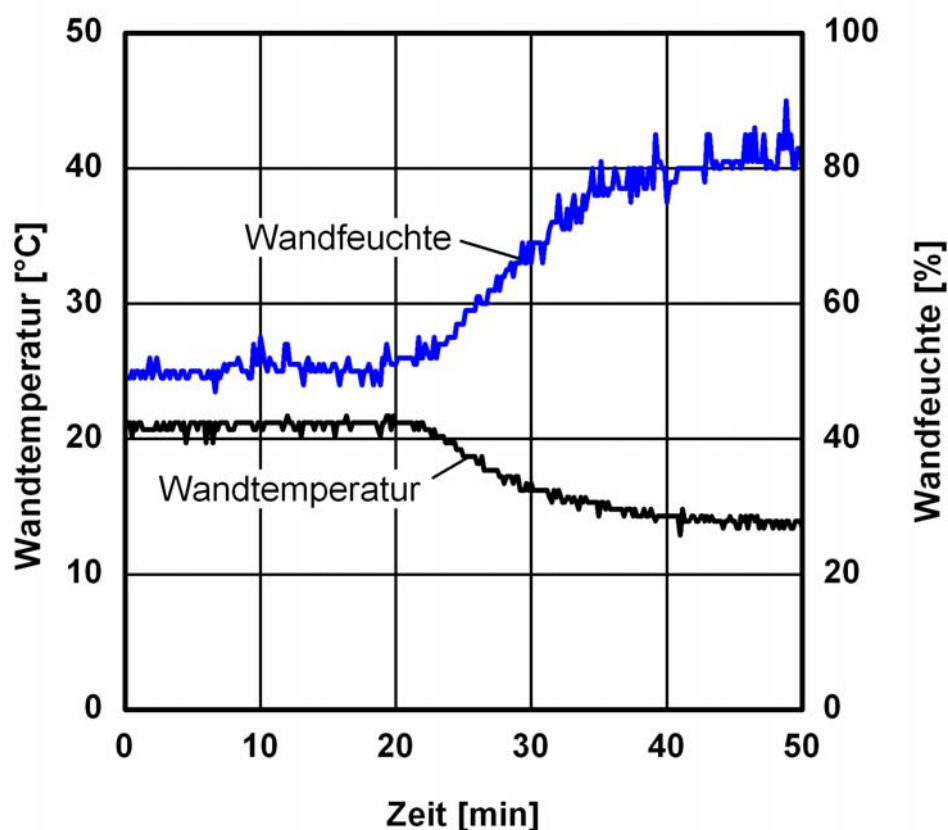


Bild 7: Mit dem Feuchtwarngerät ermittelter Verlauf von Wandtemperatur und rel. Wandfeuchte bei Abkühlung einer Wand des Klimaraumes.

## 4 Anwendung in Gebäuden

Zur Anwendung des Feuchtwarngeräts wurden Messungen in Wohnräumen und in einem Kellerraum durchgeführt. Die Messungen in den Wohnräumen erfolgten im Winter, die Messungen im Keller im Hochsommer.

### 4.1 Messungen in Wohnräumen

#### 4.1.1 Feuchtigkeit an kalter Wand

Für eine typische Anwendung des Feuchtwarngeräts wurde ein Wohnraum mit Schimmelbildung an der Wand gewählt. Durch Verminderung des Luftaustauschs durch ein Regal mit Büchern kam es in einem Schlafzimmer in der Wandecke zu erhöhter Wandfeuchte mit Schimmelbildung. Als Abhilfemaßnahme wurde das Entfernen der Bücher aus der Ecke vorgeschlagen. Bild 8 und Bild 9 zeigen das Regal mit und ohne an der Wand stehenden Büchern und die dahinter entstandene Schimmelbildung.



Bild 8: Ansicht des Regals in der Südostecke des Schlafzimmers mit Luftaustausch verhindernden Büchern.



Bild 9: Ansicht der Wand hinter den Büchern mit Schimmelbildung.

Eine Messung über mehrere Tage mit Büchern und mit freier Wand lieferte die in Bild 10 dargestellten Ergebnisse. Die Daten zeigen, dass während der ca. 1,4 Tage Messzeit mit auf dem Regal stehenden Büchern über einen längeren Zeitraum ca. 80 % rel. Wandfeuchte auftrat, wobei einige Spitzenwerte deutlich darüber lagen. Im darauf folgenden Zeitraum mit freiliegender Wand blieben die Werte in der Regel unter dem Grenzwert von 80 % r.F. an der Wand. Durch die Verbesserungsmaßnahme „freie Wand“ erreichten nur wenige Spitzenwerte kurzzeitig den Grenzwert.

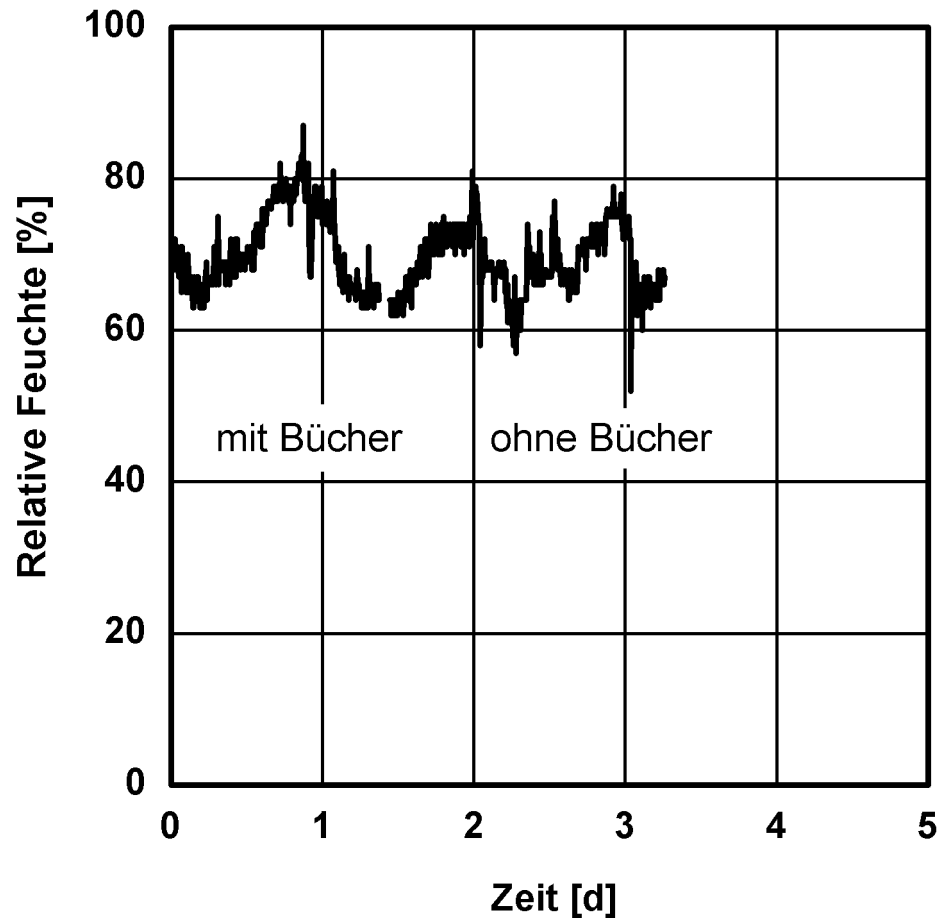


Bild 10: Zeitverlauf der relativen Feuchte an der Wand mit Büchern (linker Teil der Kurve bis ca. 1,4 Tagen) und ohne Bücher (rechter Teil der Kurve).

Wie Bild 10 zeigt, pendelte der Feuchtewert häufig um den 80 % Grenzwert. Besonders nachts wurde das dadurch ausgelöste Blinken der LED und das mit einem Geräusch verbundene häufige Umschalten des Relais von den Bewohnern als störend empfunden. Als Verbesserungsmaßnahme für das Gerät ist deshalb vorgesehen, die Alarmsignale optional abschaltbar zu gestalten.

#### 4.1.2 Schwitzwasser am Fenster

In einer anderen Anwendung wurde das Feuchtwarngerät in einem Kinderzimmer mit einem Dachfenster für einen Zeitraum von 8 Tagen eingesetzt. Im Kinderzimmer kam es am Dachfenster innen zu Schwitzwasserbildung, wobei der Holzrahmen bereits von Fäulnis angegriffen war (Bild 11). Wegen Schnee auf dem Dach konnte das Dachfenster nicht in Lüftungsstellung gebracht werden. Die Lüftung erfolgte über ein im Kinderzimmer zusätzlich vorhandenes Wandfenster.



Bild 11: Schwitzwasser und Fäulnisbildung an einem Dachfenster in einem Kinderzimmer.

Für die Messung wurde der Oberflächenfühler des Feuchtwarngeräts in der am meisten betroffenen unteren linken Ecke des Dachfensters am Glas befestigt. Als Abhilfemaßnahmen waren vorgesehen:

- Verstärktes Lüften
- Verstärktes Heizen
- Schließen der Zimmertür bei verstärkter Feuchteproduktion in der Wohnung (Duschen, Baden, etc.)

Die damit erzielten Ergebnisse sind in Bild 12 wiedergegeben.

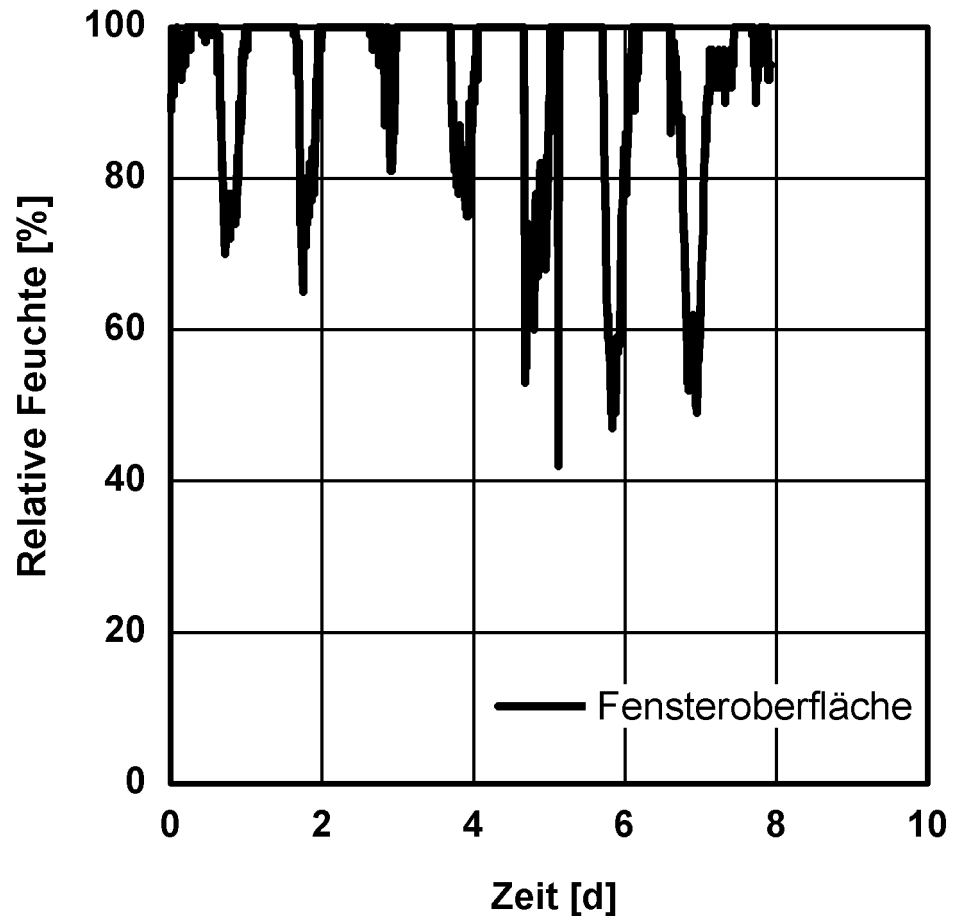


Bild 12: Feuchteverlauf an der inneren Glasoberfläche des Dachfensters.

Wie das Bild zeigt, lieferten die Verbesserungsmaßnahmen kurzfristig Feuchtigkeitswerte unterhalb des Taupunkts mit rel. Oberflächenfeuchten auch unter 80 %. Eine Bildung von Tauwasserbildung an der Scheibe konnte durch die durchgeführten Maßnahmen nicht gänzlich verhindert werden. Die Gründe hierfür waren, dass vermehrtes Lüften zu unangenehmer Kälte im Raum führte, stärkeres Heizen aber ebenfalls als nicht angenehm empfunden wurde. Zusätzlich konnte nicht gewährleistet werden, dass bei Feuchteproduktion in der Wohnung die Tür zum Kinderzimmer geschlossen blieb. Die besten Ergebnisse wurden erzielt bei leicht gekipptem Wandfenster und zusätzlicher Heizung. Aus energetischen Gründen wurde dieser Zustand jedoch nur gelegentlich erzeugt.

#### 4.2 Messungen in einem Kellerraum

Für den Einsatz bei sommerlichen Problemfällen wurde das Feuchtwarngerät in einem Keller eingesetzt und die rel. Feuchte an der Wand für 22 Tage erfasst. Zusätzlich wurde mit einem Thermohygrografen die Lufttemperatur und die rel. Luftfeuchte im Raum gemessen. Nach ca. 8 Tagen wurde ein Entfeuchter in Betrieb genommen. Die damit erzielten Resultate zeigen Bild 13 und Bild 14 für die Raumlufttemperatur sowie die rel. Luftfeuchten an der Wand und im Raum.



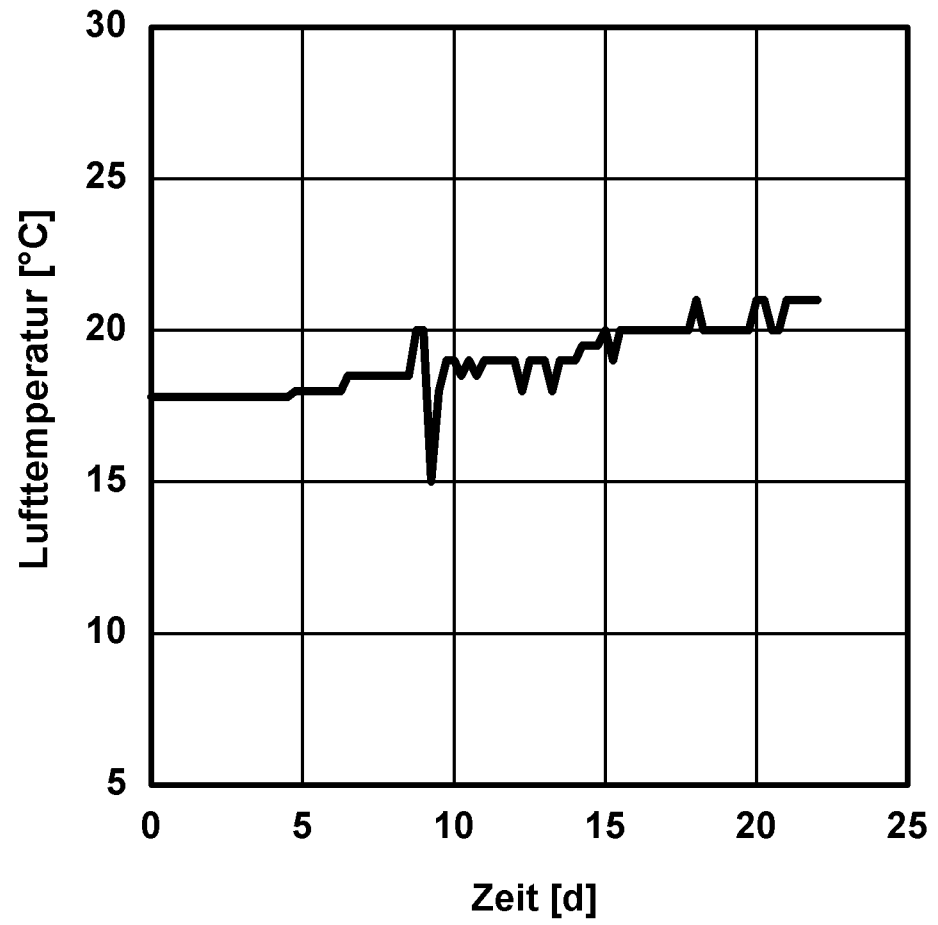


Bild 13: Verlauf der Lufttemperatur im Kellerraum während der Messperiode.

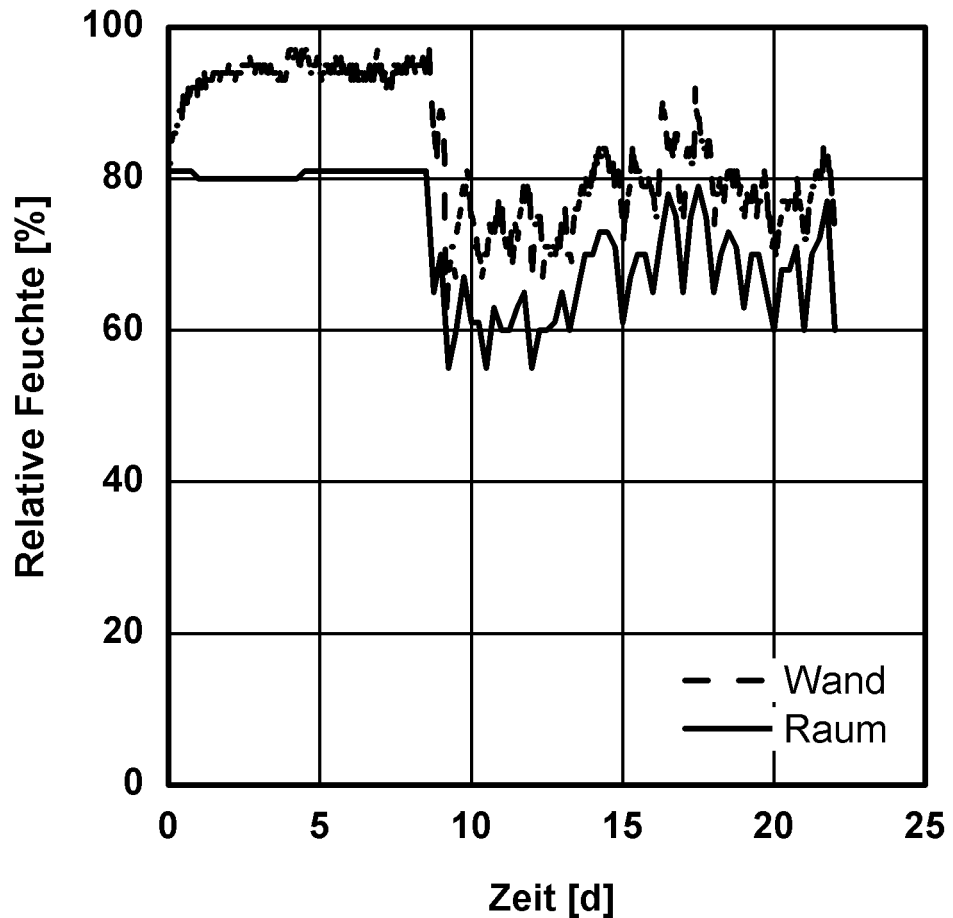


Bild 14: Verlauf der rel. Luftfeuchte im Kellerraum und an der Wand mit einschalten eines Entfeuchters nach ca. 8 Tagen.

Die mit dem Feuchtwarngerät für 22 Tage abgespeicherten Daten für die rel. Wandfeuchte zeigen, dass durch den Entfeuchter die Wandfeuchte von knapp 100 % auf 80 % und darunter abgesenkt werden konnte. Die Entfeuchtung reichte allerdings nicht aus, um gelegentliche Spitzenwerte über 80 % an der Wand auszuschließen. Die eigentliche Luftfeuchte im Raum blieb mit Entfeuchter unter 80 %.

Die ursprüngliche Absicht, den Entfeuchter mit dem Schaltausgang des Feuchtwarngeräts anzusteuern, wurde fallengelassen, da die Relaissteuerung bei Wandfeuchtwerten von 80 % r.F. den Entfeuchter ständig aus- und eingeschalten hätte. Neben der Beibehaltung der Grenzfeuchte wäre auch eine Beschädigung des Entfeuchters durch ständiges Ein- und Ausschalten nicht auszuschließen gewesen. Die Konsequenz daraus ist, dass bei einer Weiterentwicklung des Feuchtwarngeräts eine vom Nutzer je nach Anforderung einstellbare Hysterese für den Relaiskontakt vorzusehen wäre. Allerdings würde das Festlegen der Hysterese durch den Nutzer ein gewisses Verständnis der Feuchteproblematik je nach vorgesehener Maßnahme (Entfeuchter, Lüfter, Heizung, Fensteröffnungssystem u.a.) voraussetzen.

## 5 Zusammenfassung

Die vorgestellten Ergebnisse zeigen, dass zur Verminderung von Feuchteschäden und Schimmelbildung das hier entwickelte Gerät einen wertvollen Beitrag leisten kann. Besonders die interne Datenaufzeichnungsmöglichkeit erlaubt eine bessere Beurteilung der Feuchtesituation an der interessierenden Wandstelle über mehrere Wochen. Durch die Anzeige der Wandtemperatur im Display des Feuchtwarngeräts kann durch versuchsweise Anbringen des externen Sensors des Geräts die kälteste Wandstelle gefunden werden, bevor dieser für die Messung dauerhaft befestigt wird. Zusätzlich wird der Nutzer durch die eingebauten Alarmfunktionen rechtzeitig auf eine erhöhte Wandfeuchte und damit drohende Schimmelbildung aufmerksam gemacht, so dass er Abhilfemaßnahmen einleiten kann. Die im vorliegenden Gerät eingebaute Schaltfunktion bei 80 % rel. Wandfeuchte wäre noch durch eine einstellbare Hysterese zu ergänzen, damit das angeschlossene Gerät nicht unmittelbar nach Unterschreiten des Grenzwertes abschaltet.

Die hier gefundenen Ergebnisse bestätigen die Notwendigkeit der Erfassung der Wandfeuchte anstelle der Luftfeuchte im Raum, um Schimmelbildung mit größerer Sicherheit auszuschließen. Durch die vergleichsweise einfache Messung von Wandtemperatur und Temperatur und Feuchte im Raum wird mit dem Feuchtwarngerät und den darin genutzten Berechnungen die notwendige Messung der Wandfeuchte auf vergleichsweise einfache Art ermöglicht, ohne eine aufwändige Taupunkttemperaturmessung durchführen zu müssen.

## 6 Literatur

[1] DIN EN ISO 13788: Raumseitige Oberflächentemperatur zur Vermeidung kritischer Oberflächenfeuchte und Tauwasserbildung im Bauteilinneren. Berlin, Beuth Verlag, 2001

## 7 Förderung

Das Projekt wurde gefördert von

Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie - Innovationsberatungsstelle Südbayern -

Zuwendungsbescheid Nr. 07 03/686 60/1012/04/3374/05/3375/06 vom 30.6.2004

und den Industriepartnern

Fa. GW-elektronik, München  
und  
Fa. Calcon, München