

# Schimmel in Orgeln – Ursachen und Abhilfe

**Dr. Lothar Grün**

von der IHK Köln öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für  
Luftverunreinigungen und Schimmelpilze in Innenräumen

eco-LUFTQUALITÄT + RAUMKLIMA Messstelle, Beratungs- und Forschungsgesellschaft mbH,  
Köln

1. Gibt es ein vermehrtes Auftreten von Orgelschimmel in den letzten Jahren?
2. Welche Konsequenzen hat Orgelschimmel?
3. Wie lässt sich Orgelschimmel beseitigen?
4. Welche Ursachen gibt es für den Orgelschimmel?
5. Wie lässt sich die Entstehung von Orgelschimmel verhindern?

- Wissenschaftliche Untersuchungen und Statistiken sind nicht verfügbar.
- Die Anfragen von Kirchengemeinden bei Messinstituten und Sachverständigen zur hygienischen Bewertung oder Ursachenermittlung haben in den letzten 10 Jahren zugenommen.

# Schimmelpilze

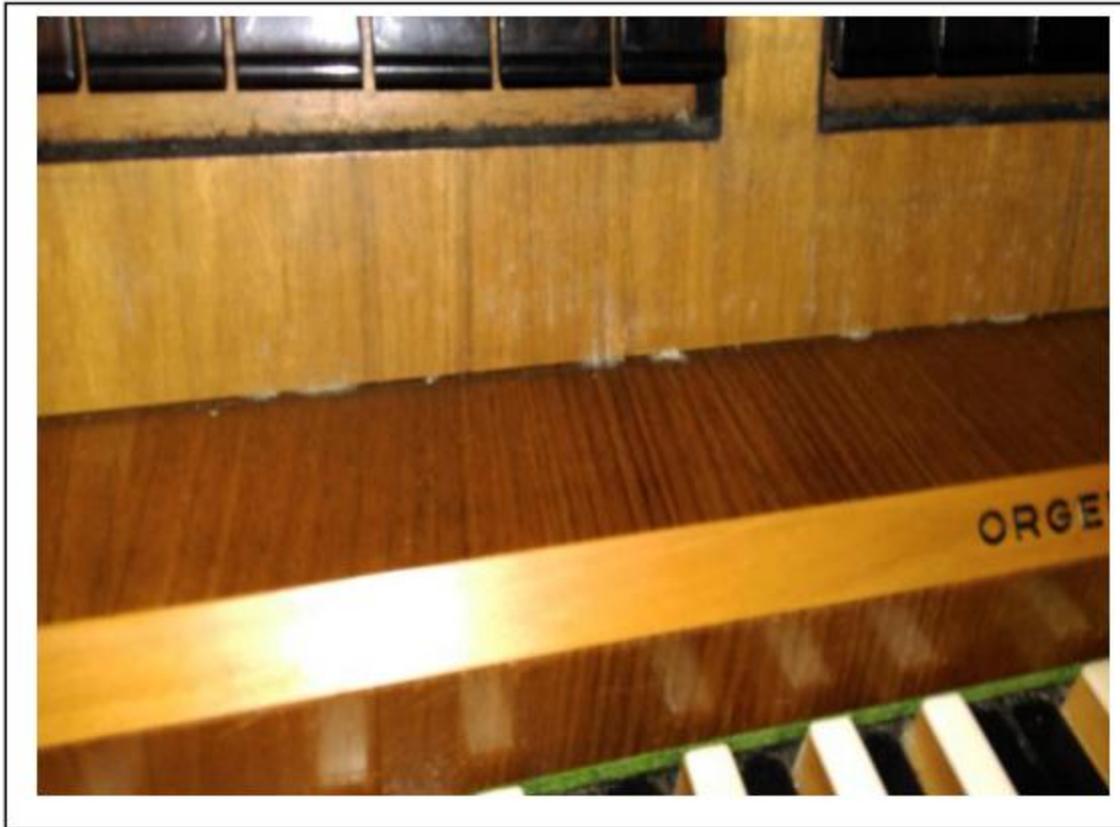
- Hohe Anpassungsfähigkeit an unterschiedliche Nährstoffquellen und Feuchteverhältnisse
- Bildung von fadenförmigen Myzelien (Hyphen)
- Hohe Wachstumsgeschwindigkeit bis zur Sporenbildung
- Bildung großer Sporenmengen
- Fortpflanzung überwiegend ungeschlechtlich über Konidiosporen
- Ausscheidung von Stoffwechselprodukten (MVOC, Mykotoxine)



# Welche Konsequenzen hat Orgelschimmel?



**Abb. 6: Schimmelpilzwachstum an der Orgel**



# Welche Konsequenzen hat Schimmelpilzwachstum in Kirchen?



Materialien:  
einzelne Bretter  
(Splintholzanteil)

# Welche Konsequenzen hat Schimmelpilzwachstum in Kirchen?



**Abb. 5: Schimmelpilzwachstum auf der Holzfaserplatte der Deckenverkleidung (Langhaus Westseite)**



- **Schäden an Bauteilen** (Orgel, Kunstwerke, Kirchenmöblierung, Bauteilen)
  - **Einfluss auf die Raumluftqualität**
    - Sporen werden in die Raumluft abgegeben und können eingeatmet werden
    - Stoffwechselprodukte werden freigesetzt (MVOC, Mykotoxine)
    - Personengruppen mit besonderem Risiko:
      - Schimmelpilzallergiker
      - Immungeschwächte Personen (z.B. nach Organtransplantation)
      - Menschen mit Cystischer Fibrose
- keine Richtwerte
- Handlung aus Gründen der gesundheitlichen Vorsorge (s. Schimmelpilzleitfaden 2002)

- **Flächen bis 0,5 m<sup>2</sup> können von Nicht-Fachleuten beseitigt werden** (Verfahrensweise s. Schimmelpilzsanierungs-Leitfaden 2005)
- **Bearbeitung größerer Flächen durch Fachunternehmen** (nicht gezielter Umgang mit biologischen Arbeitsstoffen nach BioStoffV)

Orgel/Kunstwerke: Orgelbauer, Restauratoren

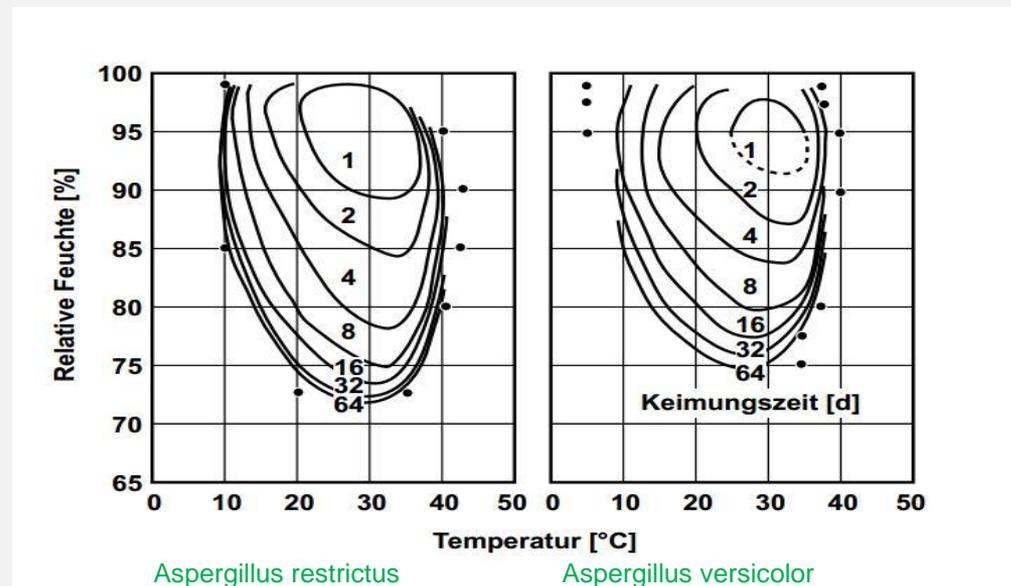
Reinigung Kircheneinrichtungen und Bauteile: Fachunternehmen  
Schadstoff- oder Schimmelpilzsanierung

1. Was brauchen Schimmelpilze zum Auskeimen und Wachsen?
2. Welche baulichen und klimatischen Verhältnisse fördern das Schimmelpilzwachstum?
3. Welche Rolle spielen die Baustoffe?

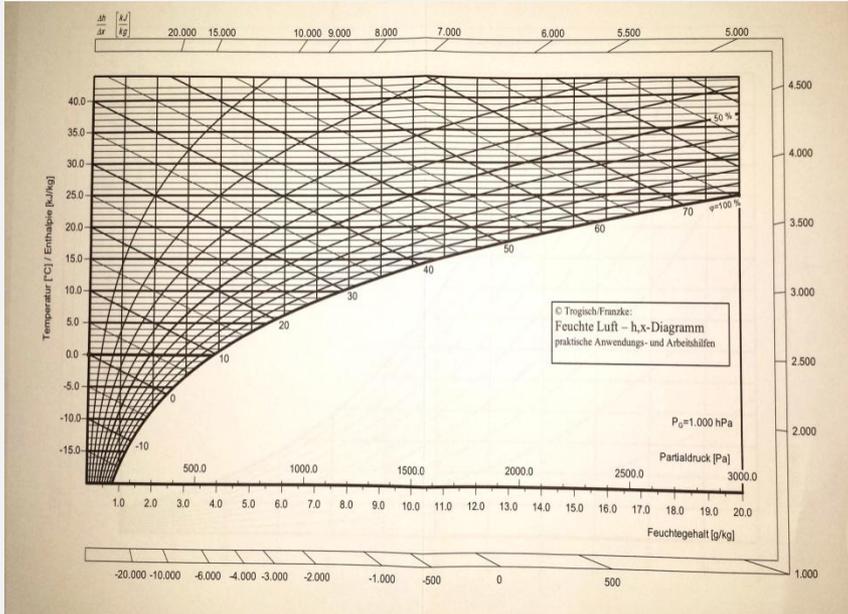
- **Organisches Material als Nährstoffquelle**  
(z.B. Papier, Pappe, Holz, Kunststoffe, Hausstaub)
- **Nässe oder Wasseraktivität  $a_w$  :> 0,7**  
(Ausgleichsfeuchte des Materials bei Luftfeuchte > 70 % r.F.)
- **Wachstumsförderliche Umgebungstemperaturen**  
(i.d.R. 0-45 °C)

Einfluss von Temperatur und rel. Feuchte  
auf das Keimungsverhalten von  
Schimmelpilzen  
(Isoplethensystem nach Smith)

Quelle: Smith entnommen aus Sedlbauer, Diss.  
Univ. Stuttgart 2001



## H,x-Diagramm



- **Merksatz:**  
Bei höherer Temperatur kann die Luft mehr Wasser aufnehmen
  
- Die rel. Luftfeuchte beschreibt den relativen Feuchtegehalt zu maximalen Feuchtegehalt bei der jeweiligen Lufttemperatur

## Wärmebrücken

Maßnahmen zur Vermeidung von Schimmelpilzwachstum am Wärmebrücken gemäß DIN 4108-2 (2003):

**Temperaturfaktor: > 0.7**

-5 °C Außentemperatur

Innenraumtemperatur: 20 °C  
rel. Feuchte: 50%

Oberflächentemperatur an  
der ungünstigsten Stelle:  
> 12,6 °C

Wasseraktivität unkritisch, kein Schimmelpilzwachstum

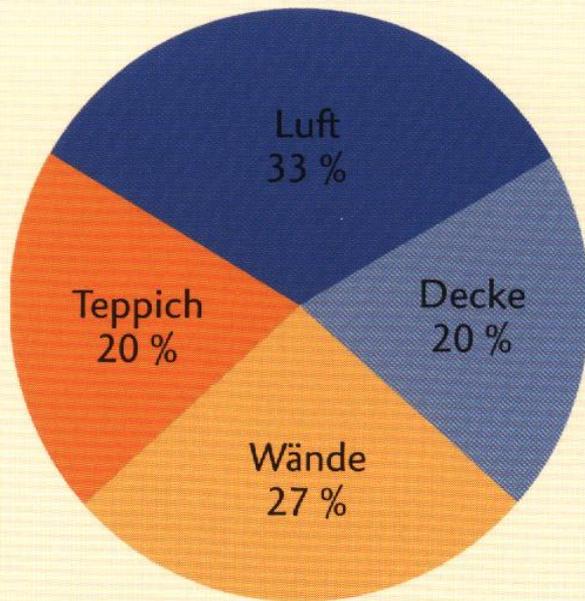


Bild 12: Aufteilung der Feuchte auf Raumluft und Oberflächenstoffe bei einem halbstündigen Kochvorgang (Schemadarstellung)

Quelle: Künzel: Richtig Heizen und Lüften in Wohnungen, Fraunhofer IRB-Verlag

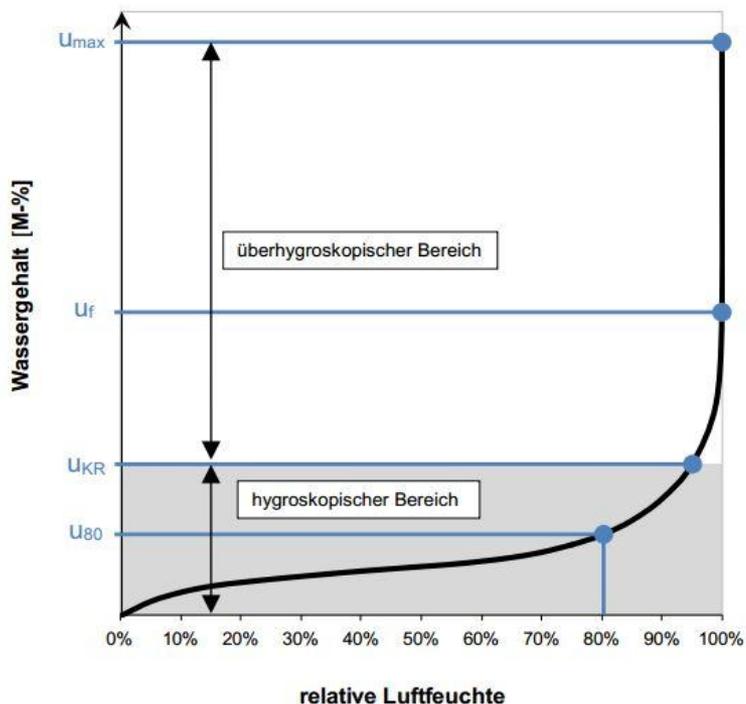
Beispiele	Feuchteabgabe (Richtwerte)
Mensch ruhend oder bei leichter Tätigkeit	30–60 g pro Stunde
Kochen (Elektroherd, Langzeitgericht)	600 g pro Vorgang
Geschirrspüler (Geschirr abgekühlt)	100 g pro Vorgang
Wäschetrocknen auf Ständer (4,5kg)	95 g pro Stunde
zehn mittelgroße Zimmerpflanzen	20 g pro Stunde

Fazit: Von Umgebungsflächen aufgenommene Feuchtigkeit wird nur langsam wieder abgegeben.

**Einmaliges kurzes Stoßlüften reicht nicht aus, um von Materialien sorbierte Feuchte fortzuleiten !**

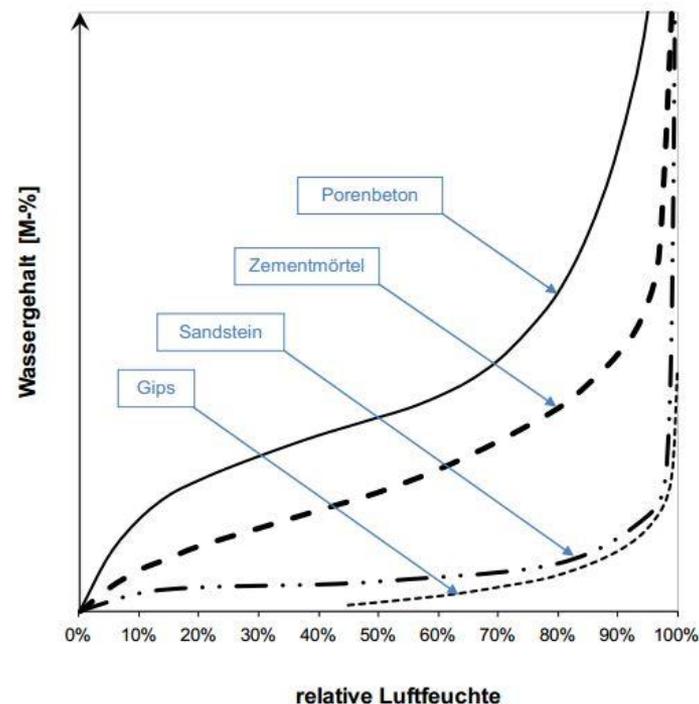
Anlage 1

Schematische Darstellung einer typischen Sorptionsisotherme eines mineralischen Baustoffs



Anlage 2

Schematische Darstellung von Sorptionsisothermen verschiedener mineralischer Baustoffgruppen



Quelle der Grafiken Anlage 1+2: WTA-Merkblatt 4-11-2016/D: Messung des Wassergehalts bzw. der Feuchte von mineralischen Baustoffen

<b>Nutzungsbedingte Feuchtelasten</b>	<b>Klimabedingte Feuchtaufnahme/ -abgabe der Bausubstanz*</b>	<b>Bauseitsbedingte Feuchteinträge</b>
Aufenthalt von Personen Putzen, feuchtes Wischen	Feuchtaufnahme im Sommer; Abgabe bei Heizbetrieb	Mangelhafter Feuchteschutz (Dach, Wände); aufsteigende Feuchte, Boden und Sockel der Wände
Personen: 30-35 g/h Pfützen, Feuchte Kleidung: 50-100 g/h Putzen: ca. 1 Liter/100 m <sup>2</sup>	Kalksandstein: 0,7-1 Liter/10 m <sup>2</sup> Vollziegel: 0,3-0,6 Liter/10 m <sup>2</sup> Holz:	?
<b>25-40 Liter/Monat</b>	<b>50-100 Liter/Monat</b>	<b>?</b>

\* Berechnet auf Basis der durchschnittlichen rel. Feuchte der Raumluft

**Abb. 9: Salzausblühungen an Oberflächen der Steinplatten am Boden der Kirche (Langhaus, Mittelgang)**

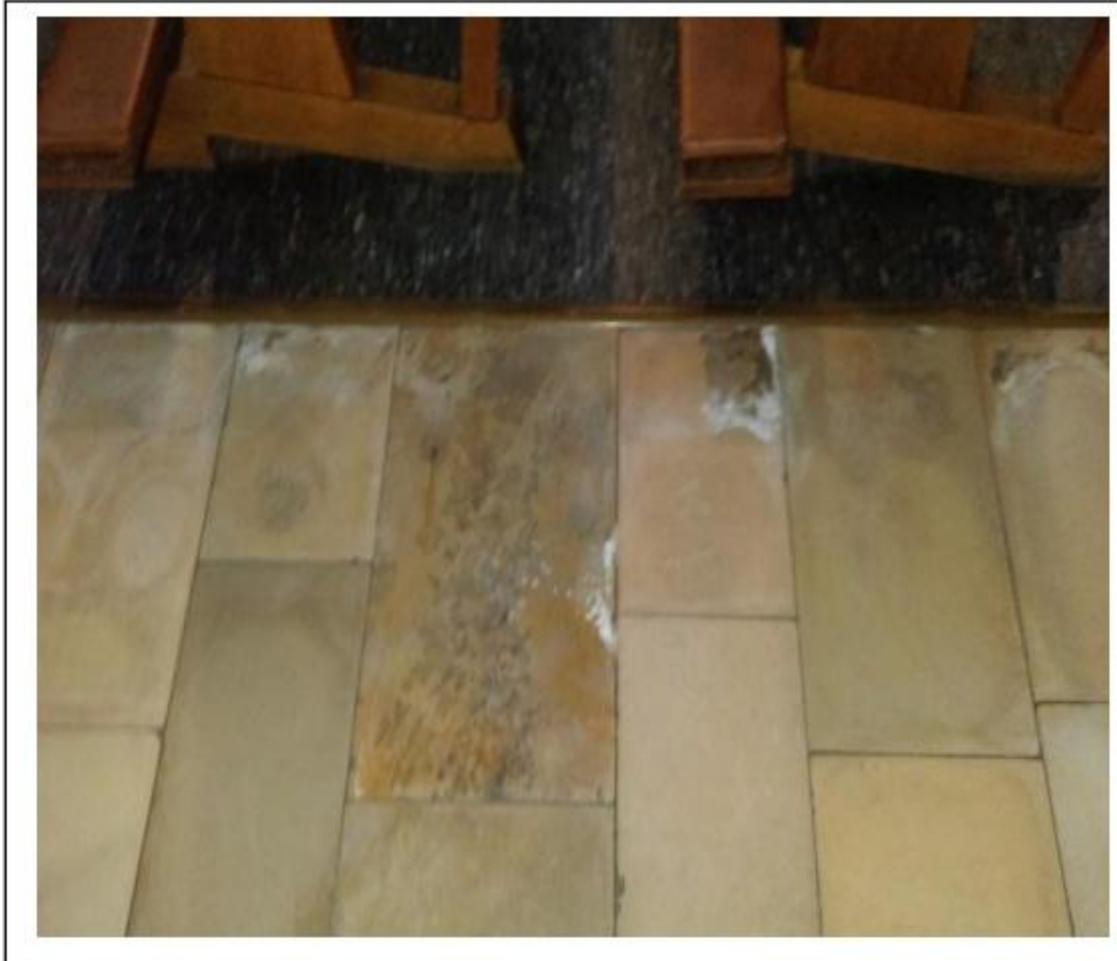
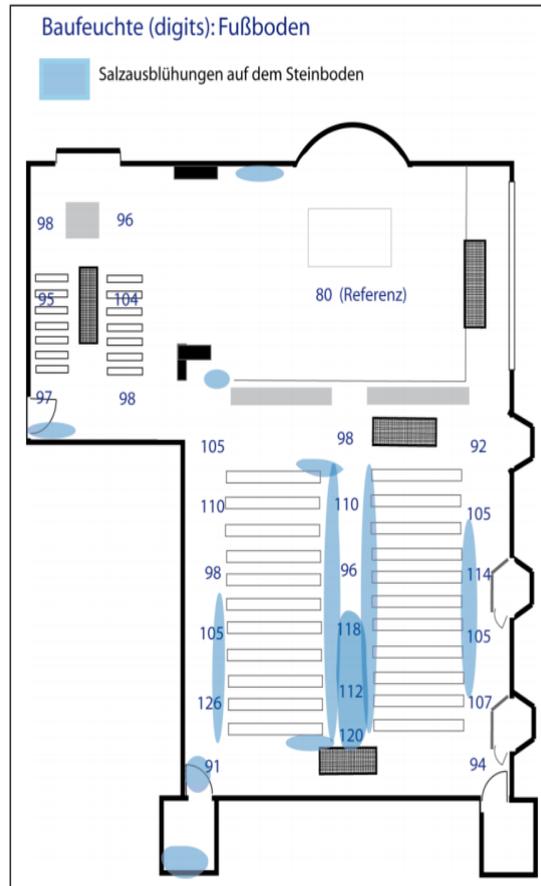
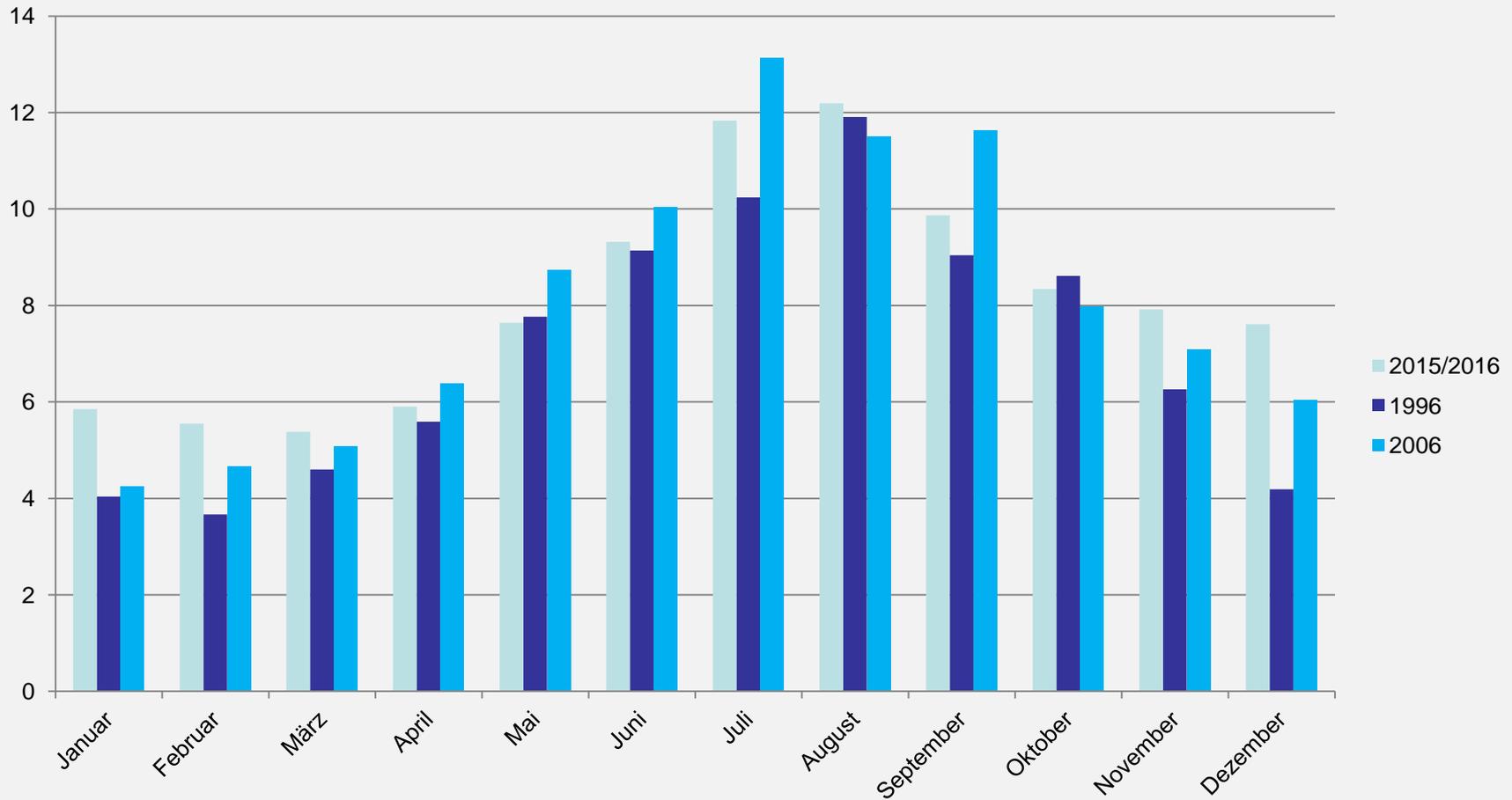


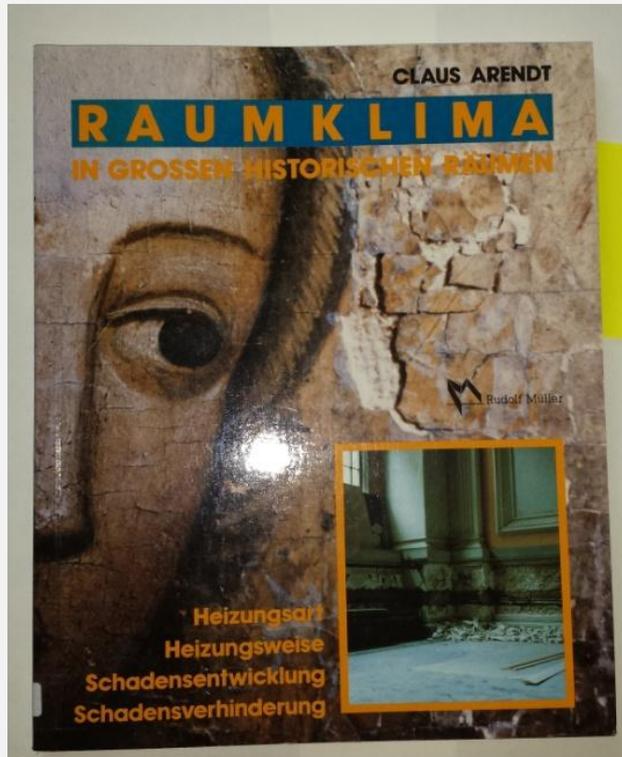
Abb. 8: Messwerte an Bodenflächen



Bauseitige Feuchteinträge können erfasst werden, aber die Feuchteabgabe in die Raumluft kann nur abgeschätzt werden.

# Witterungsbedingte Einflüsse - Absolute Feuchtegehalte in der Außenluft (Umgebung einer Kirche im Raum Köln)





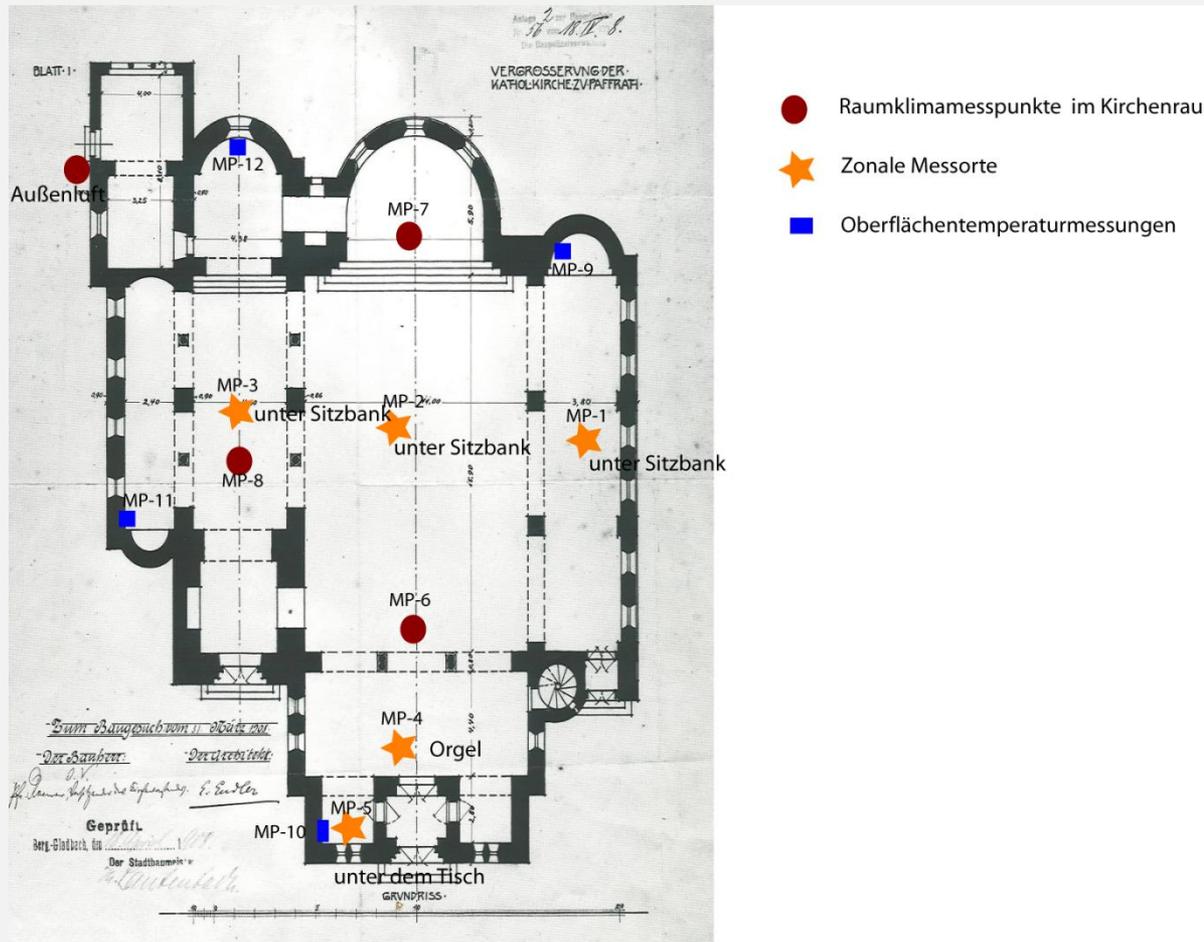
Eigene Messungen mit Tracer-Gas  
nach VDI 4300 Bl. 7:

0,05 -0,2 Luftwechsel/h  
(Grundlage ca. 15-20 Messungen)

0,3 bis 1,0 Luftwechsel /h

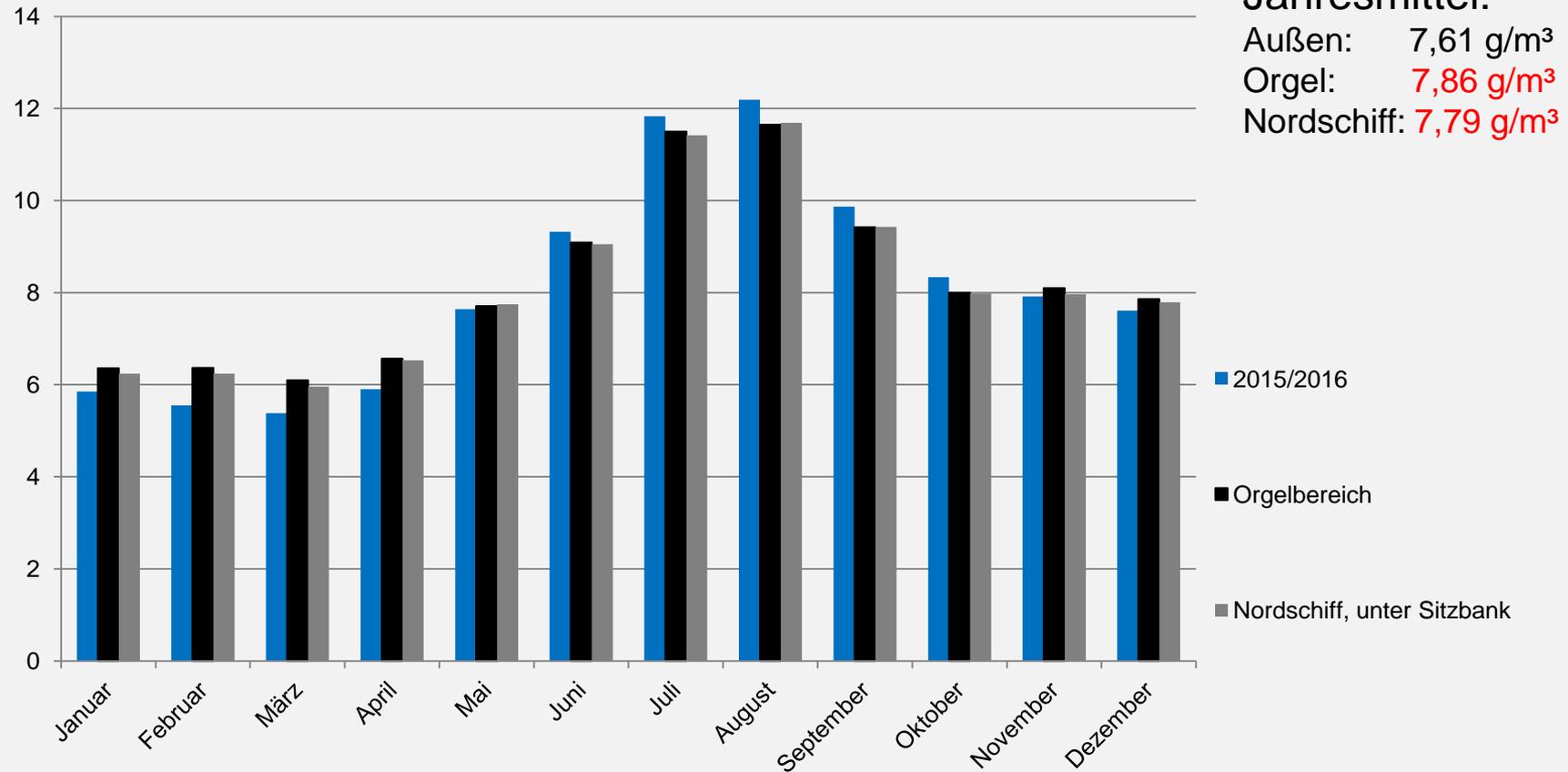
Quellenhinweis: Gossens, H.: Einflüsse des  
Groß- und Kleinklimas auf Kirchenorgeln und  
Kircheneinrichtungen. Firmenschrift der Fa.  
Theod. Mahr Söhne GmbH

# Beispiel für Langzeitmessung der Klimabedingungen in Zonen mit und ohne Schimmelpilzbefall

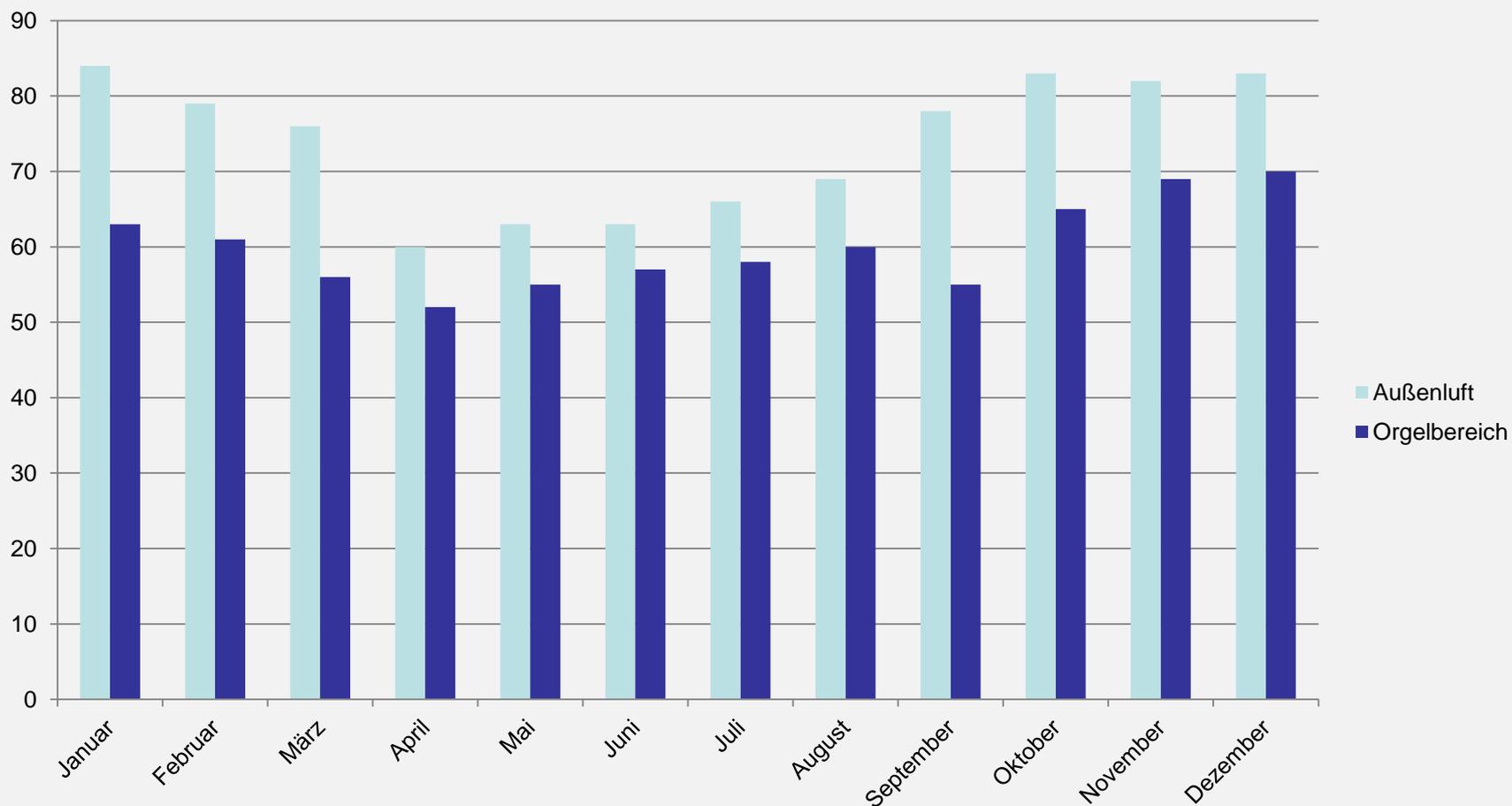


Datenaufnahme über 1 Jahr mit Funk-Datenloggern, die über Modem mit SIM-Karte wöchentlich ausgelesen wurden.

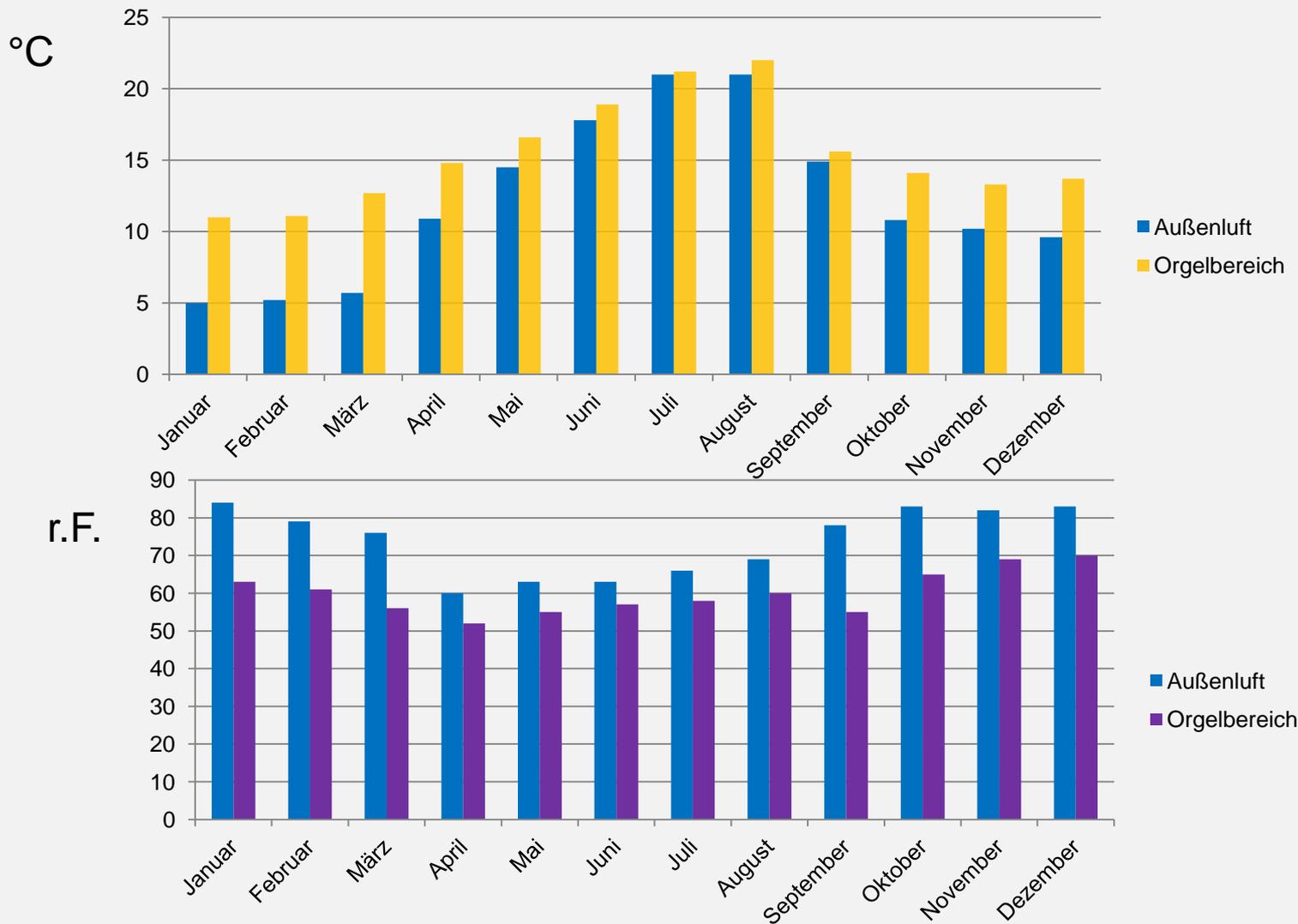
# Jahresverlauf absolute Feuchte Außen/Innen (Kirche im Raum Köln)



# Vergleich der rel. Luftfeuchte Innen/Außen (Kirche im Raum Köln)



# Temperatur- und Feuchteprofile Orgelbereich /Außenluft (Kirche im Raum Köln)



# Identifizierung kritischer Zonen (Kirche im Raum Köln)

Monate	Seitenschiff (Süd) unter Bank		Mittelschiff unter Bank		Seitenschiff (Nord) unter Bank		Orgel hinter Verkleidung		Gesprächs-raum unter Orgelempore		Mittelschiff vor Orgelempore		Chorbereich über Altar		Seitenschiff Nord (ca. 6 m Höhe)	
	MP 1		MP2		MP3		MP4		MP5		MP6		MP7		MP8	
	°C	% r.F.	°C	% r.F.	°C	% r.F.	°C	% r.F.	°C	% r.F.	°C	% r.F.	°C	% r.F.	°C	% r.F.
April	14,7	52	15,0	50	14,4	52	14,8	52	13,8	56	15,4	50	15,3	50	15,4	50
Mai	16,2	56	16,3	55	15,7	57	16,3	55	15,7	59	16,7	55	16,4	55	16,4	55
Juni	18,1	59	18,1	59	17,5	61	18,5	57	17,7	61	18,9	57	18,7	58	18,4	58
Juli	21,5	61	21,4	61	20,9	62	22,5	57	21,3	62	22,5	58	22,2	58	22,1	58
August	21,3	63	21,2	63	20,7	65	22,0	60	21,0	64	22,2	60	21,8	61	21,8	61
September*	18,1	62	17,9	62	17,7	63	18,1	61	17,7	63	18,4	61	18,1	61	18,5	59
Oktober*	14,4	65	14,4	65	14,5	64	14,1	65	13,9	67	14,6	65	14,4	65	14,9	63
November	13,6	67	13,7	67	13,9	65	13,3	69	13,0	70	13,9	67	13,8	67	14,5	64
Dezember	13,0	70	13,2	68	13,5	66	12,7	70	11,9	75	13,4	68	13,4	67	14,4	63
Januar	11,4	61	11,8	60	12,2	58	11,0	63	10,4	67	12,2	59	12,2	59	13,7	53
Februar	11,7	57	12,1	59	12,4	57	11,6	61	10,9	65	12,6	58	12,5	58	14,0	52
März	12,5	56	12,8	54	13,1	52	12,4	56	11,3	60	13,4	53	13,3	53	14,7	48

# Prozentualer Anteil der Monatsstunden mit Feuchten über 75% r.F. (Kirche im Raum Köln)

Monate	Seitenschiff (Süd) unter Bank (%)	Mittelschiff unter Bank (%)	Seitenschiff (Nord) unter Bank (%)	Orgel hinter Verkleidung (%)	Gesprächsraum unter Orgelepore (%)	Mittelschiff vor Orgelepore (%)	Chorbereich über Altar (%)	Seitenschiff Nord (ca. 6 m Höhe) (%)
	MP 1	MP2	MP3	MP4	MP5	MP6	MP7	MP8
April	0	0	0	0	0	0	0	0
Mai	0	0	0	0	0	0	0	0
Juni	0	0	0	0	0	0	0	0
Juli	0,4	0,2	7,1	0	2,2	0	0	0
August	5,5	6,2	15,9	0,4	10,8	1,9	5,1	4,4
September*	1,2	1,5	3,5	0,7	2,9	0,8	1,4	0,3
Oktober*	5,5	9,9	8,6	6,6	14,4	9,1	10,6	8,6
November	7,6	6,3	5,9	7,6	25,7	7,4	7,4	5,6
Dezember	13,4	2,8	0,8	10,1	5,5	7,3	5,8	0,4
Januar	0	0	0	0	3,6	0	0	0
Februar	0,4	0,3	0,1	0	9,6	0,1	0,3	0
März	0	0	0	0	0,7	0	0	0

# Monatsmittelwerte der Oberflächentemperaturen im Jahresverlauf (Kirche im Raum Köln)

Monate	Wandfläche (50 cm Höhe) neben Altar an der Ostseite des südlichen Seitenschiffs (°C)	Gesprächsraum unter Orgelepore Außenwand Nord (ca. 50 cm Höhe) (°C)	Seitenschiff Nord Außenwand Nord neben der kleinen Orgel (°C)	Wandfläche (50 cm Höhe) hinter Altar an der Ostseite des nördlichen Seitenschiffs (°C)	Referenz: Raumlufttemperatur Mittelschiff (°C)
	MP-9	MP-10	MP-11	MP-12	MP-6
April	13,1	13,3	13,1	13,8	15,4
Mai	15,5	15,7	14,8	15,6	16,7
Juni	17,5	17,6	16,8	17,2	18,9
Juli	19,4	21,2	20,5	20,8	22,5
August	20,5	20,6	20,1	20,3	22,2
September*	17,2	17,4	16,9	17,4	18,4
Oktober*	13,3	13,4	13,2	13,6	14,6
November	12,4	12,4	12,5	12,9	13,9
Dezember	11,3	11,0	11,8	12,2	13,4
Januar	9,1	9,1	9,9	10,6	12,2
Februar	9,5	9,5	10,1	10,8	12,6
März	9,8	9,8	10,5	11,2	13,4

# Abschätzung des Feuchtetransportes durch passive Lüftung auf Basis eine 0,14 fachen Luftwechsels (Kirche im Raum Köln)

Monate	Durchschnittlicher absoluter Feuchtegehalt in der Raumluft (Mittelschiff) (g/m <sup>3</sup> )	Durchschnittlicher absoluter Feuchtegehalt in der Außenluft (g/m <sup>3</sup> )	Verhältnis Feuchtegehalt der Raumluft in der Kirche zur Außenluft	Differenz Außenluft-Innenraumluft (g/m <sup>3</sup> )	Feuchtebilanz (geschätzt) Liter/Monat
April	6,57	5,90	1,11	0,33	-140
Mai	7,76	7,64	1,02	0,08	-34
Juni	9,18	9,32	0,98	-0,14	<b>+59</b>
Juli	11,64	11,83	0,98	-0,19	<b>+80</b>
August	11,85	12,19	0,97	-0,34	<b>+144</b>
September*	9,56	9,87	0,97	-0,41	<b>+174</b>
Oktober*	8,11	8,34	0,97	-0,23	<b>+97</b>
November	8,10	7,92	1,02	0,18	-76
Dezember	7,93	7,61	1,04	0,32	-136
Januar	6,38	5,85	1,09	0,53	-225
Februar	6,42	5,55	1,16	0,87	-370
März	6,15	5,38	1,14	0,76	-323

Möglicher Eintrag: 554 Liter/a;  
Mögliche Fortleitung nach außen: 1300 Liter/a

# Wann muss und kann man Lüften? (Kirche im Raum Köln)

Tabelle A.4: Orgelepore (hinter Orgelverkleidung) (MP-4)

	April 2015	Mai 2015	Juni 2015	Juli 2015	August 2015	September* 2015	Oktober* 2015	November 2015	Dezember 2015	Januar 2016	Februar 2016	März 2016
Rel. Feuchte Monatsmittel (Referenz Außenluft)	52 (60)	55 (63)	57 (63)	57 (66)	60 (69)	61 (78)	65 (83)	69 (82)	70 (83)	63 (84)	61 (79)	56 (76)
Rel. Feuchte Maximum (Referenz Außenluft)	60 (95)	65 (100)	66 (96)	68 (96)	77 (98)	76 (98)	85 (99)	81 (99)	81 (100)	73 (99)	75 (100)	72 (97)
Prozentualer Anteil der Monatsstunden mit rel. Feuchte > 75%	0	0	0	0	0,4	0,7	6,6	7,6	10,1	0	0	0
Episoden von mehr als 24 h mit Feuchten > 75% r.F.	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0
Monatsstunden, die zur Entfeuchtung durch Lüftungsmaßnahmen genutzt werden können**	461	322	195	239	147	210	244	386	467	551	549	590

\* zeitweise beheizt; \*\* Prozentualer Anteil der Monatsstunden mit geringeren absoluten Feuchtegehalten in der Außenluft und höheren Temperaturen in der Kirche als in der Außenluft.

Die Kirche kühlte im Herbst um mehr als 6 °C aus. Der Luftwechsel war nicht ausreichend, um die Feuchtigkeit aus den Sommermonaten abzuführen. Mit dem Auskühlen der Bausubstanz im Herbst stieg die rel. Luftfeuchte und das Schimmelrisiko

**Fazit: Durch Lüftung allein kann die erhöhte Feuchtigkeit nicht fortgeleitet werden. In der Auskühlphase sollte bereits eine moderate Beheizung einsetzen.**

**Antwort:**

Ja, es müssen Maßnahmen getroffen, die die klimatischen Verhältnisse so verändern, dass Schimmelpilzwachstum nicht mehr möglich ist.

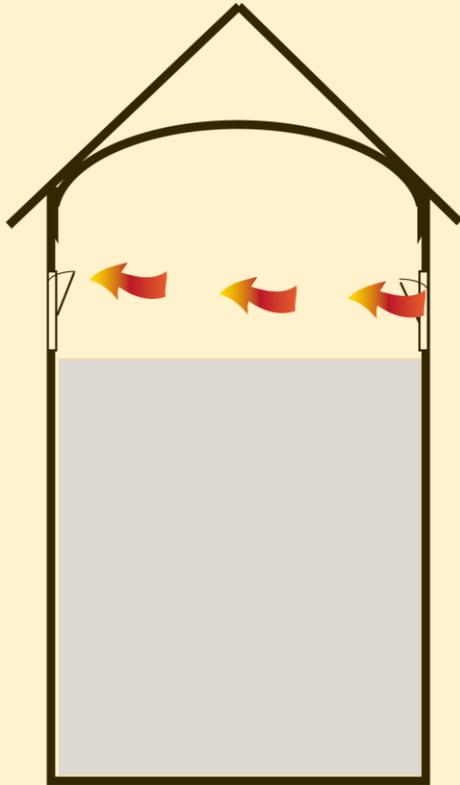
Grundsätzliche Möglichkeiten:  
Lüften, Heizen, Entfeuchten

## 1. Maßnahmen zur Verbesserung der Lüftung

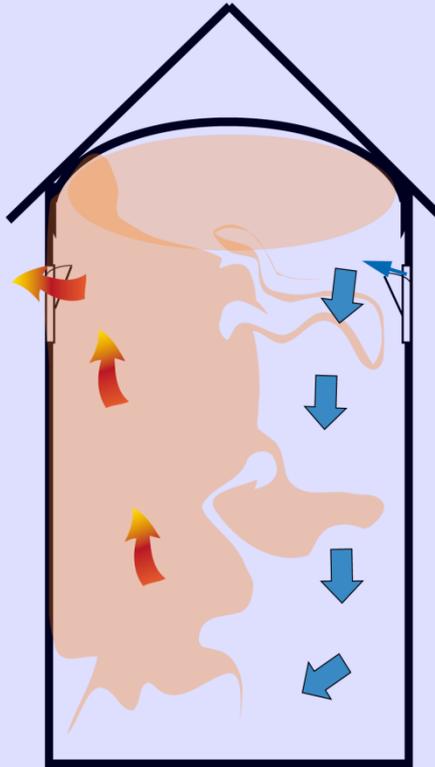
- Feuchtegesteuerte automatische Fensterlüftung  
Stellgröße: abs. Feuchtegehalt (innen > außen)  
(Lufttemperatur: innen > außen)

## Hochsommer

Hochsommerliche Witterung  
Temperaturen außen höher als in der Kirche

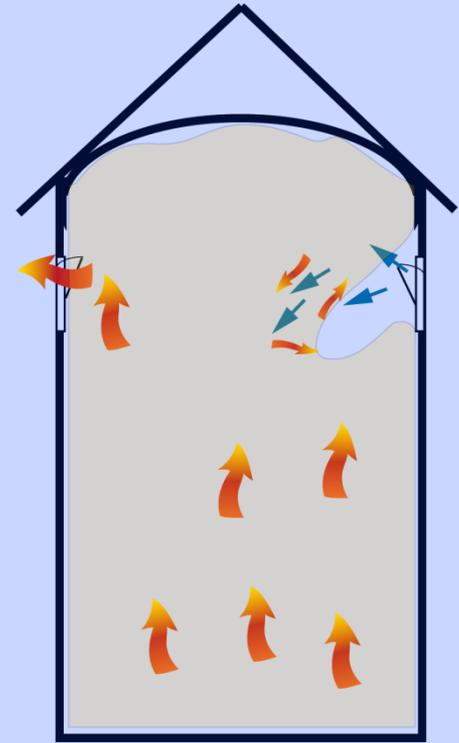


Hochsommerliche Witterung  
Temperaturen außen niedriger als in der Kirche



## Herbst (Oktober, November)

Spätsommer/Herbst  
Temperaturen in der Kirche 3 °C über Außenluft (z.B.  
Kirche 16 °C/Außenluft 13 °C



Geringe Effizienz im Sommer und Herbst

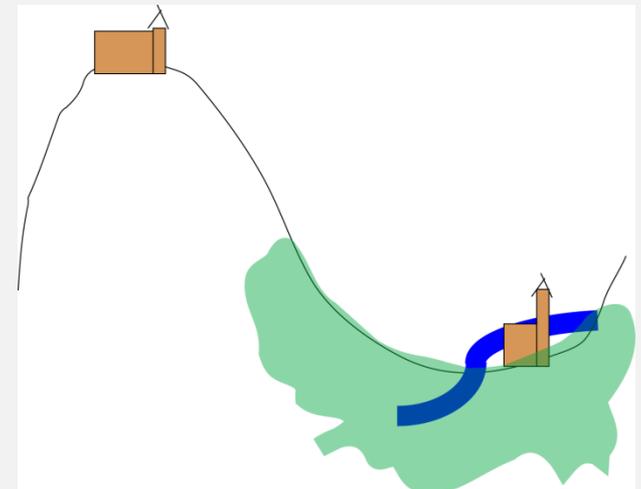
Verbesserung durch frühzeitige moderate Beheizung

Fazit: Schimmelwachstum kann man verhindern –  
es gibt aber keine Patentlösung

Man benötigt Kenntnisse über:

- Bau und Funktion der Heizungsanlage
- Luftwechselraten/Dichtheit
- bauseitige und nutzungsbedingte Feuchtelasten
- witterungsbedingte Klimaeinflüsse

... und kommt dann zu  
individuellen Lösungen.



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit