

**Schimmelpilze im Innenraum und  
nachhaltige Schimmelpilzbekämpfung**  
unter besonderer Berücksichtigung der Relevanz für  
Orgeln und Kircheninventar

Dr.med. Dipl.-Chem. Ulrich F. S c h m e l z

UmAnLab Malsfeld  
Buchenweg 20, 34323 Malsfeld  
0175-9150334

**Gliederung**

- Schimmelpilze als Mikroorganismen
- Bausubstanztechnische Beeinträchtigung
- Medizinische Relevanz
- Ursachen des Befalls
- Nachhaltige Schimmelpilzbekämpfung
- Schlußwort

## Schimmelpilze als Mikroorganismen

### Schimmelpilze

- Schimmelpilze sind neben Bakterien *bedeutender Teil des ökologischen Stoffkreislaufs* der Umwelt.
- Schimmelpilze bauen organische Stoffe (z.B. abgestorbenes Pflanzenmaterial, Proteine, Kohlenhydrate und Fette) ab.
  - Diese Funktion wird als *Mineralisierung* bezeichnet (Destruentenfunktion).
- Beim *Abbau* (Mineralisierung) entstehen u.a. *kleinmolekulare Stoffe und anorganische Salze*
- Das *mineralisierte Material* kann im *ökologischen Stoffkreislauf* durch Pflanzen wieder zu *neuen organischen Verbindungen* aufgebaut werden.

## Schimmelpilze

Die genannten Effekte sind *e r w ü n s c h t*, wenn

- Schimmelpilze in der Natur an *natürlichen Standorten* (z.B. Erdboden) vorkommen.  
= *Natürliche Funktion im Ökosystem*
- Schimmelpilze in der *Biotechnologie* genutzt werden.  
= *Nutzung der Stoffwechseleigenschaften*
- Schimmelpilze in der *Lebensmittelindustrie* Anwendung finden.  
= *Nutzung der Stoffwechseleigenschaften*

## Schimmelpilze

Die genannten Effekte sind *u n e r w ü n s c h t*, wenn

- Schimmelpilze an durch Menschen geformten Standorten auftreten = “falscher Standort”
- Solche Standorte sind der Innenraum (Wohnungen und Büros), sowie Orgeln und anderes Kircheninventar.

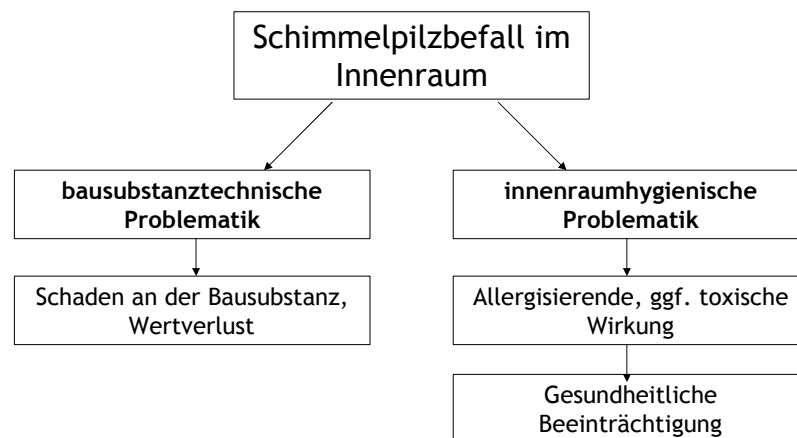
## Schimmelpilze

Lebensbedingungen und Standortfaktoren:

- *Hygrophil* = Feuchtes Milieu, Luftfeuchtigkeit > 70%rel. Feuchte, insbesondere kondensierende Feuchte
- *Heterotroph* = Organische Kohlenstoff- und Stickstoffquellen als Substrat (in der Regel in Holz und Leder vorhanden)
- *Mesophil* = Temperaturoptimum 10 °C bis 30 °C (abhängig von Gattung)
- Abwesenheit von direktem Lichtzutritt

## Schimmelpilze

Warum können Schimmelpilze ein Problem darstellen?



## Bausubstanztechnische Beeinflussung durch Schimmelpilze

### Bausubstanztechnische Beeinflussung durch Schimmelpilze

Praktisch sämtliche organische Stoffe der Bausubstanz können durch Schimmelpilze verstoffwechselt werden.

In *Wohn- und Büroräumen* sind die typischen Materialien:

- Anstrichfarben (z.B. Acrylfarben)
- Tapeten
- Tapetenkleister
- Gipskartonplatten
- Technisches Dichtungsmaterial

## Bausubstanztechnische Beeinflussung durch Schimmelpilze

Speziell im *Orgelbau* sind folgende Materialien üblicherweise Substrate von Schimmelpilzen:

- Holz (Pfeifenmaterial, Tastenbeläge)
- Leimverbindungen (speziell: Warmleim)
- Lederteile (Balgfalten, Pulpeten)
- Vergoldungen (Mixtion)
- Anstriche (speziell: Anstriche auf Kaseinbasis)

## Bausubstanztechnische Beeinflussung durch Schimmelpilze

Besonders relevant ist die Beeinflussung von Holzmaterialien durch Schimmelpilze:

**Holzdestruktion** (Schwammpilze):

Cellulose (Strukturkohlenhydrat) wird abgebaut

Verlust der Stabilität

Eine typ. Problematik bei Schwammpilzen, weniger im Hinblick auf Schimmelpilze

**Holzkorrosion** (Schimmelpilze):

Lignin (Füllstoff zwischen Cellulosefasern) wird abgebaut

Verlust der Oberflächenkontinuität, Verfärbungen, Verlust der Dichtigkeit (Windverluste, Intonationsdefizite)

## Bausubstanztechnische Beeinflussung durch Schimmelpilze

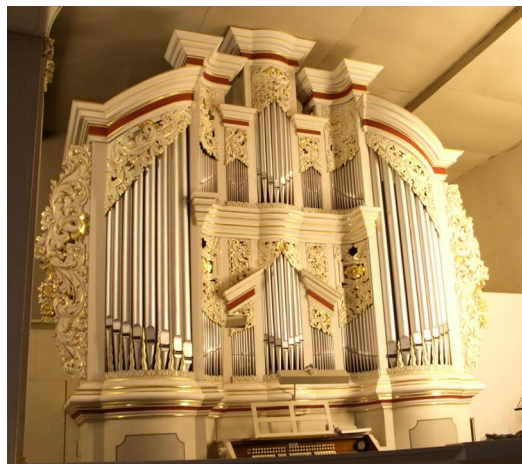
Zusammenfassung:

Typische Schäden durch Schimmelpilze im Orgelbau:

- Unästhetischer Aspekt von Holz- und Lederteilen, modringer “Kellergeruch” durch Stoffwechselmetaboliten
- Lockerung von Leimverbindungen (Einbußen Stabilität, Dichtigkeitsverluste)
- Kontinuitätsverluste, Oberflächendefekte, Undichtigkeiten durch unmittelbare Wirkung des Pilzes (Holzkorrosion)
- Defekte an Lederteilen
- Lösung von Vergoldungen

## Bausubstanztechnische Beeinflussung durch Schimmelpilze

Abbildungen



Orgel Ev. Kirche zu  
Bad Blankenburg

## Bausubstanztechnische Beeinflussung durch Schimmelpilze

Abbildungen



## Bausubstanztechnische Beeinflussung durch Schimmelpilze

Abbildungen





## Bausubstanztechnische Beeinflussung durch Schimmelpilze

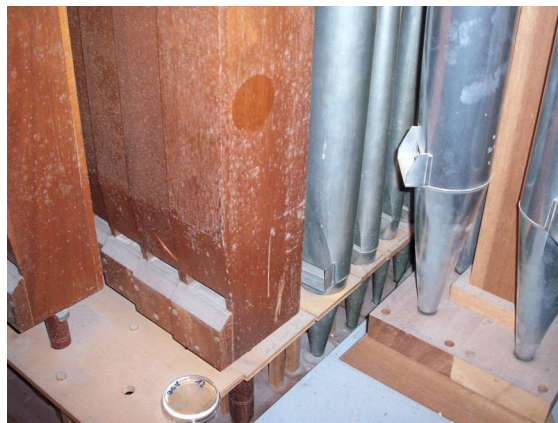
Abbildungen



Orgel Kath. Dom zu Nordhausen

## Bausubstanztechnische Beeinflussung durch Schimmelpilze

Abbildungen



## **Medizinische Relevanz von Schimmelpilzen**

*Eine innenraumhygienische Problematik*

## **Medizinische Relevanz von Schimmelpilzen**

- **Belästigung durch schimmelpilzbedingte Stoffwechselmetaboliten**
- **Allergene Sporen**
- **Mycotoxinbildung**
- **Infektionen durch Schimmelpilze**

## Medizinische Relevanz von Schimmelpilzen

### Belästigung durch Stoffwechselmetaboliten

- Es treten im Pilzstoffwechsel unangenehm riechende, leichtflüchtige Stoffe auf (VOCs = volatile organic compounds)
- Typisch sind die Verbindungen Geosmin, Borneol und Octen-3-ol
- Unspezifische Wirkung, Befindlichkeitsstörung, Kopfschmerzen, "sick-building-syndrom"

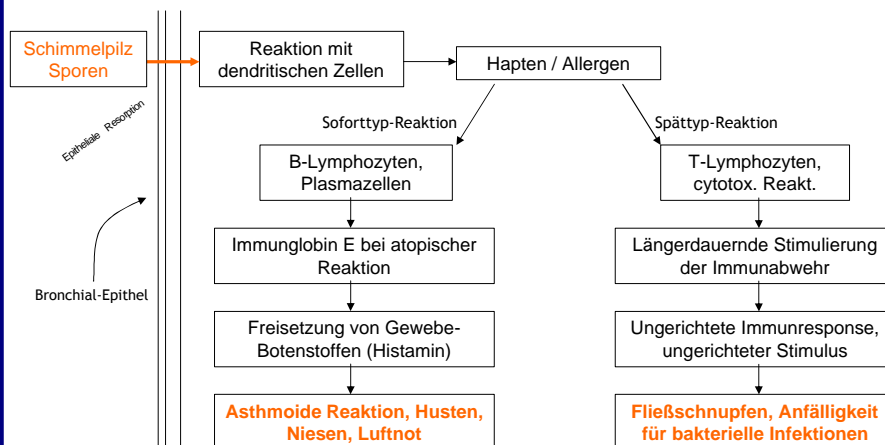
## Medizinische Relevanz von Schimmelpilzen

### Allergene Sporen:

- Sporen (dienen zur Vermehrung) werden durch den Pilz in die Luft als Aerosol abgegeben und stellen starke Fremdeiweiße = Antigene dar.
- Da Pilzsporen lungengängig sind, kann dadurch eine innige Exposition gegenüber dem Menschen erfolgen.
- Regelmäßiger Kontakt (inhalativ, Hautkontakt) kann zur Ausprägung einer überschießenden Immunreaktion = Allergie, führen.

## Medizinische Relevanz von Schimmelpilzen

### Allergene Sporen:



## Medizinische Relevanz von Schimmelpilzen

### Mycotoxinbildung:

Mycotoxine = gesundheitsschädliche Stoffwechselprodukte der Schimmelpilze. Neben akuter Schädigung treten chronische Schäden (kreberzeugend, immunsuppressiv) auf.  
Häufige Mycotoxine:

Aspergillus sp.	Aflatoxine	cancerogen; Leber
Penicillium sp.	Patulin	mutagen
Penicillium sp.	Ochratoxin A	akut toxisch; Niere
Stachbotrytis sp.	Satratoxin	immunsuppressiv

Sporen- und partikelgebundene Exposition!

## Medizinische Relevanz von Schimmelpilzen

### Infektionen durch Schimmelpilze

- Sind sehr selten.
- Der immunkompetente Mensch (normale Person) wird meist nicht infiziert.
- Betreffen jedoch meist Patienten mit Immunsuppression und schweren Vorerkrankungen und stellen deswegen wiederum ein ernstzunehmende Problematik dar.

**Fazit:**

## **Fazit:**

Schimmelpilze führen zu nachhaltigen Schäden der Bausubstanz.

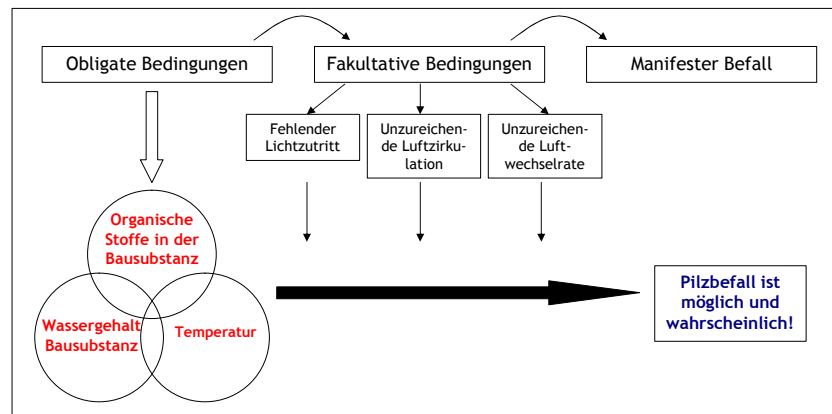
Schimmelpilze sind auch aus Gründen der Innenraumhygiene im Innenraum nicht zu tolerieren

Daher ist eine adäquate Bekämpfung präventivmedizinisch notwendig!

Sie verhindert außerdem unnötige Folge-Kosten im Hinblick auf die Restaurierung, da nachhaltig gearbeitet wird.

## **Schimmelpilze - Ursachen des Befalls:**

## Schimmelpilze - Ursachen des Befalls:



Der Wassergehalt der Bausubstanz ist die entscheidende Größe, die unmittelbar zu beeinflussen ist !

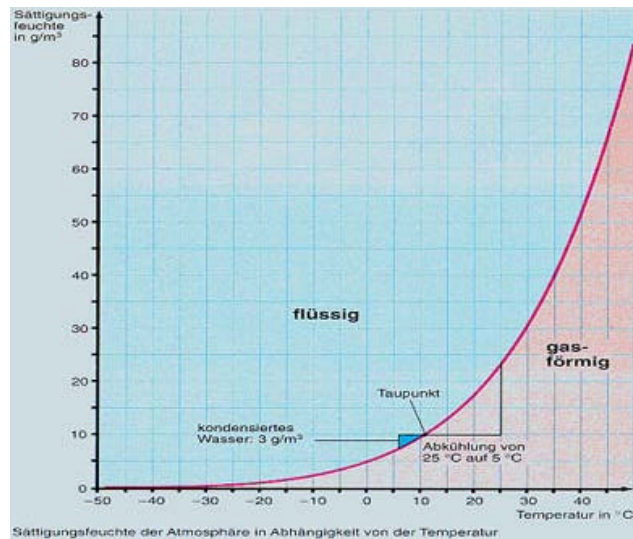
## Schimmelpilze - Ursachen des Befalls:

Wie gelangt das Wasser in die Bausubstanz?

- Bauseitig:
  - Eindringen von Niederschlagswasser / Leckagen
  - Aufsteigende Feuchte aus dem Grund
- Nutzerseitig:
  - Auftreten von Kondenswasser durch lokales Unterschreiten der Taupunkttemperatur bei Wärmebrücken

Sehr häufig wird der *nutzerseitige Feuchteeintrag* beobachtet.

## Schimmelpilze - Ursachen des Befalls:



Es sei:

Lufttemperatur = 25 °C

Absol. Feuchte = 11 g/m³

Rel. Feuchte = 48 %

Abkühlung von 25 auf 5 °C

Taupunkttemp. = 12 °C

Kondenswasser = 3 g/m³

## Schimmelpilze - Ursachen des Befalls:

Organische Substanz, natürliche Pilzsporenbelastung der Raumluft

Der Feuchteintrag (Wasserdampf) erfolgt typisch durch Transpiration der Besucher, aber auch durch Mauerwerk und Leckagen.

Konstant niedrige Raumtemperaturen (<10°C) führen zum Auskühlen des Inventars und der Wandoberflächen.

Lokale Wärmebrücken mit Taupunkt-Temperaturunterschreitung und Kondenswasserbildung an den Oberflächen bei Feuchteintrag sind die Folge.

Manifestierung des Befalls

Bausubstanztechnisches und innenraumhygienisches Problem



## Schimmelpilze - Ursachen des Befalls:

Daher kann durch verschiedene Maßnahmen einem Befall v o r g e b e u g t werden:

- Möglichst konstante Beheizung des Innenraums (ca. 15 bis 20 °C, ca. 45 bis 60% rel. Feuchte).
- Temperaturwechsel nur langsam an- oder absteigend (z.B. 1,0 °C/h) durchführen, damit nicht nur die Luft, sondern auch das Inventar erwärmt wird.
- Nach Nutzung des Kirchenraumes durch kurzzeitige Stoß- und Querlüftungen einen Luftwechsel herstellen.
- Ggf. aufsteigende Feuchte identifizieren und beheben.
- Ggf. Leckagen an Rohrleitungen (auch Dach und Dachrinnen) identifizieren und beheben.

## Nachhaltige Schimmelpilzbekämpfung

## Nachhaltige Schimmelpilzbekämpfung

### Grundsätzlich:

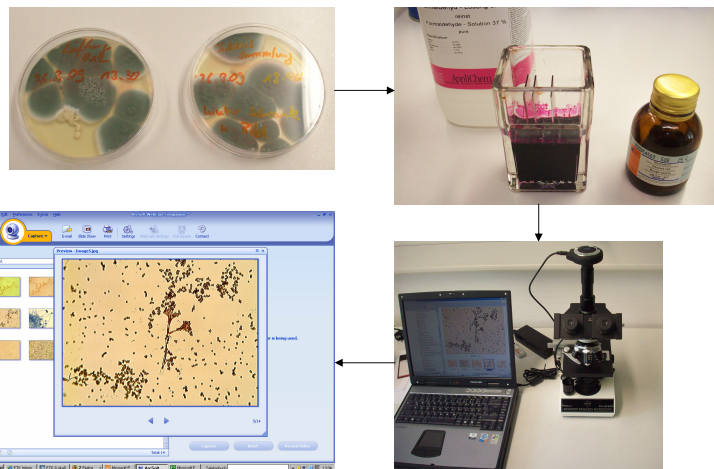
Ein *erkannter Schimmelpilzbefall* der Bausubstanz im Innenraum *muß bekämpft* werden.

Die *Bekämpfung* muß *nachhaltig* sein.

*Zusätzlich* müssen *disponierende Faktoren* (Innenraumklima) *kontrolliert* und *reguliert* werden.  
Dadurch Vorbeugung eines Neubefalls!

## Nachhaltige Schimmelpilzbekämpfung

*Vor der Bekämpfung* muß durch eine *mikrobiologische Analyse* der Grad des Befalls festgestellt werden.



## Nachhaltige Schimmelpilzbekämpfung

### Bisher:

Einsatz gesundheitlich bedenklicher Stoffe. - Es wurde ein Problem beseitigt, jedoch ein neues geschaffen:

Chlorabspaltende Verbindungen

Organische Säuren

Formaldehyd

Carbendazim

Die Nachhaltigkeit der Bekämpfung fehlte; der Befall wurde oft nur für kurze Zeit eingedämmt.

Restaurierungserfolge schlugen fehl, der finanzielle Aufwand war umsonst.

## Nachhaltige Schimmelpilzbekämpfung

### Aktuell:

Wir haben ein System bestehend aus vier Präparaten entwickelt, das

- den aktuellen Befall beseitigt
- einen Neubefall verhindert (nachhaltige Wirkung)
- leicht und ohne großen Aufwand einzusetzen ist
- im Hinblick auf den Arbeitsschutz keine bedenklichen Stoffe enthält.
- kein neues innenraumhygienisches Problem schafft.

## Nachhaltige Schimmelpilzbekämpfung

### Das System aus vier Präparaten:

Fungo-Clean = Oberflächenreinigungsmittel-Konzentrat

Fungo-EX-rapid = Fungizid für leichtgradigen Befall

Fungo-EX-forte = Fungizid für hochgradigen Befall

Fungo-Prevent = Konservierung von Neuteilen gegen Befall

In den meisten Fällen ist eine Vorreinigung von Oberflächen mit Fungo-Clean und die eigentliche Pilzbekämpfung mit Fungo-EX-Forte ausreichend.

## Nachhaltige Schimmelpilzbekämpfung

### Das System ist:

Patentrechtlich geschützt

Auf die Wirksamkeit durch die Landesgewerbeanstalt Bayern, Nürnberg, mit Erfolg getestet.

Als Biozid-Präparat beim Umweltbundesamt registriert.

Der Vertrieb erfolgt allein durch uns, da wir parallel zur Lieferung bei Bedarf und Interesse eine Beratung anbieten.  
- In Abhängigkeit des individuellen Einzelfalls finden wir eine individuelle Lösung.

## Nachhaltige Schimmelpilzbekämpfung

### Anwendung:

- Zuvor mechanische Reinigung der Oberflächen mit Bürste und Sauger
- Dann feuchte Reinigung mit “Fungo-Clean”-Konzentrat
- Fungizide Behandlung mit “Fungo-Ex-Forte” im Streich- oder Sprühverfahren; 6 Stunden einwirken lassen.

Das Fungizid ist anwendbar auf allen Oberflächen, d.h. Holz und mineralische Bausubstanz.

Nach der Behandlung können alle Oberflächenvergütungen (z.B. Anstriche, Vergoldungen, etc.) vorgenommen werden.

## Nachhaltige Schimmelpilzbekämpfung

### Fazit:

In Abhängigkeit der Fortschreitens der Arbeit sind die behandelten Oberflächen nach ca. 1 Tag schimmelpilzfrei.

Das innenraumhygienische Risiko ist beseitigt.

Ein Neubefall wird verhindert.

Die Substanzen wirken keinen nachteiligen Einfluß auf die Innenraumluft aus.

Ein geringer Mehraufwand (im Vergleich zu Zeit und Kosten bei Restaurierungsarbeiten) mit nachhaltiger Relevanz, da Kulturgüter für kommende Jahrzehnte konserviert werden.

## Nachhaltige Schimmelpilzbekämpfung

### Vorgehen:

Vermutung eines Schimmelpilzbefalls

Anforderung unseres mycologischen Tests

Entnahme einer Mischprobe der vermuteten Stellen durch vorsichtiges Anbohren und Asservierung des Bohrmehls

Zusendung der Materialprobe

Wir untersuchen auf Grad des Befalls, vorhandene Pilzgattungen und führen eines Hemmtest mit unserem Präparat durch.

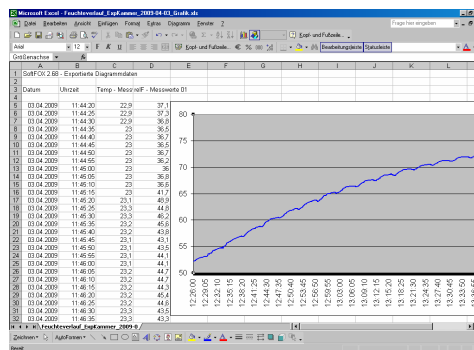
Wir können einschätzen, welche Dringlichkeit der Sanierung vorliegt und welche Präparate sinnvoll sind.

## Nachhaltige Schimmelpilzbekämpfung

### Weiterhin ist wichtig:

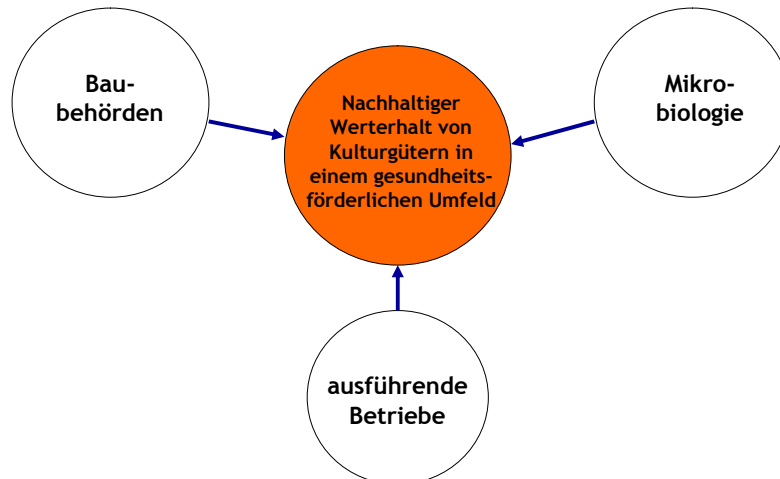
Reduzierung zusätzlicher schimmelpilzfördernder Faktoren, z.B. durch Kontrolle der Temperatur und der rel. Feuchte über die Zeit

Identifizierung und Vermeidung der Unterschreitung der Taupunkttemperatur.

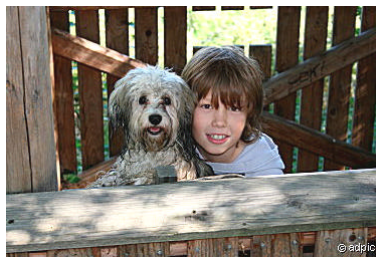


## Schlußwort

In einem jeden offenbart sich der eine Geist zum Nutzen aller  
1.Korinther 12, Vers 7



## Schlußwort



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Für Fragen stehe ich Ihnen jetzt zur Verfügung...

... weiterhin erreichen Sie mich unter

**0175-9150334**