



# Mykotoxine

Ein wichtiger Bestandteil  
bei der innenraumhygienischen Beurteilung von Innenräumen?

Dr. Carmen Kroczeck, anbus analytik GmbH

# Inhaltsübersicht

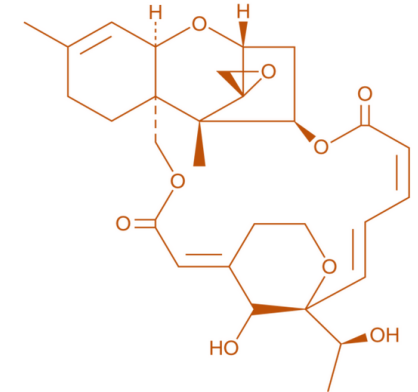
---

- I. Einleitung (Was, Wie, Wo)
- II. Toxikologie und Reglementierung
- III. Aktuelle Forschungsprojekte
- IV. Analytik von Mykotoxinen in Innenräumen
- V. Praxiserfahrungen und Fallbeispiele
- VI. Fazit

# I. Einleitung

Mykotoxine

# Einleitung



„Allein die Dosis macht,  
dass ein Ding kein Gift ist.“

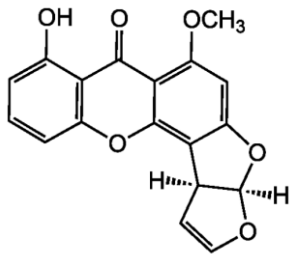
Paracelsus

# I. Einleitung

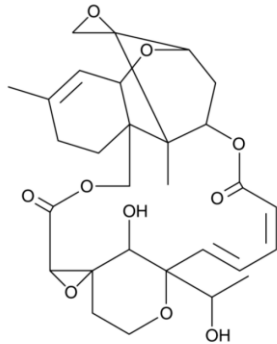
## Definition von Mykotoxinen

**Mykotoxine sind von Schimmelpilzen gebildete sekundäre Stoffwechselprodukte**

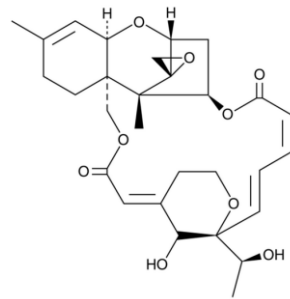
Sterigmatocystin



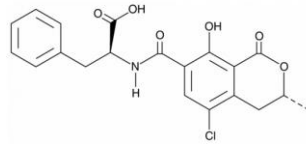
Satratoxin G



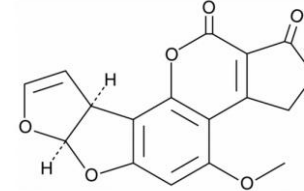
Satratoxin H



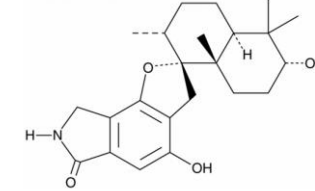
Ochratoxin A



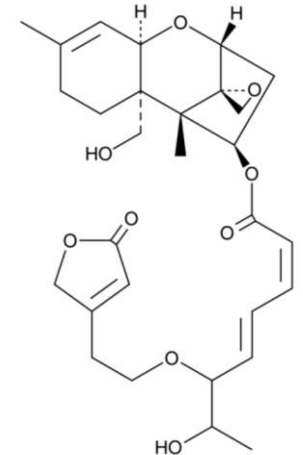
Aflatoxin B1



Stachybotrylactam



Roridin L2



- Abwehr von Konkurrenz und Fressfeinden
- Mehr als 400 bekannte Mykotoxine, die von verschiedenen Schimmelarten produziert werden (verschiedene chemische Strukturen mit unterschiedlichen toxikologischen Charakteristika)
- Mittel- bis schwerflüchtige organische Substanzen (SVOC, POM)
- Sehr stabil gegenüber Umwelteinflüssen und Hitze (noch lange nach Absterben des Pilzes im Probenmaterial nachweisbar)
- > 40 Jahre Mykotoxinforschung mit Schwerpunkt in Lebensmitteln
- Viele Standards kommerziell erhältlich z.B. von Biomol, Merck, Sigma-Aldrich etc.

# I. Einleitung

---

## Vorkommen

- Am häufigsten in Lebens- und Futtermittel (z.B. Nüsse, Getreide) nachgewiesen  
(große Fallzahlen aufgrund intensiver Überwachung: EU-Vorschriften und weltweite Höchstmengenregelungen)
- Abfallwirtschaft
- Innenräume  
(z.B. Gipskartonplatten, Tapeten, Holz, Raumluft, Staub)

# I. Einleitung

## Vorkommen

### Belastungsquellen

Nahrungsmittel		und	Innenräume
<b>Mykotoxin</b>	<b>Organismus</b>		
Aflatoxine	Aspergillus, Penicillium		Bisherige Studien haben gezeigt, dass Mykotoxine auch in Innenräumen bei Feuchteschäden gebildet werden können.
Ochratoxin A	Aspergillus, Penicillium		Schimmelpilzwachstum ist eine Voraussetzung für das Auftreten von Mykotoxinen.
Trichotecene	<i>Fusarium, Trichoderma, Stachybotrys</i>		Mykotoxine können auch auf totem Zellmaterial oder nicht mehr lebensfähigen Sporen in hohen Konzentrationen nachgewiesen werden. Es besteht kein zwingender Zusammenhang zwischen dem Vorkommen von lebensfähigen bzw. kulturfähigen Schimmelpilzen und Mykotoxin oder zwischen den Werten, die das Vorkommen von Schimmelpilzen beschreiben (Gesamtkoloniezahlen in Kolonie bildenden Einheiten, Sporen oder KBE pro Einheit Luft oder Material) und dem Vorkommen von bzw. dem Gehalt an Mykotoxinen. Mykotoxine können an Stäube und luftgetragene Partikel gebunden sein.
Fusarientoxine: Deoxynivalenol, T2- und HT2-Toxin, Fumonisine, Zearalenon	Fusarium Fusarium / Stachybotrys		
Patulin	Aspergillus, Penicillium, Byssoschlamys		
Citrinin	Aspergillus, Penicillium		

> Orale Aufnahme

> Inhalative, dermale, orale Aufnahme

# I. Einleitung

## Gesundheitsbeeinträchtigende Wirkungen von Mykotoxinen

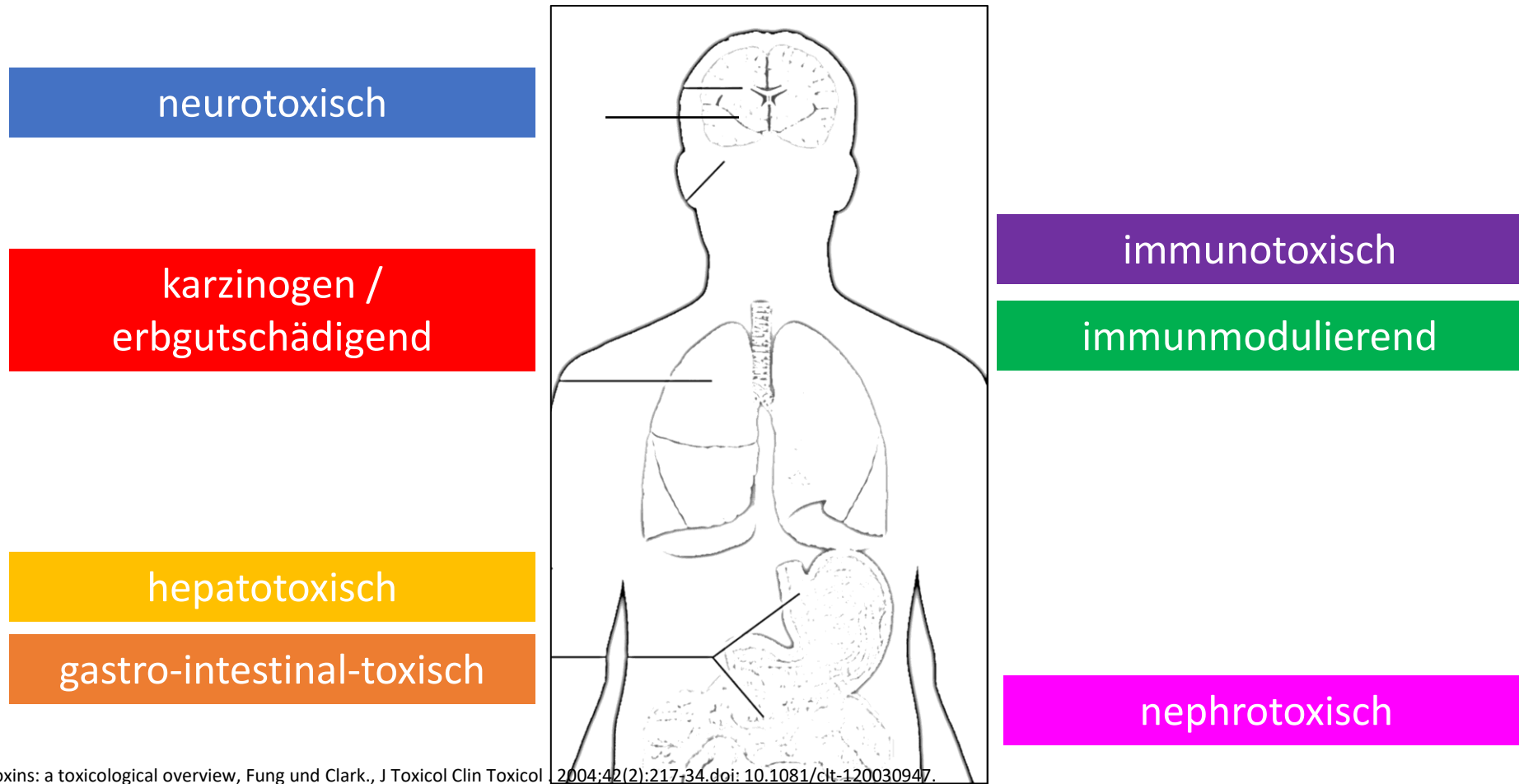
- ✓ Selten akut gesundheitsschädigend
- ✓ Überwiegend chronische Wirkungen

Unter akuter Toxizität versteht man die schädigenden Wirkungen eines Stoffes, die innerhalb eines bestimmten Zeitraums – sofort oder normalerweise innerhalb von 14 Tagen – nach der Verabreichung einer einmaligen Dosis auftreten.

Die chronische Toxizität umfasst dagegen die Giftigkeit eines Stoffes, der über eine längere Zeit wiederholt aufgenommen wird. Im Vergleich zu anderen Giften sind die akut toxischen Wirkungen von Mykotoxinen auf den Menschen zumeist zu vernachlässigen.

# I. Einleitung

## Gesundheitsbeeinträchtigende Wirkungen von Mykotoxinen



Health effects of mycotoxins: a toxicological overview, Fung und Clark., J Toxicol Clin Toxicol 2004;42(2):217-34. doi: 10.1081/ct-120030947.

Toxic effects of mycotoxins in humans, M. Peraica, et al., Bulletin of the World Health Organization, 1999, 77 (9)

Health Effects of Mycotoxins in Indoor Air: A Critical Review

Robbins, C Applied Occupational and Environmental Hygiene Volume 15(10): 773 –784, 2000

# I. Einleitung

## Gesundheitsbeeinträchtigende Wirkungen von Mykotoxinen

Belastungsquelle Nahrungsmittel

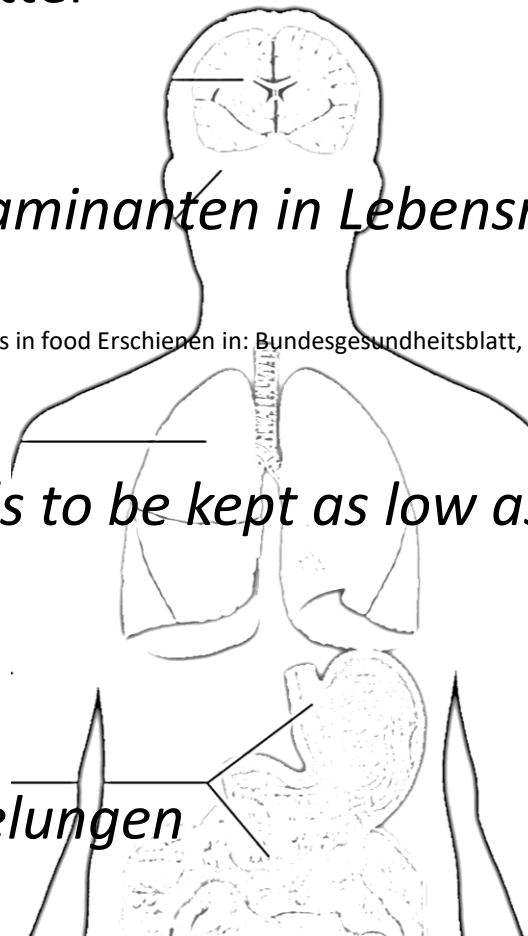
*„Toxikologisch relevante Kontaminanten in Lebensmitteln“*

Biomarkers of internal exposure to toxicologically relevant contaminants in food Erschienen in: Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung, Gesundheitsschutz  
Vol. 60, H. 7S. 761-767

*“Exposure to mycotoxins needs to be kept as low as possible to protect the people.”*

WHO : [www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/mycotoxins](http://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/mycotoxins)

*Weltweite Höchstmengenregelungen*



# I. Einleitung

## Bedeutung von Mykotoxinen im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung

Lebensmittel

z.B. Mykotoxine in Pflanzendrinks: Stellungnahme  
Nr. 029/2024 des Bundesinstitut für  
Risikobewertung (BfR) vom 25. Juni 2024

Staub / Innenraumluft



## Toxikologie

<https://gestis.dguv.de/data?name=535607>

# Aflatoxine



### GHS-EINSTUFUNG UND KENNZEICHNUNG NACH CLP (VERORDNUNG (EG) 1272/2008)

#### Einstufung:

Akute Toxizität, Kategorie 1, Verschlucken; H300

Akute Toxizität, Kategorie 1, Hautkontakt; H310

Akute Toxizität, Kategorie 2, Einatmen; H330

Keimzellmutagenität, Kategorie 1B; H340

Karzinogenität, Kategorie 1B; H350

**Kategorie 1B:** Die krebserzeugende Wirkung konnte bislang nur in Tierversuchen eindeutig nachgewiesen werden, ist jedoch auch beim Menschen aufgrund hinreichender Anhaltspunkte wahrscheinlich.

# Toxikologie

<https://gestis.dguv.de/data?name=535607>

## Ochratoxin A



### GHS-EINSTUFUNG UND KENNZEICHNUNG NACH CLP (VERORDNUNG (EG) 1272/2008)

#### Einstufung:

Akute Toxizität, Kategorie 2, Verschlucken; H300

Akute Toxizität, Kategorie 2, Hautkontakt; H310

Akute Toxizität, Kategorie 1, Einatmen; H330

Karzinogenität, Kategorie 1B; H350

Reproduktionstoxizität, Kategorie 1B; H360

**Kategorie 1B:** Die krebserzeugende Wirkung konnte bislang nur in Tierversuchen eindeutig nachgewiesen werden, ist jedoch auch beim Menschen aufgrund hinreichender Anhaltspunkte wahrscheinlich.

## Toxikologie –Auswahl exemplarische Mykotoxine

Jahr	Tox. Kenngröße *	Ochratoxin A [ng/kg Körpergewicht]	Deoxynivalenol DON [ng/kg Körpergewicht]	T-2 /HAT-2 [ng/kg Körpergewicht]
2002	TDI		1000	60
2006	TWI	120		
2020	TWI	Zurückgezogen von EFSA Warten auf neue Daten		

**(EFSA = Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit)**

ADI = Acceptable Daily Intake

TWI = Tolerable Weekly Intake

TDI = Tolerable Daily Intake

## Reglementierung

### Belastungsquellen

#### Nahrungsmittel

#### und

#### Innenräume

Grenzwerte für Mykotoxine in verschiedenen Lebensmitteln (z.B. Milch, Getreide, Nüsse etc.)

z.B. Deoxynivalenol (DON) in Getreide (z.B. 1.000 µg/kg in unverarbeitetem Weizen ab 1. Juli 2024)

Aflatoxin M1 Säuglingsnahrung (in Deutschland):  
0,01 µg/kg = 10 ng/kg

Kontrolle der Einhaltung durch amtliche Lebensmittelüberwachung

Weltweite Regulierungen und EU-Verordnungen

Keine Grenzwerte

Keine Kontrollen

Keine gesetzlichen Regulierungen

## Gesetzliche Regelungen – Mykotoxine in Lebensmitteln

1. Um den Verbraucher vor einer unannehmbaren Mykotoxinbelastung zu schützen, wurden auf europäischer Ebene in der VO (EG) Nr. 1881/2006 Höchstgehalte in Lebensmitteln festgelegt. Diese wurde 2023 aufgehoben und durch die **VERORDNUNG (EU) 2023/915 DER KOMMISSION vom 25. April 2023** über Höchstgehalte für bestimmte Kontaminanten in Lebensmitteln und zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 ersetzt. Im Rahmen dieser Verordnung werden Höchstgehalt für Aflatoxine, Ochratoxin A, Patulin, Deoxynivalenol, Zearalenon, Fumonisine, Citrinin und Mutterkornalkaloide in verschiedenen Lebensmittelmatrices geregelt.
2. Zusätzlich zur VO (EG) Nr. 1881/2006 sind auf nationaler Ebene in der **Verordnung zur Begrenzung von Kontaminanten in Lebensmitteln (KmV) Höchstgehalte für Aflatoxine und Ochratoxin A in Lebensmitteln** geregelt, die nicht unter dem Anwendungsbereich der VO (EG) Nr. 1881/2006 fallen.
3. **Verordnung (EU) 2022/1370** zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1881/2006 hinsichtlich der Höchstgehalte von Ochratoxin A (OTA) in bestimmten Lebensmitteln
4. Für die Beurteilung der Mykotoxine T-2 und HT-2 wird die **Empfehlung der Kommission vom 27. März 2013 über das Vorhandensein in Getreide und Getreideerzeugnissen (2013/165/EU)** herangezogen.
5. Für eine einheitliche amtliche Kontrolle des Mykotoxingehaltes in Lebensmitteln sind in der **VO(EG) Nr. 401/2006** Probennahmeverfahren und Analysenmethoden festgelegt.

## Gesetzliche Regelungen – Mykotoxine in Innenräumen

- Arbeitsschutz
- Biostoffverordnung – (BioStoffV) vom 15. Juli 2013, zuletzt geändert durch Art. 3 der Verordnung vom 02. Dezember 2024

**Diese Verordnung gilt für Tätigkeiten mit Biologischen Arbeitsstoffen (Biostoffen).**

*„Toxine im Sinne von Absatz 1 sind Stoffwechselprodukte oder Zellbestandteile von **Biostoffen**, die infolge von Einatmen, Verschlucken oder Aufnahme über die Haut beim Menschen toxische Wirkungen hervorrufen und dadurch akute oder chronische Gesundheitsschäden oder den Tod bewirken können.“*

Gefährdungsbeurteilungen für Arbeitsplätze?

Informationsermittlung?

Schutzmaßnahmen?

# III. Aktuelle Forschung

## Forschungsprojekte

### I. 2019 – 2022:

**Pilotstudie** „*Deutsche Umweltstudie zur Gesundheit VI (GerES VI): FKZ: 3717 62 299 0/9*

*Analyse der Belastung durch Schimmelbefall und biologische Schadstoffe von Innenräumen“*

**Teil 1“:** Methodenetablierung zur Erfassung von Mykotoxinen in Innenräumen (Staub, Material, Oberflächen und Raumluft), Schimmelspürhundebegehungen, Schimmel in der Raumluft

### II. 2023 – 2024:

„*Deutsche Umweltstudie zur Gesundheit VI (GerES VI): Belastung von Erwachsenen mit Umweltschadstoffen*  
Proben u.a. von Trinkwasser, Hausstaub und aus der Innenraumluft, Interviews, Urin- und Blutproben (Alter 18-79)  
Flammschutzmittel, Feinstaub, Schimmel etc.

### III. 2023 – 2025:

„*Deutsche Umweltstudie zur Gesundheit VI (GerES VI): FKZ: 3717 62 299 1 // AZ: 55 411/0011*

*Analyse der Belastung durch Schimmelbefall und biologische Schadstoffe von Innenräumen“*

**Teil 2“** Erfassung von Mykotoxinen in Innenräumen im Staub, Schimmelspürhundebegehungen

# III. Aktuelle Forschung

## Hausstaub als Untersuchungsmedium

### „Sammelbecken“ für mittel- bis schwerflüchtige Stoffe:

- Hausstaub ist ein Sammelbecken für mittel- bis schwerflüchtige Stoffe und hat damit für diese Substanzen in Innenräumen eine **wichtige Indikatorfunktion**. Unter ungünstigen Bedingungen kann Hausstaub auch **eine Quelle für die körperliche Belastung mit diesen Stoffen z.B. über den inhalativen oder den oralen (bei kleineren Kindern) Aufnahmepfad** darstellen. Auch wenn der Aufnahmemechanismus noch nicht genau quantifizierbar ist, konnten solche Effekte in Forschungsvorhaben nachgewiesen werden. *(UBA GerES VI 2023-2024)*
- Im Rahmen der Pilotstudie **GerES IV** konnte festgestellt werden, dass die Exposition von Kindern gegenüber Pyrethroiden u.a. durch die Verwendung von Bioziden in Innenräumen zu Hause beeinflusst wird. Dabei konnte eine **signifikante Korrelation zwischen Permethrin im Hausstaub und den Metabolitenkonzentrationen im Urin** beobachtet werden. Daher scheint es wahrscheinlich, dass die Aufnahme von Hausstaub zur Exposition von Kindern beiträgt.

*(Becker, K., Seiwert, M., Angerer, J., Kolossa-Gehring, M., Hoppe, H.-W., Ball, M., Schulz, C., Thumulla, J., Seifert, B., 2006. GerES IV Pilot Study: Assessment of the exposure of German children to organophosphorus and pyrethroid pesticides. Int. J. Hyg. Environ. Health 209, 221–233.)*

# III. Aktuelle Forschung

## I. 2019 – 2022:

**Pilotstudie** „*Deutsche Umweltstudie zur Gesundheit VI (GerES VI): FKZ: 3717 62 299 0/9*

*Analyse der Belastung durch Schimmelbefall und biologische Schadstoffe von Innenräumen“*

**Teil 1“:** Methodenetablierung zur Erfassung von Mykotoxinen in Innenräumen (Staub, Material, Oberflächen und Raumluft), Schimmelpürhundbegehungen, Schimmel in der Raumluft

*„Die Untersuchung von 50 Haushalten mithilfe einer Schimmelpürhundbegehung haben bestätigt, dass verdeckte Schäden häufig vorkommen. 14,5 % der untersuchten Hausstaubproben wiesen Mykotoxine auf, bis auf wenige Ausnahmen war ein Gemisch aus mehreren Mykotoxinen vorhanden. In 56 % der untersuchten und von Schimmel befallenen Baumaterialien- wurden Mykotoxine, teilweise in sehr hohen Konzentrationen nachgewiesen.“*

*(Zusammenfassung UBA 2022 für Ausschreibung Teil 2)*

Lorenz W et al. (2022) Projekt im Rahmen der GerES VI Deutsche Umweltstudie zur Gesundheit – Analyse der Belastung durch Schimmelbefall und biologische Schadstoffe von Innenräumen. Tagungsbeitrag. Die 25. Pilztagung. Gemeinsame Fachtagung für biogene Schadstoffe veranstaltet vom Berufsverband Deutscher Baubiologen VDB e.V und dem Bundesverband Schimmelpilzsanierung BSS e.V.

Gareis, Manfred (2022) persönliche Mitteilung

# III. Aktuelle Forschung

## III. 2023 – 2025:

„Deutsche Umweltstudie zur Gesundheit VI (GerES VI): FKZ: 3717 62 299 1 // AZ: 55 411/0011

*Analyse der Belastung durch Schimmelbefall und biologische Schadstoffe von Innenräumen“*

### **Teil 2“**

Ziel: Erfassung von Mykotoxinen in GerES VI Haushalten im Staub, Raumluftmessungen Schimmel und Schimmelpürhundbegehungen, um Belastung der Haushalte mit sichtbarem oder verdeckten Schimmelbefall einschätzen zu können

- 150 Staubproben aus Haushalten in Gesamtdeutschland zur Untersuchung auf Mykotoxinen
- 62 Schimmelpürhundbegehungen
- Projektleitung: AnBUS e.V. (Carmen Kroczeck und Jörg Thumulla)

Im Rahmen von GerES VI erfolgten 2023 – 2024 durch das UBA oder weitere Auftragnehmer

- Sammlung der Proben: Feldphase GerES VI bis Juli 2024
- Proben aus der Innenraumluft (Schlafzimmer) und Außenluft zur Bestimmung der Gesamtsporenzahl an Schimmelpilzen

# III. Aktuelle Forschung

---

## III. 2023 – 2025:

„Deutsche Umweltstudie zur Gesundheit VI (GerES VI): FKZ: 3717 62 299 1 // AZ: 55 411/0011

*Analyse der Belastung durch Schimmelbefall und biologische Schadstoffe von Innenräumen“*

### **Teil 2“**

- Bis Juli 2024: Sammlung von 150 Staubproben aus Haushalten, Lagerung im UBA
- Bis September 2024: 30 durchgeführte Schimmelpürhundbegehungen (geplant 62)
- Bis September 2024: Validierungsarbeiten zur Entwicklung eines harmonisierten Untersuchungsverfahrens von zwei Laboren auf Mykotoxine

# III. Aktuelle Forschung

III. 2023 – 2025:

„Deutsche Umweltstudie zur Gesundheit VI (GerES VI): FKZ: 3717 62 299 4  
Analyse der Belastung durch Schimmelbefall und biologische Schadstoffe in Haushalten“

## Teil 2“

**Ende 2024: Abrupte Beendigung des  
Forschungsprojektes durch das UBA aufgrund von  
Personalmangel**

- Bis Juli 2023: ... Haushalten, Lagerung im UBA
- Bis September 2023: ... Handbegehungen (geplant 62)
- Bis September 2023: ... arbeitsarbeiten zur Entwicklung eines harmonisierten  
Untersuchungsverfahren von zwei Laboren

## III. Aktuelle Forschung

# Mykotoxine

## in Innenräumen

Fortsetzung der Studie mit Eigenmitteln  
zur Untersuchung von Hausstaub

## Studienziele

- I. Harmonisierte Mykotoxin-Analytik im Hausstaub mittels HPLC-MS/MS (mind. zwei Labore)
- II. Identifikation des innenraumrelevanten Mykotoxinspektrums (Indikatorfunktion) im Hausstaub
- III. Informationen zur Konzentrationsverteilung von Mykotoxinen im Hausstaub und luftgetragendem Staub zur Ableitung von Auffälligkeitswerten (Bestimmung 90. / 95. Perzentil) und Hintergrundwerten
- IV. Abschätzung der Exposition und Vergleich mit aktuellen toxikologischen Kenngrößen

## Studienbeteiligte

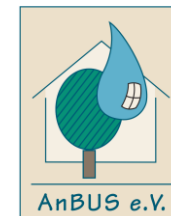
### Labor domatec und Labor Friedle

- Methodenentwicklung,
- Validierung und
- Durchführung der Analytik



### anbus analytik GmbH und AnBUS e.V

- Mitarbeit am Studiendesign
- Gewinnung der Haushalte,
- Durchführung der Probenahmen und die
- Unterstützung bei der Auswertung der Daten



### Labor Friedle

- ✓ Projektleitung: Albrecht Friedle und Athanasios Nitsopoulos
- ✓ modernes gründergeführtes Analyse-Zentrum mit rund 100 Mitarbeitern
- ✓ Schwerpunkt im Bereich der Lebensmittelsicherheit, Rückstandsanalytik und Innenraumdiagnostik
- ✓ nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiert für die Untersuchung von Innenraumluft und Materialien aus Innenräumen
- ✓ nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiert für die Untersuchung von Lebensmitteln, Futtermitteln und pflanzlichen Materialien für ein Multiverfahren zur Bestimmung von Pestizidrückständen mit GC/MS und LC/MS-MS.
- ✓ Seit 1993 Beschäftigung mit der Analytik anthropogener Substanzen in Hausstaub

### Labor domatec

- ✓ Projektleitung: Robert Priller und Jes Johannsen
- ✓ führender Dienstleister im Bereich Wasser- und Lufthygiene
- ✓ nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiertes Prüflabor für mikrobiologische und chemische Untersuchung u. a. von Trinkwasser (zugelassene Untersuchungsstelle nach § 40 TrinkwV), Nutzwasser nach 42. BImSchV, Schwimm- und Badebeckenwasser und Raumluft nach VDI 6022.
- ✓ Seit August 2022 Teil der viridiusLAB, einer internationalen Gruppe von Prüflaboren
- ✓ Seit 2020 Beschäftigung mit der Analytik von Mykotoxinen in Innenräumen

### anbus analytik GmbH und AnBUS e.V.

- ✓ Projektleitung: Jörg Thumulla und Carmen Kroccek
- ✓ Der AnBUS e.V. beschäftigt sich seit 1995 mit der Probenahme und Untersuchung anthropogener Substanzen in Hausstaub, führt Forschungsprojekte durch und organisiert seit 1998 die Fachkongresse der AGÖF
- ✓ Die anbus analytik GmbH wurde im Jahre 2000 als Sachverständigen- und Analyseinstitut gegründet
- ✓ Die anbus analytik GmbH ist nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiert für die Untersuchung von Innenraumluft und Materialien aus Innenräumen
- ✓ Schwerpunkt der Umweltanalytik sind Schadstoffe, Schimmel und Gerüche in Gebäuden (insgesamt 10 Mitarbeiter)
- ✓ Zwei öffentlich bestellte Sachverständige für Schadstoffe in Innenräumen

## Bisherige Forschungsprojekte / Veröffentlichungen zur Untersuchung von Hausstaub

1. Pöhner, A., Simrock, S., Thumulla, J., Weber, S. and Wirkner, T., (1997) "Hintergrundbelastung des Hausstaubes von Privathaushalten mit mittel- und schwerflüchtigen organischen Schadstoffen", AnBUS e.V., Fürth, Germany 1997, Zusammenfassung in Pöhner, A., Simrock, S., Thumulla, J., Weber, S. and Wirkner, T., (1998) "Hintergrundbelastung des Hausstaubes von Privathaushalten mit mittel- und schwerflüchtigen organischen Schadstoffen", Zeitschrift für Umweltmedizin 6, 337-345 und in Diel F; Feist W; Krieg HU, Linden, W (Hrsg.): Ökologisches Bauen und Sanieren. C.F. Müller (Heidelberg 1998) 122-7.
2. Ingerowski G, Friedle A, Thumulla J (2001) Chlorinated ethyl and isopropyl phosphoric acid triesters in the indoor environment-an interlaboratory exposure study. Indoor Air 11:145–149
3. Haumann, T., Thumulla, J.: Semi volatile organochemicals in indoor environment – chlorinated phosphorous and organotin compounds in material and house dust samples. Proceedings of the 9th International Conference on Indoor Air Quality and Climate - Indoor Air '02, Vol. 4. Monterey, CA, 2002, p. 865-870.
4. Becker, K., Seiwert, M., Angerer, J., Kolossa-Gehring, M., Hoppe, H.-W., Ball, M., Schulz, C., Thumulla, J., Seifert, B., 2006. GerES IV Pilot Study: Assessment of the exposure of German children to organophosphorus and pyrethroid pesticides. Int. J. Hyg. Environ. Health 209, 221–233.
5. Albrecht Friedle, Jörg Thumulla and Kees Snepvangers: Quaternary ammonium compounds (QUAT) in house dust, Indoor Air 2008, 17-22 August 2008, Copenhagen, Denmark - Paper ID: 332
6. KroczeK C, Thumulla J, Quaternary Ammonium Compounds – case studies and sampling methods, conference proceedings 12th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, Austin, Texas, Juni 2011
7. Jörg Thumulla und Wigbert Maraun: AGÖF-Orientierungswerte für den Hausstaub - Ein Vorschlag für eine Aktualisierung in AGÖF – Arbeitsgemeinschaft Ökologischer Forschungsinstitute (Hrsg.) Umwelt, Gebäude & Gesundheit: Innenraumschadstoffe, Fogging und Gerüche, AGÖF – Springe-Eldagsen 2007
8. Jörg Thumulla und Carmen KroczeK: Tätigkeitsbezogene Gefahrstoffmessungen zur Festlegung von Arbeitsschutzmaßnahmen beim Umzug von Archiven des GNM, in Arbeitsgemeinschaft ökologischer Forschungsinstitute Tagesband 13. AGÖF-Fachkongress am 20./21. Oktober 2022 in Hallstadt bei Bamberg - Umwelt, Gebäude & Gesundheit: Innenraumhygiene, Asbest und Arbeitsschutz
9. Forschung und Praxis – Mykotoxine in Innenräumen - aktuelle Ergebnisse aus der Vorstudie im Rahmen von GerES VI Forschungsprojekt Schimmel und biologische Schadstoffe in Innenräumen; Kerttu Valtanen, Carmen KroczeK, Monika Raulf, Margrietje Böing, Verena Liebers, Manfred Gareis, Christoph Gottschalk, Jes Johannsen, Robert Priller, Christoph Trautmann, Birgit Kolek, Heike Mehlhorn, Stefan Betz, Dirk Günther, Wolfgang Lorenz, Uwe Münzenberg, Ulrike Stärker, Barbara Roskothen, Regine Szewzyk S.125 -128 des Tagungsbandes, 13. AGÖF-Fachkongress 10/2022

## Studiendesign

### Studienbeginn

- ✓ Januar 2025
- ✓ Erste Ergebnisse liegen seit 17.02.2025 vor

### Auswahl der untersuchten Haushalte:

- ✓ Stadt ← → Land
- ✓ Einfamilienhäuser ← → Mehrfamilienhäuser
- ✓ Altbauten ← → Neubauten
- ✓ Aufnahme von Wohnungs- und Nutzungsdaten
- ✓ Nicht schadensorientiert, überwiegend keine Verdachtsproben

### Finanzierung

- ✓ Eigenmittel der Projektpartner
- ✓ keine Fremdmittel

### Objekte:

- ✓ Bisher Proben aus 20 Haushalten in Süddeutschland
- ✓ davon 16 Proben untersucht
- ✓ Derzeit laufen weitere Untersuchungen

### Datenerhebung Objekt

- ✓ Fragebogen

## Probenahme

### Staubprobenahme

- ✓ Probenahme-Staubsauger mit HEPA-Filter
- ✓ Standardisierte Aufnahme von 7 Tage altem Gesamt-Staub mit Papierstaubbeutel (2-lagig) zur Rückhaltung von Feinstaub
- ✓ Verwendung der gesiebten Feinstaubfraktion ( $< 63 \mu\text{m}$ , einatembare Fraktion) für die Analyse

### Qualitätssicherung und Absicherung der Blindwerte

- ✓ Probenahme nach akkreditiertem Verfahren\*
- ✓ Dokumentation der Reihenfolge, in der die Probenahmesauger eingesetzt wurden, um mögliche Verschleppungen nachvollziehen zu können

\*AGÖF-Leitfaden 2020-11 Hausstaubuntersuchungen auf chemische Parameter - Mittel- und schwerflüchtige organische Verbindungen (SVOC) und Schwermetalle

## IV. Analytik

# Analytik und Ergebnisse

# Analytik

## Bestimmung von 25 Mykotoxinen im Hausstaub

Ifd. Nr.	Bezeichnung
1	Aflatoxin B1
2	Aflatoxin B2
3	Aflatoxin G1
4	Aflatoxin G2
5	Chaetoglobosin A
6	Citrinin
7	Fumagillin
8	Fumitremorgin B
9	Gliotoxin
10	Mycophenolsäure
11	Ochratoxin A
12	Penitrem A

13	Roquefortin C
14	Roridin E
15	Roridin L2
16	Satratoxin G
17	Satratoxin H
18	Stachybotrylactam
19	Sterigmatocystin
20	Verrucarin A
21	Verruculogen
22	T-2 Toxin
23	Zearalanon
24	Fumitremorgin C
25	Zearalenol

# Analytik

## Bestimmung der Mykotoxine in Hausstaub

Matrix	Methode	Extraktion (Probenvorbereitung)	Detektionsmodul	Bestimmungsgrenzen
Hausstaub (7 Tage Frischstaub, gesiebte Feinstaubfraktion > 63µm)	„Hausmethode“, LC-MS/MS	Acetonitril <b>mit</b> Cleanup und Aufkonzentrierung	LC-MS/MS (ESI+/-)	Analyten- und Einwaageabhängig Beispiel 100 mg /5ml Extraktionsvolumen: Sterigmatocystin 2 ng/g Ochratoxin A 12 ng/g

### Messbedingungen

- ✓ Chromatographiesäule: Dr. Maisch; Perfluorophenyl PFP: 3,0 µm, 2,0mm x 100mm
- ✓ Eluenten: A: Wasser (0,1% Ameisensäure + 5 mmol/L Ammoniumformiat + 0,1 mmol/L Ammoniumfluorid);  
B: Methanol (0,1% Ameisensäure + 5 mmol/L Ammoniumformiat + 0,1 mmol/L Ammoniumfluorid)
- ✓ LC: Nexera X2, Shimadzu
- ✓ Massenspektrometer LCMS-8050, Shimadzu

## Datenerhebung über Fragebogen

Probe	Bauweise	Gebäudeart	Umgebung	Baujahr	Altersgruppe Bewohner	bekannter Wasserschaden	sichtbarer Schimmel	UBA Kategorie
1	massiv	MFH	städtisch	vor 1950	25 bis 65	ja	nein	
2	massiv	MFH	ländlich	1950 - 1970	25 bis 45	nein	nein	
3	massiv	Reihenhaus	städtisch	vor 1950	0 bis 45	nein	nein	
4	massiv	MFH	städtisch	vor 1950	25 bis 65	ja	größer 0,5 m <sup>2</sup>	3
5	massiv	EFH	städtisch	2000 bis jetzt	45 bis 65	ja	kleiner 0,5 m <sup>2</sup>	2
6	massiv	MFH	ländlich	1970 - 1990	25 bis 45	nein	nein	
7	massiv	MFH	ländlich	vor 1950	25 bis 65	nein	nein	
8	massiv	MFH	städtisch	vor 1950	0 bis 65	ja	kleiner 0,5 m <sup>2</sup>	2
9	massiv	MFH	städtisch	vor 1950	25 bis 45	ja	nein	
10	massiv	MFH	städtisch	1950 - 1970	25 bis 45	nein	nein	
11	massiv	MFH	städtisch	2000 bis jetzt	25 bis 65	ja	bis 20 cm <sup>2</sup>	1
12	massiv	MFH	städtisch	2000 bis jetzt	25 bis 45	ja	bis 20 cm <sup>2</sup>	1
13	massiv	MFH	städtisch	2000 bis jetzt	0 bis 45	nein	nein	
14	massiv	MFH	ländlich	1970 - 1990	25 bis 45	nein	nein	
15	massiv	MFH	ländlich	vor 1950	25 bis 45	nein	nein	
16	massiv	MFH	städtisch	vor 1950	45 bis 65	nein	nein	

## Analyseergebnisse LC-MS/MS

Probe	Bauweise	Gebäudeart	bekannter Wasserschaden	sichtbarer Schimmel	UBA Kategorie	Sterigmatocystin [ng/g] BG 2ng/g	Stachybotrylactam [ng/g] BG 5 ng/g	Ochratoxin A [ng/g] BG 12 ng/g
1	massiv	MFH	ja	nein		<	<	<
2	massiv	MFH	nein	nein		<	<	<
3	massiv	Reihenhaus	nein	nein		<	<	<
4	massiv	MFH	ja	größer 0,5 m <sup>2</sup>	3	2,4	<	<
5	massiv	EFH	ja	kleiner 0,5 m <sup>2</sup>	2	56	<	<
6	massiv	MFH	nein	nein		<	<	<
7	massiv	MFH	nein	nein		<	<	<
8	massiv	MFH	ja	kleiner 0,5 m <sup>2</sup>	2	4,8	25	<
9	massiv	MFH	ja	nein		<	<	<
10	massiv	MFH	nein	nein		<	<	<
11	massiv	MFH	ja	bis 20 cm <sup>2</sup>	1	<	<	<
12	massiv	MFH	ja	bis 20 cm <sup>2</sup>	1	18	<	28
13	massiv	MFH	nein	nein		<	<	<
14	massiv	MFH	nein	nein		<	<	<
15	massiv	MFH	nein	nein		<	<	<
16	massiv	MFH	nein	nein		<	<	<

< : kleiner BG

- ✓ Erfassung von **25 Mykotoxinen im Hausstaub** (einatembare Fraktion <63 µm) ist mittels LC-MS/MS in einer harmonisierten Laborroutineanalyse möglich
- ✓ Von 20 Proben waren in **7 Haushalten Wasserschäden** bekannt.  
In **5 dieser Schadenshaushalte war sichtbarer Schimmel** vorhanden.
- ✓ In Haushalten **ohne** bekannte Wasserschäden oder sichtbaren Schimmelschäden wurden **keine Mykotoxine** nachgewiesen.
- ✓ In 1 Haushalt **mit sichtbarem** Schimmelschaden wurden keine Mykotoxine nachgewiesen
- ✓ In 4 Haushalten **mit dokumentierten sichtbaren** Schimmelschäden wurden:
  - in allen 4 Proben **Sterigmatocystin nachgewiesen** (2,4 ng/g – 56 ng/g)
  - in 1 Probe davon auch **Stachybotrylactam** mit einer Konzentration von 25 ng/g nachgewiesen
  - in 1 Probe auch **Ochratoxin A** mit einer Konzentration von 28 ng/g nachgewiesen

→ Ubiquitäre Hintergrundbelastung liegt unter den derzeitigen Bestimmungsgrenzen

## Von 2010 bis 2025 wurden durchgeführt:

- **60 Staubproben**  
(LC-MS/MS, ELISA spez. Roridin A Äquivalent)
- **37 Materialproben**  
(LC-MS/MS, ELISA spez. Roridin A Äquivalent)
- **14 Raumlufthproben**  
(LC-MS/MS, ELISA spez. Roridin A Äquivalent)
- **2 Wasserproben**  
(LC-MS/MS)

# Probenahme

## Raumluftprobenahme

- ✓ *High-Volume-Sampler*: VC 25JI  
A- und E-Staubprobenahme
- ✓ E-Staub;  $25 \text{ m}^3/\text{h} = 25.000 \text{ l/h}$
- ✓ Probenahmenvolumen  $\geq 50.000$  Liter Dauer ca. 2 h
- ✓ Glasfaserfilter für luftgetragene Feinstäube

## Hausstaubprobenahme

- ✓ Probenahme-Staubsauger mit HEPA-Filter
- ✓ Standardisierte Aufnahme von 7 Tage altem Gesamt-Staub mit Papierstaubbeutel (2-lagig) zur Rückhaltung von Feinstaub
- ✓ Verwendung der gesiebten Feinstaubfraktion ( $< 63 \mu\text{m}$ , einatembare Fraktion) für die Analyse

## Materialprobe Baustoffe / Oberflächen-Wischprobe

- ✓ Isopropanol getränktes Vlies



## V. Praxis

### Mykotoxine in Innenräumen

# 4 Praxisbeispiele

# Praxisbeispiel 1 (Gerichtsfall)

„Mietwohnung MFH, Schimmelpilzbefall Außenwände in Küche und Schlafzimmer“



## Ausgangssituation:

- MFH, massive Bauweise
- Bauzeit 70er Jahre
- Mietwohnung
- Gesundheitliche Beschwerden bei den aktuellen Mietern:  
Atembeschwerden, körperliche Mattigkeit und Kopfschmerzen
- Kein sichtbarer Schimmel in der Wohnung
- Wandputz, weiß neu gestrichen
- keine Tapete

# Praxisbeispiel 1 (Gerichtsfall)

„Mietwohnung MFH, Schimmelpilzbefall Außenwände in Küche und Schlafzimmer“



## Ausgangssituation:

- > Frage des Gerichts nach Schimmelsporen und Stoffen die zu etwaigen allgemein gesundheitsschädlichen Auswirkungen beitragen

# Praxisbeispiel 1 (Gerichtsfall)

„Mietwohnung MFH, Schimmelpilzbefall Außenwände in Küche und Schlafzimmer“



## Probenahmestrategie:

Putz Materialprobe aus ehemaligem Schadensbereich Außenwand, Küche  
(kein sichtbarer Schimmelpilzbefall)

Vergleichsprobe aus Innenwandbereich,



# Praxisbeispiel 1 (Gerichtsfall)

„Mietwohnung MFH, Schimmelpilzbefall Außenwände in Küche und Schlafzimmer“

	270609-84: Wandputz Küche Außenwand <b>Schadensbereich</b>	270609-86: Wandputz Küche Innenwand <b>Referenzprobe</b>
Aflatoxin B1, B2, G1, G2	n.n.	n.n.
Sterigmatocystin	<b>1,6 ng/g</b>	n.n.
Ochratoxin A	n.n.	n.n.
Satratoxine G,H, F	n.n.	n.n.
Roridin E, L-2	n.n.	n.n.
Stachybotryolactam	n.n.	n.n.

	IC <sub>50</sub> -Wert*	Bewertung*
270609-84: Wandputz Küche Außeneck	125,0 mg/ml	<b>4</b> <b>Gering toxisch</b>
270609-86: Wandputz <b>Referenz</b> Innenwand	250,0 mg/ml	<b>3</b> <b>Nicht toxisch</b>

Effect based Bioassay / MTT-Zytotoxizitätstest

Inhibitory concentration

\*LMU/ Prof. M.Gareis

# Praxisbeispiel 2 - Ausgangslage

## Objekt:

- Mehrfamilienhaus Massivbau, BJ ca. 1990
- Mietwohnung im 2. OG mit großflächigem Schimmelschaden
- Schaden blieb über längere Zeit unentdeckt, bis es zu sichtbarem Schimmelbefall in mehreren Räumen und zu gesundheitlichen Beschwerden kam
- Vermieter beschuldigte zunächst die Mieter, dass sie zu wenig lüften, es erfolgten lange Zeit keine Maßnahmen zur Beseitigung der Ursache

## Schadensursache:

- länger andauernder Leitungswasserschaden aufgrund eines defekten Heizungsrohres, mit stehendem Wasser unter der Estrichdämmschicht auf dem Rohbetonboden
- Alle Räume betroffen
- Auszug der Mieter

## Praxisbeispiel 2 - Fragestellung

---

Liegt eine Gesundheitsschädlichkeit des Schimmels in der streitgegenständlichen Wohnung vor?

## Praxisbeispiel 2 - Probenahmestrategie

---

Während des Ortstermines fiel auf, dass sich leere Flaschen mit Bioziden und eine große Sprühflasche in der Wohnung befanden, so dass von einer Biozidbehandlung der Oberflächen ausgegangen werden kann. Wann, in welchem Raum und in welchem Umfang diese Behandlung durchgeführt wurde, war nicht bekannt.

# Praxisbeispiel 2 - Probenahmestrategie

---

Expositionsabschätzung: Untersuchungen des Oberflächenstaubes und der Raumluft durchgeführt.

Raumluftproben:

- Luftprobenahme auf Schimmel mittels Gelatinefilter und Kultivierung bei 23°C
- Luftprobenahme Gesamtsporenbestimmung mittels Partikelsammlung (Objektträger, Mikroskopie)
- Luftprobenahme auf Mykotoxine (Glasfaserfilter, LC-MS/MS)

Materialproben:

- Untersuchung **Baustoffe** auf Mykotoxine von Putz und Gipskarton (Extrakt, LC-MS/MS)

Oberflächenproben:

- **Folienkontaktprobe** auf Schimmel (Klebefilm, Mikroskopie)
- Oberflächenprobenahme Mykotoxine mittels **Wischprobe** (Wischtuch mit Isopropylalkohol, LC-MS/MS)
- **Staub** (Planfilter ALK, LC-MS/MS)

# Wohnzimmer 1

←  
Kein Mykotoxin Nachweis  
( $< LOD$ )

Referenz  
Nichtschadensbereich

←  
Kein Mykotoxin Nachweis  
( $< LOD$ )

Wasserrand

H= ca. 110cm  
→

Sichtbarer Schimmelbefall

←  
830 ng/g Chaetoglobosin A    1,9 ng/g Stachybotrylactam  
97 ng/ m<sup>2</sup> Sterigmatocystin    1.100 ng/m<sup>2</sup> Stachybotrylactam

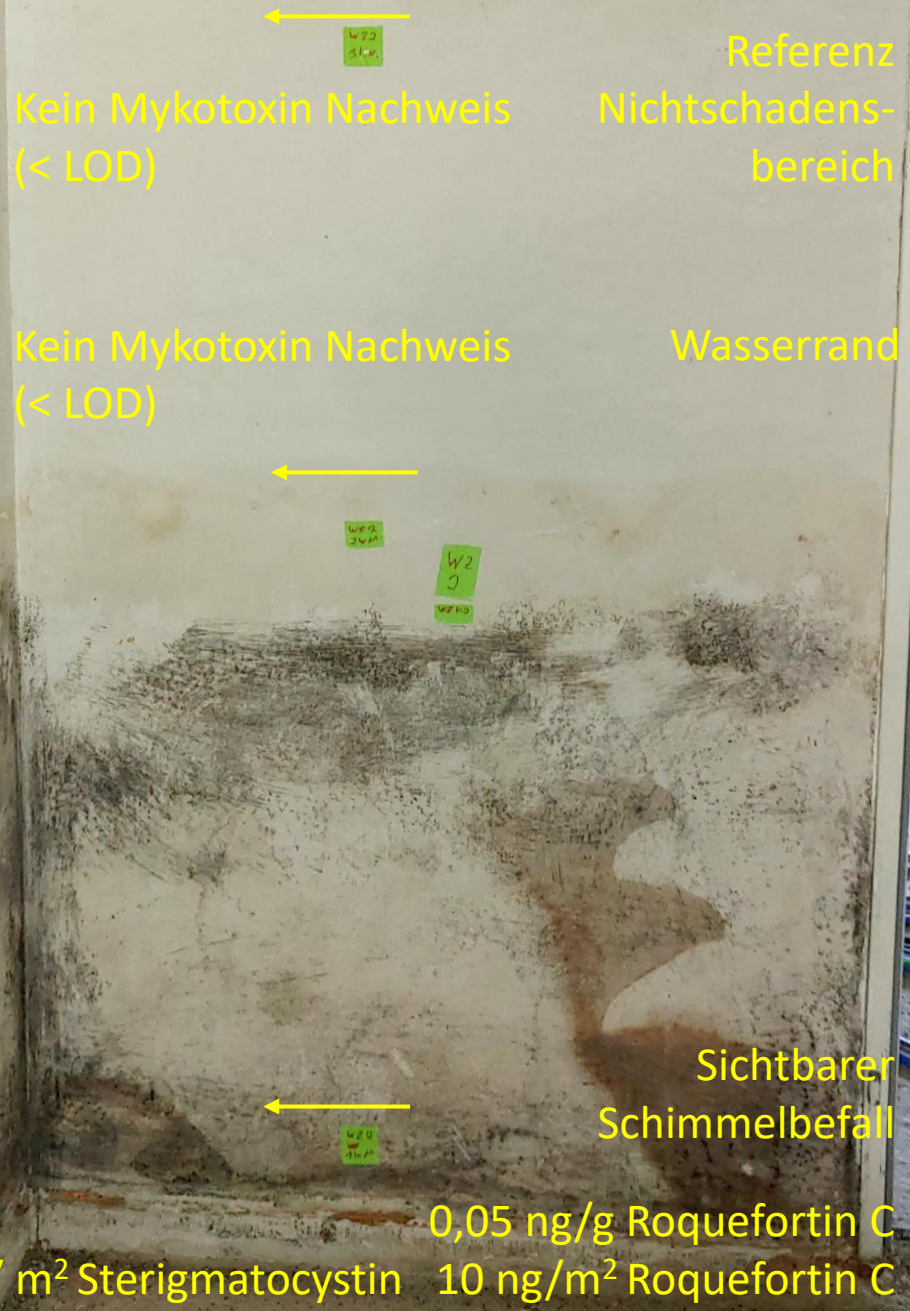
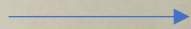
## Ergebnisse:

- Materialproben
- Wischproben
- Luftproben Mykotoxine:  
Kein Mykotoxinnachweis
- Gesamtsporenmessung:  
> 9.000 Chaetomium Sporen/m<sup>3</sup> Luft  
Nachweis eines Sporenaggregats mit 20  
Sporen vom Typ Aspergillus/Penicillium  
180 Sporen Stachybotrys chartarum /m<sup>3</sup> Luft
- Folienkontaktprobe siehe Abbildung

Pilze	Sporen	Träger	Mycel	Sonst.
Typ Aspergillus/Penicillium <sup>a</sup>	++	-	-	
Chaetomium sp.	++++	-	++++	++++ <sup>b</sup>

# Wohnzimmer 2

H= ca. 110cm



## Ergebnisse:

- Materialproben siehe Abbildung
- Wischproben
- Staub Flächensaugproben  
0,6 ng/m<sup>2</sup> Roquefortin C
- Luftproben Mykotoxine:  
Kein Mykotoxinnachweis
- Gesamtsporenmessung:  
> 9.000 Chaetomium Sporen/m<sup>3</sup> Luft  
Nachweis eines Sporenaggregats mit 20 Sporen vom Typ Aspergillus/Penicillium  
180 Sporen Stachybotrys chartarum /m<sup>3</sup> Luft
- Folienkontaktprobe siehe Abbildung

Pilze	Sporen	Träger	Mycel	Sonst.
Typ Aspergillus/Penicillium <sup>a</sup>	+	-	+	
Chaetomium sp.	++++	-	++++	+++ <sup>b</sup>

# Schlafzimmer

Referenz  
Nichtschadens-  
bereich

Kein Mykotoxin Nachweis  
( $< LOD$ )

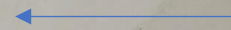


Wasserrand

Kein Mykotoxin Nachweis  
( $< LOD$ )



H= ca. 50 cm



Sichtbarer  
Schimmelbefall

Kein Mykotoxin Nachweis  
( $< LOD$ )



## Probenahmestrategie:

- Materialproben
- Wischproben
- Luftproben Mykotoxine
- Luftproben Gesamtsporenmessung
- Folienkontaktproben

## Ergebnisse:

- Materialproben siehe Abbildung
- Wischproben siehe Abbildung
- Luftproben Mykotoxine:  
Kein Mykotoxinnachweis
- Gesamtsporenmessung:  
3.120 Chaetomium Sporen/m<sup>3</sup> Luft  
1.300 Typ Aspergillus/Penicillium Sporen/m<sup>3</sup> Luft  
160 Sporen Stachybotrys chartarum /m<sup>3</sup> Luft
- Folienkontaktprobe siehe Abbildung

Pilze	Sporen	Träger	Mycel	Sonst.
Typ Aspergillus/Penicillium <sup>a</sup>	+	-	+	
Chaetomium sp.	++++	-	+++	++ <sup>b</sup>

## Kinderzimmer 2 (direkt neben Bad)

H= ca. 80cm

Kein Mykotoxin Nachweis  
( $< LOD$ )

Referenz  
Nichtschadens-  
bereich

Kein Mykotoxin Nachweis  
( $< LOD$ )

Wasserrand

Sichtbarer  
Schimmelbefall

0,4 ng/g Roquefortin C | 150 ng/g Chaetoglobosin A | 0,7 ng/g Sterigmatocystin  
674 ng/m<sup>2</sup> Stachybotrylactam | 3,5 ng/m<sup>2</sup> Roquefortin C | 127 ng/m<sup>2</sup> Sterigmatocystin

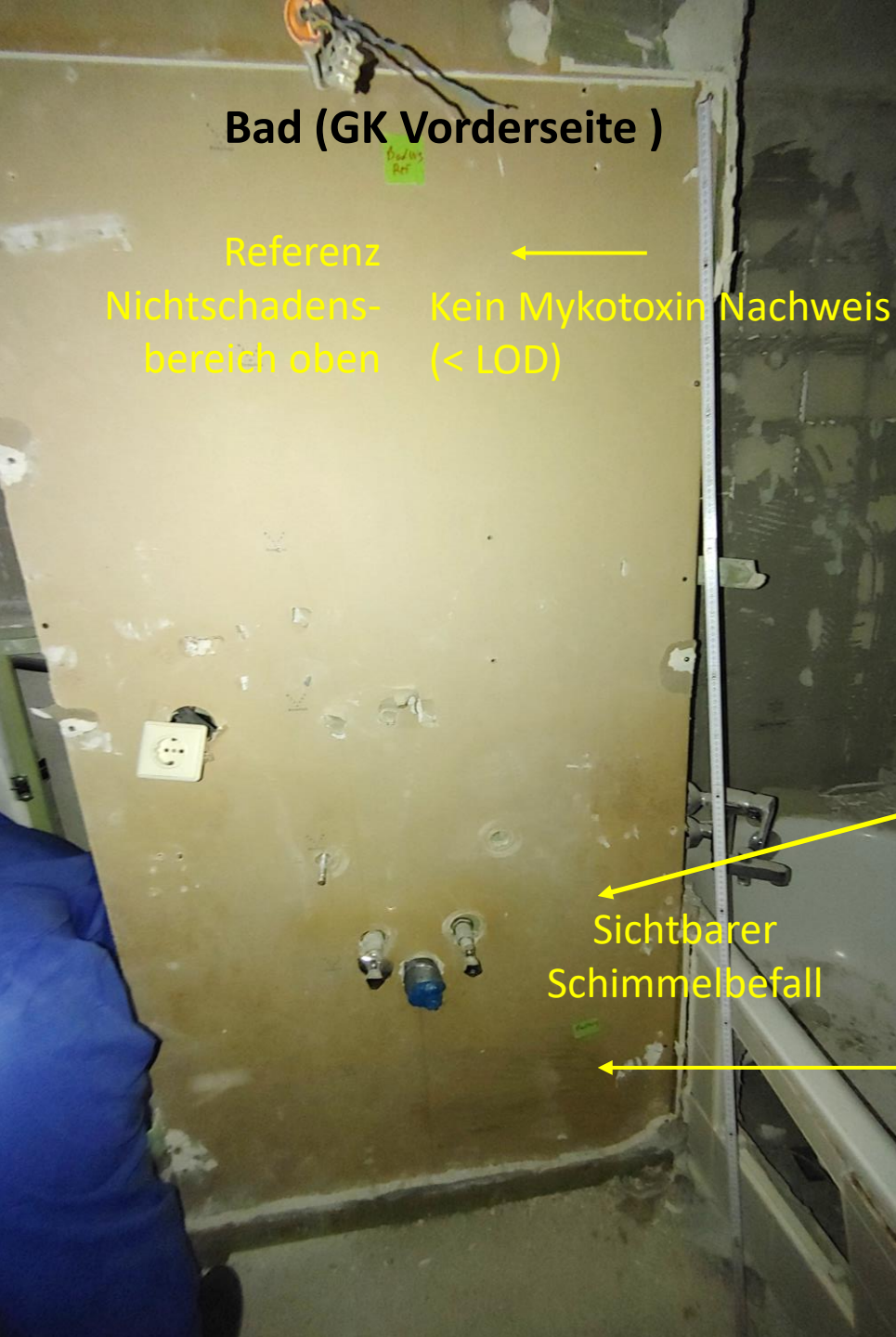
## Probenahmestrategie:

- Materialproben
- Wischproben
- Luftproben Mykotoxine
- Luftproben Gesamtsporenmessung
- Folienkontaktproben

## Ergebnisse:

- Materialproben siehe Abbildung
- Wischproben siehe Abbildung
- Luftproben Mykotoxine:  
0,03 ng/m<sup>3</sup> Luft Stachybotrylactam
- Gesamtsporenmessung:  
> 16.000 Chaetomium Sporen/m<sup>3</sup> Luft  
200 Sporen Stachybotrys chartarum /m<sup>3</sup> Luft  
Keine Angaben für Sporen vom Typ  
Aspergillus/Penicillium möglich da Überbelegung  
mit Partikel
- Folienkontaktprobe siehe Abbildung

Pilze	Sporen	Träger	Mycel	Sonst.
Chaetomium sp.	++++	-	+++	++ <sup>b</sup>



## Bad (GK Vorderseite )

Referenz  
Nichtschadens-  
bereich oben

←

Kein Mykotoxin Nachweis  
(< LOD)

Sichtbarer  
Schimmelbefall

### Probenahmestrategie:

- Materialproben
- Wischproben
- Luftproben Gesamtsپorenmessung

### Ergebnisse:

- RL Gesamtsپorenmessung:  
7.720 Chaetomium Sporen/m<sup>3</sup> Luft  
großes Hyphenstück mit 32 Sporen  
von Chaetomium  
200 Stachybotrys chartarum  
Sporen /m<sup>3</sup> Luft  
ca. 2400 Aspergillus/Penicillium  
Sporen/m<sup>3</sup> Luft

### • Materialproben

245 ng/g Roquefortin C  
5,7 ng/g Satratoxin G  
2,6 ng/g Satratoxin H  
34 ng/g Stachybotrylactam  
7,9 ng/g Roridin E  
332 ng/g Sterigmatocystin

### • Wischproben

410.000 ng/m<sup>2</sup> Roridin L2  
9.000 ng/m<sup>2</sup> Roquefortin C  
68.000 ng/m<sup>2</sup> Satratoxin G  
30.000 ng/m<sup>2</sup> Satratoxin H  
170.000 ng/m<sup>2</sup> Stachybotrylactam  
23.000 ng/m<sup>2</sup> Roridin E  
2.700 ng/m<sup>2</sup> Sterigmatocystin

- Luftproben Mykotoxine:  
0,03 ng/m<sup>3</sup> Luft Stachybotrylactam



## Bad (GK Rückseite)

Sichtbarer  
Schimmelbefall

### Probenahmestrategie:

- Materialproben
- Wischproben
- Luftproben Gesamtsprobenmessung

### Ergebnisse:

- Gesamtsprobenmessung:  
7.720 Chaetomium Sporen/m<sup>3</sup> Luft  
großes Hyphenstück mit 32 Sporen  
von Chaetomium  
200 Stachybotrys chartarum  
Sporen /m<sup>3</sup> Luft  
ca. 2400 Aspergillus/Penicillium  
Sporen/m<sup>3</sup> Luft

- Materialproben

- 2.000 ng/g Roridin L2
- 400 ng/g Roquefortin C
- 460 ng/g Satratoxin G
- 280 ng/g Satratoxin H
- 34.000 ng/g Stachybotrylactam
- 290 ng/g Roridin E
- 33 ng/g Sterigmatocystin

# Fallbeispiel 3

„Wasserschaden Kanzlei“



## Probenahme:

- Gipskartonplatten
- Raumluft

# Fallbeispiel 3

„Wasserschaden Kanzlei“



## Probenahme:

- Gipskartonplatten
- Raumluft

## Ausgangssituation:

- Neubau 2018, Bürogebäude
- Sehr großflächiger Leitungswasserschaden
- verdeckter Schimmelbefall in GK-Wänden und Bodenaufbau



# Fallbeispiel 3

## „Wasserschaden Kanzlei“

Mykotoxin	Einheit	280718-69 Material „3“ Gipskartonwand	280718-70 Material „5“ Gipskartonwand
Aflatoxin B1	ng/cm <sup>2</sup>	n.n.	n.n.
Chaetoglobosin A	ng/cm <sup>2</sup>	n.n.	n.n.
Mycophenolsäure	ng/cm <sup>2</sup>	n.n.	n.n.
Ochratoxin A	ng/cm <sup>2</sup>	n.n.	n.n.
Penitrem A	ng/cm <sup>2</sup>	n.n.	n.n.
Roquefortin C	ng/cm <sup>2</sup>	n.n.	n.n.
Roridin A	ng/cm <sup>2</sup>	n.n.	n.n.
Roridin E**	ng/cm <sup>2</sup>	<b>294</b>	<b>126</b>
Roridin L-2**	ng/cm <sup>2</sup>	<b>12</b>	<b>3,5</b>
Satratoxin G	ng/cm <sup>2</sup>	<b>434</b>	<b>28</b>
Satratoxin H	ng/cm <sup>2</sup>	<b>4989</b>	<b>1381</b>
Stachybotrylactam	ng/cm <sup>2</sup>	<b>26</b>	<b>39</b>
Sterigmatocystin	ng/cm <sup>2</sup>	n.n.	n.n.
Verrucarin A	ng/cm <sup>2</sup>	n.n.	n.n.
Verrucarin J**	ng/cm <sup>2</sup>	<b>26</b>	<b>5,2</b>

Probennummer	Toxische Endkonzentration bei Verdünnungsstufe:	IC <sub>50</sub> * (cm <sup>2</sup> /ml)	Bewertung
280718-69 Material „3“ Gipskarton- wand	<b>9</b>	0,01	<b>Hoch- toxisch</b>
280718-70 Material „5“ Gipskarton- wand	<b>8</b>	0,02	<b>Hoch- toxisch</b>

Effect based Bioassay / MTT-Zytotoxizitätstest

Inhibitory concentration

\*LMU/ Prof. M.Gareis

Mikroskopie Oberflächenprobe:  
großflächige Besiedelung GK-Wand  
mit *Stachybotrys chartarum*

# Was bedeutet das für einen m<sup>2</sup> Oberfläche?

5	µg/cm <sup>2</sup>
50000	µg/ m <sup>2</sup>
50	mg/ m <sup>2</sup>
0,05	g/ m <sup>2</sup>



# Fallbeispiel 4

## „Wasserschaden Seniorenheim“

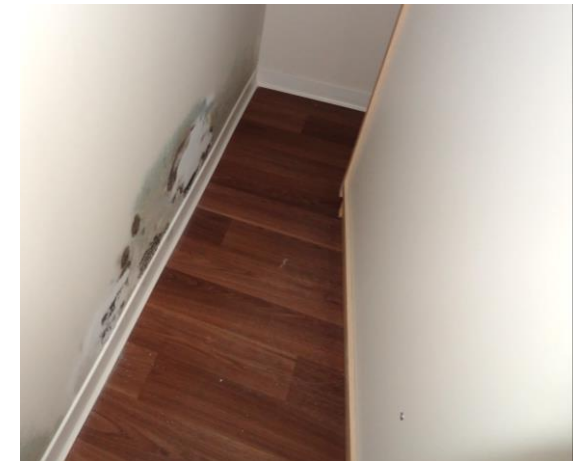


### Ausgangssituation:

- Baujahr 2016/17, Seniorenheim
- Leitungswasserschaden
- Sichtbarer Schimmelbefall an GK-Wänden

### Probenahme:

- Gipskartonplatten



# Fallbeispiel 4

## „Wasserschaden Seniorenheim“

Mikroskopie:  
großflächige Besiedelung GK-Wand  
mit *Stachybotrys chartarum*

Kein Mykotoxinnachweis!

*Stachybotrys chartarum* Chemotyp S produziert makrozyklische Trichotecene (Satratoxine, Roridine) > hochtoxisch  
*Stachybotrys chartarum* Chemotyp A produziert Atranone und Trichodermine



# Mykotoxinspektrum

Ergebnisse Praxisfälle 2010 – 2025

## Häufigsten Nachweise

Art der Probe	Anzahl	Schimmelspektrum	Toxinspektrum
Materialproben Hausstaub	37 60	Aspergillus spp. Chaetomium sp. Penicillium spp. Stachybotrys chartarum	Roquefortin C, Chaetoglobosin A Sterigmatocystin, Stachybotrylactam Makrozyklische Trichothecene: Roridin A, Roridin E, Roridin L2, Satratoxin F, Satratoxin G, Satratoxin H, Verrucarin J
Realproben mit Schimmelbefall			

### Schätzungen:

*Zwischen 30 % und 40 % der Schimmelpilze aus Wasserschäden produzieren makrozyklische Trichotecene*

(Dott et al., 2004; Andersen et al., 2002; Jarvis et al., 1998)

## VI. Fazit

- ✓ Harmonisierte Untersuchungsmethode von Hausstaub und Materialproben auf Mykotoxine mittels LC-MS/MS
- ✓ In unseren Studien und in den Praxisbeispielen, wurden Mykotoxine nur in Schadensbereichen nachgewiesen. Unbelastete Bereiche eindeutig abgrenzbar.
- ✓ Nicht bei allen Schimmelschäden sind Mykotoxine nachweisbar.
- ✓ Ubiquitäre Hintergrundbelastung liegt unter der derzeitigen Bestimmungsgrenze(n) (z.B. Material: 0,004 ng/g bis 5ng/g)
- ✓ Spezifisches Mykotoxinspektrum in Innenräumen erkennbar, das sich vom Mykotoxinspektrum in Lebensmitteln unterscheidet

Haben Sie auch interessante Praxisfälle?  
Möchten Sie Material- und Staubproben auf Mykotoxine untersuchen lassen?

Machen Sie mit beim anbus Forschungsprojekt!

Analyse 25 Mykotoxine im Hausstaub  
zum Forschungsprojektsonderpreis

Voraussetzung:  
Dokumentation der Praxisfälle aus denen die  
Proben stammen

Kontakt:  
Dr. Carmen Kroczeck  
anbus analytik GmbH  
Gesellschaft für Gebäudediagnostik,  
Umweltanalytik und Umweltkommunikation  
Mathildenstraße 48  
90762 Fürth

Tel: +49-911-815166-13  
Mail: [info@anbus-analytik.de](mailto:info@anbus-analytik.de)

**Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit!**

**anbus**  
analytik gmbh