

Fridbert Ackermann/Umweltnetzwerk Kirche Rhein-Mosel e.V. in Koblenz und

Christian Scholz/Erzbistum Köln

Welche (Luft-)Feuchte ist bei Klimamessungen in Kirchen zu betrachten:

Die relative oder die absolute Feuchte ?

Physikalische Grundlagen / Definitionen:

- 1) Die absolute Feuchte (abs.F.) gibt an, wie viel Gramm Wasser in einem m^3 Luft enthalten sind. Beispiel: abs. F. = $6,3 \text{ g/m}^3$
- 2) Die relative Feuchte (rel. F.) gibt an, wie viel % des maximal möglichen Wassergehaltes in einem betrachteten Luftkörper vorhanden ist.

Der maximal mögliche Wassergehalt in Luft ist stark von der Temperatur abhängig: z.B. beträgt er bei 0 Grad: $ca\ 4,8 \text{ g/m}^3$; bei 20 Grad: 17 g/m^3 . Dies ist der Grund für die starke Temperaturabhängigkeit der relativen Feuchte.

Beispiele: A) In einer Kirche ist die abs. Feuchte oben auf der Empore in etwa dieselbe wie unten im Chor. Die rel. Feuchte hingegen ist oben meist signifikant geringer als unten, wegen der meist höheren Temperaturen oben.

B) Beim Heizen einer Kirche sinkt gleichzeitig mit dem Temperaturanstieg die rel. Feuchte, da der theoretisch mögliche maximale Wassergehalt (100%-Wert) der Luft beim Erwärmen deutlich steigt. Normalerweise ! (Vgl. Abb. 1 und 2)

Abb. 1

Neuromanische Kirche (Rheintal), erb. 1903
 Nov. 2015 bis April 2016 - jede Stunde eine Messung

Beim wöchentlichen Hochheizen zum Gottesdienst von ca 9 auf 21 Grad sinkt erwartungsgemäß die rel. Feuchte um ca 15 bis 20 %-Punkte. Die abs. Feuchte steigt verzögert durch Desorption von Wasserdampf aus dem sich langsam erwärmenden Mauerwerk & Inventar um ca 2 bis 3 g/m³. **Dieses Feuchteverhalten ist der Normalfall und wird bei (nahezu) allen Kirchen beobachtet.**

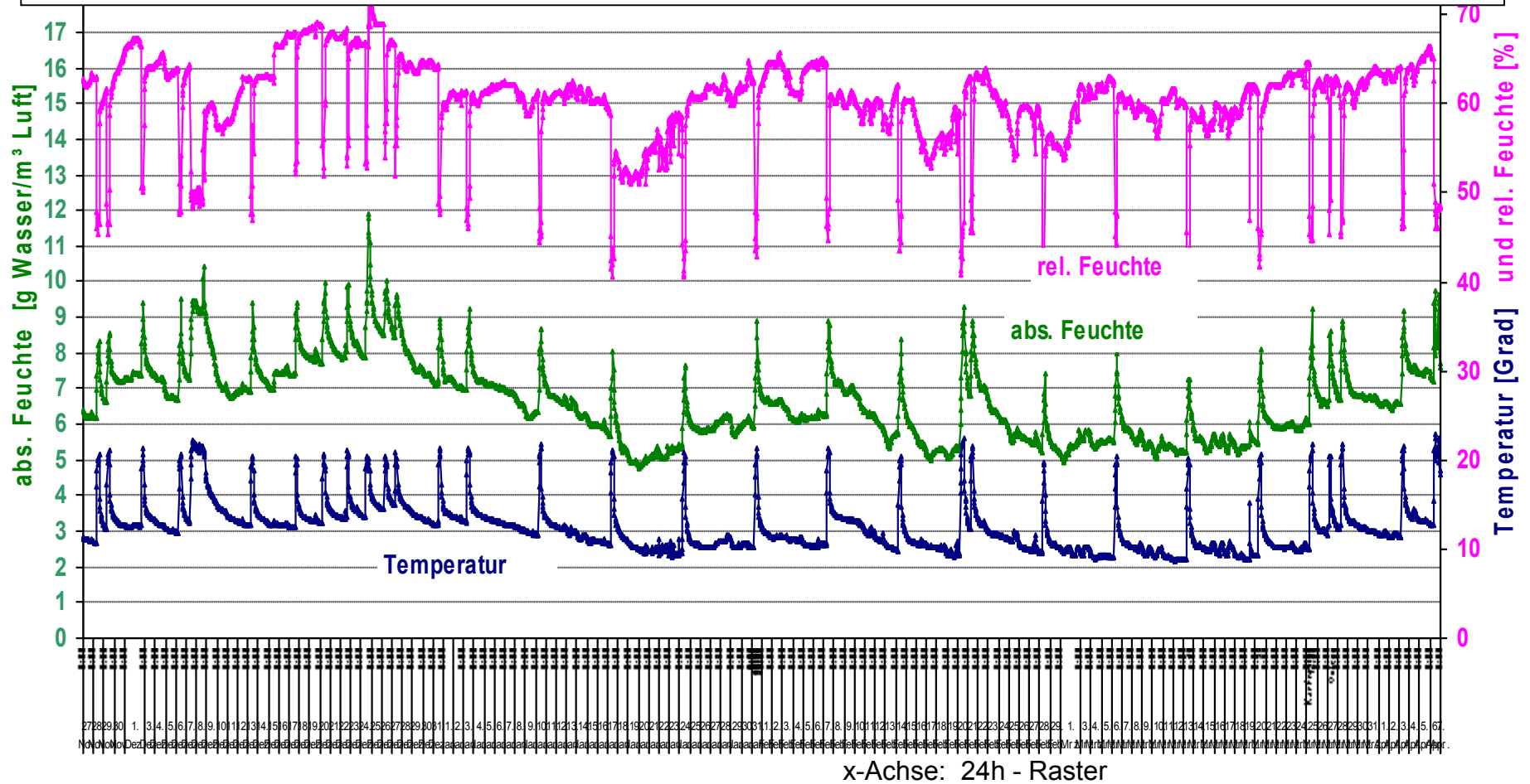
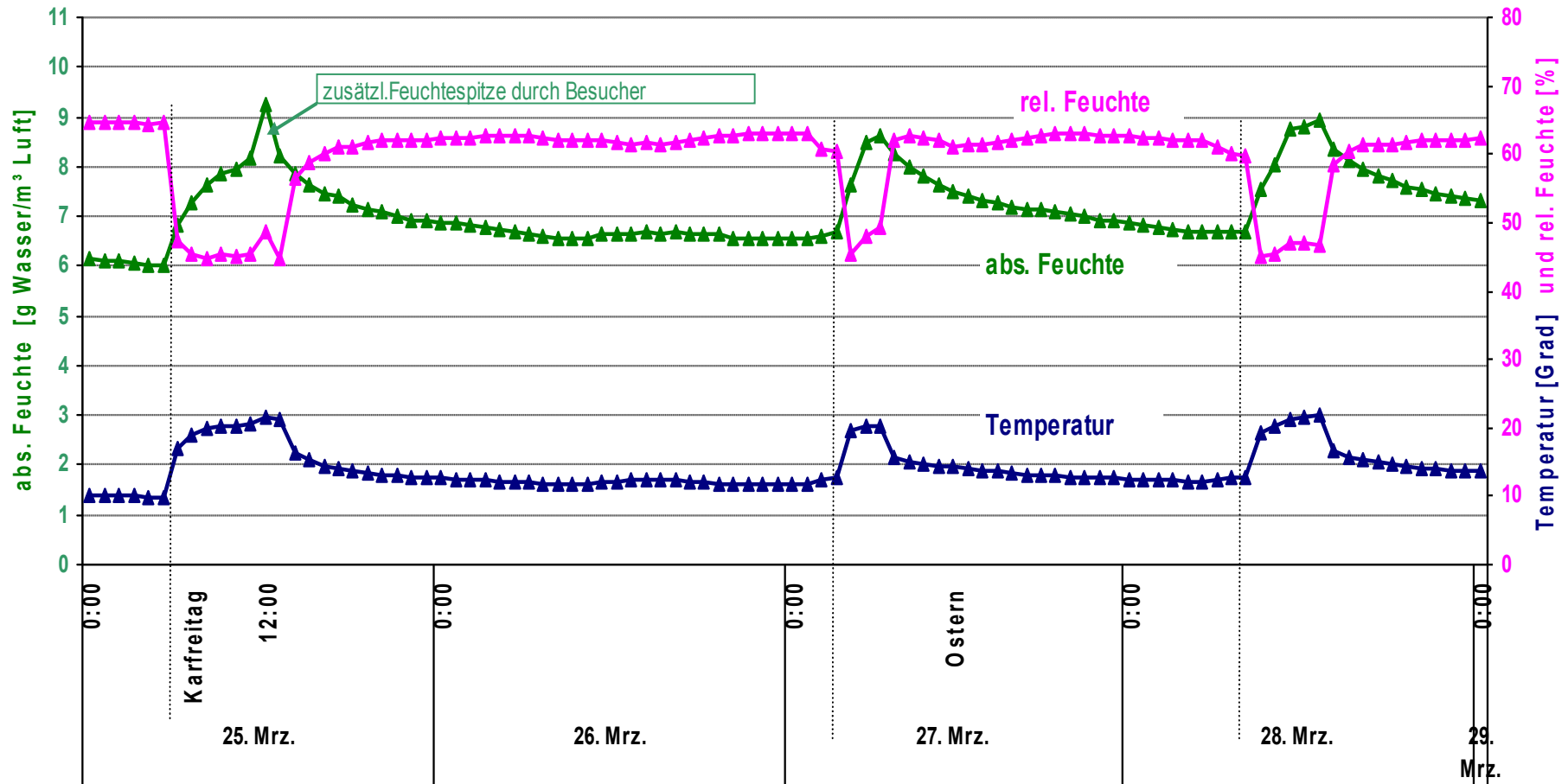


Abb. 2

Dieselbe neuromanischen Kirche in größerer zeitlicher Auflösung

Ostern 2016 - jede Stunde eine Messung



Beim Hochheizen von ca 10 auf 21 Grad sinkt erwartungsgemäß die rel. Feuchte um ca 15 ... 20 %-Punkte zeitgleich mit dem Temperaturanstieg. Die abs. Feuchte hingegen steigt um mehrere Stunden verzögert um ca 2 bis 3 g/m³ wegen der Desorption von Wasserdampf aus dem sich langsam erwärmenden Mauerwerk & Inventar. **Dieses Feuchteverhalten wird prinzipiell bei (nahezu) allen Kirchen beobachtet.**

Für die Schimmelbildung in Kirchen (z.B. in der Orgel) ist die relative Luftfeuchte im Zusammenspiel mit der Temperatur verantwortlich (Dissertation K.Sedlbauer, Univ. Stgt, 2001). Aus diesem Grunde wird zur Schimmelprophylaxe in Kirchen u.a. empfohlen, auch in warmen und feuchten Sommermonaten die Kirche zu heizen, um damit die relative Feuchte dauerhaft unter ca 75% zu senken (beachte: die abs. Feuchte steigt bei dieser Maßnahme !). Diese Empfehlung stößt bei den Verantwortlichen einer Kirchengemeinden wegen der Kosten verständlicherweise auf wenig Gegenliebe. Auch Mikrobiologen warnen vor dieser Maßnahme wegen der für eine Schimmelbildung günstigeren, höheren Temperaturen ('Tanz auf der Rasierklinge').

Für Trockenschäden/Trockenrisse z.B. an Orgelpfeifen und Kunstwerken aus Holz ist ebenfalls die relative Feuchte verantwortlich. Bei sehr kaltem und trockenem Winterwetter muss daher die Innentemperatur in einer Kirche abgesenkt werden, um die relative Feuchte möglichst über ca 40% zu halten.

Zur Steuerung einer witterungsgesteuerten Lüftungsanlage (WGL *) zur Schimmelprophylaxe in einer Kirche muss hingegen die absolute Luftfeuchte innerhalb der Kirche mit der absoluten Feuchte außerhalb verglichen werden (vgl. Abb. 3).

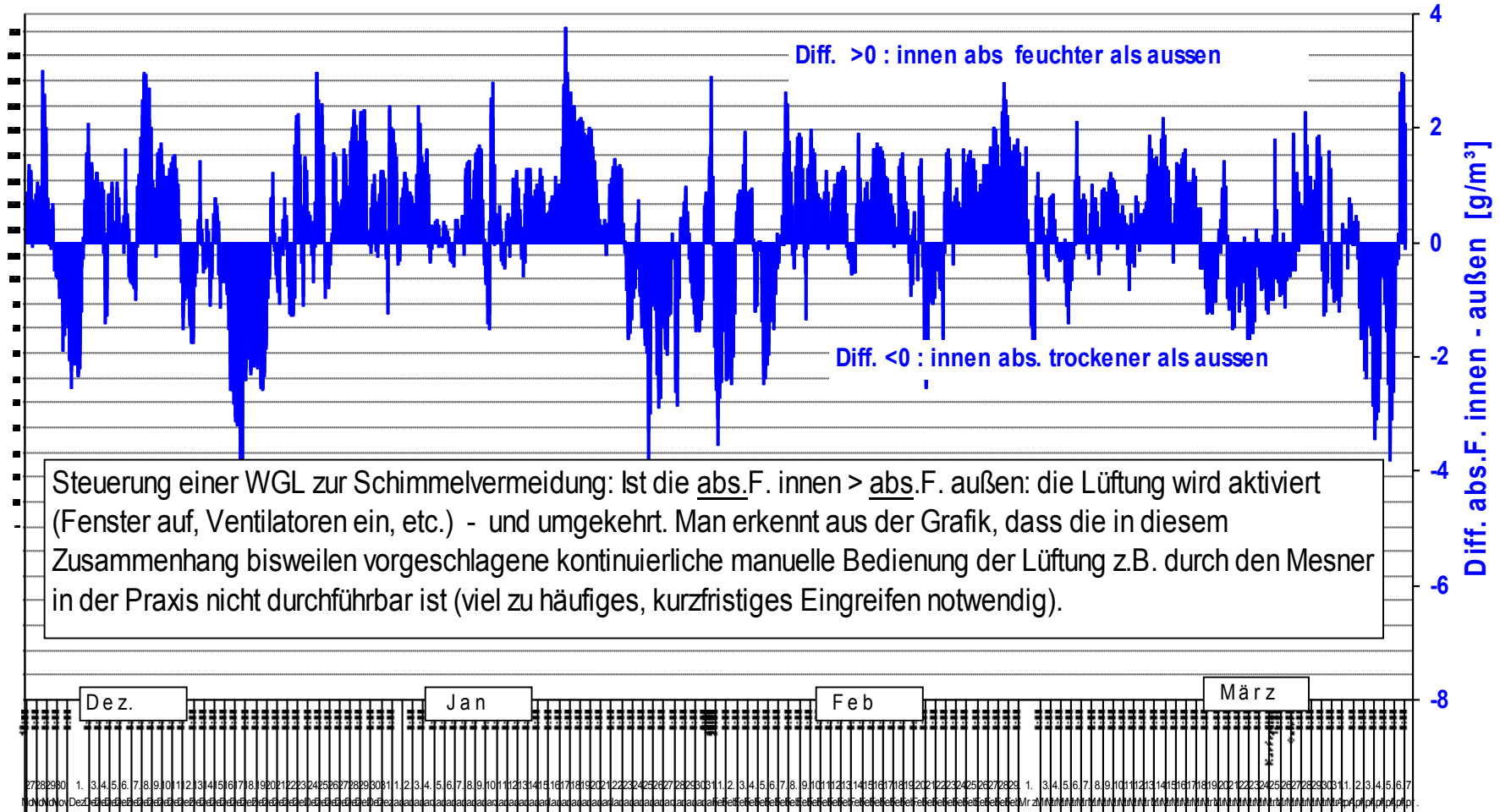
*) Zu den prinzipiellen Bedenken gegenüber der Wirksamkeit einer WGL zur Schimmelvermeidung in Kirchen vgl. *"Schimmelbildung in Orgeln - Hilft eine witterungsgesteuerte Lüftung wirklich?"* von F.Ackermann, unter www.umweltnetzwerkkircherheinmosel.de / Downloads

Abb. 3

Neuromanische Kirche im Rheintal, erb. 1903

Differenz der abs. Feuchte innen - außen

Messwerte stündlich 2015/16



x-Achse: 24h - Raster

Messgeräte für die Luft-Feuchte:

- 1) Sowohl der altertümliche, teure und relativ ungenaue Haar-Hygrograph (mit Papierwalze für Wochenmessungen bzw. das Haar-Hygrometer (für visuell beobachtbare mechanische Zeiger) als auch
- 2) die weit verbreiteten modernen elektronischen, sehr genauen und robusten Thermo-Hygrometer (Messprinzip: 'kapazitiver Polymersensor') bzw. die entsprechenden Datenlogger für Langzeitmessungen

messen die relative Luftfeuchte.

Ein ggfs. eingebauter Mikroprozessor kann daraus die abs. Feuchte, den Taupunkt u.a.m. mittels Näherungsformel berechnen und anzeigen.

Meist werden die Logger-Messdaten Temperatur und rel. Feuchten in EXCEL-Tabellen abgespeichert und können dann mittels einer sehr genauen Näherungsformel problemlos z.B. in abs. Feuchten umgerechnet werden.

Die Umrechnungsformel in EXCEL-Format ist bei den Verfassern kostenlos erhältlich (per Email).

Abb. 4

Ausnahmefall: Kirche mit starker Schimmelbildung & hohen Luftfeuchten beim Heizen

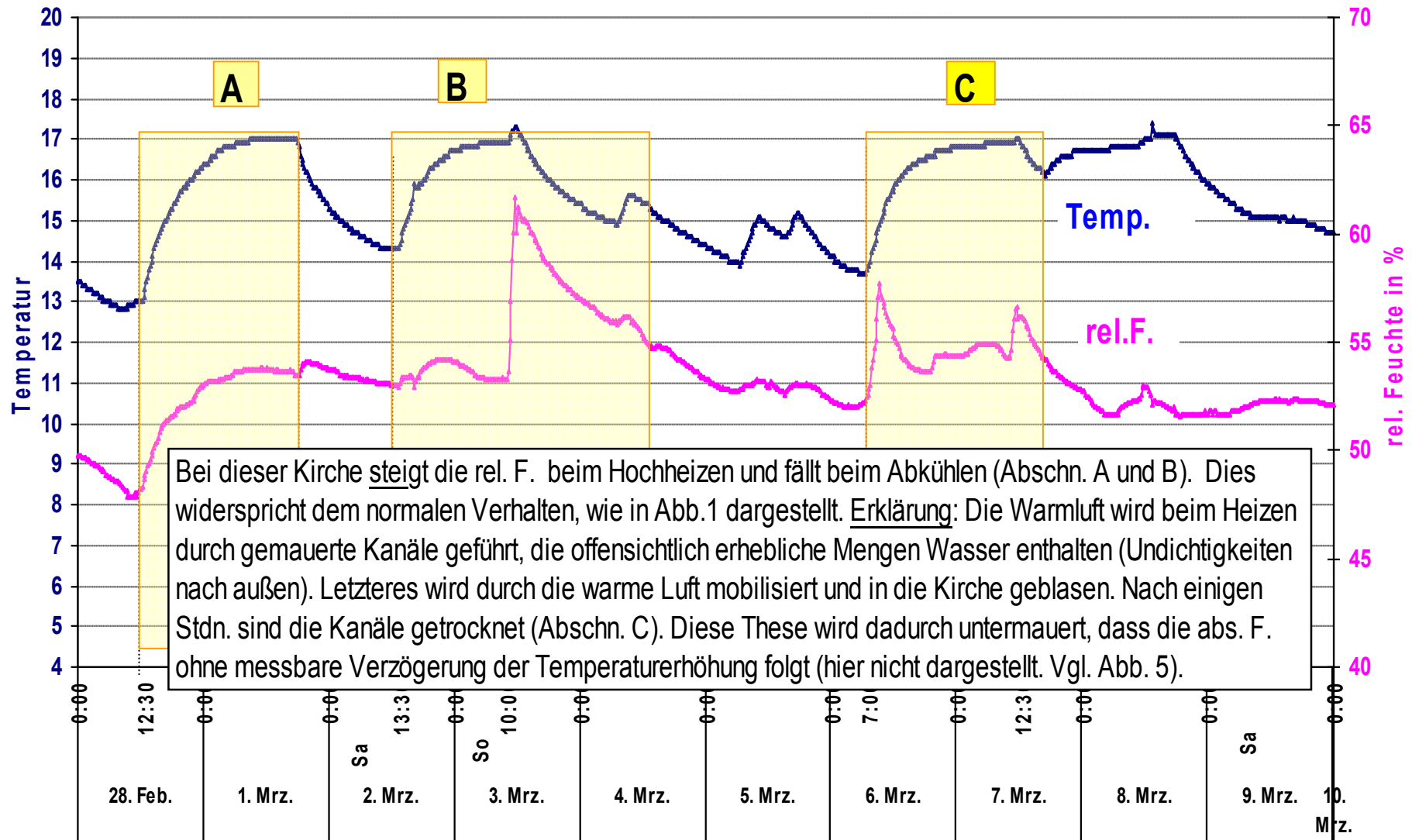
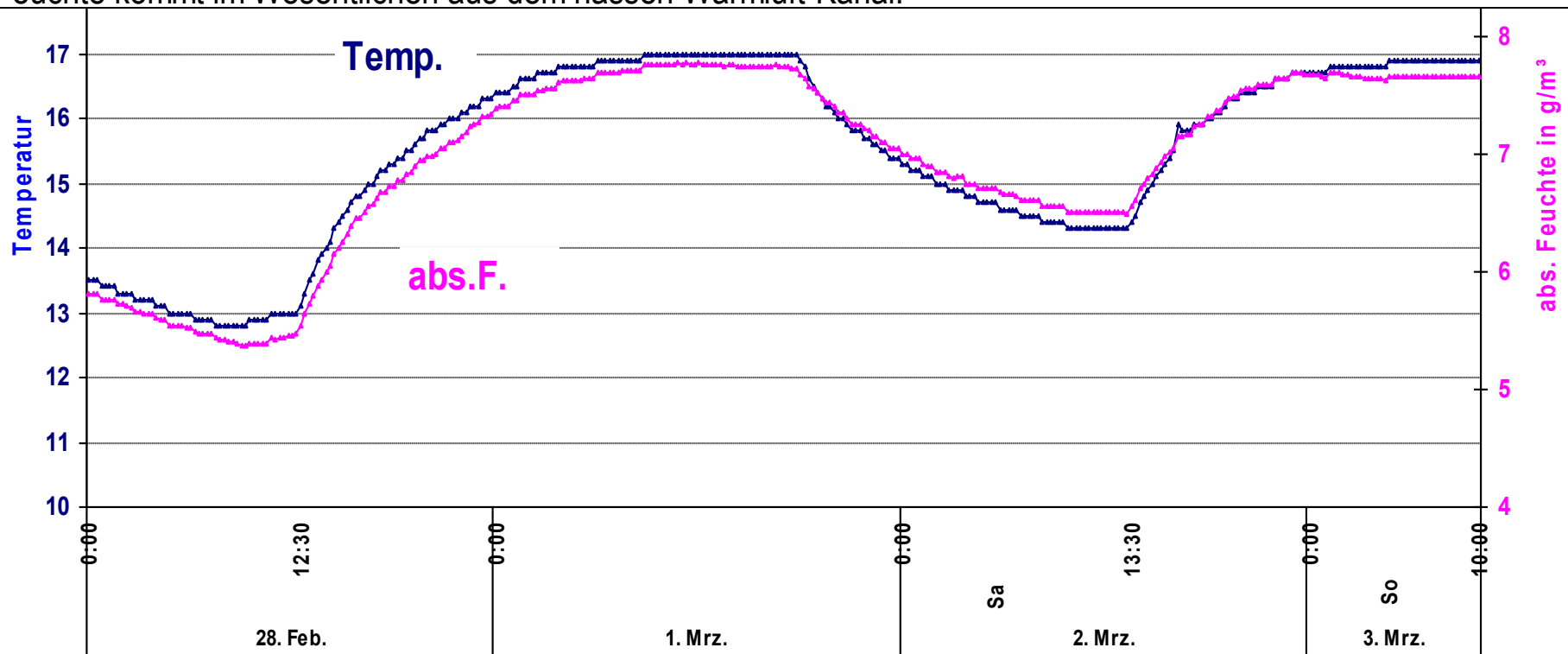


Abb. 5

Kirche mit starker Schimmelbelastung: absolute Feuchte und Temperatur

alle 15 min eine Messung

Die abs. Feuchte steigt/fällt ohne Verzögerung mit der Temperatur. In (fast) allen anderen Kirchen hingegen steigt/fällt die abs. F. um wenige Stunden verzögert gegenüber der Temperatur wegen der verzögerten Desorption/Adsorption der sich langsam erwärmenden/abkühlenden Wandoberflächen. Fazit: Die erhebliche Feuchte kommt im Wesentlichen aus dem nassen Warmluft-Kanal.



Fazit: Mittels Betrachtung der relativen und der abs. Feuchten konnte die Feuchtequelle für die starke Schimmelbildung in dieser Kirche auf die Heizungskanäle eingegrenzt werden.

E-Mail-Kontaktdaten der Verfasser:

Fridbert Ackermann: fridbert.ackermann@freenet.de

Christian Scholz: Christian.Scholz@Erzbistum-Koeln.de

Ausführliche Informationen zur Messtechnik und zur Messstrategie des Kirchenklimas mittels Datenloggern finden Sie unter www.umweltnetzwerkkircherheinmosel.de / *Downloads / Angebote*