

# Bericht zur Schimmelpilzstudie des



Der Verband Baubiologie VB führt eine Studie mit dem Titel „Krank durch Schimmelpilze“ durch. Ziel dieser Studie ist es eine Basis für gesundheitliche Beeinträchtigungen durch Schimmelpilze und deren Häufigkeit zu erarbeiten. Anhand eines standardisierten Verfahrens werden, als Grundlage für diese Studie, Daten erhoben. Diese Daten beziehen sich auf Gutachten bzw. Messprotokolle von Baubiologischen Messtechnikern.

Als ein besonders prägnantes Fallbeispiel soll dieser Fachbeitrag zu einem Leitungswasserschaden dienen.

Fam. N. aus NRW hat ein Einfamilien-Reihenmittelhaus (Bj. 1993) angemietet und im Jahr 2007 käuflich erworben. Im Frühjahr 2007 kam es zu asthmatischen Anfällen bei Frau N. Herr N. erkrankte in etwa dem gleichen Zeitraum an Bronchitis und Reizhusten. Der Sohn litt unter Reizhusten und wurde im Herbst 2007 aufgrund einer Lungenentzündung stationär behandelt. Eine Ursache für die gesundheitlichen Beeinträchtigungen wurde bei keinem der Familienmitglieder gefunden.

Im Oktober 2007 wurde im Keller eine kleine Wasserlache auf dem gefliesten Boden entdeckt. Die Ursache der Lache konnte schnell ermittelt werden. In der Decke endete ein Versorgungsschacht aus dem tropfenweise Feuchtigkeit heraustrat. Unmittelbar nach Entdeckung der Leckage wurde der Sachversicherer informiert welcher sofort einen Bausachverständigen beauftragte die Schadensursache zu orten und Trocknungsmaßnahmen einzuleiten.

Der im Keller endende vertikale Schacht diente als Leitungsschacht des Badezimmers im 1. Obergeschoss. Dieser Leitungsschacht führte durch das Gäste WC im Erdgeschoss und war mittels Gipsplatten umkleidet.

Der Sachverständige konnte die Schadensursache im Badezimmer unterhalb des Estrichs ausfindig machen. Aus einem kleinen Loch in einer Kunststoffwasserleitung unterhalb des schwimmend verlegten Estrichs drang langsam aber kontinuierlich Wasser aus. Das Wasser verteilte sich über einen nicht bekannten Zeitraum unterhalb der Trittschalldämmung, aus Polystyrol-Hartschaumplatten, im gesamten Badezimmer. Die Trennwände, aus massiven Gipsdielen, standen auf dem Rohboden. Durch die Kapillarwirkung des Gipses stieg die Feuchtigkeit in den Trennwänden bis zu 50 cm hoch.

Das benachbarte Kinderzimmer und der Treppenflur waren mit einer dampfdichten Latexfarbe gestrichen. An der Trennwand vom Kinderzimmer zum Bad stand das Kinder-

bett. Nach Abrücken des Bettes wurde ein flaumartiger grünlicher Bewuchs an der Wandoberfläche festgestellt.

Das vom Sachverständigen beauftragte Trocknungsunternehmen entfernte die Tapete und brachte ein Fungizid auf die befallenen Bereiche auf. Nach der Leckageortung und Sanierung der betroffenen Schadstelle wurden umgehend Trocknungsmaßnahmen mittels Unterfloortrocknung eingeleitet.

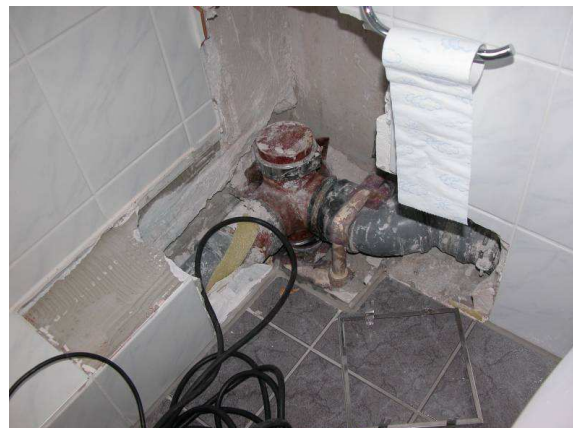
Zusätzlich wurden im Badezimmer, Flur und im Kinderzimmer HEPA-Luftfilter aufgestellt um eine mögliche Sporenbelastung der Raumluft zu minimieren.

Fam. N. war aufgrund des vorgefundenen Schadens und Ihrer gesundheitlichen Situation beunruhigt und bestand auf eine weitere Untersuchung durch einen Baubiologen.

Der Sachversicherer beauftragte daraufhin den Autor mit der Untersuchung des Schimmelschadens worauf im November 2007 ein Ortstermin mit der Familie N. vereinbart wurde. Das Einfamilien-Reihenmittelhaus befand sich, außer im Schadensbereich, visuell in einem sehr gepflegten Zustand.

Der Schaden ereignete sich wie bereits oben beschrieben im Badezimmer des ersten OG. Vom Zeitpunkt der Schadensursache bis zur Entdeckung und anschließender Sanierung wurden große Teile des Gebäudes durchfeuchtet.

Das austretende Wasser unterwanderte die schwimmend verlegte Estrichschicht des Badezimmers bis zu einem vertikalen Leitungsschacht im Bereich der einbindenden Trennwand vom Badezimmer zum Kinderzimmer.



(Bild 1) vertikaler Leitungsschacht im Badezimmer

Die aus massiven Gipsdielen, nach DIN 18163, hergestellten Trennwände vom Bad zum angrenzenden Kinderzimmer bzw. zum Treppenflur wurden bis zu einer Höhe von 50 cm durchfeuchtet.

Um einer möglichen Raumluftbelastung vorzubeugen wurden HEPA-Luftfilter im Badezimmer, dem Flur und dem Kinderzimmer betrieben (Bild 3).



(Bild 2) Sockelbereich im Flur zum Kinderzimmereingang



(Bild 3) HEPA-Luftfilter im Badezimmer

Über den vertikalen Versorgungsschacht wurde das austretende Wasser auch in die darunter liegenden Räume verteilt. In der Küche war der Wanddeckenanschluss im Bereich des Schachtes durchfeuchtet.

Der mit Gipsplatten, nach DIN 18180, bekleidete Leitungsschacht wurde gemäß DIN 4109 zur Minimierung von Fliesgeräuschen gedämmt. Die verwendete Mineralwolle war zum Zeitpunkt der Begehung durchnässt. Mittels orientierender kapazitiver Feuchtemessung (Trotec T 2000 S) konnte bei den Gipsplatten eine hohe Durchfeuchtung (> 130 Digits, Gipsplatten im trockenen Zustand 40 Digits  $\pm$  10 Herstellerangabe) festgestellt werden. Die Trocknungsarbeiten wurden während der Untersuchung nicht unterbrochen.

Zur Einschätzung der mikrobiologischen Situation und daraus resultierender möglicher gesundheitlicher Belastung wurden Luftkeimsammlungen auf 2 unterschiedlichen Nährböden, MEA-Agar und DG18-Agar aufgebracht. Zur Überprüfung der bakteriellen Situation wurde CASO-Agar mit Zusatz von Cycloheximid verwendet.

Die Beprobungen fanden an sechs verschiedenen Orten statt.

Referenzmessung auf der Terrasse  
Wohnzimmer Erdgeschoss  
Badezimmer Obergeschoss  
Kinderzimmer Obergeschoss  
Schlafzimmer Obergeschoss  
Spielzimmer Dachgeschoss

Zusätzlich wurden an vier definierten Orten Oberflächenabstriche mittels sterilen Tupfern auf 2 unterschiedlichen Nährböden, MEA-Agar und DG18-Agar, und zur Überprüfung der bakteriellen Situation, auf CASO-Agar mit Zusatz von Cycloheximid, aufgebracht. Diese Kontaktproben wurden an unterschiedlichen Stellen des Estrichbereiches entnommen.

Die Luftkeimsammlungen wurden mittels Impaktionsverfahren (System Hohlbach) durchgeführt.

Die Probenahmen im Badezimmer und dem Kinderzimmer wurden aktiv durchgeführt. Hierzu wurde der Probenahmekopf auf ein Stativ in einer Höhe von 1,50 m gemäß VDB Richtlinien bzw. VDI 4300 aufgebaut und die Raumluft unter Nutzungsbedingungen entnommen.

Die genauen Probenbezeichnungen mit der zugehörigen Probenahmemethode wurden im entsprechenden Gutachten dokumentiert.

Familie N. ließ sich vorbeugend durch einen Umweltmediziner untersuchen.

#### Untersuchungsergebnisse

Die Laboranalysen der Petrischalen, Anzucht im Klimaschrank, Bestimmung der Kolonie-Bildenden Einheiten (KBE) und Mikroskopische Bestimmung der Gattungen erfolgte durch das Institut für Angewandte Mykologie und Hygiene in Amöneburg.

In der Raumluft sind Schimmelpilzsporen nicht ideal verteilt enthalten. Bei einer zu geringen Konzentration, ist nicht mehr davon auszugehen, dass die Beaufschlagungen der Nährmedien normalverteilt (Gaußkurve) erfolgt, sondern nach einer Poisson-Verteilung die für seltene Ereignisse gilt (Wahrscheinlichkeitsverteilung die beim mehrmaligen Durchführen eines Experimentes entsteht).

Eine quantitative Auswertung von impaktierten Schimmelpilzprobenahmen ist aus statistischen Gründen daher nur möglich, wenn mindestens 10 KBE einer Art auf einem Nährmedium wachsen. In dem Bereich von 5 bis 10 KBE ist lediglich eine halbquantitative Auswertung möglich.

Wachsen insgesamt mehr als 100 KBE auf einem Nährmedium, können sich einzelne Kolonien durch Überlagerung gegenseitig in ihrem Wachstum hindern. In diesem Fall ist von einer höheren Konzentration an KBE auszugehen.

Höhere KBE-Werte in Innenräumen weisen fast immer auf das Vorhandensein einer Schimmelpilzproblematik hin. Bei höheren Außenluftwerten kann jedoch nicht davon ausgegangen werden, dass die Situation im Innenraum unbedenklich wäre. Weicht das vorgefundene Artenspektrum von innen und außen stark voneinander ab muss von einer Besiedlung im Innenraum ausgegangen werden.

Baubiologisches Sachverständigen Büro  
Dirk Herberg

Baubiologe IBN / Baubiologischer Messtechniker IBN  
geprüfter Sachverständiger für Schimmelpilze in Innenräumen (TÜV)  
Sachverständiger für Trockenbau und Putze

Bankverbindung  
Verbands-Sparkasse Wesel  
BLZ 356 500 00  
KTO 255 455

Tabelle 1 Untersuchungsergebnisse Luftkeimsammlung – Außenluft (Referenz) - Inkubation bei 25°C - Probenahmevolumen 100 Liter

Medium	Pilze	KBE / m³ Luft
MEA	<i>Cladosporium</i> spp	110
	<i>Mycelia sterilia</i>	240
	<i>Penicillium</i> spp.	50
	Summe**	400
	( <i>Rhodotorula</i> sp.*)	(420*)
	(weitere Hefepilze*)	(40*)
(Hefepilze* [gesamt])	(460*)	
DG 18	<i>Aspergillus versicolor</i>	10
	<i>Cladosporium</i> spp.	90
	<i>Mycelia sterilia</i>	210
	<i>Penicillium</i> spp.	30
	Summe**	340
	( <i>Rhodotorula</i> sp.*)	(290*)
	(weitere Hefepilze*)	(60*)
(Hefepilze* [gesamt])	(350*)	
CASO	Bakterien (hiervon Actinomyceten:)	210 (0)

\* Hefepilze werden bei der Summenbildung Schimmelpilze nicht berücksichtigt

Tabelle 2 Untersuchungsergebnisse Luftkeimsammlung – Wohnzimmer - Inkubation bei 25°C - Probenahmevolumen 100 Liter

Medium	Pilze	KBE / m³ Luft
MEA	<i>Mycelia sterilia</i>	30
	<i>Penicillium</i> spp.	2.410
	Summe Schimmelpilze	2.440
	( <i>Rhodotorula</i> sp.*)	(0*)
	(weitere Hefepilze*)	(0*)
	(Hefepilze* [gesamt])	(0*)
DG 18	<i>Cladosporium</i> sp.	70
	<i>Penicillium</i> spp.	2.160
	Summe Schimmelpilze	2.230
	( <i>Rhodotorula</i> sp.*)	(0*)
	(weitere Hefepilze*)	(0*)
	(Hefepilze* [gesamt])	(0*)
CASO	Bakterien (hiervon Actinomyceten:)	890 (0)

Tabelle 3 Untersuchungsergebnisse Luftkeimsammlung – Badezimmer - Inkubation bei 25°C - Probenahmevolumen 100 Liter

Medium	Pilze	KBE / m³ Luft
MEA	<i>Aspergillus versicolor</i>	10
	<i>Botrytis cinerea</i>	20
	<i>Mycelia sterilia</i>	20
	<i>Penicillium</i> spp.	30
	Summe**	80
	( <i>Rhodotorula</i> sp.*)	(0*)
	(weitere Hefepilze*)	(320*)
(Hefepilze* [gesamt])	(320*)	
DG 18	<i>Cladosporium</i> spp.	20
	<i>Mycelia sterilia</i>	20
	Summe**	40
	( <i>Rhodotorula</i> sp.*)	(*)
	(weitere Hefepilze*)	(20*)
(Hefepilze* [gesamt])	(20*)	
CASO	Bakterien (hiervon Actinomyceten:)	20 (0)

Tabelle 4 Untersuchungsergebnisse Luftkeimsammlung – Kinderzimmer - Inkubation bei 25°C - Probenahmevolumen 100 Liter

Medium	Pilze	KBE / m³ Luft
MEA	<i>Penicillium</i> spp.	50
	Summe**	50
	( <i>Rhodotorula</i> sp.*)	(0*)
	(weitere Hefepilze*)	(0*)
(Hefepilze* [gesamt])	(0*)	
DG 18	<i>Cladosporium</i> spp.	20
	<i>Penicillium</i> spp.	1.150
	Summe**	1.170
	( <i>Rhodotorula</i> sp.*)	(0*)
	(weitere Hefepilze*)	(0*)
(Hefepilze* [gesamt])	(0*)	
CASO	Bakterien (hiervon Actinomyceten:)	120 (0)

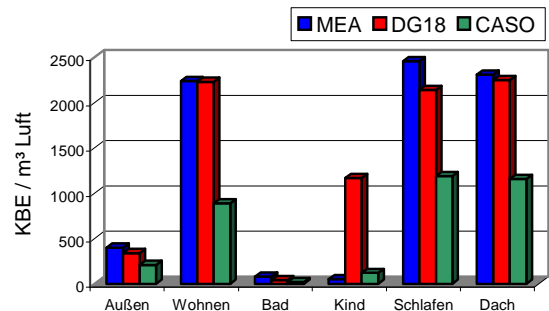
Tabelle 5 Untersuchungsergebnisse Luftkeimsammlung – Schlafzimmer - Inkubation bei 25°C - Probenahmevolumen 100 Liter

Medium	Pilze	KBE / m³ Luft
MEA	<i>Cladosporium</i> spp	20
	<i>Penicillium</i> spp.	2.440
	Summe Schimmelpilze	2.460
	( <i>Rhodotorula</i> sp.*)	(0*)
	(weitere Hefepilze*)	(0*)
	(Hefepilze* [gesamt])	(0*)
DG 18	<i>Aspergillus versicolor</i>	20
	<i>Penicillium</i> spp.	2.120
	Summe Schimmelpilze	2.140
	( <i>Rhodotorula</i> sp.*)	(0*)
	(weitere Hefepilze*)	(0*)
	(Hefepilze* [gesamt])	(0*)
CASO	Bakterien (hiervon Actinomyceten:)	1.190 (0)

Tabelle 6 Untersuchungsergebnisse Luftkeimsammlung – Dachboden, Spielzimmer - Inkubation bei 25°C - Probenahmevolumen 100 Liter

Medium	Pilze	KBE / m³ Luft
MEA	<i>Cladosporium</i> sp	20
	<i>Penicillium</i> spp.	2.290
	Summe Schimmelpilze	2.310
	( <i>Rhodotorula</i> sp.*)	(0*)
	(weitere Hefepilze*)	(0*)
	(Hefepilze* [gesamt])	(0*)
DG 18	<i>Penicillium</i> spp.	2.250
	Summe Schimmelpilze	2.250
	( <i>Rhodotorula</i> sp.*)	(0*)
	(weitere Hefepilze*)	(0*)
	(Hefepilze* [gesamt])	(0*)
CASO	Bakterien (hiervon Actinomyceten:)	1.160 (0)

Abbildung 1 Gesamtkoloniezahlen (KBE-Gesamtwerte) der Luftkeimsammlungen



Auf eine differenzierte grafische Darstellung der einzelnen nachgewiesenen Gattungen bzw. Arten wird in diesem Fachaufsatz verzichtet.

#### Oberflächenabstriche - Nachweisbare Schimmelpilze

Es wurden die in der nachfolgenden Tabelle 7 aufgeführten, durch Abstrichproben gewonnenen, kultivierbaren Pilze nachgewiesen.

- + = Kolonien vereinzelt (1-3)
- ++ = Kolonien häufig (4-10)
- +++ = Kolonien zahlreich (>10)
- ++++ = Kolonien sehr zahlreich (>100)
- \* = Schimmelpilz nur in Form von der Agar-Oberfläche anhaftenden Konidien nachgewiesen
- n. B. = nicht bestimmbar, da Bestimmungsmerkmale nicht ausgeprägt.
- o. B. = ohne Befund, d. h. keine Schimmelpilze nachweisbar

Tabelle 7 Untersuchungsergebnisse Abstriche

Bezeichnung	Medium	Inkubiert bei	Pilze	Relative Häufigkeit
Badezimmer	MEA	25 °C	<i>Cladosporium</i> sp.	++
			<i>Penicillium</i> sp.	++++
	DG 18	25 °C	<i>Cladosporium</i> sp.	++
			<i>Penicillium</i> sp.	++++
	CASO	25 °C	Bakterien	++++
			(hiervon Actinomyceten)	(+)
Kinderzimmer Estrichfuge	MEA	25 °C	<i>Chaetomium</i> sp.	+
			<i>Penicillium</i> sp.	+++
	DG 18	25 °C	<i>Penicillium</i> sp.	++++
	CASO	25 °C	Bakterien	+++
			(hiervon Actinomyceten)	(0)
Flur Estrichfuge	MEA	25 °C	<i>Cladosporium</i> sp.	+++
			<i>Penicillium</i> sp.	++++
	DG 18	25 °C	<i>Cladosporium</i> sp.	++
			<i>Penicillium</i> sp.	++++
	CASO	25 °C	Bakterien	+++
			(hiervon Actinomyceten)	(0)
WC Versorgungsschacht	MEA	25 °C	<i>Cladosporium</i> sp.	+
			<i>Penicillium</i> sp.	++++
	DG 18	25 °C	<i>Cladosporium</i> sp.	++
			<i>Penicillium</i> sp.	+++
	CASO	25 °C	Bakterien	++++
			(hiervon Actinomyceten)	(0)

Die zum Messzeitpunkt durchgeführten Luftfiltermaßnahmen im Badezimmer und Kinderzimmer führten zu einer nachweislichen Minimierung der luftgetragenen Sporen. Jedoch konnten durch Oberflächenabstriche im Fugenbereich des Estrichs deutlich erhöhte Konzentrationen der Gattung *Penicillium* sp. nachgewiesen werden. Im Versorgungsschacht des Gäste WCs konnten gleichfalls erhöhte KBE der Gattung *Penicillium* sp. festgestellt werden.

#### Wie konnte es zu einer Kontamination durch *Penicillium* sp. Sporen in den anderen Räumen kommen?

Bei der Leckageortung sowie den hierzu notwendigen Stemm- und Rückbauarbeiten wurden keine Vorkehrungen getroffen welche ein übermäßiges Aufwirbeln von Keimen aus dem Schadbereich vorgebeugt hätten. Bei den durchgeführten Trocknungsmaßnahmen wurde das Überdruckverfahren verwendet.

Bei diesem Trocknungsverfahren wird warme trockene Luft durch spezielle Randfugendüsen mit Druck in die Dämmschicht des Estrichs eingeblasen. Durch den vorgegebenen Druck durchströmt die eingebrachte Luft die Dämmschicht. Die beim Austritt auf der gegenüberliegenden Randfuge mit Feuchtigkeit gesättigte Luft kann jetzt durch Kondensatrockener getrocknet werden. Die durchströmende Luft nimmt hierbei den Weg des geringsten Widerstandes. Durch einen unebenen Rohfußboden oder Fugen in der Dämmschicht kommt es zu unterschiedlichen Luftwiderständen. So können sich an verschiedenen Bereichen, welche von durchströmender Luft nicht oder nur gering erreicht werden (z.B. lokale Vertiefungen im Rohbeton), Restfeuchtenester bilden.

Zusätzlich werden unter dem Estrich vorhandene Keime in die Atemluft eingebracht und verwirbelt. Da alle Räume während den Trocknungsarbeiten genutzt wurden konnten die sehr leicht flugfähigen *Penicillium* Sporen ebenfalls alle Räume großflächig kontaminieren.

#### Sanierungsmaßnahmen:

Familie N. zog während der Sanierungsmaßnahmen aus dem Haus aus. Alle Möbel und Einrichtungsgegenstände wurden ausgelagert und feingereinigt. Die Wand und Deckenoberflächen im gesamten Haus wurden mittels HEPA-Sauger gereinigt und neu gestrichen.

#### Badezimmer/Kinderzimmer im Obergeschoss:

Der schwimmend verlegte Estrich wurde zurückgebaut und gemäß Biostoffverordnung entsorgt. Im Anschluss wurde die aus Gipsdielen bestehende Trennwand von Bad, Kinderzimmer und Treppenflur ebenfalls zurückgebaut und entsorgt. Nach einer umfangreichen Feinreinigung wurden mit dem Wiedereinbau begonnen. Der Neueinbau der Trennwände erfolgte im trockenen Ausbau. Der Zementestrich wurde schwimmend verlegt. Nach Abschluss der Trocknung erfolgte der Einbau eines neuen Teppichbodens.

#### Treppenflur im Obergeschoss:

Im Anschlussbereich des Badezimmers wurde der schwimmend verlegte Estrich zurückgebaut und nach umfangreichen Feinreinigungsarbeiten ein neuer Zementestrich eingebaut. Als Oberboden wurde ein neuer Teppichboden verlegt.

#### Schlafzimmer und Ankleidezimmer:

Der Teppichboden wurde zurückgebaut und ein fabrikneuer Teppich verlegt.

#### Eingangsbereich im Erdgeschoss:

In einer Garderobennische wurde ein senkrechter Versorgungsschacht vorsorglich zurückgebaut und entsorgt. Nach den Rückbaumaßnahmen wurden sorgsame Feinreinigungsarbeiten durchgeführt. Mit einer Gipsplattenkonstruktion wurden die Versorgungsschächte neu errichtet. Im Zuge der Sanierungsarbeiten wurde, unabhängig von den notwendig durchzuführenden Maßnahmen, auch der Oberboden durch neue Fliesen ersetzt.

#### Gäste WC im Erdgeschoss:

Der vertikale Versorgungsschacht wurde zurückgebaut, entsorgt, feingereinigt und mit einer Gipsplattenkonstruktion neu errichtet. Im Anschluss wurde das WC neu verfließt und tapeziert.

Im Wohnzimmer, Küche und den Kellerräumen wurden die Oberflächen gereinigt, und gestrichen.

**Sanierungskontrolle:**

Im April 2008 erfolgte eine umfangreiche mikrobiologische Untersuchung. Die sanierten Räume befanden sich zum Zeitpunkt der Begehung visuell in einem sehr guten Zustand (Bild 4).



(Bild 4) Luftkeimsammlung im sanierten Wohnzimmer

Der Erfolg der Sanierung sollte mittels Gesamtsporenauswertung und Luftkeimsammlungen kontrolliert werden. Das Probenahme- System wurde jeweils in Raummitte in einer Höhe von 1,50 m auf einem Stativ aufgestellt. Die Probenahme erfolgten nach den Vorgaben der VDI 4300 bzw. den VDB-Richtlinien für chemische und mikrobiologische Untersuchungen.

Die Beprobungen fanden an acht verschiedenen Orten statt:

Referenzmessung auf der Terrasse – Wohnzimmer – Waschkeller – Vorratskeller – Bad – Kinderzimmer – Schlafzimmer – Dachgeschoss

Es wurden jeweils 100 l mit einer Durchflussrate von 30 l/min auf das entsprechende Nährmedium gezogen. Zusätzlich wurden im Badezimmer und Kinderzimmer Oberflächenabstriche genommen.

Tabelle 8 Untersuchungsergebnisse Luftkeimsammlung – Außenluft (Referenz) - Inkubation bei 25 °C - Probenahmevolumen 100 Liter

Bezeichnung	Medium	Pilze	KBE / m³ Luft
Außenluft	MEA	<i>Botrytis cinerea</i>	30
		<i>Cladosporium</i> spp	70
		<i>Mycelia Sterilia</i>	120
		Summe**	306
		( <i>Rhotorula</i> sp.*)	(0*)
		(weitere Hefepilze*)	(60*)
Außenluft	DG 18	<i>Botrytis cinerea</i>	10
		<i>Cladosporium</i> spp.	150
		<i>Mycelia sterilia</i>	10
		<i>Penicillium</i> spp.	30
		Summe**	393
		( <i>Rhotorula</i> sp.*)	(0*)
Außenluft	CASO	Bakterien (hiervon Actinomyceten:)	80 (0)

Tabelle 4 Untersuchungsergebnisse Luftkeimsammlung – Wohnzimmer - Inkubation bei 25 °C - Probenahmevolumen 100 Liter

Bezeichnung	Medium	Pilze	KBE / m³ Luft	
			12.12.2007	17.04.2008
Wohnzimmer	MEA	Basidiomycetenmyzel, steril		60
		<i>Mycelia Sterilia</i>	30	60
		<i>Penicillium</i> spp.	2.410	
		Summe**	2.440	120
		( <i>Rhotorula</i> sp.*)	(0*)	(0*)
		(weitere Hefepilze*)	(0*)	(0*)
Wohnzimmer	DG 18	<i>Cladosporium</i> spp.	70	30
		<i>Eurotium amstelodami</i>		30
		<i>Mycelia sterilia</i>		10
		<i>Penicillium</i> spp.	2.160	10
		Summe**	2.230	80
		( <i>Rhotorula</i> sp.*)	(0*)	(0*)
Wohnzimmer	CASO	Bakterien (hiervon Actinomyceten:)	890 (0)	70 (0)

Abbildung 2 Vergleichende Darstellung der Gesamt KBE vor bzw. nach der Sanierungsmaßnahme im Wohnzimmer

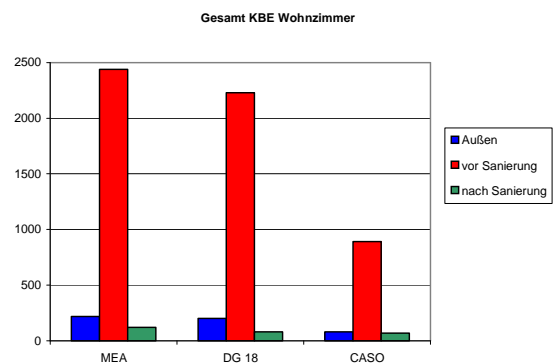


Tabelle 5 Untersuchungsergebnisse Luftkeimsammlung – Waschkeller - Inkubation bei 25 °C - Probenahmevolumen 100 Liter

Bezeichnung	Medium	Pilze	KBE / m³ Luft	
				17.04.2008
Waschkeller	MEA	Basidiomycetenmyzel, steril		10
		<i>Cladosporium</i> spp		60
		<i>Mycelia Sterilia</i>		20
		Summe**		90
		( <i>Rhotorula</i> sp.*)		(0*)
		(weitere Hefepilze*)		(0*)
Waschkeller	DG 18	<i>Cladosporium</i> sp.		20
		<i>Mycelia sterilia</i>		10
		<i>Penicillium</i> spp.		20
		Summe**		
		( <i>Rhotorula</i> sp.*)		(0*)
		(weitere Hefepilze*)		(0*)
Waschkeller	CASO	Bakterien (hiervon Actinomyceten:)	80 (0)	

Abbildung 2  
Vergleichende Darstellung der Gesamt KBE vor bzw. nach der Sanierungsmaßnahme im Waschkeller

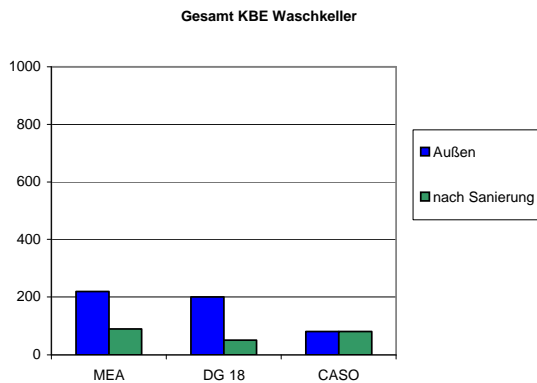


Tabelle 6 Untersuchungsergebnisse Luftkeimsammlung – Vorratskeller - Inkubation bei 25 °C - Probenahmevolumen 100 Liter

Bezeichnung	Medium	Pilze	KBE / m³ Luft	
			12.12.2007	17.04.2008
Vorratskeller	MEA	Basidiomycetenmyzel, steril		40
		<i>Cladosporium</i> spp		30
		<i>Mycelia Sterilia</i>		20
		Summe**		90
		( <i>Rhodotorula</i> sp.*)		(0*)
		(weitere Hefepilze*)		(0*)
Vorratskeller	DG 18	<i>Cladosporium</i> spp.		40
		<i>Eurotium amstelodami</i>		40
		<i>Mycelia sterilia</i>		60
		<i>Penicillium</i> spp.		40
		Summe**		180
		( <i>Rhodotorula</i> sp.*)		(0*)
		(weitere Hefepilze*)		(30*)
(Hefepilze* [gesamt])		(30*)		
Vorratskeller	CASO	Bakterien (hiervon Actinomyceten:)		510 (0)

Abbildung 3  
Vergleichende Darstellung der Gesamt KBE vor bzw. nach der Sanierungsmaßnahme im Vorratskeller

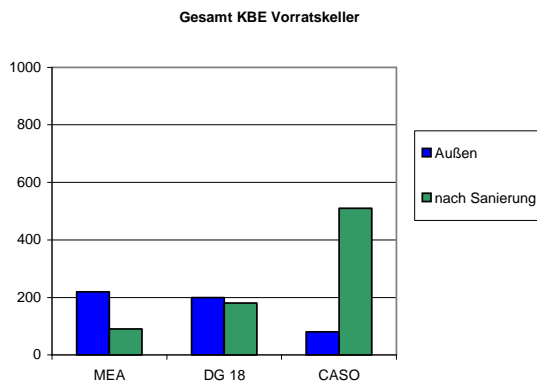


Tabelle 7 Untersuchungsergebnisse Luftkeimsammlung –Bad - Inkubation bei 25 °C – Probenahmevolumen 100 Liter

Bezeichnung	Medium	Pilze	KBE / m³ Luft	
			12.12.2007	17.04.2008
Bad	MEA	<i>Aspergillus versicolor</i>		10
		Basidiomycetenmyzel, steril		120
		<i>Botrytis cinerea</i>		20
		<i>Mycelia Sterilia</i>		20
		<i>Penicillium</i> spp.		30
		Summe**		80
		( <i>Rhodotorula</i> sp.*)		(0*)
(weitere Hefepilze*)		(320*)		
(Hefepilze* [gesamt])		(320*)		
Bad	DG 18	<i>Cladosporium</i> spp.		20
		<i>Mycelia sterilia</i>		120
		<i>Penicillium</i> spp.		10
		Summe**		150
		( <i>Rhodotorula</i> sp.*)		(0*)
		(weitere Hefepilze*)		(20*)
(Hefepilze* [gesamt])		(20*)		
Bad	CASO	Bakterien (hiervon Actinomyceten:)		20 (0)

Abbildung 4  
Vergleichende Darstellung der Gesamt KBE vor bzw. nach der Sanierungsmaßnahme im Badezimmer

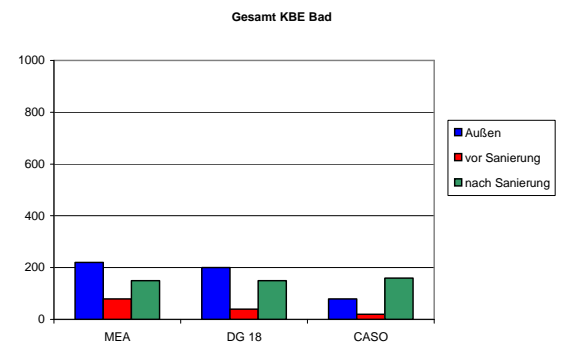


Tabelle 8 Untersuchungsergebnisse Luftkeimsammlung –Kinderzimmer - Inkubation bei 25 °C - Probenahmevolumen 100 Liter

Bezeichnung	Medium	Pilze	KBE / m³ Luft	
			12.12.2007	17.04.2008
Kinderzimmer	MEA	<i>Cladosporium</i> sp.		30
		<i>Mycelia Sterilia</i>		50
		<i>Penicillium</i> spp.		20
		Summe**		100
		( <i>Rhodotorula</i> sp.*)		(0*)
		(weitere Hefepilze*)		(0*)
(Hefepilze* [gesamt])		(0*)		
Kinderzimmer	DG 18	<i>Cladosporium</i> spp.		20
		<i>Mycelia sterilia</i>		70
		<i>Penicillium</i> spp.		1.150
		Summe**		1.170
		( <i>Rhodotorula</i> sp.*)		(0*)
		(weitere Hefepilze*)		(10*)
(Hefepilze* [gesamt])		(20*)		
Kinderzimmer	CASO	Bakterien (hiervon Actinomyceten:)		120 (0)

Abbildung 5  
Vergleichende Darstellung der Gesamt KBE vor bzw. nach der Sanierungsmaßnahme im Kinderzimmer

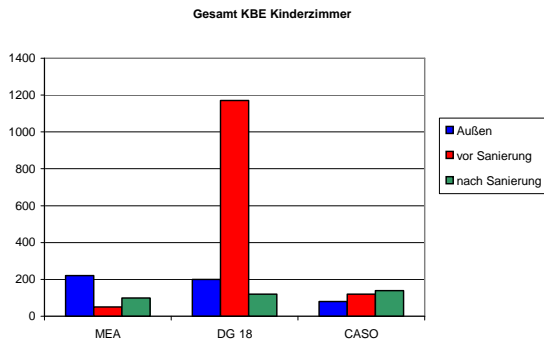


Tabelle 9 Untersuchungsergebnisse Luftkeimsammlung – Schlafzimmer - Inkubation bei 25 °C - Probenahmevolumen 100 Liter

Bezeichnung	Medium	Pilze	KBE / m³ Luft	
			12.12.2007	17.04.2008
Schlafzimmer	MEA	<i>Cladosporium</i> spp	20	90
		<i>Mycelia Sterilia</i>		70
		<i>Penicillium</i> spp.	2.440	
		Summe**	2.460	160
		( <i>Rhodotorula</i> sp.*)	(0*)	(0*)
		(weitere Hefepilze*)	(0*)	(0*)
Schlafzimmer	DG 18	<i>Cladosporium</i> spp.	20	20
		<i>Mycelia sterilia</i>		100
		<i>Penicillium</i> spp.	2.120	
		Summe**	2.140	120
		( <i>Rhodotorula</i> sp.*)	(0*)	(0*)
		(weitere Hefepilze*)	(0*)	(20*)
Schlafzimmer	CASO	Bakterien (hiervon Actinomyceten:)	1.190 (0)	50 (0)

Abbildung 6  
Vergleichende Darstellung der Gesamt KBE vor bzw. nach der Sanierungsmaßnahme im Schlafzimmer

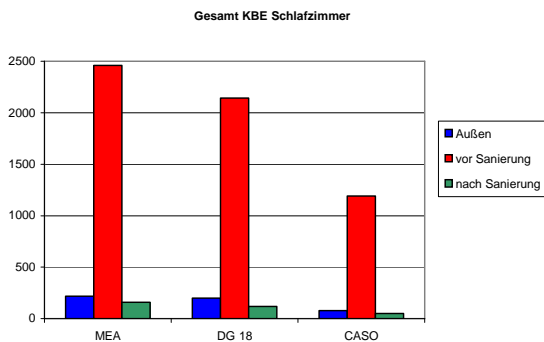
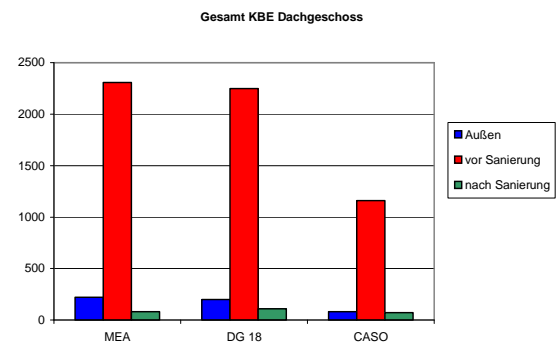


Tabelle 10 Untersuchungsergebnisse Luftkeimsammlung –Dachgeschoss - Inkubation bei 25 °C - Probenahmevolumen 100 Liter

Bezeichnung	Medium	Pilze	KBE / m³ Luft	
			12.12.2007	17.04.2008
Dachgeschoss	MEA	<i>Cladosporium</i> spp	20	
		<i>Mycelia Sterilia</i>		80
		<i>Penicillium</i> spp.	2.290	
		Summe**	2.310	80
		( <i>Rhodotorula</i> sp.*)	(0*)	(0*)
		(weitere Hefepilze*)	(0*)	(0*)
Dachgeschoss	DG 18	<i>Cladosporium</i> sp.		40
		<i>Mycelia sterilia</i>		70
		<i>Penicillium</i> spp.	2.250	
		Summe**	2.250	
		( <i>Rhodotorula</i> sp.*)	(0*)	(20*)
		(weitere Hefepilze*)	(0*)	(0*)
Dachgeschoss	CASO	Bakterien (hiervon Actinomyceten:)	1.160 (0)	70 (0)

Abbildung 7  
Vergleichende Darstellung der Gesamt KBE vor bzw. nach der Sanierungsmaßnahme im Dachgeschoss



Die lichtmikroskopische Auswertung und Analyse der Proben auf Schimmelpilze und Schimmelpilzfragmente erfolgte nach entsprechender Präparation, unter Verwendung geeigneter Färbeverfahren. Die Bestimmung der Gattungen bzw. Arten erfolgte anhand anatomischer und morphologischer Merkmale unter Hinzuziehen der aktuellen Bestimmungsliteratur. Als Standardfärbereagenz diente eine modifizierte Laktobaumwollblau-Lösung.

Zeichenerklärung:

- \* = *Aspergillus* und *Penicillium* Sporen lassen sich i.d.R. lichtmikroskopisch nicht unterscheiden
- \*\* = ergänzende Befunde
- n.B = nicht bestimmbar, Bestimmungsmerkmale reichen nicht aus
- o. B. = ohne Befund. Keine Schimmelpilze nachweisbar.

Tabelle 11 Untersuchungsergebnisse  
Luftpartikelsammlung - Probenahmevolumen  
100 Liter

Bezeichnung	Pilze	Anzahl m³ Luft
Außen Referenz	<i>Aspergillus / Penicillium</i> sp.*	150
	<i>Cladosporium</i> sp.	430
	<i>Fusarium</i> sp.	10
	<i>Helicosporium</i> sp.	20
	Hyphen- / Myzelebruchstücke	30
	weitere Sporen, n.B.	420
	Ascomyceten-Sporen	240
	Basidiomyceten-Sporen	1.120
	(Grünalgen)**	(40)**
	(Pollen)**	(270)**
Wohnzimmer	<i>Aspergillus / Penicillium</i> sp.*	120
	<i>Cladosporium</i> sp.	200
	<i>Fusarium</i> sp.	10
	<i>Helicosporium</i> sp.	10
	Hyphen- / Myzelebruchstücke	50
	weitere Sporen, n.B.	160
	Ascomyceten-Sporen	80
	Basidiomyceten-Sporen	410
	(Grünalgen)**	(70)**
	(Pollen)**	(>1.000)**
Waschkeller	<i>Aspergillus / Penicillium</i> sp.*	30
	<i>Chaetomium</i> sp.	10
	<i>Cladosporium</i> sp.	50
	<i>Helicosporium</i> sp.	10
	Hyphen- / Myzelebruchstücke	30
	Weitere Sporen n.B.	80
	Ascomyceten-Sporen	20
	Basidiomyceten-Sporen	170
(Grünalgen)**	(60)**	

Tabelle 12 Untersuchungsergebnisse  
Luftpartikelsammlung - Probenahmevolumen  
100 Liter

Bezeichnung	Pilze	Anzahl m³ Luft
Vorratskeller	<i>Aspergillus / Penicillium</i> sp.*	50
	<i>Cladosporium</i> sp.	170
	Hyphen- / Myzelebruchstücke	20
	weitere Sporen, n.B.	210
	Ascomyceten-Sporen	20
	Basidiomyceten-Sporen (amorphe / kristalline Partikel)**	550 (>1.000)**
Bad	<i>Aspergillus / Penicillium</i> sp.*	50
	<i>Cladosporium</i> sp.	70
	<i>Stemphylium</i> sp.	20
	Weitere Sporen, n. B.	60
	Ascomyceten-Sporen	20
	Basidiomyceten-Sporen	280
	(Pollen)** (Hautschuppen) (amorphe / kristalline Partikel)**	(20)** (>1.000)** (>1.000)**
Kinderzimmer	<i>Aspergillus / Penicillium</i> sp.*	40
	<i>Cladosporium</i> sp.	200
	Hyphen- / Myzelebruchstücke	40
	Weitere Sporen, n. B.	60
	Ascomyceten-Sporen	60
	Basidiomyceten-Sporen	420
	(Pollen)** (Hautschuppen)** (amorphe / kristalline Partikel)**	(30)** (>1.000)** (>1.000)**

Tabelle 13 Untersuchungsergebnisse  
Luftpartikelsammlung - Probenahmevolumen  
100 Liter

Bezeichnung	Pilze	absolute Häufigkeit
Schlafzimmer	<i>Aspergillus / Penicillium</i> sp.*	120
	<i>Cladosporium</i> sp.	100
	Hyphen- / Myzelebruchstücke	50
	weitere Sporen, n.B.	130
	Basidiomyceten-Sporen	440
	(Hautschuppen)** (amorphe / kristalline Partikel)**	(>1.000)** (>1.000)**
Dachgeschoss	<i>Aspergillus / Penicillium</i> sp.*	100
	<i>Cladosporium</i> sp.	80
	Hyphen- / Myzelebruchstücke	30
	weitere Sporen, n.B.	50
	Ascomyceten-Sporen	10
	Basidiomyceten-Sporen	11
	(Hautschuppen)** (amorphe / kristalline Partikel)**	(>1.000)** (>1.000)**

Abbildung 8  
Vergleichende Darstellung der Gesamtkeime

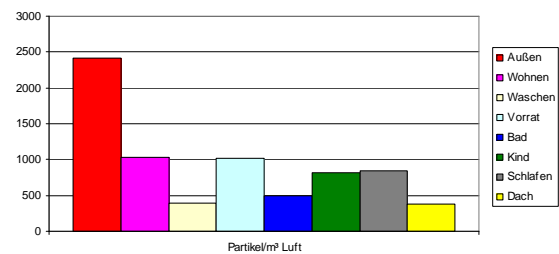


Tabelle 14 Untersuchungsergebnisse Kontaktbeprobung  
Kinderzimmer

Bezeichnung	Medium	Pilze	KBE / m³ Luft	
			10.11.2007	17.04.2008
Kinderzimmer Wand	MEA	<i>Cladosporium</i> spp	++	o.B.
		<i>Penicillium</i> spp.	+++	
Kinderzimmer Wand	DG 18	<i>Cladosporium</i> spp	++	o.B.
		<i>Penicillium</i> spp.	++++	
Kinderzimmer Wand	CASO	Bakterien	+++	+

Tabelle 15 Untersuchungsergebnisse Kontaktbeprobung  
Badezimmer

Bezeichnung	Medium	Pilze	KBE / m³ Luft	
			10.11.2007	17.04.2008
Badezimmer Wand	MEA	<i>Cladosporium</i> spp	++	o.B.
		<i>Penicillium</i> spp.	++++	
Badezimmer Wand	DG 18	<i>Aspergillus versicolor</i>		+
		<i>Cladosporium</i> spp	++	
		<i>Penicillium</i> spp.	++++	
Badezimmer Wand	CASO	Bakterien	++++	++

### Bewertungen und Schlussfolgerungen

Die vergleichende Auswertung der Gesamt KBE/m<sup>3</sup> Raumluft der einzelnen Räume ergibt eine deutliche Reduzierung an luftgetragenen Sporen.

Die quantitative Auswertung der Luftkeimsammlung (LKS) sowohl auch der Partikelsammlung (PS) zeigt das es im Wohnzimmer, der Küche, dem Kinderzimmer und dem Schlafzimmer zu einer deutlichen Verringerung der mikrobiologischen Situation, bedingt durch die Sanierungsmaßnahme, gekommen ist.

Die leichte Erhöhung an luftgetragenen Keimen im Vorratskeller wurde durch zwischengelagerte Pflanzenverursacht.

Die Auswertung der Kontaktbeprobungen zeigt deutlich eine Minimierung vorhandener Keime auf Normalniveau.

Familie N. wohnte während der Sanierungsarbeiten bei Bekannten und wurde medizinisch betreut. Die Beschwerdebilder der Familie N. konnten durch die Behandlung gelindert werden. Auch nach Bezug der sanierten Wohnung traten die vorangegangenen Beschwerden nicht mehr auf. Bei einem abschließenden Gespräch 4 Wochen nach Abschluss der Sanierungsarbeiten waren keine gesundheitlichen Beeinträchtigungen mehr vorhanden.

### Fazit

Die gesundheitlichen Beeinträchtigungen der Familie N. korrelierten mit dem massiven Befall mit *Penicillium* sp. im Wohnhaus. Eine umweltmedizinische Untersuchung von Herrn N. zeigte einen deutlichen Zusammenhang mit dem vorgefundenen Keimen im Wohngebäude und der Erkrankung. Durch die konsequenten Sanierungsmaßnahmen konnten die vorhandenen Sporenkonzentrationen auf ein Normalmaß reduziert werden. Die Wiederherstellung eines natürlichen Gleichgewichtes und die umfassenden umweltmedizinischen Behandlungen konnten die massiven Beschwerden der Bewohner deutlich lindern.

2008 Dirk Herberg

Baubiologie Herberg

Urheberrecht:

Der vorliegende Fachaufsatz ist in Form und Inhalt urheberrechtlich geschützt. Das Copyright liegt, soweit nicht anders angegeben, bei der Baubiologie Herberg, vertreten durch Dirk Herberg. Es ist nicht gestattet, Teile des Gutachtens oder das gesamte Gutachten in irgendeiner Form (z.B. Fotografie, Mikrofilm oder andere Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung der Baubiologie Herberg zu reproduzieren oder unter Verwendung elektronischer Systeme zu speichern, zu verarbeiten, zu vervielfältigen, zu verbreiten oder zu übersetzen. Dies betrifft insbesondere die gegebenenfalls im Gutachten vorhandenen zusätzlichen, erläuternden Informationen. Es ist selbstverständlich gestattet, die Gutachtenergebnisse zweckgebunden in einfacher Ausfertigung an den jeweiligen Endkunden weiterzugeben unter Hinweis auf die Urheberrechte des Baubiologie Herberg.

### Literatur

- Gutachten 2007-0149-6  
Baubiologie Herberg 2008
- Laborbericht SP-08-04-304, 2007-0151  
IAM Institut für angewandte Mykologie und Hygiene, Dr. Georg Willems 2008
- Untersuchungsbericht 154-C-02-08  
Baubiologie Herberg 2008
- Laborbericht SP-08-02-158, 2007-0151 / IAM  
Institut für angewandte Mykologie und Hygiene, Dr. Georg Willems 2008
- Gutachten 2007-0149-3  
Baubiologie Herberg 2008
- Gutachten 2007-0149-2  
Baubiologie Herberg 2007
- Laborbericht SP-07-12-701, 2007-0149 / IAM  
Institut für angewandte Mykologie und Hygiene, Dr. Georg Willems 2007
- Gutachten 2006-0149  
Baubiologie Herberg 2007
- Laborbericht SP-07-11-608, 2007-0151 / IAM  
Institut für angewandte Mykologie und Hygiene, Dr. Georg Willems 2007
- Handlungsempfehlung für die Sanierung von mit Schimmelpilzen befallenen Innenräumen / Landesgesundheitsamt Baden-Württemberg – Regierungspräsidium Stuttgart 2006
- VDI 4300 / VDI-Richtlinien / Messstrategien bei der Untersuchung von Schimmelpilzen in Innenräumen 2006
- VDB-Richtlinien Chemische und mikrobiologische Untersuchungen  
Berufsverband Deutscher Baubiologen 2006
- Leitfaden zur Ursachensuche und Sanierung bei Schimmelpilzwachstum in Innenräumen (Schimmelpilzsanierungsleitfaden)  
Umwelt-Bundesamt 2005