

# RESTAURO

Zeitschrift für Restaurierung, Denkmalpflege und Museumstechnik

**1914 – ZUSAMMENBRUCH DER KUNSTENTWICKLUNG?**  
**KUNSTSTÜCK: WACHSPORTRÄTS IN KLEIN**  
**BAROCKE WERKE – NEUE STUDIEN**



**REINIGUNG:  
JEDE OBERFLÄCHE IST ANDERS**

[www.restauro.de](http://www.restauro.de)

4

Juni 2014

Anke Weidner, Johannes Mankiewicz, Ina Stephan

## Ein neuer Weg?

Reduzierung von Schimmelfeul und Reinigung von historischen Textilien

Seit 2011 erforschen die Verfasser die Einsatzfähigkeit von flüssigem Kohlendioxid an mobilen Kulturgütern mit Schwerpunkt auf der Behandlung von aus Wolle gefertigten historischen Textilien. In Kooperation mit dem Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik (IPK) und der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) wurde die Anwendbarkeit des Verfahrens an mit Schimmelpilzen belasteten Objekten untersucht.



1 Rotes Antependium von 1885 aus der Gutskirche in Schönfeld im Vorzustand

2 Rotes Antependium nach Reduzierung des Schimmelfeul durch mechanische Reinigung

### Hilferuf für zwei Antependien

Nach den Plänen von Conrad Wilhelm Hase wurde die Schönfelder Gutskirche (Altmark) in gestalterischer Einheit von Architektur und Ausstattung in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts erbaut. Zwei Antependien der Erstaussattung an Paramenten haben sich trotz widriger Lagerungsbedingungen über die Zeit erhalten. Die beiden aus Wolltuch gefertigten, mit textilen Applikationen sowie mit Seiden- und Metallstickerei verzierten Altarbehänge von 1885 und 1888 wiesen flächig einen starken Schimmelpilzbeul sowie Befall mit Hauschwamm auf (Abb. 1 bis 4). Die auf Holzrahmen

montierten Objekte befanden sich in einem desolaten Erhaltungszustand und bedurften dringend konservatorischer Bearbeitung. Die Kirche wurde 2011 von einem engagierten Verein übernommen, der sich seitdem für die denkmalgerechte Instandsetzung des Gesamtkunstwerkes einsetzt.<sup>1</sup>

### Projektentwicklung

Anhand der Schadbilder sowie der Bestandserfassung des mikrobiellen Befalls wurde eine Machbarkeitsstudie zur Einsatzfähigkeit von flüssigem CO<sub>2</sub> (Amsonic-elCO<sub>2</sub> Reinigungsanlage) an



Fotos: Anke Weidner

### ABSTRACT

A new way to reduce the mould and that infests historical textiles?

The three authors have been examining the usability of liquid carbon dioxide on mobile objects of cultural value, in particular the treatment of historical textiles made of wool in cooperation with the Fraunhofer Institute for Production Systems and Design Technology and the Federal Institute for Materials Research and Testing. The study focused on the applicability of the procedure for items infested with mould.



**Antependium**

5

Antependium bezeichnet einen Altarbehang. Die Objekte sind in liturgischen Farben gehalten und mit zur Kirchenjahreszeit passenden Symbolen verziert. Das rote Antependium schmückt zentral ein Christusmonogramm – Labarum – begleitet von A und Ω. Die Spitzbögen sind mit Weidekoren und die Rundbögen mit Ähren gefüllt. Bei dem violetten Antependium steht ein von einem Spitzoval gerahmtes Christusmonogramm JHS zwischen zwei kreisförmigen Feldern. Darin ist links ein Gebinde aus Ähren und rechts eines aus Wein ausgeführt. Beide gerahmte Antependien sind jeweils 86 cm hoch und 212 cm breit. Zu den seitlichen Feldern existiert noch der Entwurf von Conrad Wilhelm Hase. Diese Flächen sind mit floralen Dekoren bestickt, in die Schmetterlinge und Vögel eingebettet sind (Abb. 5 und 6). Uta Riecke hat in ihrer Masterarbeit ausführlich das Thema erarbeitet (Riecke 2010: 106).

6

3 Violetttes Antependium von 1888 aus der Gutskirche in Schönfeld im Vorzustand

4 Violetttes Antependium nach Reduzierung des Schimmelbefalls durch mechanische Reinigung

5 Entwurfszeichnung zum violetten Antependium von Conrad Wilhelm Hase vom 18. August 1888

6 Nach dem Entwurf Hases ausgeführte Stickerei am violetten Antependium

historischen Textilien aus Wolle konzipiert.<sup>2</sup> Zielstellung war die objektverträgliche Reduzierung der biologischen Kontamination.

**Begleitende Untersuchungen**  
Unmittelbar nach den Versuchen wurden die Materialien gravimetrisch und optisch im Vergleich zum Vorzustand untersucht. Die Betrachtung erfolgte einerseits makroskopisch und andererseits mikroskopisch bei bis zu 100facher Vergrößerung. Beurteilt wurden das Erscheinungsbild des Faserverbandes sowie der erzielte Reinigungseffekt. Die Untersuchung von Veränderungen der Feuchteaufnahme diente zur Einschätzung der chemischen und morphologischen Eigenschaften des Fasermaterials. Weiter wurden Ergebnisse zur Untersuchung des Fettgehalts der Wolle vor und nach einer Behandlung in flüssigem CO<sub>2</sub> mit einbezogen.<sup>3</sup>

**Mikrobiologische Beurteilung der Reinigung – Lebendkeimzahl von Sporen**

Für die Beurteilung der Reinigungsleistung der Amsonic-eICO<sub>2</sub> am Fraunhofer IPK wurden zur Prozessoptimierung standardisierte Testgewebe aus Wolle<sup>5</sup> mit der Schimmelpilzkultur Cladosporium herbarum beimpft (105 Sporen je Prüfkörper).<sup>6</sup> Die Gesamtkeimzahl der Sporen wurde durch mikroskopische Auszählung in einer Thomakammer bestimmt. Die mikrobiologische Auswertung zur Keimfähigkeit erfolgte durch Auswaschung der textilen Prüfkörper.

Zur Extraktion der Sporen aus dem Textil wurden die Probekörper für 24 Stunden bei einer Geschwindigkeit von 150 Umdrehungen je Minute in einer 0,01%igen Detergenzlösung (TWEEN 80) geschüttelt. Die Detergenzlösung, die hiernach alle verbliebenen, keimfähigen Sporen enthalten sollte, wurde anschließend auf einem Kartoffel-Dextrose-

Agar, ein für Cladosporium herbarum geeignetes Nährmedium, aufgetragen und bei 30 °C bebrütet. Nach sieben Tagen erfolgten die Begutachtung der Nährmedien und eine Auszählung aller Keime, die darin enthalten waren und auf eine Kontamination der Prüfkörper mit keimfähigen Sporen hinwiesen. Dabei wurde berücksichtigt, dass die Probekörper nach der eICO<sub>2</sub>-Reinigung am Fraunhofer IPK einer Zwischenlagerung bei 4 °C sowie dem Transport in einer nicht sterilen Umgebung ausgesetzt waren.

Um festzustellen, ob sich keimfähige Sporen während der eICO<sub>2</sub>-Reinigung an einem Polypropylenfilter (5 µm) der Anlage angesammelt hatten, wurde das Filtermaterial aufgetrennt und parallel zu den textilen Prüfkörpern analysiert.

Die Untersuchung der historischen Originale wurde mit dem schonenderen Abklatschverfahren durchgeführt. Dabei wurden vor und nach der eICO<sub>2</sub>-Reinigung „DG 18-Abklatschagar + Chlor-Amphenicol“-Petrischalen für etwa zwei Sekunden auf ausgewählte Bereiche der Antependien aufgedrückt, diese dann bei 30 °C für zwei Tage bebrütet und anschließend analysiert. Pro Objekt wurden jeweils zwei optisch nicht befallene, zwei komplett mit Pilzmycel bewachsene Stellen und zwei im Übergangsbereich befindliche Stellen beprobt.

**Versuchsdurchführung**

In neun Reinigungsversuchen wurden insgesamt 93 Prüfkörper – davon 82 künstlich kontaminiert – mit Amsonic-eICO<sub>2</sub> behandelt. Durch Variation der Prozessparameter sollte der Einfluss der Badzeit, der Badmechanik sowie der Drucksenkung auf die Inaktivierung der vermehrungsfähigen Mikroorganismen untersucht und optimiert werden (Tab. 1). Ein Datenlogger zeichnete während des gesamten Reinigungsvorgangs die Druck- und Temperaturbedingungen auf. Pro Versuch wurden acht kontaminierte Testgewebe – fünf für die Analyse bei der

BAM und drei für die Untersuchungen am IPK – gereinigt. Für Versuch 2 und 6 war darüber hinaus die Behandlung von jeweils drei unbehandelten Referenzen vorgesehen, um auch eine mögliche Querkontamination von Proben im Rahmen des Reinigungsprozesses zu betrachten.

**Auswertung der Vorversuche**

Bei Versuch 1 bis 8 konnte ein Einfluss der eICO<sub>2</sub>-Reinigung auf die Gravimetrie und Restfeuchte der Prüfkörper festgestellt werden. Die Proben weisen ein reduziertes Probengewicht sowie eine allgemein reduzierte Restfeuchte auf. Ein Rückschluss auf den Einfluss der gewählten Badmechanik, Badzeit oder der eingestellten Drucksenkung ist jedoch nicht möglich (Abb. 11).

Die Bestimmung der Lebendkeimzahl aus den Prüfkörpern ergab, dass nach der eICO<sub>2</sub>-Reinigung nur noch eine geringe Anzahl an Schimmelpilzsporen (Versuch 2 und 7) oder überhaupt keine Schimmelpilzsporen (Versuch 1, 3–6, 8) in den Auswaschwässern nachweisbar waren. Die ausgekeimten Sporen könnten aufgrund von Lagerung und Transport auch von einer Fremdinfection

Fotos: (1-4,6) Anke Weidner; (5) Uta Riecke, Quelle: Stadtarchiv Hannover, Hase-Nachlass



7/8

Ausführung der mechanischen Reinigung unter Einhaltung des persönlichen Arbeitsschutzes mit FFP3-Filter

Tabelle 1

Variation der Versuchsparameter für die eICO <sub>2</sub> -Reinigung			
Versuch	Badzeit	Mechanik	Drucksenkung
1	8h	nein	lang
2	30 min	nein	lang
3	60 min	nein	lang
4	30 min	Ultraschall	lang
5	30 min	Bubbles	lang
6	30 min	Ultraschall / Bubbles	lang
7	30 min	nein	kurz
8	60 min	nein	kurz
9	Optimierter Reinigungsvorgang		

7



8

stammen. Eine Unterscheidung zwischen Schimmelpilzen im Allgemeinen und Cladosporium herbarum wurde aber nicht vorgenommen. Separat erfasst wurden jedoch Hefepilze, mit denen die Prüfkörper teilweise kontaminiert waren (Verfahren 2, 3, 6–8).

Der Polypropylenfilter der Anlage könnte theoretisch nach der CO<sub>2</sub>-Reinigung aller Prüfkörper durch keimfähige Schimmelpilzsporen besetzt sein. Es wurden aber nur etwa 0,3 % der in die CO<sub>2</sub>-Reinigungsanlage eingebrachten Sporen durch koloniebildende Einheiten im Filter nachgewiesen. Für zukünftige Versuche wäre es von Interesse, den Verbleib der Gesamtmenge an eingebrachten Sporen zu untersuchen, auch wenn diese als abgetötete Einheiten vorliegen.

Zum Abschluss der Vorversuche erfolgte ein Reinigungsversuch zur Sicherstellung einer beeinträchtigungsfreien Behandlung des Originalmaterials. Von den Antependien gelöste Fragmente wurden in Seidenpongé eingenäht und mit Polyestervlies eingeschlagen. Die Reinigung erfolgte entsprechend der Bedingungen des Teilversuchs 3. Die Reinigung der Originalfragmente ergab keinerlei Auffälligkeiten hinsichtlich Farbe und Erhalt der Fasern. Auf dem Vlies sammelte sich loser Faserstaub.

#### Behandlung der Originale

Der an den Antependien anhaftende mikrobielle Befall und das flächig ausgeprägte Mycel wurden in einem ersten Schritt mittels Pinzette oder Spatel vorsichtig mechanisch von der Oberfläche abgehoben und reduziert (Abb. 7/8). Danach wurde mit einem weichen Pinsel nachgearbeitet und die abgelösten Kontaminate bei reduzierter Saugkraft ent-

Fotos: Anke Weidner

fernt. Danach wurde die Keimzahl bezüglich der Belastung mit Schimmelpilzen und Hefen mit dem Abklatschverfahren dokumentiert. Das großflächig aufgewachsene Mycel – verursacht durch massiven Feuchtigkeitsschaden – ging jeweils von der unteren Rahmenleiste der Holzkonstruktion aus und wurde mikroskopisch als echter Hausschwamm (*Serpula lacrymans*, Basidiomycet) identifiziert. Weiter wurde auch der Tintling *Coprinellus radians* (Basidiomycet) bestimmt.<sup>7</sup> Auf der Oberfläche des Hausschwammes wurden zudem verschiedene Schimmelpilzkulturen (Ascomyceten und fungi imperfecti) nachgewiesen.

Der Befall durch Hausschwamm befand sich flächig auf Vorder- und Rückseite sowie zwischen Grundgewebe, Stickerei, Applikationen, Geweben zur Verstärkung und Futter. Um die Textilien vollständig bearbeiten zu können, wurden die Antependien vom Holzrahmen demontiert. Durch die mechanische Reinigung konnten große Teile der Stickerei wieder freigelegt werden (Abb. 2 und 4). Die fragilen Objekte wiesen flächig starke Beschädigungen auf. Substanzverluste betrafen vor allem Bereiche, die während der Lagerung stark durchfeuchtet sowie durch Mottenfraß geschädigt waren. Auf Grundlage der Ergebnisse der Vorversuche sowie der konservatorischen Einschätzung entschieden sich die Verfasser für die Behandlung des rotgrundigen Antependiums in der eICO<sub>2</sub>-Anlage. Partien mit Fehlstellen, unregelmäßig ausgerissenen Kanten sowie fragile Bereiche der Stickereien und Applikationen wurden mit Seidenpongé abge-

<sup>7</sup> Analyse: Dr. Ina Stephan, Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM).

## Belüftung mit System

In Kirchen, Archiven und Gruftanlagen herrscht oft eine sehr hohe Luftfeuchtigkeit. Um diese abzutransportieren, sollten täglich mehrfach Luftwechsel stattfinden. Damit wird Schimmelpilzbildung z.B. an Ausstattungen und Organen verhindert.



Zur Bestimmung des richtigen Zeitpunktes der Belüftung sind Feuchte- und Temperaturmessungen im Innenbereich sowie im Außenbereich erforderlich. Bei unserem **Belüftungssystem** messen Sensoren das Innenklima, die Wandoberflächentemperatur und das Außenklima. Eine **Steuerung** wertet die Daten aus und aktiviert die entsprechend angeschlossenen Komponenten.

### Feuchtegesteuerte Belüftung

- umweltschonend
- wartungsfrei
- dauerhafte schonende Entfeuchtung
- für Kirchenräume mit empfindlicher Ausstattung geeignet
- Ventilator oder Zu-/Abluftgerät mit Wärmerückgewinnung bis zu 95%
- Zu- und Abluftventile
- Fensterstellantriebe
- Luftentfeuchter bzw. elektrische Heizkörper/-lüfter
- Heizkörperventil-Stellantriebe



BINKER Materialschutz GmbH  
Westendstr. 3  
D-91207 Lauf a. d. Pegnitz  
Telefon: +49 (0)9123 99820  
[www.binker.eu](http://www.binker.eu)  
[www.schimmel-soforthilfe.de](http://www.schimmel-soforthilfe.de)



9

9  
Detail der Stickerei am roten Antependium nach der eCO<sub>2</sub>-Reinigung



10

10  
Selbes Detail nach der zweiten mechanischen Reinigung

deckt. Aufgrund der begrenzten Korbgröße konnte das Textil nur gefaltet in die Amsonic-eCO<sub>2</sub> eingelegt werden. Die Knicke wurden gepolstert. Das so vorbereitete Kulturgut wurde zusätzlich noch insgesamt in 1,5 Zentimeter starkes Polyestervlies eingeschlagen. Gewählt wurde eine Badzeit von 60 Minuten bei langer Drucksenkung. In den Prozess wurde keine zusätzliche Mechanik eingebracht. Die Parameter entsprachen Versuch 3, der anhand der Beobachtungen aus den Vorversuchen als geeignet für die Behandlung der historischen Textilien bewertet wurde. Das Antependium wurde nach der eCO<sub>2</sub>-Reinigung erst makroskopisch und anschließend unter dem Mikroskop begutachtet. Es konnte keine Veränderung der Fasereigenschaften festgestellt werden. Der vormals aufliegende Faserstaub wurde reduziert. Die Farberscheinung des Objektes zeigte sich deutlich aufgefrischt und objektiv sauberer. Die Gebrauchsspuren des Objektes blieben erhalten. Bräunliche Verfärbungen entlang der Außenkonturen des mikrobiellen Befalls und Schmutzränder blieben in ihrer Intensität unverändert. Noch an der Oberfläche anhaftende weißliche Mycelreste konnten mittels Pinsel bei indirekt angesetzter Saugkraft leicht entfernt werden (Abb. 9 und 10). Die Belastung mit Schimmelpilzen wurde überprüft. Die Positionen der Abklatschproben im Vor- und Nachzustand lagen unmittelbar nebeneinander. Die Analyse ergab eine deutliche Reduktion an keimfähigen Schimmelpilzsporen (Tab. 2). Zu beachten ist wieder, dass auch Hefe- und Bakterienkolonien nachgewiesen wurden. Es zeigt sich ein deutlicher Rückgang der koloniebildenden Einheiten von Schimmelpilzen, Hefen und Bakterien nach der eCO<sub>2</sub>-Reinigung.

**Ausblick**

Die Fähigkeit der untersuchten Anlagentechnik zur Reduktion von keimfähigem Sporenmateriale wurde nachgewiesen. Dies gelang auf textilen Wollproben sowie auf dem untersuchten Antependium. Die Farb- und Fasereigenschaften zeigten nach der Behandlung keine Auffälligkeiten. Die Technologie erscheint vor allem in Kombination mit einer mechanischen Reinigung der Objekte aussichtsreich. Zukünftiges Ziel wäre, weitere praktische Erfahrungen zu sammeln, um den Stand dieser Technik nachhaltig zu verbessern und neue Dienstleistungskonzepte für den Kulturgüterhalt anbieten zu können. Die Anwendung sollte zeitnah auch für andere Materialien – z. B. Holz, Leder und Papier – sowie weitere Schimmelpilzarten untersucht werden.

*Riecke, Uta: Die Schönfelder Kirche von Conrad Wilhelm Hase. Überlegungen zur Zukunft eines gefährdeten Baudenkmal, [masch.-schriftl.] Masterarbeit an der Europa-Universität Viadrina, Fachbereich Schutz Europäischer Kulturgüter, Frankfurt 2010.*

**Danksagung**

Wir bedanken uns bei der Investitionsbank Berlin-Brandenburg für die finanzielle Unterstützung im Rahmen des Förderprogramms Transfer BONUS. Unser Dank gilt weiter Thomas Dimke und Vincenzo Ferrera für die Unterstützung bei der Projektausführung.

**Zu den Autoren**

**Dipl.-Rest. Anke G. Weidner, M. A.**

Geschäftsführerin Art Detox

Kontakt:  
agw@art-detox.de

**Dipl.-Ing. Johannes Mankiewicz**

Mitarbeiter des Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnikerin Berlin

Kontakt:  
johannes.mankiewicz@ipk.fraunhofer.de

**Dr. Ina Stephan**

Leiterin des Fachbereiches 4.1, „Biologische Materialschädigung und Referenzorganismen“, BAM

Kontakt:  
ina.stephan@bam.de

**Gravimetrie**

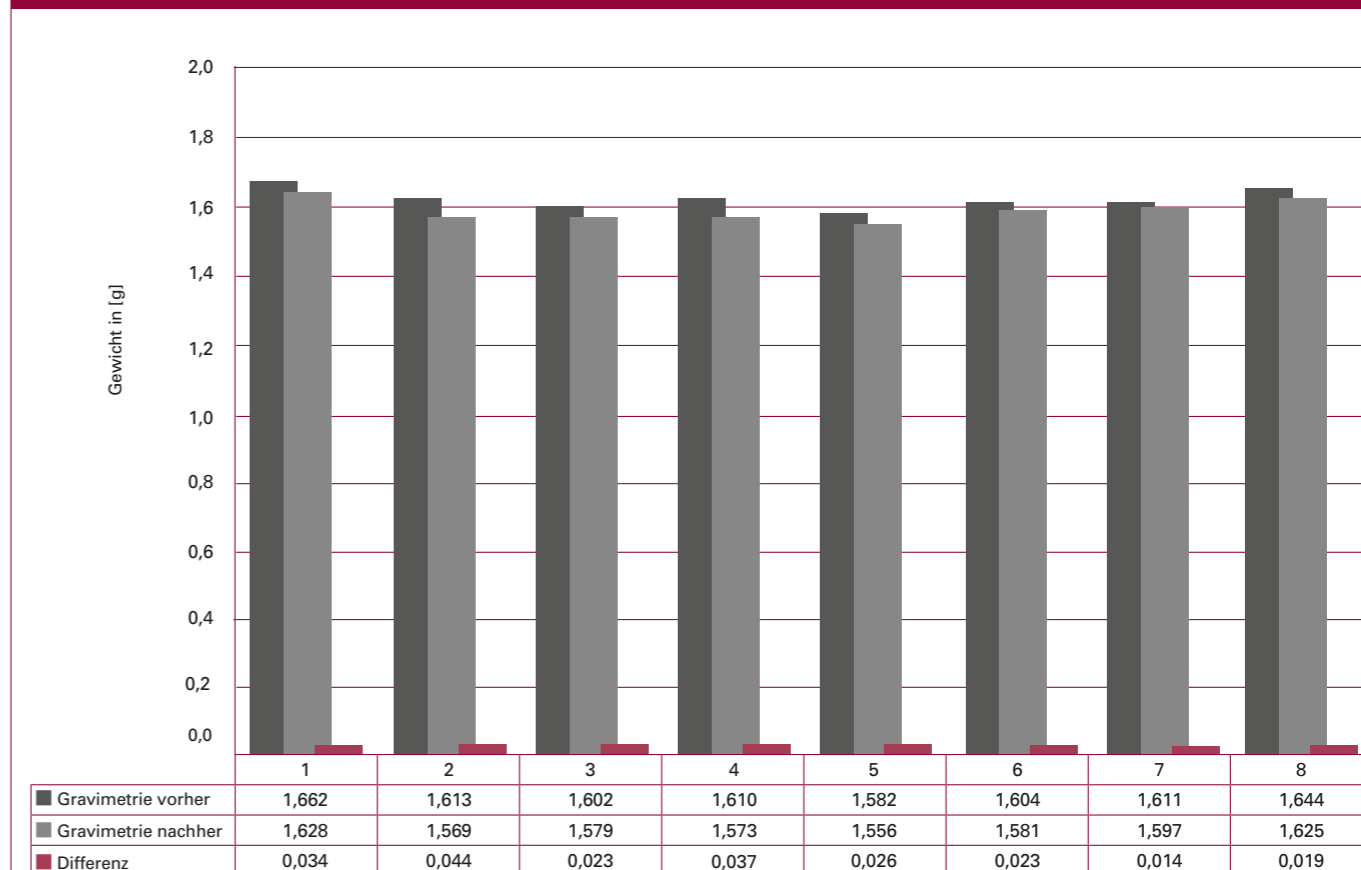


Abb. 10: Einfluss der Reinigungsprozesse auf das gemittelte Probengewicht der Textilprobekörper

Tabelle 2

Keimzahlbestimmung an 2 verschiedenen Bereichen mit 3 Entnahmeflächen vor und nach der eCO <sub>2</sub> -Reinigung durch das Abklatschverfahren					
Bereich	Visuelle Bewertung des Bereiches	Anzahl der koloniebildenden Einheiten auf einer Abklatschfläche von 24,4 cm <sup>2</sup>			
		Vor eCO <sub>2</sub> -Reinigung		Nach eCO <sub>2</sub> -Reinigung	
		Schimmelpilze	Hefen/Bakterien	Schimmelpilze	Hefen/Bakterien
1	Optisch nicht befallen	6	16	5	2
	Übergang zwischen befallen und nicht befallen	3	14	0	3
	Optisch komplett befallen	4	16	1	0
2	Optisch nicht befallen	2	15	1	2
	Übergang zwischen befallen und nicht befallen	3	16	1	5
	Optisch komplett befallen	1	16	0	0

Fotos: (8,9) Anke Weidner