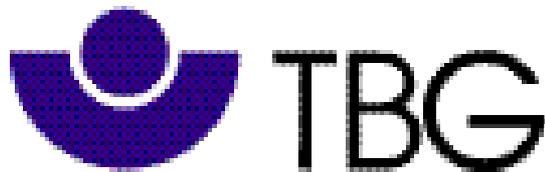


Gesundheitsgefährdung durch Taubenkot

Dr. A. Albrecht
Dr. U. Schies,
Prof. Dr. Dr.-Ing. P. Kämpfer,
Prof. Dipl.-Ing. Univ. R. Scholbeck



Tiefbau-Berufsgenossenschaft
- Gesetzliche Unfallversicherung -

AM KNIE 6, 81241 MÜNCHEN

Sonderdruck aus TIEFBAU, Heft 5/2001 und 3/2002
Überarbeitete Fassung vom Februar 2003

Abruf-Nr. 779

Gesundheitsgefährdung durch Taubenkot

Dr. A. Albrecht, Institut für angewandte Mikrobiologie, Justus-Liebig-Universität Gießen

Dr. U. Schies, Tiefbau-Berufsgenossenschaft, München

Prof. Dr. Dr.-Ing. P. Kämpfer, Institut für angewandte Mikrobiologie, Justus-Liebig-Universität Gießen

Prof. Dipl.-Ing. Univ. R. Scholbeck, Tiefbau-Berufsgenossenschaft, München

Der Sonderdruck ist eine Zusammenfassung von drei Veröffentlichungen:

Albrecht, A.; Schies, U.; Kämpfer, P.: Gesundheitsgefährdung durch Taubenkot? – eine Literaturübersicht. TIEFBAU 5/2001, 348–352

Albrecht, A.; Kämpfer, P.; Schies, U.; Scholbeck, R.: Untersuchung der Belastung von Arbeitnehmern durch Taubenkot. TIEFBAU 3/2002, 138–145

Albrecht, A.; Kämpfer, P.: Untersuchung der Belastung von Arbeitnehmern durch Taubenkot. Fachtagung „Biologische Arbeitsstoffe“ des Fachausschuss Tiefbau. 24.–26.4.2002 in Jößnitz

Einleitung

In von Menschen besiedelten Bereichen ist die verwilderte Haus- oder Straßentaube auf Grund ihrer Anspruchslosigkeit bezüglich der Wahl des Nistplatzes und -materials allgegenwärtig. Einen Überblick der Bestände in verschiedenen deutschen Städten erarbeitete Vater (1998). Der Autor befragte 1997 insgesamt 32 Stadtverwaltungen und wertete 27 Auskünfte aus. In vielen Städten wird der Bestand an wild lebenden Tauben auf einige Tausend bis Zehntausend geschätzt und für viele Stadtverwaltungen gelten solche Vorkommen als problematisch (Vater, 1998). Eine Auswahl der geschätzten Bestände ist in Tabelle 1 zusammengefasst.

In den dicht bebauten Zentren mittelgroßer und großer Städte ist oft das Auftreten von Tauben auf relativ wenige Gebäude konzentriert. Als Brutstätten besiedeln sie im menschlichen Umfeld u.A. Gebäudenischen und -verzierungen, Gesimse, Türme und Brücken sowie Bahnhofs-, Markt- und Fabrikhallen. Eine Nische von 15 x 15 cm Grundfläche bei einer Höhe von 10 cm reicht zur Aufzucht der Brut (Scheurer, 1991).

Offen zugängliche Dachböden können den sehr standorttreuen Stadtauben eine ganzjährige Brut ermöglichen. Die Aufenthalts- und Brutstätten sind oft (weitgehend) geschlossene, vor Niederschlag und UV-Einstrahlung geschützte Räume. Unter geeigneten Voraussetzungen können jährlich von einem Brutpaar 3–7 Bruten mit jeweils 2 Eiern erfolgen. Da eine einzelne Taube im Jahr 10–12 kg Nass- bzw. 2,5 kg Trockenkot (Kösters und Korbel, 1997) produziert, können punktuell erhebliche Taubenkotakkumulationen auftreten. Einen von Tauben genutzten Dachboden zeigt Abbildung 1. Der Fußboden ist flächen-

Stadt (Einwohnerzahl)	Taubenbestand Einschätzung*)
Berlin (3.471.000)	40.000 PPP
München (1.236.000)	40.000 PPP
Braunschweig (253.000)	> 3.000 PPP
Nürnberg (492.000)	20.000 PPP
Frankfurt/M (650.000)	40.000 ?
Rostock (228.000)	3–5.000 PPP
Garmisch-Partenkirchen (24.000)	500 PPP
Saarbrücken (187.000)	3–6.000 P
Leipzig (478.000)	20–60.000 PPP
Ulm (116.000)	5.000 ?
Mainz (184.000)	10.000 ?
Warendorf (37.000)	6–800 PPP

*) Einschätzung der Problematik:

P = Taubenproblem PPP = erhebliches Taubenproblem ? = keine Angabe

Tabelle 1: Geschätzte Taubenbestände in verschiedenen deutschen Städten nach Angaben der jeweiligen Stadtverwaltung. Die Zahlen wurden 1997 von Vater im Rahmen einer Umfrage zusammengetragen. Verändert nach Vater (1998)

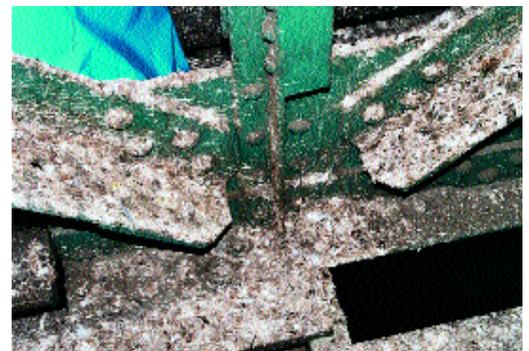
deckend mit Taubenkot bis zu einigen Zentimetern Höhe belegt. Außerdem sind Kadaver toter Tiere zu sehen. Stark verschmutzen können auch Stahlkonstruktionen (Abb. 2).

Der Kot kann sowohl die Funktion als auch den Wert von Stein- und Metallkonstruktionen negativ beeinflussen, so dass Reini-



Abb. 1: Von Tauben genutzter Dachboden. Der Fußboden ist flächendeckend in einer Höhe von einigen Zentimetern mit Taubenkot belegt. Unter bevorzugten Sitzplätzen kommt es zu deutlich erheblicheren Anhäufungen. Vereinzelt sind Kadaver zu sehen (Fotos: A. Albrecht)

Abb. 2: Durch Taubenkot verschmutzte Stahlträger



gungsarbeiten oftmals unumgänglich sind. Häufig werden die Taubenkotakkumulationen durch Schaufeln und Fegen oder zuweilen durch Einsatz von Hochdruckreinigern entfernt. Das Entstehen von Staub- oder Flüssigkeitsaerosolen (Nebel) ist dabei nicht zu vermeiden. Vor Allem bei der mechanischen Bewegung des trockenen Taubenkots kommt es im erheblichen Ausmaß zur Aufwirbelung von Staub.

Zusätzlich zu ökonomischen Aspekten und der Belästigung durch unangenehme Gerüche birgt Taubenkot die Möglichkeit einer gesundheitlichen Gefährdung durch Mikroorganismen. Nach dem bisherigen Erkenntnisstand ist das Infektionsrisiko des Menschen bei Kontakt mit einzelnen freilebenden Tauben vergleichbar mit dem Risiko bei Kontakt mit Zuchttauben, Heim- oder Ziervögeln. Jedoch können das massenhafte Auftreten von Tauben oder umfangreicher Taubenkotakkumulationen in unmittelbarer Nähe des Menschen zu einer konkreten Gefährdung der menschlichen Gesundheit führen (BgVV, 1998; 2001).

Eine typische Reinigungstätigkeit mit starker Staubbefreiung zeigt Abbildung 3. Bei derartigen Tätigkeiten muss prinzipiell mit einer gesundheitlichen Beeinträchtigung des Menschen durch Inhalation von Staub und Bioaerosolen gerechnet werden.

Gesundheitsgefährdung durch Taubenkot

Mögliche Infektionsgefährdung von Arbeitnehmern durch Taubenkot

Mit dem Kot scheiden Tauben immer Mikroorganismen (Bakterien, Hefen und Pilze) sowie Viren aus. Sezierte Tiere, die äußerlich keine Krankheitssymptome zeigen, können auch potenziell humaninfektiöse Organismen abgeben (Kapperud und Rosef, 1983). Durch das Einatmen kontaminierter Staubpartikel können diese Mikroorganismen und Viren in den menschlichen Körper gelangen und gegebenenfalls zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen führen. Im Folgenden soll auf einige relevante mikrobielle Gefährdungen näher eingegangen werden.

In Tabelle 2 sind humanmedizinisch relevante Bakterien, Pilze und Hefen zusammengefasst, die mit Vogel- und Taubenkot in Zusammenhang gebracht werden. Aufgeführt ist die Krankheitsbezeichnung beim Menschen, der Erreger, die Risikogruppe (Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie, 1997, 1998) sowie gegebenenfalls die Meldepflicht von Erkrankungen des Menschen gemäß Infektionsschutzgesetz (IfSG).

Über die Verbreitung humanmedizinisch relevanter Mikroorganismen in Taubenbeständen oder -kot liegen einige Unter-

Erreger (-gruppe)	Bemerkungen	Krankheit des Menschen	Risikogruppe Meldepflicht ⁹⁾
<i>Campylobacter jejuni</i> <i>C. coli</i> <i>C. lari</i> (Bakterien)	Gramnegativ Länge: 0,5–5,0 µm, Breite: 0,2–0,4 µm	Campylobakteriose	2 ¹⁾ 2 ¹⁾ 2 ¹⁾ Meldepflicht ⁹⁾
<i>Chlamydophila psittaci</i> ³⁾ (aviäre Stämme) (Bakterien)	Obligat intrazellulär wachsende Bakterien Gramnegativ Infektiöse Elementarkörperchen mit 0,3 µm Durchmesser Nichtinfektiöse Retikularkörperchen mit 1,0 µm Durchmesser	Chlamydiose Ornithose (Psittakose bei Papageien)	3 ^{1) 2)} Meldepflicht ⁹⁾
<i>Cryptococcus neoformans</i> (Hefe)	Runde oder ovale Zellen mit 3,5–8,0 µm Durchmesser	Kryptokokkose	2 ⁴⁾ keine Meldepflicht ⁹⁾
<i>Listeria monocytogenes</i> (Bakterium)	Grampositiv bis Gramvariabel Länge: 0,5–2,5 µm, Breite: 0,5–2,5 µm Vermehrung bei + 4° C	Listeriose	2 ¹⁾ Meldepflicht ⁸⁾⁹⁾
<i>Salmonella enteritidis</i> ¹¹⁾ <i>S. typhimurium</i> ¹⁰⁾ (Bakterien)	Gramnegativ Länge: 2,0–5,0 µm, Breite: 0,7–1,5 µm	Salmonellose	2 ¹⁾ Meldepflicht ⁹⁾
<i>Yersinia pseudotuberculosis</i> <i>Y. enterocolitica</i> (Bakterien)	Gramnegativ Länge: 1,0–3,0 µm, Breite: 0,5–0,8 µm	Yersiniose Pseudotuberkulose Enterokolitikose	2 ¹⁾ Meldepflicht ⁶⁾
<i>Mycobacterium avium</i> (Bakterium)	Grampositiv Länge: 1,0–4,0 µm, Breite: 0,3–0,6 µm	Atypische Mykobakteriose	2 ¹⁾⁵⁾ keine Meldepflicht ⁹⁾
<i>Histoplasma capsulatum</i> (dimorpher Pilz)	Einzelzellen mit 2–3 µm Durchmesser	Histoplasmose	3 ⁴⁾⁷⁾ keine Meldepflicht ⁹⁾

1) Eingruppierung nach: Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie, 1998
2) Anmerkung in 1): es gibt weniger virulente Standortvarietäten (Stämme nicht-aviären Ursprungs), die als Risikogruppe 2-Organismen behandelt werden können, bzw. in Risikogruppe 2 gestuft werden können
3) Wurde 1999 reklassifiziert. In der Literatur als *Chlamydia psittaci* aufgeführt
4) Eingruppierung nach: Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie, 1997
5) *M. avium* subsp. *avium*, *paratuberculosis*, *silvaticum*
6) Meldepflicht bei enteritischer Erkrankung als „Enteritis infectiosa – übrige Formen“
7) Außerdem ist *H. capsulatum* var. *farciminosum* beschrieben, das nicht für Menschen, aber für Einhufer pathogen ist. Anmerkung nach 4)
8) Meldepflicht gemäß ⁹⁾ nur für den direkten Nachweis aus Blut, Liquor oder anderen normalerweise sterilen Substraten sowie aus Abstrichen von Neugeborenen
9) Meldepflicht gemäß §§ 6 und 7 Infektionsschutzgesetz (IfSG)
10) Synonym *Salmonella choleraesuis* subsp. *choleraesuis* serovar *typhimurium*
11) Synonym *Salmonella choleraesuis* subsp. *choleraesuis*

Tabelle 2: Potenziell humanmedizinisch relevante Bakterien, Pilze und Hefen, die mit Vogel- und Taubenkot in Zusammenhang gebracht werden. Eine aerogene Übertragung auf den Menschen durch Inhalation von erregertauglichem Staub kann bei den aufgeführten Organismen nicht ausgeschlossen werden. Angegeben sind zusätzlich die Krankheit des Menschen, die Risikogruppe sowie ggf. die Meldepflicht einer menschlichen Erkrankung. Verändert nach Albrecht und Kämpfer (2001)



Abb. 3: Reinigungstätigkeit auf einem mit Taubenkot verunreinigten Dachboden. Beim Fegen des getrockneten Kots entstehen erhebliche Staubmengen. Die Arbeitnehmer sind mit Einmalschutzanzügen, Sicherheitsstiefeln, wasserundurchlässigen Handschuhen sowie Atem- und Augenschutz ausgestattet.
(Foto: A. Albrecht)

suchungen vor. Einschätzungen über die Durchseuchung differieren jedoch stark. Dies kann vor Allem auf unterschiedliche Untersuchungsmethoden und -strategien zurückgeführt werden. Reihenuntersuchungen führen per se zu niedrigeren Anteilen als Untersuchungen von Verdachtsfällen. Entscheidend ist auch, ob Tierkörper oder Kot untersucht werden. Die im Folgenden aufgeführte verallgemeinernde Abschätzung der Häufigkeit vermeintlich relevanter Mikroorganismen beruht auf Literaturangaben von Dörnemann (1981) sowie Albrecht (2001).

Die Hefe **Cryptococcus neoformans** wurde im Rahmen verschiedener Untersuchungen in bis zu 40 % der untersuchten Taubenkotproben nachgewiesen. Auf Grund der außerordentlich hohen Austrocknungsresistenz wird bei *C. neoformans* in trockenem Vogelkot von einer Überlebensfähigkeit von über einem Jahr ausgegangen. Die getrockneten Exkremente von Tauben ermöglichen Kryptokokken nicht nur ein Überleben, sondern sind auch ein geeignetes Medium zu deren Vermehrung. In feuchtem Vogelkot unterbleibt hingegen ihre Vermehrung, da bakterielle Zersetzungsprozesse zu einem wachstumsbeeinträchtigenden Anstieg des pH-Wertes führen. Kryptokokkosen können bei abwehrgeschwächten Personen eine Lungenentzündung hervorrufen, die in seltenen Fällen auch zu einer Hirnhautentzündung führen kann (Brandis et al., 1994).

Bakterien der Art **Chlamydophila psittaci** (vormals *Chlamydia psittaci*), die sich durch eine hohe Infektiosität auszeichnen, wurden in Taubenbeständen häufig nachgewiesen. In Abhängigkeit von der Herkunft des Untersuchungsmaterials und der -methode können zwischen 20 und 40 % der Tauben als infiziert gelten, bzw. zeigen Anzeichen einer überstandenen Infektion. Chlamydien gelten als relativ leicht auf den Menschen übertragbar. Infektios sind die an Staub angelagerten, austrocknungsresistenten Elementarkörperchen. Aus Puten und Papageien isolierte Erreger gelten allgemein als hoch ansteckend für den Menschen und können zu schweren Erkrankungen führen. Hingegen werden die von Tauben isolierten Stämme als weniger ansteckend angesehen und verursachen i.d.R. meist glimpflich verlaufende Erkrankungen. Chlamydien können auch an kot- und exsudatverschmiertem Gefieder haften und einerseits beim Flattern der Tiere in den Luftraum gelangen, andererseits auch Schmierinfektionen verursachen. In Feder- oder Kotstaub sind sie bei Dunkelheit und Kühle bis zu mehreren Wochen überlebensfähig. Auf Grund eines Energiestoffwechseldefektes können sich Chlamydien ausschließlich in lebenden Zellen vermehren. Übliche Kultivierungsmethoden mit Wachstum auf Agarnährböden können deshalb zu ihrem Nachweis nicht angewendet werden.

Die Erreger werden inhaliert und können die Lunge befallen. Nach 1–3 Wochen entsteht eine Lungenentzündung mit Fieber, Schüttelfrost, Kopfschmerzen und Husten. Eine Infektion mit *Chlamydophila psittaci* kann einerseits mit der Symptomatik einer Erkältung oder nahezu ohne Symptome andererseits jedoch auch tödlich verlaufen. Die Erkrankung dauert i.d.R. eine Woche, aber auch längere Erkrankungszeiten sind möglich (Brandis et al., 1994).

Ebenfalls in Taubenkot weit verbreitet sind Bakterien der Gattung **Campylobacter**. Im Rahmen unterschiedlicher Untersuchungen wurden sie in 20 bis über 50 % der Kotproben nachgewiesen. Jedoch haben sie eine deutlich geringere Überlebensfähigkeit und sterben in Vogelkot in Abhängigkeit von der Temperatur innerhalb von 3 bis 11 Tagen ab. Besonders auf Oberflächen reagieren sie empfindlich auf Austrocknung. *Campylobacter jejuni* ist weltweit eine der häufigsten Ursachen für bakterielle Entzündungen der Darmwand. Die Zeit von der Infektion bis zum Ausbrechen der Krankheit beträgt im Mittel 2–5 Tage. Nach einem unspezifischen Krankheitsgefühl mit Kopf- und Gliederschmerzen, das 12–24 Stunden dauern kann, kommt es zu plötzlichem Fieberanstieg auf bis zu 40° C. Die Diarrhoe beginnt meist explosiv und steigert sich auf bis zu 20 Entleerungen pro Tag. Die Krankheitsdauer beträgt meist 5–7 Tage, selten bis zu 10 Tagen (Brandis et al., 1994).

Auch **Salmonellen** wurden in Vogelkot sporadisch nachgewiesen. Etwa 4 bis 17 % der Haus- sowie 2 bis 8 % der Stadtauben können als mit Salmonellen infiziert angesehen werden. Einzelangaben zufolge kann der Anteil auch bei 30 % liegen. Vor Licht geschützt können sie in eingetrocknetem Kot bis zu einigen Monaten überdauern. Salmonellen können zu einer akuten Entzündung des Magens und des Darms führen. Nach einer Inkubationszeit von wenigen Stunden bis zu einem Tag setzt plötzlich ein Brechdurchfall ein. Die Temperatur steigt teilweise auf 39–40° C. In schweren Fällen besteht ein starkes Krankheitsgefühl und Kreislaufschwäche. Nach 1–2 Tagen klingen die Symptome meist ab (Brandis et al., 1994).

In Taubenkot wurden vereinzelt auch **Mykobakterien, Yersinien** sowie **Listerien** nachgewiesen. Yersinienerkrankungen können bei Erwachsenen sehr unterschiedliche Formen annehmen, u.a. auch wie ein „grippaler Infekt“ verlaufen. Listerien können zu einer Blutvergiftung mit Fieber führen, zu der oft eine Hirnhautentzündung hinzu tritt. Möglicherweise sind kurzfristige fieberhafte Erkrankungen auf Listerien zurückzuführen (Brandis et al., 1994).

Mögliche Infektionswege des Menschen

Voraussetzung für eine gesundheitliche Gefährdung von Menschen durch Mikroorganismen ist, dass die potenziellen Erreger in den Körper gelangen. Bei Tätigkeiten in mit Taubenkot verunreinigten Bereichen sind verschiedene Eintrittspforten denkbar (in Anlehnung an die TRBA 500):

- Aufnahme über den Mund
Berühren des Mundes mit verschmutzten Händen, Handschuhen oder Gegenständen. Essen, Trinken oder Rauchen ohne vorherige Reinigung der Hände. Verzehr von Nahrungsmitteln, die durch Aufbewahren in verschmutzten Bereichen kontaminiert wurden.
- Aufnahme über die Atemwege
Mikroorganismen werden i.d.R. eingelagert in oder angeheftet an kleinste Tröpfchen oder Stäube als sog. Bioaerosole eingeatmet. Taubenkot wird oftmals in getrockneter Form durch Schaufeln und Fegen entfernt. Gelegentlich werden auch Hochdruckreiniger eingesetzt, um die Verunreinigungen abzuspritzen. Die Bildung von Bioaerosolen ist bei diesen Vorgehensweisen unvermeidlich.
- Aufnahme über die Haut oder die Schleimhäute
Verletzungen ermöglichen Mikroorganismen das Eindringen in den Körper. Aufgeweichte Haut bei Feuchtarbeiten sowie

Spritzer in die Augen müssen ebenfalls als Eintrittspforte berücksichtigt werden.

Das aerogene Infektionspotenzial bei Menschen durch Einatmen von kontaminierten Stäuben oder sonstigen Bioaerosolen während der Beseitigung von Taubenkotverunreinigungen wurde erstmals im Auftrag der Tiefbau-Berufsgenossenschaft experimentell untersucht. Die Ergebnisse sind im zweiten Teil dieses Artikels aufgeführt.

Symptome für eine Infektion

Symptome für eine Infektion können das Auftreten von schwerem, wässrigem und zuweilen blutigem Durchfall, krampfartige Bauchschmerzen, Übelkeit, Erbrechen, Fieber, Kreislaufschwäche, Magen-, Kopf- oder Muskelschmerzen sein. Treten solche Krankheitsbilder innerhalb von 2–5 Tagen nach Tätigkeiten an einem mit Taubenkot verunreinigten Ort auf, ist eine Infektion nicht auszuschließen. In einem solchen Fall muss unverzüglich ein Arzt aufgesucht werden. Dem Mediziner ist der Umgang mit Taubenkot mitzuteilen. Besondere Vorsicht ist geboten, wenn nach etwa 1–3 Wochen Fieber, Schüttelfrost, Kopfschmerzen und ein quälender Hustenreiz auftreten. Ein solches Krankheitsbild kann auf eine Ornithose hinweisen (Bredt, 1994). Das unverzügliche Aufsuchen eines Arztes und der Hinweis auf Umgang mit Taubenkot kann im Extremfall überlebenswichtig sein.

Allergisierende Wirkungen

Neben einer möglichen Gefährdung durch Infektionen muss an durch Taubenkot verunreinigten Arbeitsplätzen auch mit Sensibilisierungen gegenüber Tierallergenen gerechnet werden. Empfindliche Personen können bei wiederholter Exposition eine Exogen-Allergische-Alveolitis (EAA), eine sog. **Taubenzüchterlunge**, ausbilden. Als einatembare Allergene gelten feinste, für das Auge nicht sichtbare Partikel, vor Allem abgestoßenes Hautepithel, Federpartikel und zu Staub zerfallener Taubenkot. Auf Grund ihrer sehr feinen Verteilung wirken von Tauben stammende Feinstäube oft stärker sensibilisierend als vergleichbare Partikel anderer Vogelarten.

Unter Taubenzüchtern wird eine Taubenzüchterlunge in einer Häufigkeit zwischen 1 und 10 % vermutet. Exakte Aussagen sind sehr schwierig, da sich erkrankte Züchter aus Angst, ihr geliebtes Hobby aufgeben zu müssen, vermutlich nicht an Reihenuntersuchungen beteiligen. Bei stark sensibilisierten Menschen kann bereits kurzzeitiges Einatmen geringer Partikelmengen Krankheitssymptome hervorrufen. Eine Taubenzüchterlunge äußert sich i.d.R. 4 bis 12 Stunden nach Einatmen des (Kot-) Staubes durch Atembeschwerden mit Husten und Auswurf, Kopf- und Gliederschmerzen sowie zuweilen Frösteln, leichtem Fieber oder Nachtschweiß (Lüthgen, 1994).

Parasiten

Taubenzecken sind nachtaktive Tiere, die zum Durchlaufen ihrer Entwicklungsstadien die Anwesenheit von Taubenküken benötigen. Sie finden sich daher vor Allem im Bereich von Nistplätzen, auch wenn diese schon mehrere Jahre verlassen sind. Die erwachsenen Zecken können Menschen befallen und sie beißen. Die Bisse können massive allergische Reaktionen auslösen.

Taubenmilben können auch den Menschen als Nahrungsquelle nutzen und bei ihm Blut saugen. Danach fallen sie wieder ab. Als Komplikation kann eine Milben-Allergie auftreten.

Toxische Wirkungen

Eine weitere mögliche Gefährdung kann auch von bereits abgestorbenen gramnegativen Bakterien ausgehen. Werden solche Bakterienzellen nach ihrem Tod zersetzt, können als Zellwandbestandteile sog. **Endotoxine** freigesetzt werden (Olenchok,

1996). Nach dem Einatmen größerer Mengen können ähnliche Symptome wie bei einer Infektion auftreten, beispielsweise Schüttelfrost, akutes Fieber, chronischer Husten sowie Kopf- und Gliederschmerzen.

Untersuchung der Belastung von Arbeitnehmern durch Taubenkot

An vielen Arbeitsplätzen bzw. bei vielen Tätigkeiten treten immer wieder Expositionen der Beschäftigten gegenüber Taubenkot auf. Zu diesen Tätigkeiten zählen nicht nur Sanierungsarbeiten von mit Taubenkot verunreinigten Standorten. Oft werden Tätigkeiten in Arbeitsbereichen durchgeführt, die mit Taubenkot verunreinigt sind, z.B. bei Inspektionsarbeiten an einer Brücke.

Bisher lagen nur wenig Angaben über die Gefährdung der Beschäftigten bei entsprechender Tätigkeit vor. Daher hat das Sachgebiet „Mikrobiologie im Tiefbau“ des Fachausschusses Tiefbau die Belastung von Arbeitnehmern durch Taubenkot näher untersuchen lassen. Im Vordergrund standen dabei zunächst reine Sanierungsarbeiten, da hier auch die höchsten Expositionswerte zu erwarten waren. Im Auftrag der Tiefbau-Berufsgenossenschaft wurden vom Institut für Angewandte Mikrobiologie der Justus-Liebig-Universität Gießen in den Jahren 2000 bis 2001 Untersuchungen zur möglichen Gesundheitsgefährdung durch Taubenkot durchgeführt.

Material und Methoden

Die Probenahmen erfolgten an unterschiedlichen Orten in den Jahren 2000 und 2001. Tabelle 3 gibt einen Überblick über die Orte, die untersuchten Objekte, den Verschmutzungsgrad, die aktuelle Zugänglichkeit für Tauben, die Art und Weise der Reinigung sowie über das Ausmaß der Staubfreisetzung während der Reinigung.

Die während der Reinigungstätigkeiten freigesetzten Bioaerosole wurden in unmittelbarer Nähe der Arbeitnehmer überwiegend mit MD 8-Luftkeimsammlern (Sartorius, Göttingen) beprobt. Die Erfassungssysteme wurden nach Möglichkeit in einer Höhe von 1,5 m positioniert. Vereinzelt wurden personenbezogene Gefahrstoff-Probenahmesysteme (PGP) mit Gesamtstaubsammelkopf (PGP-GSP-System) oder All Glass-Impinger (AGI-30) eingesetzt. In Tabelle 4 sind die Charakteristika der eingesetzten Sammelgeräte zusammengefasst. Die Aufarbeitung der Proben erfolgte gemäß der Technischen Regel für biologische Arbeitsstoffe 430 (TRBA 430). Von jeder Verdünnungsstufe wurden jeweils drei Laborparallelen angelegt.

Die gesammelten Mikroorganismen wurden durch Kultivierung als Koloniebildende Einheiten (KBE) nachgewiesen. Abbildung 4 zeigt eine Casein-Sojamehl-Pepton-Agar-Platte nach 7-tägiger Inkubation bei 36° C. Eine differenzierte Erfassung verschiedener Organismengruppen erfolgte durch Verwendung spezifischer Nährböden, die in Tabelle 5 aufgeführt sind. Alle mikrobiologischen Kultivierungsverfahren besitzen durch die gewählten

Sammler Sammelprinzip	Sammelmedium	Sammelzeit Luftdurchsatz	Gesammeltes Volumen
MD 8 Filtration	Gelatinefilter (3,0 µm)	10 min 100 l min ⁻¹	1 m ³
PGP-GSP Filtration	Gelatinefilter (3,0 µm)	30 min 3,5 l min ⁻¹	0,105 m ³
AGI-30 Impingement	0,9 %ige NaCl (50 ml)	30 min 12,7 l min ⁻¹	0,381 m ³

Tabelle 4: Charakteristika der eingesetzten Sammelgeräte zur Erfassung luftgetragener Mikroorganismen an mit Taubenkot verunreinigten Arbeitsplätzen. Der Einsatz der Geräte erfolgte in Anlehnung an Hofmann et al., 1999

Probenahmeort	Objekt Verschmutzungsgrad Zugänglichkeit für Tauben	Art und Weise der Reinigung (Staubfreisetzung) ²⁾
Kaiserslautern – KL	Dachboden weitgehend gereinigt nicht zugänglich (seit einigen Monaten)	Simulierte Tätigkeiten: Schaufeln (sehr stark)
Ludwigs-hafen – LU	Brücke – geschlossener Raum flächendeckend aktuell zugänglich ¹⁾	Schaufeln (extrem stark)
Stuttgart – S	leerstehende Gebäude punktuell aktuell zugänglich ¹⁾	Schaufeln und Fegen (mittel)
Marburg – MR	Dachboden flächendeckend nicht zugänglich (seit zwei Jahren)	Schaufeln (sehr stark)
Wiesbaden – WI	Brücke – offene Stahlkonstruktion punktuell aktuell zugänglich ¹⁾	Hochdruckreiniger Flüssigkeitsaerosol (sehr stark)
Wuppertal – W	Stahlträger, offene Bereiche punktuell aktuell zugänglich ¹⁾	Spachteln und Bürsten (gering)
Koblenz – KO	Dachboden flächendeckend aktuell zugänglich ¹⁾	Schaufeln und Fegen (extrem stark)
Brandenburg – BRB	Maschinengebäude am Wehr punktuell aktuell zugänglich ¹⁾	Fegen, Spachteln und Bürsten, z.T. Sauger (mittel)
Berlin – B	leerstehendes Gebäude punktuell nicht zugänglich (seit mehreren Jahren)	Fegen, z.T. Sauger (gering)
Offenbach – OF	Maschinengebäude an Schleuse punktuell aktuell zugänglich ¹⁾	Fegen (gering)
n.n. – HÜ ³⁾	Hühnerstall flächendeckend	Bewegung der Tiere (mittel)

¹⁾ vor Reinigungsbeginn befanden sich lebende Tiere im Untersuchungsobjekt
²⁾ die während der Reinigung beobachtete visuell sichtbare Staubproduktion im Objekt
³⁾ Referenzmessung in einem Stall zur Legehennenaufzucht in Bodenhaltung während einer Impfkation durch Tierärzte



Tabelle 3:
Probenahmeorte, untersuchte Objekte, Verschmutzungsgrad, aktuelle Zugänglichkeit für Tauben, Art und Weise der Reinigung sowie Ausmaß der Staubfreisetzung während der Reinigung

Abb. 4:
Beimpfte und sieben Tage bei 36° C bebrütete Casein-Sojamehl-Pepton-Agar-Platte (CaSo)

Bedingungen (Zusammensetzung der Nährböden, Temperatur, Gasatmosphäre, etc.) eine spezifische Selektivität. Auch auf sogenannten universellen Nährböden können deshalb nur die jeweils unter den gewählten Bedingungen kultivierbaren Mikroorganismen eines Bioaerosols nachgewiesen werden. Da dies selbst für unterschiedliche Stämmen einer Art gelten kann, wird die Verwendung unterschiedlicher Nährböden empfohlen (Bockemühl, 1992). Deshalb wurden für die in diesem Rahmen besonders wichtige Familie der *Enterobacteriaceae* (dieser Familie werden die meisten typischen Darmbakterien zugeordnet) zwei unterschiedliche Nährböden verwendet.

Die auf Salmonella-Shigella- und MacConkey No. 3-Agar kultivierten Hauptmorphotypen wurden durch physiologisch-biochemische Merkmale (Kämpfer, 1996; Kämpfer et al., 1991) sowie durch Fettsäureanalyse (Kämpfer und Kroppenstedt, 1996) identifiziert.

Einzelne Bioaerosolproben wurden qualitativ auf Gehalt an Chlamydien sowohl mittels Zellkulturen und Detektion durch monoklonale Antikörper (Unkrig, 1995) als auch mittels Multiplex-PCR (Siemers, 1999) untersucht.

Ergebnisse

Im Folgenden sind die Ergebnisse einiger Untersuchungen dargestellt. Die Situa-

Organismengruppe	Nährmedium	Inkubationstemperatur [° C] Antibiotikazusätze [$\mu\text{g ml}^{-1}$] Endauswertung
„Gesamtkeime“	Casein-Sojamehl-Pepton-Agar (CaSo) Oxoid, PO 5073 A	36 7 Tage
<i>Enterobacteriaceae</i> ³⁾	Salmonella-Shigella-Agar (SS) Oxoid, PO 5022 A	36 4 Tage
<i>Enterobacteriaceae</i> ³⁾	MacConkey No. 3-Agar (MacConkey) Oxoid, PO 5002 A	36 4 Tage
<i>Campylobacter</i>	Campylobacter-Selektiv-Agar (Campylobacter) Oxoid, PO 5091 A	36 O ₂ -reduziert ²⁾ 4 Tage
Schimmelpilze	Dichloran-Glycerin-Agar (DG 18) Oxoid, CM 0729 B	25 Chloramphenicol 100 Oxytetracyclin 40 7 Tage
Thermophile und thermotolerante Pilze	Malzextrakt-Agar (Malz) Merck, 1.05398	45 ¹⁾ Chloramphenicol 100 Oxytetracyclin 40 7 Tage
Hefen	Sabouraud-Agar (Sabouraud) Oxoid, PO 5070 A	36 7 Tage

¹⁾ zum Schutz vor Austrocknung erfolgt die Inkubation in verschlossenen Kunststoffbeuteln
²⁾ Inkubation erfolgte in einer O₂-reduzierten und CO₂-angereicherten Gasatmosphäre durch Verwendung von Anaerocult® C, Merck 1.16275
³⁾ auf Grund der spezifischen Selektivität wurden zwei unterschiedliche Medien für den Nachweis von Bakterien der Familie der *Enterobacteriaceae* verwendet

Tabelle 5: Spezifische Nährböden zur Erfassung verschiedener Organismengruppen aus Taubenkot. Angegeben sind auch die Inkubationstemperaturen, Antibiotikazusätze sowie der Zeitpunkt der Endauswertung

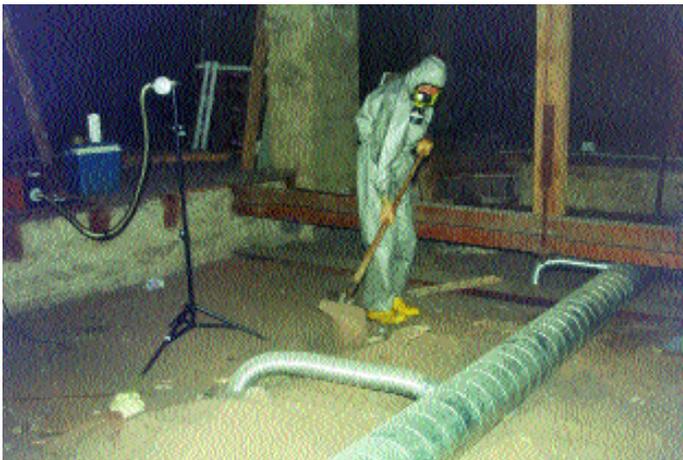


Abb. 5: Ehemals mit Taubenkot verunreinigter Dachboden in Kaiserslautern. Tauben hatten über Jahre ungehinderten Zutritt und verursachten sehr starke Verunreinigungen, die einige Monate vor der Probenahme entfernt wurden. Links im Bild ist das MD8-Probenahmesystem zu sehen. In der Mitte und rechts befindet sich fein gemahlener Flözsand, der zur Simulation von Arbeitsaktivitäten durch Schaufeln bewegt wurde.

tion bezüglich Art und Umfang der Verschmutzung sowie die durchgeführten Reinigungstätigkeiten waren an jedem Ort unterschiedlich, so dass die Ergebnisse standortspezifisch beschrieben werden.

Kaiserslautern – KL

Die Untersuchungen in Kaiserslautern wurden auf einem Dachboden durchgeführt, der einige Monate zuvor durch Entfernung von Taubenkot gereinigt worden war. Im Rahmen dieser Tätigkeit kam es zu einer Erkrankung eines beteiligten Arbeitnehmers. Die Örtlichkeit sowie der Erkrankungsfall wurden von Warfolomeow (2001) beschrieben. Vor der Reinigung wurden auf dem Dachstuhl Taubenkot, -federn, -kadaver und -nester im großen Ausmaß registriert.

Nach der Reinigung hatten Tauben keinen Zugang mehr zu der Räumlichkeit. Die beschriebene Taubenkotverunreinigung befand sich auf einer Holzabdeckung, unter der nahezu flächendeckend in einer Stärke von 5–10 cm feingemahlener Flözsand lag. Dieser Sand befand sich während der hier beschriebenen Untersuchung teilweise noch auf dem Dachboden und wurde zur Simulation von Arbeitsaktivitäten durch Schaufeln bewegt (Abb. 5).

Das geschilderte Vorgehen wurde bei Warfolomeow (2001) fotografisch dokumentiert. In Tabelle 6 sind die Konzentrationen luftgetragener Mikroorganismen sowie die Mediane auf den verwendeten Selektivnährböden zusammengefasst. Vermehrungsfähige Chlamydien wurden in einer von sechs Proben

Abb. 6: Die für die Probenahmen verwendeten Gelatinefilter. Rechts ist ein nicht benutztes Filter zu sehen, links eines, durch das während simulierter Arbeitsaktivitäten in Kaiserslautern 1 m³ Luft gesaugt wurde



Organismengruppe (Medium/Temperatur)	KBE/m ³	
	Median	Spannweite
„Gesamtkeime“ (CaSo, 36° C)	5,2 x 10 ⁵	3,2 x 10 ⁵ – 1,8 x 10 ⁶
<i>Enterobacteriaceae</i> (SS, 36° C) ¹⁾	1,2 x 10 ³	1,0 x 10 ³ – 3,0 x 10 ³
<i>Enterobacteriaceae</i> (MacConkey, 36° C) ¹⁾	4,6 x 10 ³	2,3 x 10 ³ – 4,8 x 10 ³
<i>Campylobacter</i> (36° C)	9,0 x 10 ²	5,0 x 10 ² – 3,0 x 10 ³
Schimmelpilze (DG 18, 25° C)	2,7 x 10 ⁶	8,0 x 10 ⁵ – 3,9 x 10 ⁶
Thermophile Pilze (Malz, 45° C)	2,0 x 10 ²	k.W. – 3,0 x 10 ²
Hefen (Sabouraud, 36° C)	k.W.	k.W.
¹⁾ auf Grund der spezifischen Selektivität wurden zwei unterschiedliche Medien für den Nachweis von Bakterien der Familie der <i>Enterobacteriaceae</i> verwendet k.W. = kein Wachstum		

Tabelle 6: Konzentrationen luftgetragener Mikroorganismen in KBE/m³ Luft während der simulierten Arbeitsaktivitäten in Kaiserslautern. Angegeben sind jeweils die Spannweiten der Maximalkonzentrationen von drei Messtagen sowie deren Mediane. Die Probenahmen erfolgten mit MD 8-Luftkeimsammlern auf Gelatinefiltern

nachgewiesen, *Chlamydomydia psittaci*-DNA in zwei von sechs. Abbildung 6 zeigt die zu Probenahmezwecken verwendeten Gelatinefilter vor bzw. nach Filtration von 1 m³ Luft.

Ludwigshafen – LU

Die Messungen erfolgten während Reinigungsarbeiten an einer Brücke in Ludwigshafen. Unterhalb der Fahrbahn befand sich eine in Längsrichtung trapezartig ausgebildete Betonkonstruktion, deren Seiten einen geschlossenen Raum von etwa 1,70 m Höhe, 3 m Breite und 50 m Länge umschlossen.

Einziger Zugang zu diesem Raum war eine runde Öffnung von 0,60 m Durchmesser und einer Länge von 1,30 m, die zu Beginn der Reinigungsarbeiten nicht verbrämt war, so dass Vögel in den Raum gelangen konnten. Im Inneren verlief in Längsrichtung in etwa 0,40 m Höhe eine aus Kunststoffmaterial bestehende Entwässerungsleitung mit einem Durchmesser von etwa 0,20 m, die dazu diente, das auf der Fahrbahn niedergegangene Regenwasser abzuleiten. Die Räumlichkeit ist in Abbildung 7 im gereinigten Zustand abgebildet.

Abb. 7: Von Taubenkot gereinigter Raum unterhalb einer Brücke in Ludwigshafen. Bis auf die runde Öffnung im Hintergrund (Durchmesser 60 cm) besteht keine Verbindung nach außen. Vor der Reinigung befanden sich einige dutzend Tauben, Gelege, Kadaver und Gerippe in der Räumlichkeit. Der Boden war flächendeckend etwa 10 cm hoch mit Taubenkot bedeckt. Das überwiegend getrocknete, z.T. auch frische Material wurde durch Schaufeln und Abfüllen in Kunststoffsäcke unter starker Staubproduktion entfernt



Organismengruppe (Medium/Temperatur)	KBE/m ³	
	Median	Spannweite
„Gesamtkeime“ (CaSo, 36° C)	4,1 x 10 ⁶	3,8 x 10 ⁵ – 4,9 x 10 ⁷
<i>Enterobacteriaceae</i> (SS, 36° C) ¹⁾	1,8 x 10 ⁴	1,9 x 10 ³ – 2,9 x 10 ⁶
<i>Enterobacteriaceae</i> (MacConkey, 36° C) ¹⁾	4,1 x 10 ³	k.W. – 4,1 x 10 ⁴
Schimmelpilze (DG 18, 25° C)	7,3 x 10 ⁶	3,0 x 10 ⁵ – 7,4 x 10 ⁷
Thermophile Pilze (Malz, 45° C)	9,5 x 10 ²	k.W. – 3,0 x 10 ³
Hefen (Sabouraud, 36° C)	1,8 x 10 ⁴	k.W. – 6,1 x 10 ⁵
¹⁾ auf Grund der spezifischen Selektivität wurden zwei unterschiedliche Medien für den Nachweis von Bakterien der Familie der <i>Enterobacteriaceae</i> verwendet k.W. = kein Wachstum		

Tabelle 7: Konzentrationen luftgetragener Mikroorganismen in KBE/m³ Luft während der Reinigungsaktivitäten in Ludwigshafen. Angegeben sind jeweils die Spannweiten der Maximalkonzentrationen von drei Messtagen sowie deren Mediane. Die Probenahmen erfolgten mit einem PGP-GSP-System bzw. MD 8-Luftkeimsammlern auf Gelatinefiltern

Zu Beginn der Reinigungstätigkeiten erreichte der Kot nahezu flächendeckend eine Höhe von bis zu 0,10 m. Es wurden außerdem zahlreiche Nester, z.T. mit Eiern oder Jungvögeln unterschiedlichen Alters, Federn sowie Vogelkadaver und -gerippe vorgefunden. Das gesamte Material in der beschriebenen Räumlichkeit war bis auf die frischen Ausscheidungen sehr trocken. Die Reinigung erfolgte manuell durch Abfüllen der schaufelbaren Verunreinigungen in Kunststoffsäcke und Ausfegen. Bedingt durch die trockene Konsistenz des Kotes wurden dabei größere Staubmengen in die Luft freigesetzt. In Tabelle 7 sind die Konzentrationen luftgetragener Mikroorganismen sowie die Mediane auf den verwendeten Selektivnährböden zusammengefasst. Vermehrungsfähige Chlamydien wurden in einer von fünf Proben nachgewiesen, *Chlamydomytila psittaci*-DNA in drei von fünf.

Marburg – MR

Die Messungen erfolgten auf einem Dachboden, der seit etwa zwei bis drei Jahren für Tauben nicht mehr zugänglich war. Der Fußboden bestand aus einer Holzbalkenkonstruktion mit Lehmauffüllung. Größere Bereiche waren z.T. flächendeckend durch Taubenkot verunreinigt, besonders unter ehemaligen Sitzplätzen befanden sich Akkumulationsbereiche (Abb. 1 – Der Kot wurde unter starker Staubentwicklung durch Schaufeln und Fegen entfernt). Die Reinigung erfolgte durch Schaufeln des trockenen Taubenkotes in Säcke. Bei dieser Tätigkeit wurde Staub aufgewirbelt. In Tabelle 8 sind die Konzentrationen luftgetragener Mikroorganismen sowie deren Mediane auf den verwendeten Selektivnährböden zusammengefasst. Es wurden weder vermehrungsfähige Chlamydien noch deren DNA nachgewiesen.

Wiesbaden – WI

Die Messungen erfolgten während Reinigungsarbeiten an einer aus Stahlstreben zusammengesetzten Brücke. Konstruktionsbedingt konnten Vögel in den Innenbereich der Brücke einfliegen. Vogelkotverunreinigungen manifestierten sich als weißlicher Belag auf den Stahlträgern. An geschützten Stellen der Stahlkonstruktion befanden sich vereinzelt Vogelnester, die auf Grund der Größe des verwendeten Nistmaterials nicht von Tauben stammen konnten. Größere Kotansammlungen befanden sich vor Allem in den Bereichen, an denen die Stahlkonstruktionen an den Brückenpfeilern befestigt waren. Die

Organismengruppe (Medium/Temperatur)	KBE/m ³	
	Median	Spannweite
„Gesamtkeime“ (CaSo, 36° C)	1,3 x 10 ⁴	8,0 x 10 ² – 5,8 x 10 ⁴
<i>Enterobacteriaceae</i> (SS, 36° C) ¹⁾	k.W.	k.W. – 2,0 x 10 ²
<i>Enterobacteriaceae</i> (MacConkey, 36° C) ¹⁾	k.W.	k.W.
Schimmelpilze (DG 18, 25° C)	2,0 x 10 ⁴	1,1 x 10 ³ – 8,0 x 10 ⁴
Thermophile Pilze (Malz, 45° C)	2,0 x 10 ²	k.W. – 4,0 x 10 ²
Hefen (Sabouraud, 36° C)	k.W.	k.W.
¹⁾ auf Grund der spezifischen Selektivität wurden zwei unterschiedliche Medien für den Nachweis von Bakterien der Familie der <i>Enterobacteriaceae</i> verwendet k.W. = kein Wachstum		

Tabelle 8: Konzentrationen luftgetragener Mikroorganismen in KBE/m³ Luft während der Reinigungsaktivitäten in Marburg. Angegeben sind jeweils die Spannweiten der Maximalkonzentrationen sowie deren Mediane. Die Probenahmen erfolgten mit MD 8-Luftkeimsammlern auf Gelatinefiltern

Reinigung der Stahlkonstruktion erfolgte durch Einsatz von Hochdruckreinigern. Dazu wurde Wasser auf 95° C erhitzt und mit einem Druck von 100 bar auf die Stahlträger gespritzt. Dabei entstanden deutlich sichtbare Flüssigkeitsaerosole (Abb. 8). In Tabelle 9 sind die Konzentrationen luftgetragener Mikroorganismen sowie deren Mediane auf den verwendeten Selektivnährböden zusammengefasst.

Koblenz – KO

Die Probenahmen erfolgten auf einem Dachboden eines unbewohnten Hauses in Koblenz. Tauben hatten bis zu Beginn der Reinigungstätigkeiten Zugang zu den Räumlichkeiten. Der Fußboden war überwiegend flächendeckend durch getrockneten Taubenkot verunreinigt. Unter Sitzplätzen befanden sich stärkere Akkumulationen. Zusätzlich zum Taubenkot befanden sich auf dem Dachboden Taubenkadaver sowie Nester mit Eiern.

Der Kot wurde durch Zusammenkehren und Schaufeln unter extremer Staubbefreiung entfernt (Abb. 9). Anschließend wurde der Fußboden mit einem Metallschaber sowie mit einem Drahtbürstenbesen gereinigt. Auch dabei wurde sehr viel Staub

Abb. 8: Reinigungstätigkeiten an einer Brücke zwischen Mainz und Wiesbaden. Die Taubenkotverunreinigungen wurden mit Hilfe von Hochdruckreinigern (100 bar Druck, 95° C) entfernt. Deutlich sichtbar ist die dabei entstandene Aerosolwolke. Im linken Bildteil ist eine begehbare Arbeitsplattform zu sehen



Organismengruppe (Medium/Temperatur)	Median	KBE/m ³ Spannweite
„Gesamtkeime“ (CaSo, 36° C)	1,7 x 10 ⁴	6,6 x 10 ³ – 8,1 x 10 ⁵
<i>Enterobacteriaceae</i> (SS, 36° C) ¹⁾	1,3 x 10 ³	k.W. – 1,0 x 10 ⁴
<i>Enterobacteriaceae</i> (MacConkey, 36° C) ¹⁾	k.W.	k.W. – 3,9 x 10 ³
Schimmelpilze (DG 18, 25° C)	2,6 x 10 ³	k.W. – 1,0 x 10 ⁴
Thermophile Pilze (Malz, 45° C)	k.W.	k.W.
Hefen (Sabouraud, 36° C)	k.W.	k.W. – 3,8 x 10 ⁴
¹⁾ auf Grund der spezifischen Selektivität wurden zwei unterschiedliche Medien für den Nachweis von Bakterien der Familie der <i>Enterobacteriaceae</i> verwendet k.W. = kein Wachstum		

Tabelle 9: Konzentrationen luftgetragener Mikroorganismen in KBE/m³ Luft während der Reinigungsaktivitäten in Wiesbaden. Angegeben sind jeweils die Spannweiten der Maximalkonzentrationen von zwei Messtagen sowie deren Mediane. Die Probenahmen erfolgten mit AGI-30-Impingern in physiologischer Kochsalzlösung

aufgewirbelt. In Tabelle 10 sind die Konzentrationen luftgetragener Mikroorganismen sowie deren Mediane auf den verwendeten Selektivnährböden zusammengefasst. Es wurden weder vermehrungsfähige Chlamydien noch deren DNA nachgewiesen.

Brandenburg – BRB

Die Probenahmen erfolgten in einem Maschinengebäude eines Wehres der Havel in der Stadt Brandenburg. Durch eine etwa 20 x 20 cm große Öffnung hatten Tauben Zutritt zu dem Gebäude, in dem sich zu Beginn der Probenahme 5 Tauben und einzelne Eier befanden. Im Raum befindliche Elektromotoren, ein Elektroschaltschrank sowie der Fußboden zeigten deutliche Verschmutzungen durch Taubenkot (Abb. 10). Der überwiegend getrocknete Kot wurde durch Fegen und Schaufeln, Saugen, Spachteln oder durch feuchtes Abbürsten (Abb. 11) entfernt. Es wurde lediglich eine mäßige Staubbefreiung beobachtet. In Tabelle 11 sind die Konzentrationen luftgetragener Mikroorganismen sowie deren Mediane auf den verwendeten Selektivnährböden zusammengefasst.



Abb. 9: Ein mit Taubenkot verunreinigter Dachboden in Koblenz. Der Fußboden war teilweise bis zu 1–2 cm Höhe mit überwiegend trockenem Taubenkot bedeckt. Vor Beginn der Reinigung befanden sich einzelne Tauben in den Räumlichkeiten. Auf dem Bild ist eine typische Reinigungstätigkeit zu sehen, in dessen Verlauf sehr viel Staub in die Luft gelangte

Organismengruppe (Medium/Temperatur)	Median	KBE/m ³ Spannweite
„Gesamtkeime“ (CaSo, 36° C)	2,2 x 10 ⁶	1,7 x 10 ⁵ – 2,1 x 10 ⁷
<i>Enterobacteriaceae</i> (SS, 36° C) ¹⁾	6,0 x 10 ³	2,0 x 10 ² – 5,0 x 10 ⁵
<i>Enterobacteriaceae</i> (MacConkey, 36° C) ¹⁾	3,0 x 10 ³	1,0 x 10 ² – 1,5 x 10 ⁵
<i>Campylobacter</i> (36° C)	2,0 x 10 ²	k.W. – 5,0 x 10 ⁴
Schimmelpilze (DG 18, 25° C)	1,5 x 10 ⁶	1,9 x 10 ⁵ – 2,5 x 10 ⁷
Thermophile Pilze (Malz, 45° C)	8,0 x 10 ²	1,0 x 10 ² – 1,0 x 10 ⁴
Hefen (Sabouraud, 36° C)	k.W.	k.W.
¹⁾ auf Grund der spezifischen Selektivität wurden zwei unterschiedliche Medien für den Nachweis von Bakterien der Familie der <i>Enterobacteriaceae</i> verwendet k.W. = kein Wachstum		

Tabelle 10: Konzentrationen luftgetragener Mikroorganismen in KBE/m³ Luft während der Reinigungsaktivitäten in Koblenz. Angegeben sind jeweils die Spannweiten der Maximalkonzentrationen von neun Einzelmessungen sowie die Mediane. Die Probenahmen erfolgten mit MD 8-Luftkeimsammlern auf Gelatinefiltern

Abb. 10: Mit Taubenkot verunreinigter Maschinenraum eines Wehres in Brandenburg. Der Kot auf dem Fußboden sowie an den Maschinenteilen war überwiegend trocken. Zu Beginn der Messungen befanden sich einige Tauben im Raum



Abb. 11: Reinigung eines durch Taubenkot verunreinigten Treppengitters durch feuchtes Abbürsten



Organismengruppe (Medium/Temperatur)	KBE/m ³	
	Median	Spannweite
„Gesamtkeime“ (CaSo, 36° C)	5,1 x 10 ⁴	2,2 x 10 ⁴ – 9,9 x 10 ⁵
<i>Enterobacteriaceae</i> (SS, 36° C) ¹⁾	5,1 x 10 ¹	k.W. – 1,0 x 10 ²
<i>Enterobacteriaceae</i> (MacConkey, 36° C) ¹⁾	k.W.	k.W. – 2,0 x 10 ²
<i>Campylobacter</i> (36° C)	5,1 x 10 ¹	k.W. – 9,0 x 10 ²
Schimmelpilze (DG 18, 25° C)	1,4 x 10 ⁶	2,8 x 10 ⁵ – 2,8 x 10 ⁶
Thermophile Pilze (Malz, 45° C)	k.W.	k.W. – 4,0 x 10 ²
Hefen (Sabouraud, 36° C)	k.W.	k.W. – 1,0 x 10 ²
¹⁾ auf Grund der spezifischen Selektivität wurden zwei unterschiedliche Medien für den Nachweis von Bakterien der Familie der <i>Enterobacteriaceae</i> verwendet k.W. = kein Wachstum		

Tabelle 11 (oben):
Konzentrationen luftgetragener Mikroorganismen in KBE/m³ Luft während der Reinigungsaktivitäten in Brandenburg. Angegeben sind jeweils die Spannweiten der Maximalkonzentrationen sowie deren Mediane. Die Probenahmen erfolgten mit MD 8-Luftkeimsammlern auf Gelatinefiltern

Tabelle 13 (rechts oben):
Konzentrationen luftgetragener Mikroorganismen in KBE/m³ Luft während der Reinigungsaktivitäten im Haltestellenbereich der Wuppertaler Schwebbahn. Angegeben sind jeweils die Spannweiten der Maximalkonzentrationen sowie deren Mediane. Die Probenahmen erfolgten mit MD 8-Luftkeimsammlern auf Gelatinefiltern

Tabelle 14 (rechts):
Konzentrationen luftgetragener Mikroorganismen in KBE/m³ Luft während der Reinigungsaktivitäten in Berlin. Angegeben sind jeweils die Spannweiten der Maximalkonzentrationen sowie deren Mediane. Die Probenahmen erfolgten mit MD 8-Luftkeimsammlern auf Gelatinefiltern

Organismengruppe (Medium/Temperatur)	KBE/m ³	
	Median	Spannweite
„Gesamtkeime“ (CaSo, 36° C)	8,9 x 10 ⁴	1,8 x 10 ³ – 5,2 x 10 ⁵
<i>Enterobacteriaceae</i> (SS, 36° C) ¹⁾	1,3 x 10 ³	k.W. – 7,6 x 10 ³
<i>Enterobacteriaceae</i> (MacConkey, 36° C) ¹⁾	2,0 x 10 ²	k.W. – 1,7 x 10 ³
Schimmelpilze (DG 18, 25° C)	2,0 x 10 ⁵	3,8 x 10 ³ – 3,5 x 10 ⁵
Thermophile Pilze (Malz, 45° C)	4,0 x 10 ²	k.W. – 6,0 x 10 ²
Hefen (Sabouraud, 36° C)	k.W.	k.W. – 6,0 x 10 ³
¹⁾ auf Grund der spezifischen Selektivität wurden zwei unterschiedliche Medien für den Nachweis von Bakterien der Familie der <i>Enterobacteriaceae</i> verwendet k.W. = kein Wachstum		

Tabelle 12 (oben):
Konzentrationen luftgetragener Mikroorganismen in KBE/m³ Luft während der Reinigungsaktivitäten in Stuttgart. Angegeben sind jeweils die Spannweiten der Maximalkonzentrationen sowie deren Mediane. Die Probenahmen erfolgten mit MD 8-Luftkeimsammlern auf Gelatinefiltern

Tabelle 15 (rechts):
Konzentrationen luftgetragener Mikroorganismen in KBE/m³ Luft während der Reinigungsaktivitäten in Offenbach. Angegeben sind jeweils die Spannweiten der Maximalkonzentrationen sowie deren Mediane. Die Probenahmen erfolgten mit MD 8-Luftkeimsammlern auf Gelatinefiltern

Organismengruppe (Medium/Temperatur)	KBE/m ³	
	Median	Spannweite
„Gesamtkeime“ (CaSo, 36° C)	2,7 x 10 ⁴	1,5 x 10 ³ – 1,0 x 10 ⁵
<i>Enterobacteriaceae</i> (SS, 36° C) ¹⁾	k.W.	k.W. – 1,0 x 10 ²
<i>Enterobacteriaceae</i> (MacConkey, 36° C) ¹⁾	k.W.	k.W. – 4,0 x 10 ²
<i>Campylobacter</i> (36° C)	k.W.	k.W. – 1,0 x 10 ²
Schimmelpilze (DG 18, 25° C)	1,7 x 10 ⁵	4,9 x 10 ³ – 5,3 x 10 ⁵
Thermophile Pilze (Malz, 45° C)	k.W.	k.W. – 1,0 x 10 ²
Hefen (Sabouraud, 36° C)	k.W.	k.W. – 1,2 x 10 ³
¹⁾ auf Grund der spezifischen Selektivität wurden zwei unterschiedliche Medien für den Nachweis von Bakterien der Familie der <i>Enterobacteriaceae</i> verwendet k.W. = kein Wachstum		

Organismengruppe (Medium/Temperatur)	KBE/m ³	
	Median	Spannweite
„Gesamtkeime“ (CaSo, 36° C)	1,9 x 10 ⁴	3,9 x 10 ³ – 6,4 x 10 ⁴
<i>Enterobacteriaceae</i> (SS, 36° C) ¹⁾	k.W.	k.W.
<i>Enterobacteriaceae</i> (MacConkey, 36° C) ¹⁾	k.W.	k.W.
<i>Campylobacter</i> (36° C)	5,1 x 10 ¹	k.W. – 2,0 x 10 ²
Schimmelpilze (DG 18, 25° C)	1,0 x 10 ⁵	4,9 x 10 ³ – 5,3 x 10 ⁶
Thermophile Pilze (Malz, 45° C)	3,0 x 10 ²	k.W. – 6,0 x 10 ²
Hefen (Sabouraud, 36° C)	k.W.	k.W.
¹⁾ auf Grund der spezifischen Selektivität wurden zwei unterschiedliche Medien für den Nachweis von Bakterien der Familie der <i>Enterobacteriaceae</i> verwendet k.W. = kein Wachstum		

Organismengruppe (Medium/Temperatur)	KBE/m ³	
	Median	Spannweite
„Gesamtkeime“ (CaSo, 36° C)	5,8 x 10 ⁴	1,6 x 10 ⁴ – 4,0 x 10 ⁵
<i>Enterobacteriaceae</i> (SS, 36° C) ¹⁾	1,1 x 10 ³	k.W. – 5,2 x 10 ³
<i>Enterobacteriaceae</i> (MacConkey, 36° C) ¹⁾	2,2 x 10 ³	k.W. – 1,9 x 10 ⁴
<i>Campylobacter</i> (36° C)	k.W.	k.W.
Schimmelpilze (DG 18, 25° C)	2,1 x 10 ⁵	2,3 x 10 ⁴ – 3,2 x 10 ⁵
Thermophile Pilze (Malz, 45° C)	5,5 x 10 ²	9,0 x 10 ²
Hefen (Sabouraud, 36° C)	k.W.	k.W.
¹⁾ auf Grund der spezifischen Selektivität wurden zwei unterschiedliche Medien für den Nachweis von Bakterien der Familie der <i>Enterobacteriaceae</i> verwendet k.W. = kein Wachstum		



Abb. 12: Reinigungstätigkeiten im Obergeschoss eines leerstehenden Hauses in Stuttgart. Der überwiegend trockene Taubenkot wurde mit Schabern und Besen zusammengekehrt und in Kunststoffsäcke verpackt. Im Vordergrund links sind zwei Probenahmevorrichtungen von Filtrationssammlern zur Erfassung luftgetragener Mikroorganismen zu sehen.

Stuttgart – S

Die Probenahmen wurden im Obergeschoss eines zum Abbruch vorgesehenen Hauses durchgeführt, zu dem Tauben durch defekte Fenster ungehinderten Zutritt hatten. Der Fußboden war punktuell mit Taubenkot und –federn verunreinigt, lediglich unterhalb von Türen, die als Sitzplatz genutzt wurden, traten umfangreichere Kotakkumulationen auf. Zu Beginn der Reinigung befanden sich einige Tauben sowie ein Nest mit Jungvögeln im Dunenkleid in den Räumen.

Der überwiegend trockene Taubenkot wurde mit Schabern sowie durch Fegen zusammengekehrt (Abb. 12) und in Kunststoffsäcke gefüllt. Im Rahmen der Reinigungstätigkeiten gelangte vergleichsweise mittelmäßig viel Staub in die Luft. Die Konzentrationen luftgetragener Mikroorganismen sowie deren Mediane auf den unterschiedlichen Selektivnährböden sind in Tabelle 12 angegeben.

Wuppertal – W

Tauben haben zum offenen, überdachten Haltestellenbereich der Wuppertaler Schwebebahn freie Einflugmöglichkeiten. Vergrämungsvorrichtungen befanden sich ausschließlich oberhalb der für Fahrgäste vorgesehenen Aufenthaltsorte. Taubenkotverunreinigungen manifestierten sich vor allem als weislicher Belag auf den Stahlstützträgern.

Mit Hilfe von Spachteln und Drahtbürsten wurden die Stahlträger gereinigt. Tätigkeitsbedingt war der Atemtrakt des Arbeiters weniger als eine Armlänge von der Verschmutzung entfernt. Die Probenahme erfolgte in einem vergleichbaren Abstand (Abb. 13). Tabelle 13 fasst die Ergebnisse der ermittelten Konzentrationen luftgetragener Mikroorganismen sowie deren Mediane zusammen.

Berlin – B

Das Obergeschoss des Gebäudes, zu dem Tauben seit etwa 1993/1994 keinen Zutritt mehr gehabt haben sollen, war durch eine Mineralfaser-Akustikdecke vom Dachgeschoss abgetrennt. Der Fußboden des zu reinigenden Objektes war punktuell, die dachbodenseitige Mineralfaserisolierung hingegen in einem deutlich stärkerem Umfang mit trockenem Taubenkot verunreinigt.

Die Reinigungsarbeiten bestanden aus der Demontage der Mineralfaserdecke und dem Aufsaugen (K1-Industriestaubsauger) der Kotverunreinigungen vom Fußboden (Abb. 14). Im Verlauf der Deckendemontage viel ein Großteil des Taubenkotes aus etwa 2,5 m Höhe auf den Fußboden. Während der Saugstätigkeiten wurde nur in geringem Umfang Staub visuell wahr-

Abb. 13: Reinigungstätigkeit an einem durch Taubenkot verschmutztem Stahlträger. Die Verschmutzung wird mit Hilfe einer Drahtbürste entfernt. Der Atemtrakt des Arbeitnehmers ist weniger als eine Armlänge von der Verschmutzung entfernt. Rechts ist ein Probenahmekopf eines MD 8-Luftkeimsammlers zu sehen



genommen. Die Ergebnisse der ermittelten Konzentrationen luftgetragener Mikroorganismen sowie deren Mediane sind in Tabelle 14 wiedergegeben.

Offenbach – OF

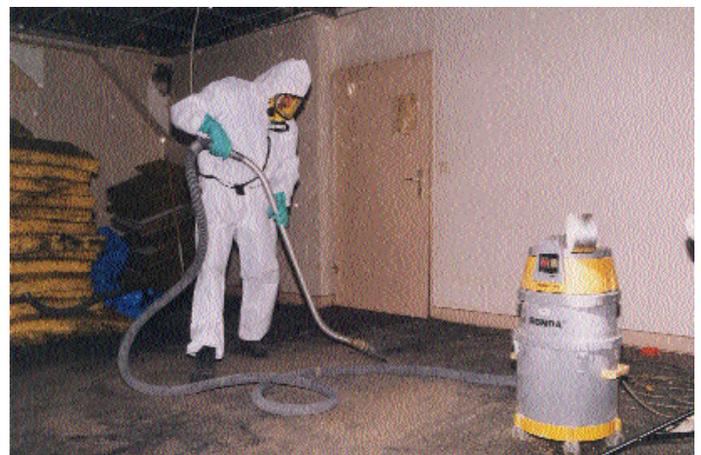
Das Maschinengebäude, in dem sich die elektromotorgetriebene Hebeeinrichtung einer Wehranlage befand, war für Tauben lediglich über einen Walzantrieb zugänglich. Zu Beginn der Reinigungsaktivitäten wurde eine brütende Taube auf einem zwischen den Antriebsanlagen positionierten Nest beobachtet. Der Fußboden sowie die Antriebsanlage war punktuell mit teilweise feuchtem Taubenkot verunreinigt (Abb. 15). Akkumulationen traten nur an schwer zugänglichen Stellen zwischen den Maschinenteilen auf.

Der Taubenkot wurde unter geringer Staubfreisetzung mit Besen zusammengekehrt. In Tabelle 15 sind die ermittelten Konzentrationen luftgetragener Mikroorganismen sowie deren Mediane dargestellt. Es wurden weder vermehrungsfähige Chlamydien noch deren DNA nachgewiesen.

Hühnerstall HÜ

Die Messungen erfolgten in einem Stall eines Biolandbetriebes, in dem Legehennen bis zum Alter von 20 Wochen auf Stroh Einstreu in Bodenhaltung aufgezogen wurden. Mit einer maxi-

Abb. 14: Reinigungsstätigkeiten mit einem K1-Industriestaubsauger in einem mit Taubenkot verschmutztem Gebäude in Berlin. Tauben hatten seit etwa 1993/94 keinen Zugang mehr zu den Räumlichkeiten



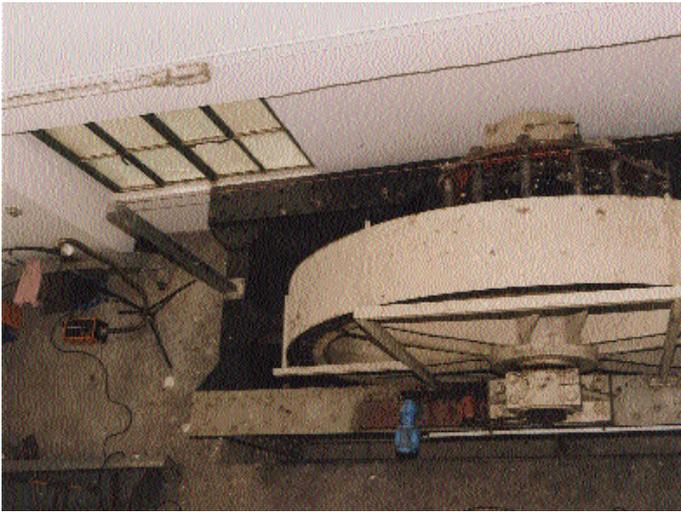


Abb. 15: Maschinengebäude an einer Schleuse in Offenbach. Rechts ist die leicht verschmutzte Hebeeinrichtung, links ein MD 8-Luftkeimsammler zu sehen

malen Bestandsdichte von bis zu 10 Hennen pro m² Stallfläche verblieben die Tiere über den gesamten Aufzuchtzeitraum in dem Stall, ohne dass die Einstreu in dieser Zeit gewechselt wurde. Das Stroh zerfiel in dieser Zeit, vermischte sich mit dem Hühnerkot und bildete schließlich einen trockenen Bodenbelag von einigen Zentimetern Stärke.

Zum Zeitpunkt der Messungen befanden sich etwa 800 Legehennen im Alter von 16 Wochen in dem Stall. Für eine Impfkation wurden die Tiere zunächst in ein durch Gitter begrenztes Fangareal innerhalb des Stalles getrieben. Durch das Aufklappen von Hennen wurde sichtbar Staub in die Luft gewirbelt. Auch beim Ergreifen der Hühner an den Füßen im Fangbereich sowie während der Impfkation flatterten einige der Vögel auf. Im Verlauf der Probenahme wurde Staub in der Luft wahrgenommen.

Die Konzentrationen luftgetragener Mikroorganismen sowie deren Mediane auf den unterschiedlichen Selektivnährböden sind in Tabelle 16 angegeben. Es wurden weder vermehrungsfähige Chlamydien noch deren DNA nachgewiesen.

Identifizierung der auf Salmonella-Shigella- und MacConkey-Agar gewachsenen Hauptmorphotypen

Die auf Salmonella-Shigella- und MacConkey No. 3-Agar kultivierten und an Hand physiologisch-biochemischer Merkmale sowie durch Fettsäureanalyse identifizierten Hauptmorphotypen sind in Tabelle 17 zusammengefasst.

Diskussion

Die Erfassung luftgetragener Mikroorganismen an mit Taubenkot verunreinigten Orten zeigte, dass während Reinigungstätigkeiten mit mikrobiellen Belastungen der Arbeitnehmer in unterschiedlichen Ausmaßen gerechnet werden muss.

In der natürlichen, als unbelastet angesehenen städtischen Umgebung gelten „Gesamtkeim“-Konzentrationen von 10² bis maximal 10⁴ KBE/m³ und Schimmelpilzkonzentrationen von 10³ KBE/m³ als Hintergrundwerte (Diehl und Hofmann, 1996; Weißenfels und Scherer, 1997; Böhm et al., 1998; Schappler-Scheele et al., 1999). Im Rahmen der hier präsentierten Untersuchung durchgeführte Referenzmessungen führten zu vergleichbaren Ergebnissen. Die während der Reinigungen ermittelten „Gesamtkeim“-Konzentrationen lagen hingegen überwiegend in der Größenordnung (Mediane) von 10⁴ (MR, WI, BRB, S, W, OF, B), 10⁵ (KL), 10⁶ (LU, KO) bzw. 10⁷ (HÜ) KBE/m³. Vereinzelt wurden Konzentrationen von bis zu 10⁷ KBE/m³ ermittelt (LU, KO, HÜ). Werte in vergleichbarer Höhe wurden für die Schimmelpilzkonzentrationen ermittelt. Deren Mediane lagen bei 10³ (WI, HÜ), 10⁴ (MR), 10⁵ (S, W, OF) und 10⁶ (KL, LU, KO, BRB, B) KBE/m³. Thermophile Pilze scheinen nach den vorliegenden Ergebnissen nur eine untergeordnete Rolle zu spielen. Sie wurden nur vereinzelt (HÜ, WI, W, BRB, B) oder in relativ geringen Konzentrationen mit Medianen von 10² (KO, S, MR, KL, OF) bzw. 10³ KBE/m³ (LU) nachgewiesen. Da sich thermophile Organismen nur bei Temperaturen über 40° C vermehren, ist dies plausibel, da solch hohe Temperaturen nur kurzfristig im Sommer auf Dachböden auftreten können. In der „normalen“ Außenluft wurden thermophile Pilze nicht oder in Maximalkonzentrationen von 10¹ und vereinzelt 10² KBE/m³ (Diehl und Hofmann, 1996; Weißenfels und Scherer, 1997) nachgewiesen.

Organismengruppe (Medium/Temperatur)	Median	KBE/m ³ Spannweite
„Gesamtkeime“ (CaSo, 36° C)	1,4 x 10 ⁷	5,0 x 10 ⁶ – 3,3 x 10 ⁷
<i>Enterobacteriaceae</i> (SS, 36° C) ¹⁾	4,8 x 10 ³	2,8 x 10 ³ – 6,5 x 10 ³
<i>Enterobacteriaceae</i> (MacConkey, 36° C) ¹⁾	7,0 x 10 ²	2,0 x 10 ² – 1,5 x 10 ³
<i>Campylobacter</i> (36° C)	5,0 x 10 ²	1,0 x 10 ² – 2,1 x 10 ³
Schimmelpilze (DG 18, 25° C)	3,5 x 10 ³	3,0 x 10 ³ – 5,5 x 10 ³
Thermophile Pilze (Malz, 45° C)	k.W.	k.W. – 2,0 x 10 ²
Hefen (Sabouraud, 36° C)	1,0 x 10 ²	k.W. – 3,0 x 10 ²

¹⁾ auf Grund der spezifischen Selektivität wurden zwei unterschiedliche Medien für den Nachweis von Bakterien der Familie der *Enterobacteriaceae* verwendet
k.W. = kein Wachstum

Tabelle 15 (rechts): Konzentrationen luftgetragener Mikroorganismen in KBE/m³ Luft während einer Impfkation in einem Stall einer Legehennenaufzucht. Angegeben sind jeweils die Spannweiten der Maximalkonzentrationen sowie deren Mediane. Die Probenahmen erfolgten mit MD 8-Luftkeimsammlern auf Gelatinefiltern

trationen ermittelt. Deren Mediane lagen bei 10³ (WI, HÜ), 10⁴ (MR), 10⁵ (S, W, OF) und 10⁶ (KL, LU, KO, BRB, B) KBE/m³. Thermophile Pilze scheinen nach den vorliegenden Ergebnissen nur eine untergeordnete Rolle zu spielen. Sie wurden nur vereinzelt (HÜ, WI, W, BRB, B) oder in relativ geringen Konzentrationen mit Medianen von 10² (KO, S, MR, KL, OF) bzw. 10³ KBE/m³ (LU) nachgewiesen. Da sich thermophile Organismen nur bei Temperaturen über 40° C vermehren, ist dies plausibel, da solch hohe Temperaturen nur kurzfristig im Sommer auf Dachböden auftreten können. In der „normalen“ Außenluft wurden thermophile Pilze nicht oder in Maximalkonzentrationen von 10¹ und vereinzelt 10² KBE/m³ (Diehl und Hofmann, 1996; Weißenfels und Scherer, 1997) nachgewiesen.

Bakterien	Risikogruppe ¹⁾	Nachweis als Hauptmorphotyp der kultivierten luftgetragenen Mikroorganismen an Probenahmeort
<i>Escherichia coli</i>	2	LU,S,OF,WI,W,KO,BRB,HÜ
<i>Klebsiella sp.</i>	1–2	KL,WI
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	2	WI
<i>Pantoea sp.</i>	1–2	KL
<i>Providencia stuartii</i>	2	LU
<i>Pseudomonas sp.</i>	1–2	KL
<i>Salmonella spp.</i>	2	LU,KO
<i>Serratia sp.</i>	1–2	KL
<i>Staphylococcus sp.</i>	1–2	S,HÜ
<i>Staphylococcus saprophyticus</i>	2	LU,HÜ
<i>Stenotrophomonas sp.</i>	2	KL

¹⁾ Eingruppierung nach: Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie, 1998

Tabelle 17: Identifikation einzelner Vertreter der auf Salmonella-Shigella- und MacConkey No. 3-Agar bei 36° C gewachsenen Hauptmorphotypen der Risikogruppe 2¹⁾. Bei Identifikation auf Gattungsebene wurden die Risikogruppen der einzelnen Spezies gegebenenfalls als Bereich zusammengefasst

Mikroorganismen, die typischerweise fäkalen Ursprungs sind und auf MacConkey- oder Salmonella-Shigella-Agar kultiviert werden, sind normalerweise in der unbelasteten Außenluft nicht zu finden. Bei Reinigungstätigkeiten wurden diese Organismen jedoch in der Luft nachgewiesen. Auf MacConkey-Agar wurde an einigen Standorten kein (MR, B) oder nur vereinzelt Wachstum (W, WI, BRB) beobachtet. Bei anderen wurden jedoch Konzentrationen (Mediane) von 10^2 KBE/m³ (S, HÜ) oder 10^3 KBE/m³ (KO, KL, LU, OF) sowie Spitzenwerte von 10^4 (LU, OF) oder 10^5 KBE/m³ (KO) ermittelt. Auch auf Salmonella-Shigella-Agar wurde kein (MR, B) oder nur vereinzelt Wachstum (W, BRB) beobachtet, während an anderen Standorten Konzentrationen (Mediane) von 10^3 KBE/m³ (S, KO, KL, WI, OF, HÜ) und 10^4 KBE/m³ (LU) sowie Spitzenwerte von 10^5 (KO) oder 10^6 KBE/m³ (LU) ermittelt wurden.

Die auf diesen Agarmedien identifizierten Vertreter der kultivierten Hauptmorphotypen (Tab. 17) werden überwiegend der Risikogruppe 2 zugeordnet. Definitionsgemäß handelt es sich dabei um Bakterien (biologische Arbeitsstoffe), die eine Krankheit beim Menschen hervorrufen können und eine Gefahr für Beschäftigte darstellen können (BioStoffV). Bei der Einstufung von Mikroorganismen in Risikogruppen wird jedoch das allergene Potenzial sowie die toxischen Wirkungen von Endotoxinen (Olenchock, 1997) nicht berücksichtigt (Deiningner, 1998). Im Tierkot muss jedoch mit einem hohen Anteil an gramnegativen Bakterien und somit potenziell mit einer hohen Konzentration an Endotoxinen gerechnet werden. Endotoxine konnten im Rahmen dieser Studie nicht untersucht werden.

Bezüglich der auf MacConkey- und Salmonella-Shigella-Agar ermittelten Konzentrationen wurde ein deutlicher Unterschied zwischen frischem und seit längerem abgelagertem Taubenkot offensichtlich. An den Standorten in Marburg (MR) und Berlin (B) wurde den Tauben mehrere Monate vor der Untersuchung der Zutritt verwehrt. Im Probenmaterial dieser Standorte wurde kein Wachstum auf MacConkey- oder auf Salmonella-Shigella-Agar beobachtet. Sehr hohe Konzentrationen wurden hingegen in Ludwigshafen (LU), Koblenz (KO) und Offenbach (OF) ermittelt. An diesen drei Probenahmeorten wurden zu Beginn der Untersuchungen Tauben angetroffen. An allen Standorten waren die Mikroorganismen vor direkter Sonneneinstrahlung geschützt.

Bei einer über Monate andauernden Ablagerung (MR, B) scheint jedoch trotzdem der überwiegende Teil der Organismen, die der Familie der *Enterobacteriaceae* zugeordnet werden, abzusterben. Interessant sind die Ergebnisse vom Standort Kaiserslautern (KL). Obwohl Tauben seit einigen Monaten keinen Zutritt zu dem Dachboden mehr hatten, wurde Wachstum auf den verwendeten Medien für *Enterobacteriaceae* beobachtet. Der Zeitraum zwischen den Reinigungstätigkeiten und der Untersuchung lag in den Herbst-, Winter- und Frühjahrsmonaten. Bei den damit verbundenen relativ niedrigen Temperaturen haben offensichtlich auch Bakterien dieser Organismengruppe überlebt. Salmonellen wurden vereinzelt in der Luft (LU und KO) sowie in einigen Kotproben (S, WI, W, KO) nachgewiesen.

Ähnliche Tendenzen wie für die *Enterobacteriaceae* wurden für *Campylobacter* und Hefen beobachtet. Hefewachstum auf Sabouraud-Agar wurde in bemerkenswertem Ausmaß nur vereinzelt beobachtet (LU, HÜ). Hingegen wurden im Kot mit Ausnahme der abgelagerten Proben (MR und B) zumindest vereinzelt Hefekolonien beobachtet. Das in den Luftproben überwiegend keine Hefen nachgewiesen wurden, kann gegebenenfalls auch an der gewählten Sammelmethodik liegen. Die Sammlung durch Filtration kann zu einem Absterben vor Allem von gramnegativen Bakterien und Hefen führen. Unter zusätzlicher Berücksichtigung der Tatsache, dass mit jeder Kombination aus dem gewählten Medium und den gewählten Inkubationsbedingungen nur ein bestimmter Teil der jeweils nachzuweisenden Organismengruppe erfasst wird, muss davon ausgegangen werden, dass der reale Gehalt an Mikroorganismen generell höher ist als der erfasste.

Luftgetragene Chlamydien wurden lediglich in einzelnen Proben (KL, LU) sowohl als replikationsfähige Organismen sowie als DNA von *Chlamydomphila psittaci* nachgewiesen. An beiden Standorten lag eine sehr starke Verunreinigung vor. Unter solchen Voraussetzungen muss bei entsprechenden Tätigkeiten und sehr starken Verunreinigungen offensichtlich mit dem Vorkommen von *Chlamydomphila psittaci* gerechnet werden. Auf Grund ihrer hohen Infektiosität und der Schwere einer Erkrankung werden von Vögeln stammende Vertreter (aviäre Stämme) dieser Bakterienart der Risikogruppe 3 zugeordnet, so dass schon ihr mögliches Auftreten verstärkte Vorsicht gebietet.

Vor Allem bei Organismen mit hoher Infektiosität (z.B. aviäre Stämme von *Chlamydomphila psittaci*) muss berücksichtigt werden, dass potenzielle Infektionsquellen nicht immer offensichtlich sind. Es gibt beispielsweise Hinweise, dass mit Taubenkot verschmutzte Fenstersimse die Quelle einer Ornithose sein können (Henry und Crossley, 1986). Unter diesem Gesichtspunkt muss auch das Aufflatern einiger Tauben in Situationen, in denen staubartiger Kot aufgewirbelt wird, als potenzielle Infektionsquelle bedacht werden.

Das zuweilen beobachtete Aufsprühen von Desinfektionsmitteln auf Kotakkumulationen führt nicht zu einer Abtötung der enthaltenen Mikroorganismen. Da die Wirkstoffe nicht in das Material eindringen, täuscht ihr Einsatz lediglich eine nicht vorhandene Sicherheit vor.

Abschließende Bewertung

Reinigungstätigkeiten an mit Taubenkot verunreinigten Orten sind gemäß Biostoffverordnung (BioStoffV) nicht gezielte Tätigkeiten mit biologischen Arbeitsstoffen. Die Ergebnisse der hier präsentierten Untersuchung zeigen, dass bei entsprechenden Tätigkeiten luftgetragene Mikroorganismen in Abhängigkeit von den jeweiligen Gegebenheiten in sehr hohen Konzentrationen vorkommen können.

Die erfassten Mikroorganismen sind überwiegend der Risikogruppe 2 zuzuordnen. Unter Umständen muss jedoch auch mit Vertretern der Risikogruppe 3 gerechnet werden. Zusätzlich zum infektiösen Potenzial der biologischen Arbeitsstoffe muss auch das allergene und toxikologische Potenzial von Schimmelpilzen und Endotoxinen berücksichtigt werden.

Vor Allem in geschlossenen Räumen kann durch Materialbewegung eine hohe Bioaerosolbelastung von Arbeitnehmern entstehen. Das Trocknen und die Ablagerung von Taubenkot über einige Monate führt nicht immer zu einer hinreichenden Inaktivierung der enthaltenen Bakterien. Dennoch ist wichtig, ob durch den weiteren Zutritt von Tauben ein fortgesetzter Eintrag von frischem Kot stattfindet. Neben dem Ausmaß der Verunreinigung sind auch die Art und Weise der Reinigung sowie der Abstand des Gesichtes von der Verschmutzung bei deren Entfernung entscheidend. Der Abstand kann tätigkeitsbedingt weniger als eine Armlänge betragen (Abb. 11 und 13).

Abschließend ist festzustellen, dass generell mit einer potenziellen Gefährdung von Arbeitnehmern bei Tätigkeiten mit Taubenkot durch luftgetragene Mikroorganismen gerechnet werden muss. Zusätzlich zu den üblichen Hygienemaßnahmen ist deshalb die Verwendung von Atemschutz dringend zu empfehlen. Das Ausmaß der potenziellen Gefährdung sowie die daraus resultierenden Schutzmaßnahmen sollten mit Bezug auf die jeweilige Tätigkeit differenziert festgelegt werden. Als Hilfestellung hierfür wird im Sachgebiet „Mikrobiologie im Tiefbau“ des Fachausschusses Tiefbau eine Handlungsanleitung Taubenkot erstellt. Die Handlungsanleitung ist ab 2004 bei der TBG zu beziehen.

Für die Untersuchungen zum Nachweis von Chlamydien sei Prof. Dr. E. F. Kaleta, Institut für Geflügelkrankheiten der Justus-Liebig-Universität, Gießen, gedankt.

Literatur

- Albrecht, A.; Kämpfer, P.: Belastung von Arbeitnehmern durch Taubenkot. Teil 1: Literaturübersicht. Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft, 61, 2001 (3), 91–99
- Albrecht, A.; Schies, U.; Kämpfer, P.: Gesundheitsgefährdung durch Taubenkot? – eine Literaturübersicht. TIEFBAU 5/2001, 348–352
- Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie (Hrsg.): Sichere Biotechnologie – Eingruppierung biologischer Agenzien: Bakterien, Merkblatt B 006, 8/98, Jedermann-Verlag Dr. Otto Pfeffer oHG, Heidelberg, 1998
- Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie (Hrsg.): Sichere Biotechnologie – Eingruppierung biologischer Agenzien: Pilze, Merkblatt B 007, 1/98, Jedermann-Verlag Dr. Otto Pfeffer oHG, Heidelberg, 1997
- Biostoffverordnung (BioStoffV). Bundesgesetzblatt Teil 1 Nr. 4, 1999, 50–60 und Bundesgesetzblatt Teil 1 Nr. 48, 1999, 2059
- Bockemühl, J.: *Enterobacteriaceae*. In: Burkhardt, F. (Hrsg.): Mikrobiologische Diagnostik. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York 1992, 119–153
- Böhm, R.; Martens, W.; Bittighofer, P. M.: aktuelle Bewertung der Luftkeimbelastung in Abfallbehandlungsanlagen. M.I.C. Baeza-Verlag, Witzenhausen, 1998
- Brandis, H.; Köhler, W.; Eggers, H.J.; Pulverer, G.: Medizinische Mikrobiologie – Lehrbuch der Medizinischen Mikrobiologie. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Jena, New York 1994
- Bredt W.: *Rickettsiaceae, Chlamydiaceae, Mycoplasmataceae*. In: Brandis, H.; Eggers, H.-J.; Köhler, W.; Pulverer, G. (Hrsg.): Lehrbuch der Medizinischen Mikrobiologie. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Jena, New York 1994, 603–617
- Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin (BgVV): Schädlingeigenschaft von verwilderten Haustauben. Stellungnahme des BgVV vom 26. Februar 1998. www.bgvv.de
- Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin (BgVV): Taubentötungen. Stellungnahme des BgVV vom 20. Juli 2001. www.bgvv.de
- Deiningner, Chr.: Arbeitsplatzbewertung bei Vorliegen von biologischen Arbeitsstoffen. Die BG (3) 1998, 136–144
- Diehl, K.; Hofmann, R.: Hygieneprobleme von Kompostierungsanlagen unter Berücksichtigung der möglichen Gesundheitsgefahren in der Nähe lebender Anwohner. Literaturstudie. Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Umweltbundesamtes. WaBoLu-Hefte 11/96. Berlin, 1996
- Dörnemann, V.: Beeinträchtigung der menschlichen Gesundheit durch Taubenkot. Dissertation, Tierärztliche Hochschule Hannover, 1981
- Henry, K.; Crossley, K.: Wild-pigeon-related psittacosis in a family. Chest (90), 1986, 708–710
- Hofmann, R.; Beck, E.-M.; Böhm, R.; Danneberg, G.; Gerbl-Rieger, S.; Göttlich, E.; Koch, A.; Kühner, M.; Kummer, V.; Liebl, K.; Martens, W.; Missel, T.; Neef, A.; Palmgren, U.; Rabe, R.; Schilling, B.; Schneider, F.; Tilkes, F.; Wieser, P.: Erfassung von luftgetragenen kultivierbaren Mikroorganismen aus Kompostierungsanlagen – Emission und Immission. In: Eikmann, Th. und Hofmann, R. (Hrsg.): Stand von Wissenschaft, Forschung und Technik zu siedlungshygienischen Aspekten der Abfallentsorgung und -verwertung. Schriftenreihe Kommission Reinhaltung der Luft (KRDL) im VDI und DIN, Bd. 30, 1999, 245–320
- Kämpfer, P.: Klassische Methoden zur Charakterisierung von Abwasserbakterien – Grenzen und Möglichkeiten. In: Lemmer, H.; Griebe, T.; Flemming, H.C. (Hrsg.): Ökologie der Abwasserorganismen. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg 1996, 45–68
- Kämpfer, P.; Kroppenstedt, M.: Numerical analysis of fatty acid patterns of coryneforme bacteria and related taxa. Can. J. Microbiol. 42, 1996, 989–1005
- Infektionsschutzgesetz (IfSG). Bundesgesetzblatt 33 Teil 1, 2000, 1045–1077
- Kämpfer, P.; Steiof, M.; Dott, W.: Microbiological Characterization of a Fuel-Oil contaminated Sita Including Numerical Identification of Heterotrophic Water and Soil Bacteria. Microb. Ecol. 21, 1991, 227–251
- Kapperud, G., Rosef, O.: Avian wildlife reservoir of *Campylobacter fetus* subsp. *jejuni*, *Yersinia* spp., and *Salmonella* spp. in Norway. Appl. Environ. Microbiol. 45, 1983 (2), 375–380
- Kösters, J.; Korbel, R.: Zur Problematik der freilebenden Stadtauben. Dtsch. tierärztl. Wschr. 104 (1997), 2, 50–51
- Lüthgen, W.: Taubenkrankheiten. Oertel und Spörer, Reutlingen, 1994
- Olenchock, St.: Airborne endotoxin. In: Hurst, Chr.; Knudsen, G.; McInerney, M.; Stetzenbach, L.; Walter, M. (eds.). Manual of Environmental Microbiology, ASM Press, Washington D.C., 1996, 661–665
- Schappler-Scheele, B.; Schürmann, W.; Hartung, J.; Missel, Th.; Benning, Ch.; Schröder, H.; Weber, J.: Untersuchung der gesundheitlichen Gefährdung von Arbeitnehmern der Abfallwirtschaft in Kompostierungsanlagen. Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin – Forschung Fb 844, Dortmund, Berlin 1999
- Scheurer: Tauben in der Stadt – Probleme und Gesundheitliche Gefahren. Heilberufe 43 (1991), 240–241
- Siemers, N.E.: Die nested PCR zur Diagnostik und Differenzierung von *Chlamydia psittaci* und *Chlamydia pneumoniae* in Untersuchungsmaterial von Vögeln und Menschen. Dissertation, Universität Gießen, 1999
- TRBA – Technische Regel für Biologische Arbeitsstoffe 405 "Anwendung von Messverfahren und technischen Kontrollwerten für luftgetragene Biologische Arbeitsstoffe". Bundesarbeitsblatt 05/2001, 58 f
- TRBA – Technische Regel für Biologische Arbeitsstoffe 430 „Verfahren zur Bestimmung der Schimmelpilzkonzentration in der Luft am Arbeitsplatz“. Bundesarbeitsblatt 08/2001, 79–83
- TRBA - Technische Regel für Biologische Arbeitsstoffe 500 "Allgemeine Hygienemaßnahmen: Mindestanforderungen". Bundesarbeitsblatt 6/99, 81 f
- Unkrig, A.St.: Vergleichende Untersuchung über den Nachweis von *Chlamydia psittaci* bei Psittaziden, Tauben, Puten und Hühnern mittels BGM-Zellkultur (mit GIMENEZ-Färbung), direkter Immunfluoreszenz an Probenmaterial sowie nach Anzüchtung in BGM-Zellkulturen mit anschließender Immunfluoreszenz. Dissertation, Universität Gießen, 1995
- Vater, G.: Wie viele Tauben gibt es in mitteleuropäischen Städten? Der praktische Schädlingsbekämpfer 50 (1998), 12–17
- Warfologeow, J.: Tauben – nicht nur Friedensboten! TIEFBAU 5/2001, 352–353
- Weißenfels, W.D.; Scherer, P.A.: Vorkommen luftgetragener Mikroorganismen. In: Kämpfer, P.; Weißenfels, W.D. [Hrsg.]: Luftgetragene Mikroorganismen in Abfallbehandlungsanlagen. Vereinigung für Allgemeine und Angewandte Mikrobiologie, Lieskau (1997), 11–42