Fokus Taube: Eine materialkundliche Bewertung der potentiell kulturgut-schädigenden Einwirkung von Taubenkot sowie Entwicklung eines Gerätes zur spezifischen Erkennung und versuchsweisen Beeinflussung von Taubenpopulationen, samt Erprobung am Regensburger Gesandtenfriedhof

Förderung durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU), Osnabrück
DBU-Aktenzeichen 33513/01-45

Abschlussbericht

Verfasser

Dipl.-Chem. Martin Mach
Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege
Referat Z V (Zentrallabor)
Hofgraben 4
80539 München
martin.mach@blfd.bayern.de
Tel. + 49 89 2114-320
(Sekretariat, Frau Eisert, Tel. + 49 89 2114-325)

mit Beiträgen von Simon Mindermann, Peter Mullen, Georg Pohland und Oliver Helmle

Projektbeginn:	1. Juni 2016
Laufzeit:	ursprünglich 30 Monate (verlängert auf 37 Monate, bis zum 30.06.2019)

München, August 2019

Der Verfasser bedankt sich bei der Deutschen Bundesstiftung Umwelt und deren Projektbetreuern Prof. Dr. Paul Bellendorf (bis einschließlich 2018) sowie seiner Nachfolgerin Constanze Fuhrmann (ab 2019) für tatkräftige Unterstützung,

weiterhin bei den Mitgliedern des Projekt-Fachbeirats
Judith Brettmeister (Tierschutzverein München),
Lydia Schübel (Tierschutzverein München)
und Dr. Angela Schmitz Ornés (Vogelwarte Hiddensee der Uni Greifswald),

nicht zuletzt aber auch bei den freundlichen Unterstützern und Helfern an den Beobachtungsstandorten, dort insbesondere Anke Romanow, Dr. Klaus-Peter Ruess, Cornelia Pindl und Dr. Eugen Trapp.

Inhalt

1. Zusammenfassung ... 4
2. Anlass und Zielsetzung des Projekts ... 5
3. Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden ... 5
4. Ergebnisse ... 6
Teilprojekt I: Taubenmist-Analyse und schädigende Wirkung ... 6
Chemische Charakterisierung des Taubenmists ... 6
Ergebnis der pH-Messung ... 7
Wasserlösliche Anionen (mittels Ionenchromatographie bestimmt) ... 8
Röntgendiffraktometrie (XRD) ... 9
REM/EDX-Analyse ... 10
Infrarotspektroskopie (FTIR) ... 10
Auswertung der Bronzeproben aus dem „COPAL“-Projekt ... 11
Oberflächenveränderungen bei den COPAL-Bronzeplättchen ... 12
Massenänderungen bei den COPAL-Bronzeplättchen ... 14
Schichtstärkenmessungen bei den COPAL-Bronzeplättchen ... 15
Laborversuche zur Einschätzung der chemischen Aggressivität von Taubenmist ... 16
Teilprojekt II: Geräteentwicklung ... 16
Stimmerkennungsmodul ... 16
Verbesserung des Bestimmungsalgorithmus ... 18
Autonomes Aufnahme- und Steuergerät ... 19
Aktivmodul ... 20
Scheitern des grünen Lasers ... 20
Experiment zur qualitativen Einschätzung der Ultraschallwirkung ... 21
Literaturrecherche zum Thema Taubenfernhaltung ... 22
Konsequenz aus den Erfahrungen mit grünem Laser und Ultraschallerzeuger ... 24
Neuer Erprobungsstandort: St. Oswald in Regensburg ... 25
Anpassung und des Vogelstimmdetektors vor Ort ... 27
5. Diskussion ... 34
Teilprojekt I ... 34
Teilprojekt II ... 37
6. Öffentlichkeitsarbeit / Weiternutzung ... 37
7. Fazit ... 38
8. Literatur ... 40
9. Anhang ... 41
Besprechungsprotokolle ... 41
Untersuchungsbericht Taubenpaste ... 46
Ergänzende Illustrationen: Situation im Ausland ... 51
Abbildungs- und Tabellenverzeichnis ... 52

1. Zusammenfassung

Bereits bei Projektbeginn Mitte 2016 hatte sich eine besondere Herausforderung aus der Tatsache ergeben, dass am Regensburger Gesandtenfriedhof kurz zuvor umfassende Taubenabwehrmaßnahmen ergriffen worden waren: Man hatte offensichtlich nicht mit einer Projektgenehmigung gerechnet! Die genannten Abwehrmaßnahmen erwiesen sich im Hinblick auf die Erprobung des zu entwickelnden, automatischen Taubenvergrämungsgerätes naturgemäß als nicht hilfreich. Eindeutig dem Projekt zu verdanken ist jedoch die Entfernung der zu Projektbeginn am Gesandtenfriedhof bereits teilweise auf die Epitaphien abgestürzten, klebrigen Taubenpaste (vgl. Untersuchungsbericht des Bayerischen Landesamtes für Denkmalpflege zur chemischen Zusammensetzung der Taubenpaste, hier im Anhang).

Die physikalisch-chemischen Analysen und Laborexperimente mit Taubenmist bestätigten die, auch in der internationalen Fachliteratur dokumentierte, vergleichsweise geringfügige Schadwirkung des Taubenmists, welche in der Flächen- und Massenbilanz sogar noch harmloser erscheint (siehe Abschnitt 4). Diese Ergebnisse flossen bereits in die ersten Publikationen aus dem Projekt ein (siehe Abschnitt 6 „Öffentlichkeitsarbeit“).

Die automatische Tauben-Geräuscherkennung konnte – trotz erheblichem Entwicklungsaufwand und Anstrengungen zur akustischen Adaption vor Ort – im Rahmen des Projektes nicht wie geplant in ein einsatzfähiges Gerät portiert werden. Auf der Basis von Tausenden von Tonaufnahmen wurden zwar wertvolle Vorarbeiten geleistet und auch eine entsprechende Hard- und Software vorgelegt. Jedoch erwies sich die Geräuscherkennungsqualität der bislang gefertigten Geräte-Prototypen als noch nicht überzeugend. Positiv zu vermerken bleibt, dass im Hinblick auf die mögliche Maßnahmenpalette (Vergrämungsmöglichkeiten nach erfolgter Geräuscherkennung) wertvolle Erfahrungen gesammelt werden konnten, die vor Projektbeginn keineswegs in gleicher Klarheit vorlagen.

Das Grundprinzip einer geräuschbasierten Taubenerkennung birgt nach wie vor zweifelsfrei ein interessantes, im Erfolgsfall auch wirtschaftlich gut verwertbares Nutzungspotential in sich.
Mit Blick auf vergleichbare industrielle Entwicklungen ist allerdings zu konstatieren, dass die zur Lösung einer derartigen, möglichst bereits serienfähigen, kombinierten Hard- und Software-Entwicklung bereitgestellten Ressourcen wohl um ein Mehrfaches zu gering gewesen sein dürften. Trotzdem erscheint es nach wie vor klar, dass eine lediglich kurzzeitige, automatische und punktgenaue Reaktion auf eine Taubenerkennung fraglos einen Überraschungseffekt mit sich bringt und deshalb vielen konventionellen Vergrämungsmethoden, wie beispielsweise dem kontinuierlichen Abspielen von Tonband-Raubvogelgeschrei deutlich überlegen sein dürfte.

Erste Rückmeldungen auf den im Juli 2019 erschienenen Artikel in den *Denkmalpflege Informationen* zeigen, dass Darstellung und Moderation der Taubenproblematik durchaus konfliktmindernd sein können und – sobald auch auf den kulturellen Kontext hingewiesen wird – von der Öffentlichkeit als positiv-versöhnend, ja sogar lohnend und unterhaltsam wahrgenommen werden. Die im Projekt gewonnenen Erkenntnisse sind durch die personelle Anbindung am Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege sinnvoll verankert und werden der praktischen denkmalpflegerischen Beratung vor Ort auch mittel- und langfristig von Nutzen sein.

2. Anlass und Zielsetzung des Projekts

Tauben sind seit mindestens 4.000 Jahren typische Kulturbegleiter des Menschen. Im Laufe des vergangenen Jahrhunderts hat sich die Befindlichkeit gegenüber Tauben jedoch stark gewandelt. Aus vormals hochgeschätzten Begleitern wurden „*Ratten der Lüfte*“.[1] Denkmaleigentümer beklagen verschmutzte Fassaden. Aufgebrachte Anwohner beschweren sich über balzende Tauben auf Balkongeländern, Handwerker und Restauratoren über unhygienische Zustände in Dachstühlen und auf Baugerüsten. Die Furcht vor ansteckenden Krankheiten und der materialzersetzenden Wirkung von Taubenmist sind heute tief in der Gesellschaft verankert, obwohl die wissenschaftliche Bewertung dieser Risiken ein weit weniger eindeutiges Bild zeichnet. Der Zustand mancher Denkmäler im Freien, nicht nur in Deutschland, auch europa- und weltweit (siehe Fotos auf der letzten Seite dieses Berichts), lässt sich jedoch tatsächlich als taubenbedingt desolat bezeichnen. Maximale Tierliebe auf der einen Seite und blanker Taubenhass auf der anderen führen zu Konflikten im urbanen Raum, zu deren Lösung das hier vorgestellte Projekt beitragen sollte.

3. Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden

Teilprojekt I, Untersuchung der potentiell kulturgutschädigenden Wirkung von Taubenmist: Aus früheren Vorhaben standen vorher nicht ausgewertete, über 11 Jahre hinweg natürlich bewitterte Materialproben aus Bronze zur Verfügung, die sich lediglich durch die Einwirkung bzw. Nichteinwirkung von Taubenmist unterschieden. Weiterhin wurde auf eine in den DBU-„TrafficRisk“-Projekten entwickelte Methode zurückgegriffen, nämlich die Applikation des jeweiligen Schadstoffs unter Laborbedingungen (Auswertung unter anderem über den Korrosionsmassenverlust).

Teilprojekt II basierte auf der bereits existierenden, automatischen Vogelstimmenerkennungs-App des Projektpartners Sunbird Images. Diese wurde in eine eigenständige Hardware integriert. Das so entstandene Gerät sollte somit größere Taubenpopulationen aufgrund der Stimmen erkennen und das zeitliche Auftreten protokollieren können. Es dürfte als Prototyp für eine Vielzahl anderer Projekte dienlich sein, man denke nur an die aus rechtlichen Gründen gebotene Erkennung von Fledermäusen in Gebäuden.

Die zweite Projektphase des Teilprojekts II sah ursprünglich lediglich eine Erweiterung des Gerätes um ein sogenanntes Laserkarussell vor, das bei positiver Stimmerkennung einsetzen und dann durch schnell einsetzende Lichtblitze stark irritierend wirkten sollte (vgl. hierzu jedoch Abschnitt 5). Wegen der mangelhaften Wirkung des Lasers wurde zwischenzeitlich ein Wassersprühmodul erprobt. Weitere in Betracht gezogene Optionen waren ein Ultraschall-modul sowie ein lichtstarkes Fotoblitzgerät.

[1] JEROLMACK (2008) zeichnet diese Entwicklung in dem Artikel „*How Pigeons became Rats*“ sehr überzeugend nach.

4. Ergebnisse

Teilprojekt I: Taubenmist-Analyse und schädigende Wirkung

Chemische Charakterisierung des Taubenmists

Bezeichnenderweise gibt es zwar reichlich Analysen von wirtschaftlich immer noch hoch geschätztem Dünge-Guano, jedoch nur relativ wenige Literaturangaben zur chemischen Zusammensetzung von – im Stadtbereich allgegenwärtigem – Taubenmist. Am besten auf den Punkt bringt es wohl nach wie vor Römpps Chemie-Lexikon (8. Auflage, Stichwort „Guano“) mit der folgenden Erläuterung:

*„**Guano**. Von peruan.: huanu = Mist), abgeleitete Bezeichnung für Vogelmist, der sich vor allem auf den regenarmen Küsten und Inseln Perus und Chiles im Laufe von Jahrtausenden (besonders während der Eiszeit) in großen Mengen angehäuft hat und seit Inka-Zeiten als Phosphatdünger Verwendung findet. Die besseren Sorten des alten, heute fast ganz abgebauten Peru-Guanos enthielten 20-30% leicht aufnehmbares Calciumphosphat und 10-15% gebundenen Stickstoff, zum Teil als harnsaures und oxalsaures Ammonium. Junger peruanischer Vogel-Guano enthält 8-22% Wasser, 42-70% org. Substanz, 3-11% Kalk (CaO), 6-13% Phosphorsäure (P_2O_5), 11-17% N. Die N.-Verbindungen werden allmählich ausgelaugt oder zersetzt (NH_3-Abspaltung), daher findet eine langsame, relative Zunahme des P-Gehaltes statt.“*

Aus dieser Zusammenfassung lässt sich entnehmen, dass die chemische Zusammensetzung jeglichen Vogelmists eine erhebliche Mengenanteils-Variabilität zeigt. Man denke nur an verschiedene Ernährungsbedingungen, den Wechsel der Jahreszeiten, den physiologischen Wasserhaushalt usw. Aus dem Zitat wird insbesondere deutlich, dass sich die Eigenschaften zeitabhängig verändern, zunächst durch Trocknung, parallel aber auch durch nachträgliche chemische und biochemische Veränderung, durch bakteriellen Abbau und chemische Umwandlung der weniger stabilen Ausscheidungsprodukte.

Vorgehensweise im Projekt

In unmittelbarer Nähe des Bayerischen Landesamtes für Denkmalpflege, an der Falkenturmstraße hielten sich im Jahr 2016 auf den Gebäudesimsen zahlreiche Tauben auf. Andere Vögel kommen dort wegen der durchgehenden Pflasterung und des fehlenden Baumbewuchses nicht vor. Von diesem Ort wurde eine entsprechende repräsentative „Ernte“ an städtischem Taubenmist (Abb. 1) von einer ansonsten sauberen Oberfläche abgekehrt. Mit Teilmengen der in Abb. 1 gezeigten Sammelprobe wurden die meisten der in diesem Textabschnitt beschriebenen Analysen und Simulationen ausgeführt.

Abb. 1: Große Petrischale (15 cm Ø) mit typischem, im Reinzustand heterogen erscheinendem Taubenmist aus dem Stadtzentrum von München.

Dieser Taubenmist ist praktisch völlig geruchsfrei, trocknet im Innenraum binnen kürzester Zeit vollständig durch und lässt sich anschließend zu einem weitgehend homogenen, hell ockerfarbenen Pulver zerreiben, das keineswegs ekelerregend anmutet.

Ergebnis der pH-Messung

Das in Abb. 1 gezeigte Material wurde über mehrere Wochen hinweg bei Raumtemperatur und niedriger Luftfeuchte schonend weiter getrocknet. Anschließend wurde eine größere, repräsentative Teilmenge gründlich verrieben, so dass ein homogenes, hell-ockerfarbenes Pulver entstand. Eine Messerspitze dieses Materials wurde mit einem kleinen Tropfen Leitungswasser gründlich verrührt und mit Neutralbereichs-Indikatorpapier gemessen. Es zeigt sich eine nur geringfügig saure Reaktion (pH = 6), die mit der von kohlendioxidgesättigtem Regen oder gängigem deionisierten Wasser vergleichbar ist. Analoge Messungen mit einem elektronischen pH-Messgerät ergaben ebenfalls durchwegs unauffällige pH-Werte (immer zwischen pH 6 und pH 7).

Lässt man jedoch diesen Taubenmist, mit Wasser überschichtet über mehrere Wochen hinweg stehen, so stellen sich nach ca. zwei Wochen, relativ abrupt zunehmend, alkalische pH-Werte bis hin zu pH 9 ein. Dies mag bei eingehender Überlegung trivial erscheinen, kann jedoch keineswegs als allgemein bekannt vorausgesetzt werden. Die Veränderung ist durchaus bemerkenswert, wird allerdings unter natürlichen Bedingungen im Freien nur selten, lediglich bei lang anhaltend stagnierender Nässe ohne zwischenzeitliche Austrocknung, zum Tragen kommen (vgl. hierzu die Diskussion in Abschnitt 5).

Wasserlösliche Anionen (mittels Ionenchromatographie bestimmt)

Der wasserlösliche Anteil des in Abb. 1 gezeigten, getrockneten und verriebenen Materials wurde mittels Ionenchromatographie analysiert. Die Messungen erfolgten nach gründlichem Verrühren in kaltem Wasser. Hierbei ergab sich die in Tab. 1 wiedergegebene Anionen-Abstufung, mit erwartungsgemäß dominierendem Phosphat und Sulfat.

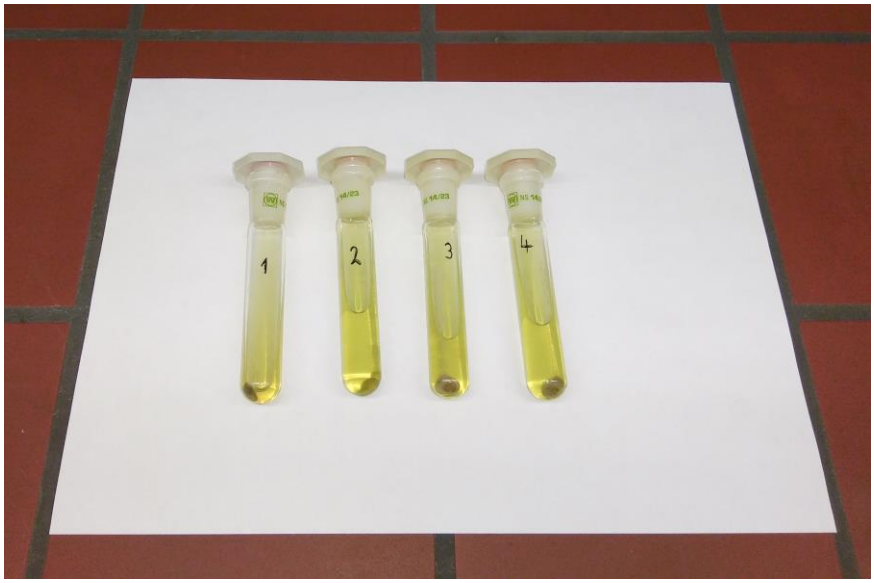


Abb. 2: Kalt filtrierter, zentrifugierter, wässriger Extrakt. Mehrfachbestimmungen zur in Abb. 1 gezeigten Probe.

Tab. 1: Ionenchromatographie. Massenanteile löslicher Anionen in Teilmengen der in Abb. 1 gezeigten Materialprobe. (die Tabelle zeigt den Messwertbereich von Mehrfachbestimmungen)

Chlorid	Nitrat	Phosphat	Sulfat
0,23-0,26 %	0,22-0,23 %	1,0-1,8 %	0,56-0,7 %

Bei Proben, die zur intensivierten Extraktion auf ca. 80°C erwärmt wurden, blieb eine erhebliche Menge an zwar wasserlöslichem, jedoch nicht filtrierbarem Material – wohl als Schleimstoff anzusprechen – im Filter zurück. Dies deutet auf einen großen Anteil gelbildender, mutmaßlich organisch-chemischer Stoffe hin.

Röntgendiffraktometrie (XRD)

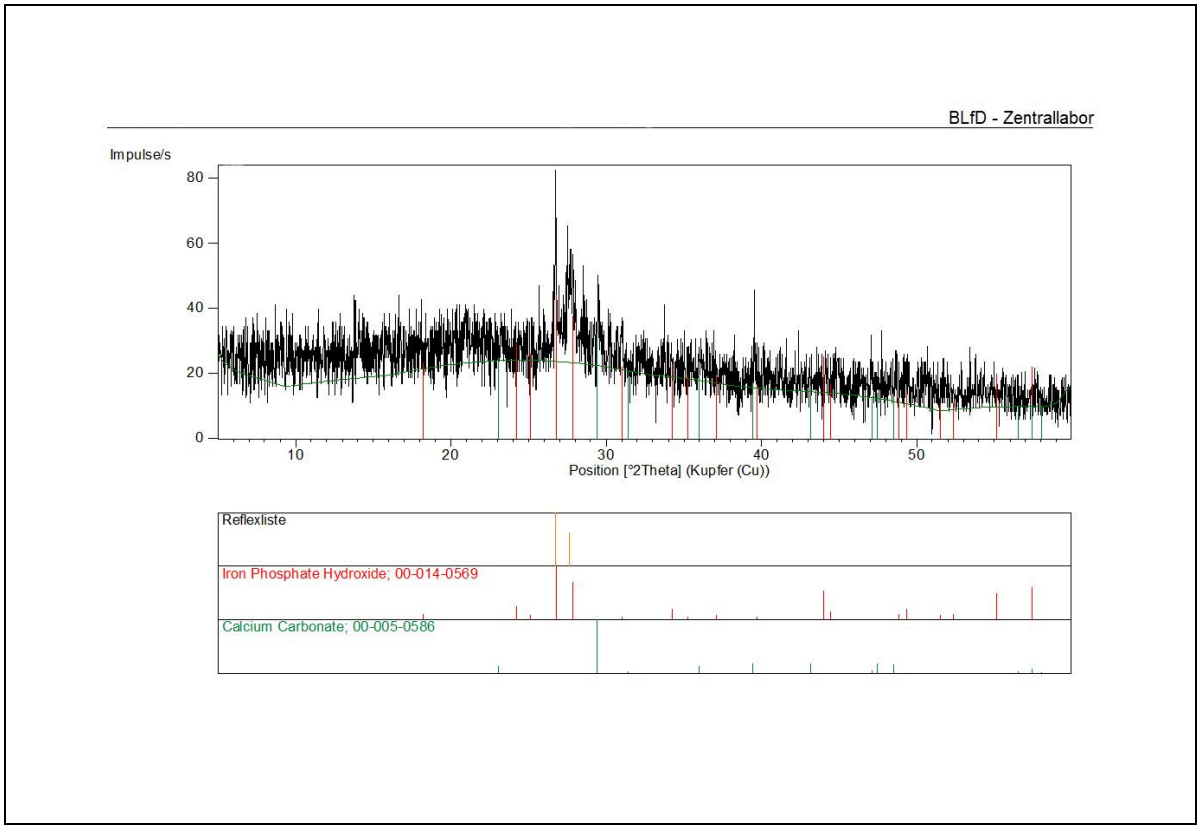


Abb. 3: Ergebnis aus der Röntgendiffraktometrie (XRD). Stark verrauschtes Diffraktogramm einer repräsentativen Teilmenge des in Abb. 1 gezeigten Substanzgemisches: Calcit und schwerlösliches Phosphat.

Das hier erkennbare, ungewöhnlich hohe Rauschen in der Röntgendiffraktometrie (Abb. 3) ist aller Wahrscheinlichkeit nach dem erheblichen Anteil an organisch-chemischer Substanz geschuldet (vgl. hierzu auch die relativ hohen Kohlenstoff- und Sauerstoffanteile in der REM/EDX-Analyse, Abb. 4). Wie auch bei der Entstehung des Guano ist anzunehmen, dass sich die hier vermutlich noch nicht chemisch zur Ruhe gekommenen und wohl zudem noch unvollkommen kristallisierten Substanzen mit fortschreitender Dehydratation, Alterung und chemischer Umwandlung weiter verdichten und verändern.

REM/EDX[2]-Analyse

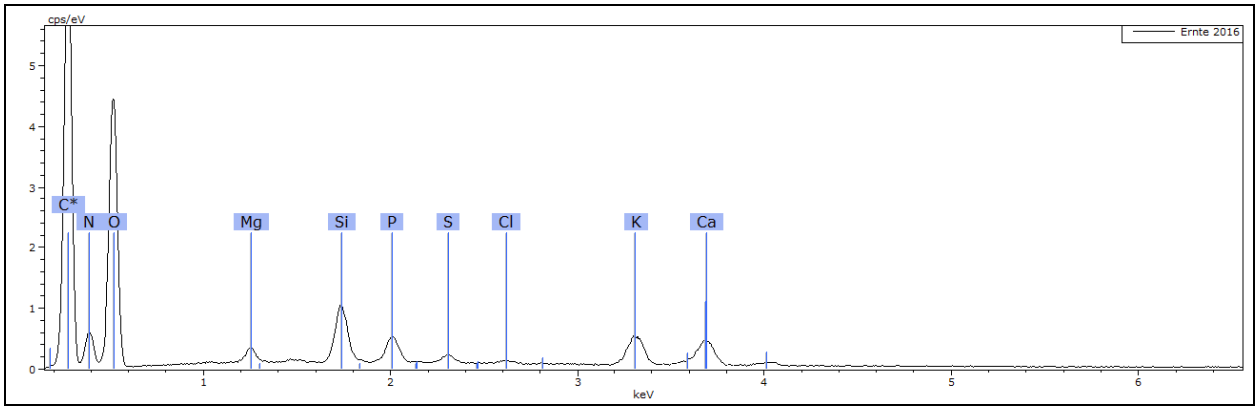


Abb. 4: Ergebnis aus der REM/EDX-Analyse zum in Abbildung 1 gezeigten Material (Gesamtanalyse). Offensichtlich komplexe Zusammensetzung mit mutmaßlich teils organisch-chemischem, stickstoff- und phosphorhaltigem Material, außerdem Mg, Si, K, S und Ca. Lediglich sehr geringer Chlor(id)-Gehalt.

Infrarotspektroskopie (FTIR)

Abb. 5: Für die infrarotspektroskopische Untersuchung wurde eine Messerspitze des Taubenmists mit wenig kaltem Wasser gründlich verrührt, etwas stehen gelassen, anschließend ein Tropfen von der überstehenden Lösung abpipettiert und eingedunstet. Hierbei bilden sich die, in der Mikroskopaufnahme links beispielhaft mit roten Pfeilen markierten Kristallite. Diese lassen sich mit Hilfe einer Präpariernadel in die Diamantzelle des FTIR-Mikroskopes überführen und dort analysieren (Ergebnis in Abb. 6).

[2] REM/EDX: Energiedispersive Röntgenanalytik im Rasterelektronenmikroskop, eine physikalisch-chemische Methode zur Bestimmung der Elementzusammensetzung, (auch) in mikroskopisch kleinen Proben.

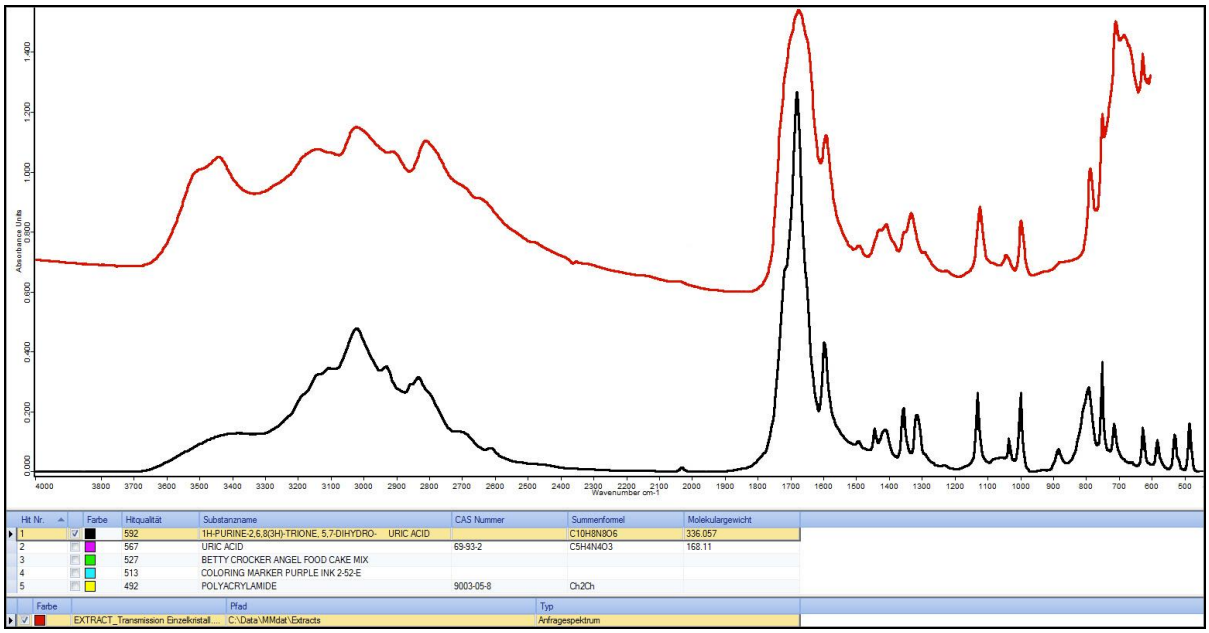


Abb. 6: Ergebnis der infrarotspektroskopischen Analyse von kristallinem Material aus dem wässrigen Extrakt des Taubenmists (Präparation wie bei Abb. 5 beschrieben). Das Probenmaterial (rote Kurve) zeigt signifikante Übereinstimmung mit Datenbankspektren von Harnsäure (schwarze Kurve). Analyse mit Hilfe eines „LUMOS“-Spektrometers der Fa. Bruker. Transmission, Diamantzelle.

Das Infrarotspektrum lässt in Verbindung mit Abb. 5 den Schluss zu, dass die (schlecht wasserlösliche) Harnsäure beim Eindunsten des Taubenmists als weiße Substanz ausfällt, somit eine Erklärung für die auf dunklen Oberflächen besonders ins Auge fallende, visuelle Beeinträchtigung liefert.

Auswertung der Bronzeproben aus dem „COPAL“-Projekt

Ein Schwerpunkt des bereits länger zurückliegenden COPAL-Projektes[3] unter Leitung des Institutes für Silikatchemie und Archäometrie (ISCA), Universität für angewandte Kunst, Wien, war die Quantifizierung der atmosphärischen Korrosion von Bronze in europäischen Großstädten. Die hier betrachteten Probenplättchen waren im Rahmen des Projektes nach 11 Jahren gut dokumentierter, natürlicher Exposition in München (Zeitraum 1993-2004) eingeholt und im Hinblick auf die Expositionsrate ausgewertet worden.

Die oberste Reihe des in Abb. 7 gezeigten Expositionsracks blieb bei allen weiteren Untersuchungen im COPAL-Projekt unberücksichtigt, weil der Einfluss von Taubenmist damals nicht gefragt war und als unerwünschter Nebeneffekt außen vor bleiben musste.

[3] Europäischer Forschungsverbund „Conservation of Copper Alloys“ unter Leitung des ISCA Wien - auf deutscher Seite keine Drittmittelförderung.

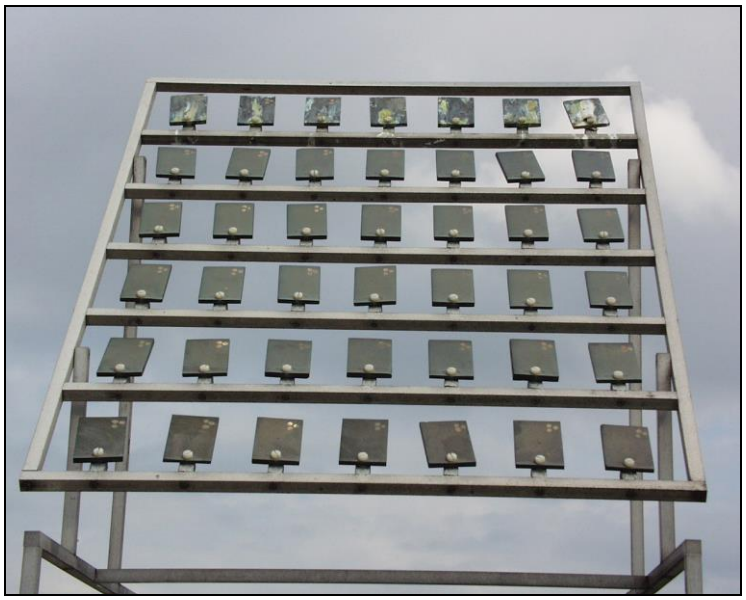


Abb. 7: Expositionsstand mit den hier diskutierten COPAL-Bronzeproben (CuSn5Zn5Pb) auf dem Dach des Geologischen Institutes an der Luisenstraße in München. Aufnahme im Jahr 2002. Auf dem Foto ist die durch Tauben verursachte Verschmutzung der obersten Probenplättchenreihe (Proben 1 bis 7) deutlich zu erkennen. Die Aufnahme entstand nach einer Trockenperiode im Sommer 2002 – nach längerer Beregnung stellte sich jeweils eine Homogenisierung der Oberflächen-effekte ein.

Es lag nahe, nun für „Fokus Taube“ erstmals vergleichende Untersuchungen zwischen Proben mit und ohne Taubeneinfluss durchzuführen. Diese Gegenüberstellung ist durchaus von praktischem Interesse, weil die hier gezeigten Unterschiede zwischen erster und zweiter Reihe der Situation bei Denkmälern aus Bronze im Freien ähnlich sein dürften. Auch dort lassen sich die Tauben bevorzugt oben, auf den höher gelegenen horizontalen Flächen wie Köpfen und Schultern von Figuren nieder.

Oberflächenveränderungen bei den COPAL-Bronzeplättchen

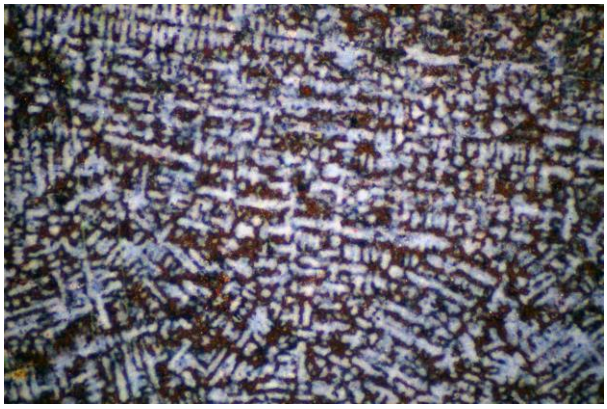
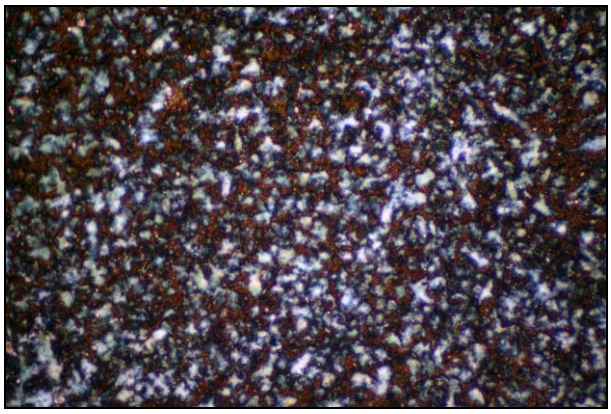


Abb. 8: COPAL-Probe #3, unter Einfluss von Taubenmist. Aufnahme im Auflichtmikroskop. Objektbreite knapp 2 mm.



COPAL-Probe #10, ohne Einfluss von Taubenmist. Aufnahme im Auflichtmikroskop. Objektbreite knapp 2 mm.

Der Einfluss der Taubenhinterlassenschaften äußert sich in einer etwas verstärkten, material-typischen Gefügeätzung (Abb. 8): Kleinräumig unterschiedliche Zinnanteile in der Bronzelegierung führen zu einer, lediglich in der mikroskopischen Betrachtung deutlich erkennbaren, lokal unterschiedlich starken Schädigung. Es liegt eine klassische Reliefätzung vor, mit Betonung des in der Legierung vorgegebenen, dendritischen Bronzegefüges aus α-Mischkristallen mit örtlich variierendem Zinnanteil. Auf beiden Fotos ist zudem eine erste Entwicklung von rötlichbraunem Kupfer-(I)-oxid erkennbar. Die Korrosionsgruben sind

erfahrungsgemäß mit den in München vielfach nachgewiesenen, durch die Bronzekorrosion entstandenen, basischen Kupfersulfaten (blass grün) gefüllt.

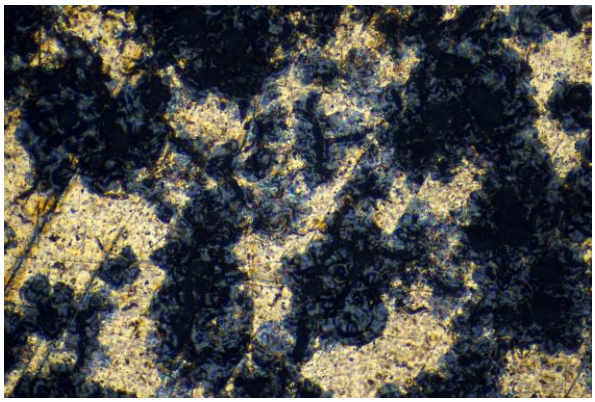
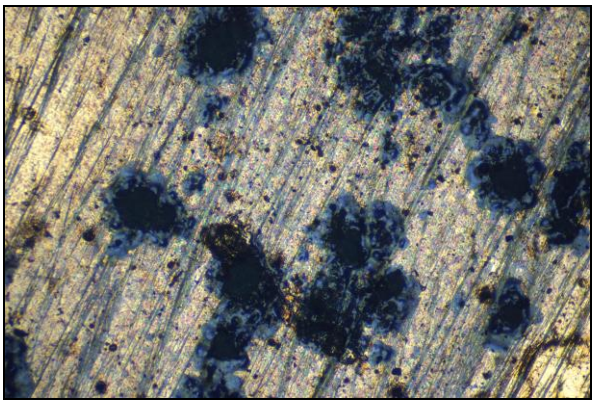


Abb. 9: COPAL-Probe #3, Detail: Marker-Spot mit krepierender Paraloidbeschichtung, unter Einfluss von Taubenmist. Aufnahme im Auflichtmikroskop. Objektbreite knapp 2 mm.



COPAL-Probe #10, Detail: Marker-Spot mit krepierender Paraloidbeschichtung, ohne Einfluss von Taubenmist. Aufnahme im Auflichtmikroskop. Objektbreite knapp 2 mm.

Die in den obigen Mikroskopaufnahmen (Abb. 9) gezeigten Marker-Spotflächen waren zu Expositionsbeginn mit einem Acrylat (Paraloid B 72) beschichtet worden, um für spätere Vergleichsmessungen Orientierungspunkte zu setzen (z=0, ursprüngliche, unveränderte Oberfläche der Bronze). Interessanterweise dienen diese Spots mittlerweile nebenbei auch dem häufig kolportierten, jedoch praktisch nie direkt geführten Nachweis, dass eine nicht gepflegte, nur noch partiell deckende Kunstharz-Beschichtung bei einer Metalloberfläche gravierende Schäden verursachen kann. Die in den gezeigten Markerspots konstatierten, maximalen Lochfraßtiefen waren höher als die in der umgebenden, nicht beschichteten Bronzeoberfläche! Dies kann als praxisnahe Bestätigung eines Metallrestauratoren-Bonmots gelten, das lautet: „Praktisch jeder fängt zunächst hoffnungsfroh mit organisch-chemischen Schutzbeschichtungen an und stellt dann erst viele Jahre später die damit verbundenen Nachteile fest!“

Massenänderungen bei den COPAL-Bronzeplättchen

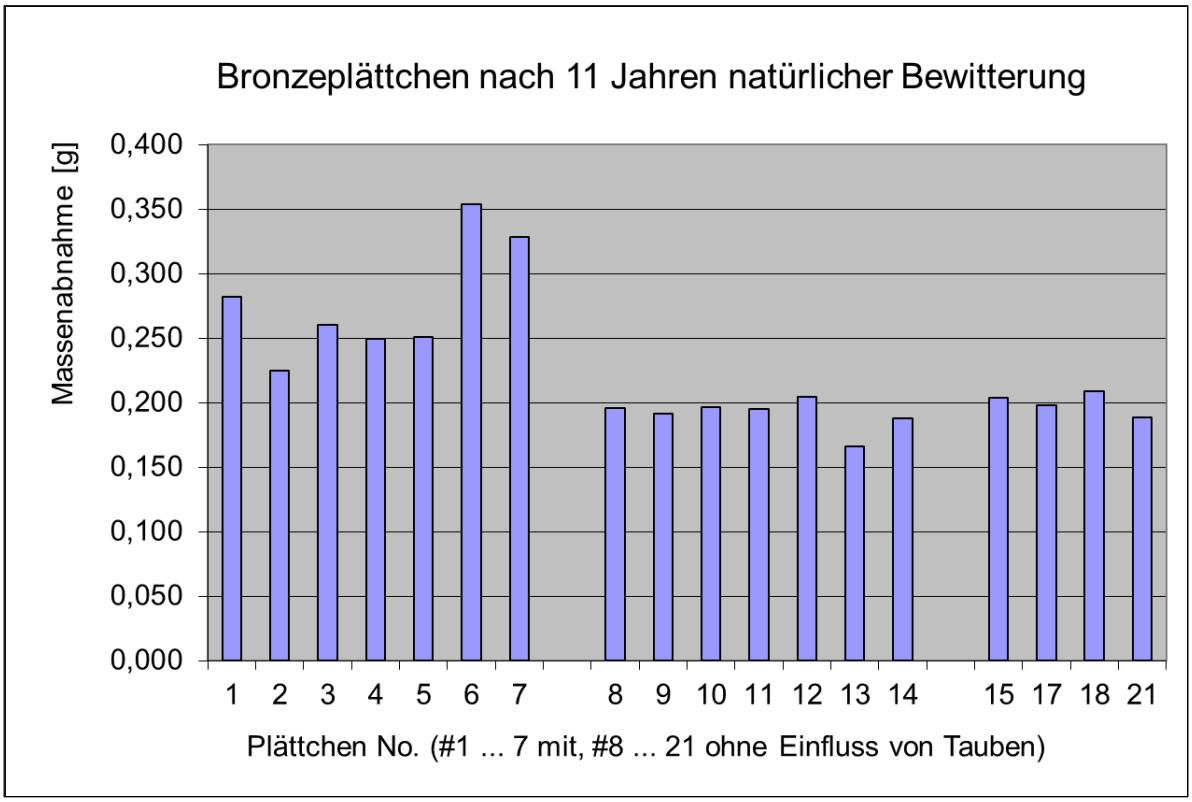


Abb. 10: Die Bronzeplättchen (ca. 5 cm x 7 cm x 0,5 cm) bestehen aus der durchschnittlich korrosionsempfindlichen Kunstgussbronze CuSn5Zn5Pb. Die Proben 1 bis 7 befanden sich in der obersten Reihe des Racks, die Proben 8 bis 14 in der zweiten und die Proben 15 bis 21 in der dritten Reihe des um 45° geneigten Racks. Die hier nicht aufgelisteten Proben 16, 19 und 20 wurden im COPAL-Projekt für andere Auswertungen eingesetzt, sind deshalb nicht mehr verfügbar. Da sich die fehlenden Proben in der Fotodokumentation von den Nachbarproben nicht merklich unterscheiden, können sie bei der hier vorgeführten Betrachtung unberücksichtigt bleiben. Die Wägungen vor und nach der Bewitterung erfolgten an einer sogenannten Komparatorwaage, die trotz des relativ hohen Eigengewichts der Bronzeplättchen sehr präzise Differenzwägungsergebnisse von Vor- und Nachzustand erlaubt.

Die in Abb. 10 gezeigten Massenabnahmen beruhen auf Material, das die Proben vollständig verlassen hat (in Form von mit dem Niederschlag weggespülten Korrosionsprodukten). Genau genommen ist jedoch auch das auf der Oberfläche der Bronzeplättchen jetzt noch vorgefundene Korrosionsprodukt mit einer virtuellen Schichtstärke von ca. 15 µm (vgl. Abb. 11) ebenfalls Teil der Schadensbilanz. Die Gesamt-Materialverluste bestehen demnach aus der Summe von fortgespültem Material und vor Ort in Korrosionsprodukt umgewandeltem, auf der Probenoberfläche noch vorhandenem Material.

Schichtstärkenmessungen bei den COPAL-Bronzeplättchen

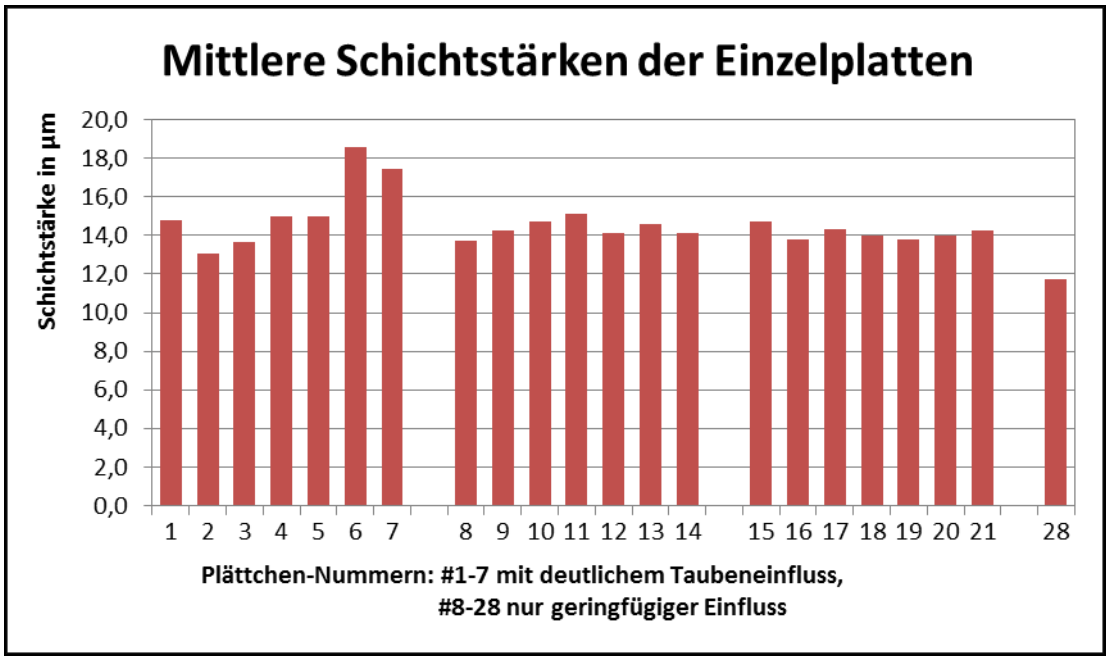


Abb. 11: Messung der Schichtstärke der Korrosionsprodukte und angetragenen Ablagerungen auf den Bronzeplättchen mit Hilfe des Wirbelstromverfahrens. Die gezeigten Messwerte fassen die Ergebnisse aus vielen Hundert Einzelmessungen zusammen. Messung: Monika Egger, BLfD.

Wie ein Blick auf die Abb. 8 zeigt, ist die Menge aufliegender Substanzen insgesamt verhältnismäßig gering und zudem in der Fläche ungleichmäßig verteilt. Man sollte die in Abb. 11 gezeigten Schichtstärkewerte deshalb nicht als Folge laminarer Strukturen auffassen, sondern vielmehr als eine Art virtuelle Schichtstärke verstehen, deren Einheitlichkeit und messtechnisch bedingte Mittelwertbildung im Widerspruch zur tatsächlich komplizierteren, recht heterogenen Situation auf den Probenplättchen steht. Mit Vorsicht könnte aus der geringfügig (durchschnittlich um ca. 1 Mikrometer) erhöhten Schichtstärke bei den durch Taubenmist verunreinigten Probenplättchen auf eine etwas erhöhte Menge an auf den Proben fixiertem Korrosionsprodukt geschlossen werden. Gleichzeitig ist jedoch, mit Blick auf Abb. 7 und Abb. 9 anzunehmen, dass ein Teil des mutmaßlich durch den Taubenmist zusätzlich angelösten Bronzevolumens in Folge der Beregnung durch den Niederschlag abgespült wurde.

Laborversuche zur Einschätzung der chemischen Aggressivität von Taubenmist

In Analogie zur Vorgehensweise bei den DBU-TrafficRisk-Projekten wurden Versuche zur künstlichen Bewitterung von Kupferblech-Coupons mit und ohne Einfluss von Taubenmist durchgeführt. Die Coupons haben eine Fläche von 7,5 cm x 5 cm. Für die folgend geschilderten Versuche wurde jeweils eine Gesamtmenge von 1,5 g Feststoff aufgesiebt, die unterschiedliche Massenanteile Taubenmist in „Arizona Road Dust“ (chemisch inertem Normstaub) enthielt.
Die Proben wurden jeweils 14 Tage bei einer Luftfeuchtigkeit von ca. 85% gelagert.
Nach Versuchsende wurde das beaufschlagte Material entfernt und rückgewogen. Die Proben waren nicht verfärbt, erschienen intakt und unverändert. Auch die ermittelte Massenänderung kann als sehr gering bis vernachlässigbar eingestuft werden.

Weitere, hier nicht dargestellte, orientierende Versuche mit komplexeren Feststoffbelastungen ergaben ebenfalls eine im Vergleich zum Chlorid (aus dem Streusalz) nicht existente oder zumindest vernachlässigbar geringe Schädigung.

Tab. 2: Massenveränderungen von Kupferblech-Coupons nach Einwirkung unterschiedlicher Prozentanteile von Taubenmist, als Feststoff in einer chemisch neutralen Matrix („Arizona Road Dust“). Nach Feuchtlagerung über 14 Tage bei ca. 85% relativer Luftfeuchte. In Übereinstimmung mit dem visuellen Befund sind lediglich äußerst geringe Massenveränderungen nachweisbar.

Cu-Platine	Massenanteil Taubenmist [%]	Masse der Platine vor Versuch [g]	Masse der Platine nach Versuch [g]	Massen-änderung [%]
# 1	0	11,71606	11,72144	+0,05
# 2	10	11,62188	11,62768	+0,05
# 3	20	12,03008	12,03417	+0,03
# 4	50	12,32111	12,32582	+0,04

Teilprojekt II: Geräteentwicklung

Das Spektrum einer Vogelstimmen-Lautäußerung besteht aus einer Vielzahl unterschiedlicher Merkmale. Anders als bei einem menschlichen Beobachter, der einen Vogelruf oder Gesang intuitiv als Ganzes erfasst, nutzt der von der Fa. Sunbird Images eingesetzte Algorithmus diskrete Charakteristika aus einem kontinuierlichen Spektrum zur Analyse. Diese Charakteristika müssen so beschaffen sein, dass sie eine ausreichende Unterscheidung zwischen Lautäußerungen verschiedener Arten ermöglichen. Gleichzeitig dürfen Umgebungsgeräusche und Hintergrundrauschen die Analyse nicht zu stark beeinträchtigen.

Stimmerkennungsmodul

Die Entwicklung der Software basiert auf einem Algorithmus, der von dem britischen Entwickler Mark Haley programmiert wurde. Dieser Algorithmus ist Grundlage aller Vogelstimmen-Bestimmungs-Apps von Sunbird Images. Die alleinigen Nutzungsrechte sind Eigentum von Sunbird Images. Die automatische Erkennung von Lautäußerungen von Tauben ist aufgrund der Frequenzlage eine besondere Herausforderung. Um hier eine sichere Bestimmung zu gewährleisten, wurde der bestehende Algorithmus angepasst und auf die Lautäußerungen der

Tauben trainiert. Der genannte Algorithmus war bislang auf mobilen Endgeräten mit den Betriebssystemen iOS und Android OS im Einsatz. Für den Einsatz im Projekt wurde jedoch ein mobiler Computer benötigt, welcher längere Zeit autonom am Aufstellungsort eingesetzt werden sollte. Hierfür kam ein Raspberry Pi Gerät (Abb. 12) zum Einsatz, welches in der Lage ist, die Tauben-Erkennungssoftware zu nutzen, und zudem ein Gerät zur Vertreibung der Tauben zu steuern. Um den Bestimmungs-Algorithmus auf dem Gerät einzusetzen, musste dieser nicht nur für den geplanten Einsatz angepasst werden, sondern auch für die benötigte Software umprogrammiert werden.

Abb. 12 Experimentiersystem zur Beherbergung des Raspberry Pi Einplatinen-Mikrocomputers samt integrierter Software.

Foto: Sunbird Images.

Die Umprogrammierung und Weiterentwicklung wurde vom Hamburger Softwareentwickler und Softwareberater Paul Litzbarski von Litzbarski Consulting nach Anweisung von Sunbird Images vorgenommen. Herr Litzbarski ist mit der technischen Betreuung der Apps zur automatischen Bestimmung von Vogelstimmen von Sunbird Images beauftragt und daher mit der Funktionalität des von Herrn Haley entwickelten Algorithmus vertraut.

Für die Weiterentwicklung der Software war eine Vielzahl an Dateien einzelner Lautäußerungen von Tauben erforderlich. Von Sunbird Images wurden die bereits in der eigenen Datenbank vorhandenen Dateien mit Lautäußerungen von Tauben auf ihren potenziellen Einsatz in dem Projekt geprüft und zusammengestellt. Entsprechende Dateien wurden tontechnisch überarbeitet, u.a. gefiltert und geschnitten. Zusätzlich wurden von einschlägig spezialisierten Partnern („Bird Song Recordists“) weitere Tonaufnahmen angefragt und akquiriert. Ergänzend wurden potenzielle Zulieferer für entsprechende Audiodateien recherchiert. Neben den bestehenden und von dritter Seite erhaltenen Tonaufnahmen wurden von Sunbird Images eigene Tonaufnahmen von verschiedenen Taubenarten angefertigt. Diese Aufnahmen wurden an einem Baudenkmal in Wülfrath aufgenommen, welches ebenfalls regelmäßig von Verschmutzung durch Taubenmist betroffen ist. Dort wurden parallel zu den Tonaufnahmen auch erste Beobachtungen zur Aktivität der Tauben vorgenommen. Perioden mit hoher und geringer Aktivität beim Rufen wechselten sich ab.

Die Entwicklung und Herstellung des Gerätes zur Beherbergung des Raspberry Pi sowie des geplanten Tauben-Vertreibungsmechanismus für die Aufstellung und den autonomen Einsatz am Studienort wurde von Dipl.-Ing. Stefan Bongartz durchgeführt.

Sunbird Images koordinierte die Entwicklung mit Paul Litzbarski und Stefan Bongartz sowohl im Hinblick auf die Funktionalität als auch auf das Design.

Verbesserung des Bestimmungsalgorithmus

Zur sicheren selbständigen Erkennung von Taubenlautäußerungen wurden das Training und die Entwicklung des Erkennungsalgorithmus weiterentwickelt. Zur Verbesserung der Erkennungsfunktion trug die im Rahmen des Projektes ausgeführte, kontinuierliche Erweiterung der Lerndatenbank um weitere Taubenrufe bei.
Dies war die Basis, um eine Revision und Erweiterung der diskreten Merkmale aus dem Spektrum der Lautäußerungen durchzuführen. So wurden zusätzliche nötige Merkmale zur Verbesserung der Erkennungsfunktion im Laufe der Arbeiten identifiziert und entsprechend ergänzt. Es zeigte sich, dass eine Auswahl von insgesamt 19 diskreten, statistischen Merkmalen optimal für den Zweck dieses Projektes ist. Diese Merkmale werden aus der erweiterten Lerndatenbank extrahiert und für die statistische Analyse verwendet.
Die Ausprägung aller Stimm-Merkmale wurde einer wahrscheinlichkeitstheoretischen Klassifizierung und Bewertung zugeführt:

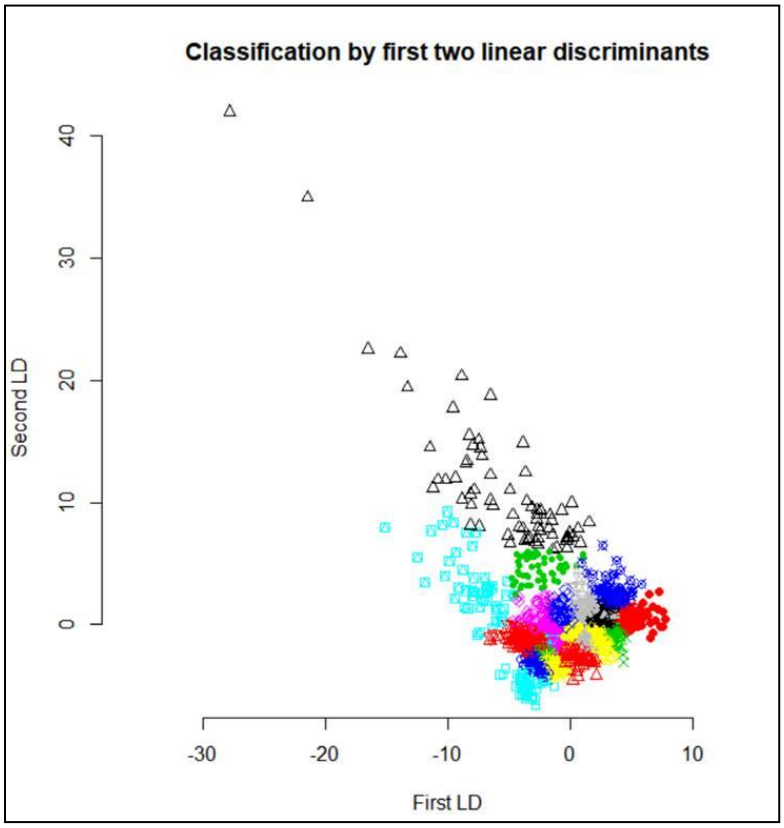


Abb. 13: Beispiel für eine statistische Auswertung – Scatterplot zum Streuverhalten der unterschiedlichen Stimmvariablen.

Das zugrundeliegende Wahrscheinlichkeitsmodell basiert auf „R“, einer Programmiersprache für statistische Berechnungen und Grafiken, die speziell für Anwender mit statistischen Aufgaben entwickelt wurde.

Autonomes Aufnahme- und Steuergerät

Für den vor Ort Einsatz der Erkennung und Analyse von Lautäußerungen sowie für die Ansteuerung des Vergrämungsmoduls wird eine autonome Einheit benötigt, die über entsprechende Mikrophone, ein Raspberry Pi Gerät sowie eine Energieversorgung verfügen sollte. Dipl.-Ing. Stefan Bongartz konstruierte ein hierfür passendes Gerät. Dies geschah in enger Zusammenarbeit mit Dr. Randolph Kricke von der *Umwelt & Information GbR*.

Randolph Kricke entwickelte den Prototypen einer autonomen Aufnahmeeinheit, die sich als erste Grundlage für das benötigte Gerät eignete. Das Gehäuse ist robust und schützt die empfindliche Technik dauerhaft vor Staub und Spritzwasser. Insbesondere wenn die örtlichen Gegebenheiten keine Festinstallation zulassen, lässt sich die handliche Box leicht mittels der angebrachten Befestigungsmöglichkeiten zum Beispiel mit Gurten an einem Pfahl oder Baum befestigen.

Als geeignetes Aufnahmegerät wurde ein Olympus-Recorder ausgewählt, der einen guten Kompromiss zwischen einer sehr guten Aufnahmequalität und nur einer geringen Größe bildet.

Bei einer Aufstellung der Einheit an einem Ort, der keine externe Stromquelle zur Verfügung hat, muss eine geeignete interne Energiequelle eingesetzt werden. Diese sollte eine ausreichende Laufzeit, sowie die Möglichkeit der Wiederladung bieten. Die favorisierte Option ist eine USB Powerbank. Mit bis zu 12.000 mAh bei geringer Größe und geringem Gewicht ist dies ein ebenfalls gangbarer Kompromiss für die Nutzung in einer mobilen Einheit.

Aktivmodul

Scheitern des grünen Lasers

Von der Fa. Sunbird Images ausgeführte Versuche mit dem im Projektantrag favorisierten, grünen Laser (532 nm) führten zu der Einsicht, dass ausgerechnet die Stadttaube überraschend schwach auf einen handelsüblichen grünen Laser (Laserpointer) reagiert. Beim direkten Anvisieren mit einem 1 mW Laserpointer ergab sich keine sinnvoll nutzbare Reaktion. Wie bereits im Protokoll zur Zweiten Projektbesprechung (siehe Anhang) angedeutet, wäre nun allerdings bei höherer Strahlungsintensität eine mit Sicherheit abschreckende Wirkung zu erwarten:

Abb. 14: Demonstration der Einwirkung eines grünen Lasers mit einer Strahlungsleistung von 100 mW auf eine (isolierte!) Taubenfeder. Bei präziser Fokussierung bildet sich in Sekundenbruchteilen schwarzer Rauch, es entstehen Brandlöcher mit einem Durchmesser von ca. 0,5 mm. Versuch und Bildquelle: BLfD Zentrallabor.

Somit besteht kein Zweifel, dass auch bei den Tauben selbst eine sofortige Fluchtreaktion ausgelöst werden könnte. Eine derart massive Maßnahme stünde jedoch in klarem Widerspruch zu den Zielsetzungen des Projektes (sanfte Maßnahmen). Auch wäre sie im Hinblick auf den Schutz von Anwohnern oder zufällig vorbeikommenden Passanten nicht vertretbar und würde sicherlich berechtigte Beschwerden von Anliegern provozieren.

Experiment zur qualitativen Einschätzung der Ultraschallwirkung

Am 30. November 2017 erfolgte die orientierende Erprobung eines käuflichen Ultraschall-Tiervertreibers (Fabrikat „Gardigo“, siehe Abb. 15). Dieses Instrument verfügt über eine Reihe variierbarer Einstellungen: Es strahlt auf drei separat wählbaren Frequenzbändern (19,5-23,5 kHz, 23,5-27,5 kHz und 27,5-31,5 kHz), wobei vom Hersteller das niedrigste Frequenzband für Vögel aller Art empfohlen wird. Parallel erfolgt eine in der Empfindlichkeit einstellbare Bewegungserkennung, die ein stroboskopisches Blitzen auslöst. Für den im Folgenden beschriebenen Praxistest wurde die Einstellung „Alle Frequenzen plus Blitzlicht“ in Verbindung mit einer hohen Ansprechempfindlichkeit gewählt.

Abb. 15: Kommerzieller Tiervertreiber „Gardigo“ mit variabler Ultraschallabstrahlung. Oben am Gerät befindet sich der Schalltrichter, der die Abstrahlung von Ultraschall, d.h. Schallwellen mit Frequenzen oberhalb von rund 20 KHz übernimmt. Mit dem linken Drehregler lässt sich die Ansprechempfindlichkeit regulieren. Der rechte 5-Stufenregler dient zur Wahl des jeweiligen Abschreckungsprogrammes, d.h. der Festlegung eines einzelnen Frequenzbandes für eine bestimmte Tierart oder für einen Mix aus allen Ultraschallfrequenzen samt Blitzlicht. Das Blitzlicht strahlt über den transluzenten Halbzylinder unten am Gerät mit einem breiten Winkel von fast 180 Grad ab.

Beim ersten Einschalten des Tiervertreibers in unmittelbarer Nähe einer Regensburger Taubenpopulation (Abb. 16) flog der komplette Taubenschwarm sofort auf und ließ sich in etwa 50 m Entfernung vom Gerät erneut nieder. Leider handelte es sich bei diesem vermeintlichen Wirkeffekt um eine Täuschung, die auf einem kuriosen zeitlichen Zusammentreffen beruhte: An der gegenüber liegenden Seite der Parkanlage hatte exakt zu diesem Zeitpunkt eine ältere Dame eine große Tüte mit Vogelfutter ausgestreut, was die Tauben zu einem sofortigen Ortswechsel in Richtung auf diese Nahrungsquelle veranlasste.

Das Gerät wurde nun direkt neben dem neuen Standort des Taubenschwarms platziert. Hierbei zeigte sich leider keine unmittelbare Wirkung. Die Tauben vermuteten vielmehr eine weitere Fütterung, diesmal durch den Experimentator und näherten sich dem Ultraschallgenerator bis auf wenige Dezimeter. Eine wie auch immer geartete Irritation war nicht feststellbar, die Tauben fraßen weiterhin das angebotene Futter und gingen nicht auf Abstand zum Gerät.

Abb. 16: Für das hier geschilderte Experiment ausgewählte Taubenpopulation auf einer Grünfläche an der Maximilianstraße in Regensburg am 30. Nov. 2017. Das Foto zeigt die Situation bei eingeschaltetem Tiervertreiber. Eine unmittelbare Wirkung auf die Gruppe, wie beispielsweise ein Abrücken vom Gerät war nicht festzustellen.

Bewertung des orientierenden Versuchs zur Ultraschallwirkung: Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass das handelsübliche Tiervertreibergerät gegenüber den Tauben keine sofortige Wirkung erzielte. Dies steht im Einklang mit der von den Projektornithologen zitierten Literatur, der zufolge die Tauben nicht unmittelbar auf Ultraschall reagieren. Nach Ansicht der Verfasser ist der hier erkennbare, scheinbare Widerspruch mit den, durchaus auch auf Tauben bezogenen, Ultraschallgeräte-Herstellerversprechungen vermutlich wie folgt aufzulösen:
Die Ultraschallwirkung ist bestenfalls als minimale, graduelle Beeinträchtigung des Taubenwohlbefindens zu bewerten. Sie kann deshalb beispielsweise bei der Neuwahl eines Nist- oder Schlafplatzes abschreckend wirken, wird jedoch durch stark positive Reize wie ein besonders verlockendes Nahrungsangebot oder eine starke Revierbindung ausgehebelt. Summa summarum kann die Ultraschallwirkung insofern als wohl nur teilwirksame Komponente innerhalb eines größeren Maßnahmenpaketes eingestuft werden. Um den Stand der Technik sowie mögliche Alternativen zu eruieren, soll im Folgenden ein kurzer Überblick über relevante Literatur zum Thema Taubenfernhaltung gegeben werden.

Literaturrecherche zum Thema Taubenfernhaltung

Die Literatur zur Fernhaltung von Vögeln beschäftigt sich hauptsächlich mit der Freihaltung des Luftraums über Flughäfen sowie der Vermeidung von Ernteausfällen durch Vögel in der Landwirtschaft. Zu Fernhaltungsmaßnahmen für den urbanen Raum konnte nur verhältnismäßig wenig wissenschaftliche Literatur gefunden werden.

Optische, akustische und chemische Fernhaltung

Wie menschliche Stadtbewohner auch, sind Stadttauben einer permanent hohen Sinnesreizung durch Lärm, Lichter und Gerüche ausgesetzt und mussten, wie der Stadtmensch, eine hohe Toleranz gegen dieses „Hintergrundrauschen“, sowie eine große Anpassungsfähigkeit an dessen wechselhafte Zusammensetzung ausbilden, um in der Stadt überlebensfähig zu sein. Dies hat zur Folge, dass die Tiere eine große Widerstandsfähigkeit gegen entsprechende Fernhaltungsmethoden besitzen, die mit starken akustischen, optischen oder olfaktorischen Reizen arbeiten. Selbst wenn die Maßnahmen in der ersten Zeit den erwünschten Vertreibungserfolg erzielen, lernen die Tiere innerhalb kurzer Zeit, die neue Reizquelle dem Hintergrundrauschen zuzuordnen und zu ignorieren. Ultraschall-Emitter, Licht- und Lasersysteme sowie erschreckende und beunruhigende Formen, Farben und Reflektoren können deshalb die Anpassungsfähigkeit der Tiere nicht überwinden.[4] Auch sogenannte

[4] JENNI-EIERMANN ET AL. (2014).

Taubenpasten, die aus einem klebrigen und angeblich für Tauben übelriechenden, plastischen Material bestehen, zeigten in Versuchen keinen Abwehrerfolg, sofern die Tiere nicht direkt mit den Pasten in Berührung kamen. Aufgrund der großen Klebrigkeit müssen diese Pasten zudem als mit dem Tierschutz nicht vereinbare, grausame Methoden der Fernhaltung bezeichnet werden. Tauben, aber auch andere Vögel, die mit den Pasten in Berührung gekommen sind, verteilen die haftende Substanz beim Putzen ins Gefieder, was zu lebensbedrohlichen Behinderungen der Flugfähigkeit führen kann.[5]

Mechanische Fernhaltung

Mechanische Abhaltungsmethoden, die den Tieren den Zugang zu bestimmten Bereichen verwehren oder erschweren, funktionieren allgemein deutlich besser. Ob die Taube versucht, die Barriere zu überwinden, hängt von der Nutzungsqualität des zu erreichenden Ortes ab. Von größter Wichtigkeit für Tauben sind Brutplätze. Versuche zeigten, dass aktiv bebrütete, oder bereits von Jungtieren bewohnte Bereiche von Elterntieren zum Teil unter Inkaufnahme lebensbedrohlicher Verletzungen aufgesucht wurden. Schlafplätze bilden die zweite Kategorie. Ist der Zugang zu als Schlafplatz genutzten Orten mit einer Barriere verstellt, versuchen die Tiere in der Regel einige Male und über mehrere Tage hinweg, den Ort zu erreichen. Bleibt der Zugang verwehrt, meiden die Vögel den Ort nach einiger Zeit. Am schwächsten ist der Drang zur Rückkehr zu Orten, die lediglich als Futter- oder Aussichtsplätze genutzt werden.
Hier reichen in der Regel wenige negative Erfahrungen oder bereits das Erkennen einer Barriere im Anflug, um den Ort unattraktiv zu machen. Eine erfolgreiche Fernhaltung mit mechanischen Methoden setzt deshalb ein Wissen um die Unterschiede der jeweiligen Nutzungskategorien voraus.
Bei allen Fernhaltungsmethoden ist zu berücksichtigen, dass die Tauben im Erfolgsfall häufig einfach auf die Nachbarhäuser ausweichen.[6]

Nahrungsentzug

Eine dauerhafte Reduktion der Taubenpopulation im urbanen Raum ist nur durch die Reduktion des Nahrungsangebots zu erreichen. Die Verfügbarkeit von Nahrung stellt den limitierenden Faktor dar. Die sehr fortpflanzungsfreudigen Tiere können, wenn ausreichend Nahrung zur Verfügung steht, innerhalb eines Jahres eine Vervielfachung der Individuenzahl erzielen. Aufgrund des häufig geringen Angebots an Brutplätzen werden die Jungtiere unter extrem unhygienischen, überfüllten und ungeeigneten Bedingungen aufgezogen. Unter der städtischen Überbevölkerung leiden daher vor allem die Tauben selbst. Wird den Tieren jedoch der Zugang zu Essensresten und Nahrungsmittelabfällen, aber vor allem auch zu massenhaft ausgebrachtem Futter verwehrt, stellt sich schnell eine Reduktion auf nachhaltige und artgerechte Populationsgrößen ein. Hierzu ist, neben dem Verbot von Taubenfütterung viel Öffentlichkeitsarbeit nötig. Die Stadtbevölkerung muss über Problematik der Taubenfütterung aufgeklärt werden und in die Maßnahmen miteinbezogen werden.[7]

---

[5] STOCK/HAAG-WACKERNAGEL (2014).

[6] HAAG-WACKERNAGEL (1997).

[7] SENAR ET AL. (2017).

Konsequenz aus den Erfahrungen mit grünem Laser und Ultraschallerzeuger

Nach dem Scheitern des grünen Lasers wurde zeitweilig als Wirkmodul in erster Präferenz ein Wassersprühgerät in Betracht gezogen, in zweiter Präferenz ein Ultraschallgenerator. Vorversuche der Fa. Sunbird Images hatten gezeigt, dass die Tauben durch ein Besprühen mit Wasser dauerhaft vertrieben werden konnten, weil sie den Zusammenhang offensichtlich erkannten und eine erneute Kaltwasserdusche zu vermeiden trachteten.

Abb. 17: Erprobungssituation in der Altstadt von Wülfrath, mit einer bereits fertig montierten, per Computer ansteuerbaren, Wassersprühvorrichtung. Der hier dargestellte Prototyp ist bereits spritzwasserfest ausgeführt und erzielt eine Wirkungsreichweite bis hin zu etwa 3 Metern.
Foto: Fa. Sunbird Images

Abb. 18: Detailansicht der „Aktionseinheit“, einer Wassersprühvorrichtung mit zwei unterschiedlichen, elektronisch angesteuerten Düsen.
Foto: Fa. Sunbird Images

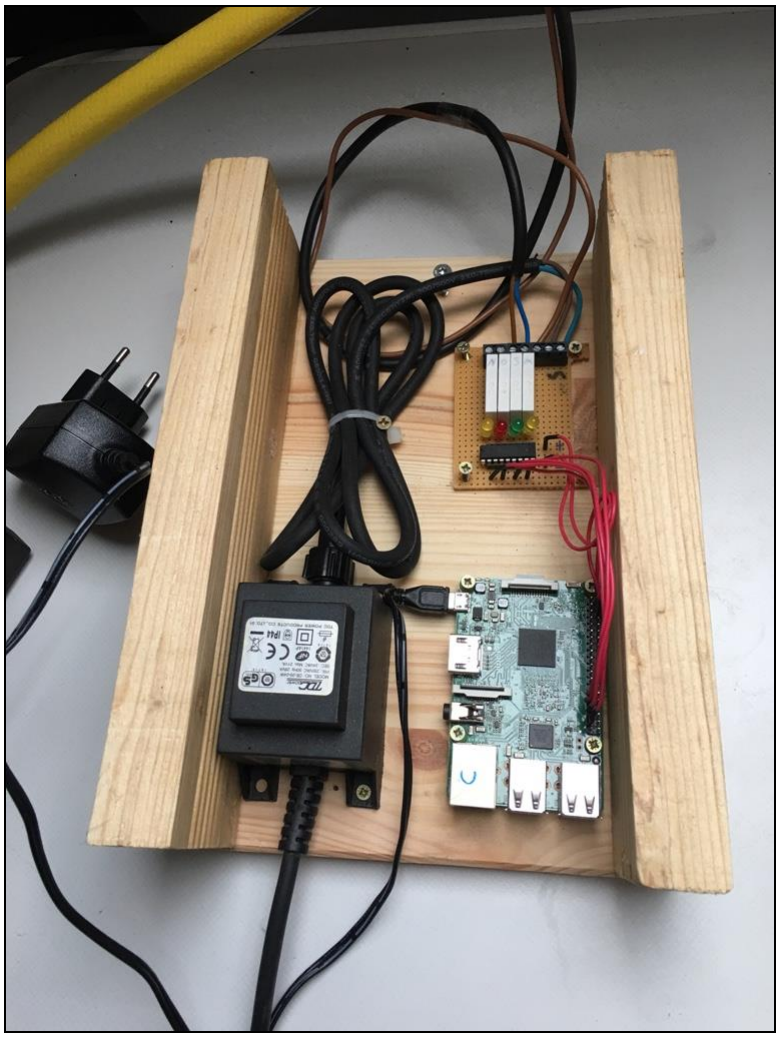


Abb. 19: Elektronik zur Wassersprühvorrichtung. Diese sollte im Endprodukt vom Stimmerkennungsmodul angesteuert werden.
Foto: Fa. Sunbird Images

Neuer Erprobungsstandort: St. Oswald in Regensburg

Wie bereits geschildert, hatte sich das Taubenproblem am Regensburger Gesandtenfriedhof als sehr viel weniger gravierend herausgestellt als ursprünglich berichtet. Immerhin konnte zwischenzeitlich die Wassersprühvorrichtung auf der Dachlandschaft im Ortskern von Wülfrath erfolgreich erprobt werden. Zusätzlich stand ab Anfang 2018 ein weiterer Erprobungsstandort zur Verfügung, und zwar ein seitlich umlaufend geschlossener Hof auf dem Areal der denkmalgeschützten Regensburger Kirche St. Oswald. Die Kirche und der Hof sind tatsächlich stark von Tauben frequentiert. Wasser- und Stromanschlüsse sowie ein zur Beobachtung geeigneter, überdachter Nebenraum standen zur Verfügung. Das zum Hof gehörende Haus ist unbewohnt. Mit Beschwerden durch womöglich beeinträchtigte Anwohner war deshalb nicht zu rechnen. Eine am Standort zwischen dem 11. und 15. Juli 2018 aufgestellte Überwachungskamera mit Bewegungssensor wurde mehrere hundert Mal durch Tauben ausgelöst. Der Ort wird regelmäßig und häufig von Tauben besucht. Vermutlich wird der Hof als Schlaf- oder Rastplatz, die umliegenden Dächer als Aussichtsplätze genutzt. Zum Nisten ist der Ort vermutlich nicht ausreichend sicher vor Räubern, wie die nächtliche Aufnahme eines Marders

durch die Überwachungskamera zeigt. Wahrscheinlich ist hingegen, dass der für die Tauben sicherere Glockenturm von St. Oswald als Nistplatz dient.

Abb. 20: St. Oswald in Regensburg, Gesamtansicht. Das für die Versuche genutzte Areal befindet sich hinter der schwarzen Tür in der Seitenstraße.

Abb. 21: Dach von St. Oswald in Regensburg, Taubenpräsenz.

Abb. 22: Neuer Erprobungsstandort auf dem Areal von St. Oswald.

Abb. 23: Beispielhafte Screenshots der Taubenbewegungen, die von der aufgestellten Überwachungskamera zwischen dem 11. und 15. Juli aufgezeichnet wurden.

Anpassung des Vogelstimmendetektors vor Ort

Projektaufbau

Am 14.05.2018 wurde morgens in Regensburg das Aufnahmegerät (der Vogelstimmendetektor) installiert. Beteiligt waren Herr Simon Mindermann (Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege), Dr. Peter Mullen (Sunbird Images), Dr. Kirsten Mullen (Sunbird Images) und Herr Adolf Friedrich, zuständiger Mitarbeiter vom technischen Dienst der Evangelischen Wohltätigkeitsstiftung in Regensburg (EWR).

Beschreibung des ersten Protoypen – Funktionsweise und Aufbau

Das verwendete Aufnahmegerät, ein Prototyp der extra für diesen Versuch angefertigt wurde, war ein Bird Song Recorder BSIDr001. Das Gerät besteht aus einer einfachen Kunststoffbox, das den Raspberry Pi und die Mikrofoneinheit sowie verschiedene Elemente zum Betrieb (Netzteile, An- und Ausschalter etc.) enthält. Es wird von zwei getrennten Stromkreisen versorgt, um Interferenzen der Aufnahme durch das Mikrofon zu vermeiden. Einer der Stromkreise wird durch eine 220 V Steckdose und ein 5V Netzteil gespeist, der andere ist ein mit einer 3 V CR2032 Batterie betriebener Stromkreis, der ausschließlich das Mikrofon steuert. Dies ist wichtig, damit das Mikrofon sensibel auf Geräusche reagieren kann, gleichzeitig aber keine Interferenzen der Prozessoreinheit aufnimmt und dadurch gestört wird.

Von oben betrachtet (Abb. 25) sieht man den Mikrofonausgang rechts, die Prozessoreinheit links. Die Prozessoreinheit läuft auf 5 V und wird durch eine 5 V USB Stromversorgung, die von der linken Seite der Einheit über ein Stromkabel eingespeist wird, gesteuert. Dieses Kabel muss an einen 5 V Transformator angeschlossen werden. Hierfür kann ein einfacher Stecker mit

einem USB Ausgang verwendet werden. Für den Versuch vor Ort wurde ein herkömmliches Aufladekabel für Android Mobilfunkgeräte verwendet.

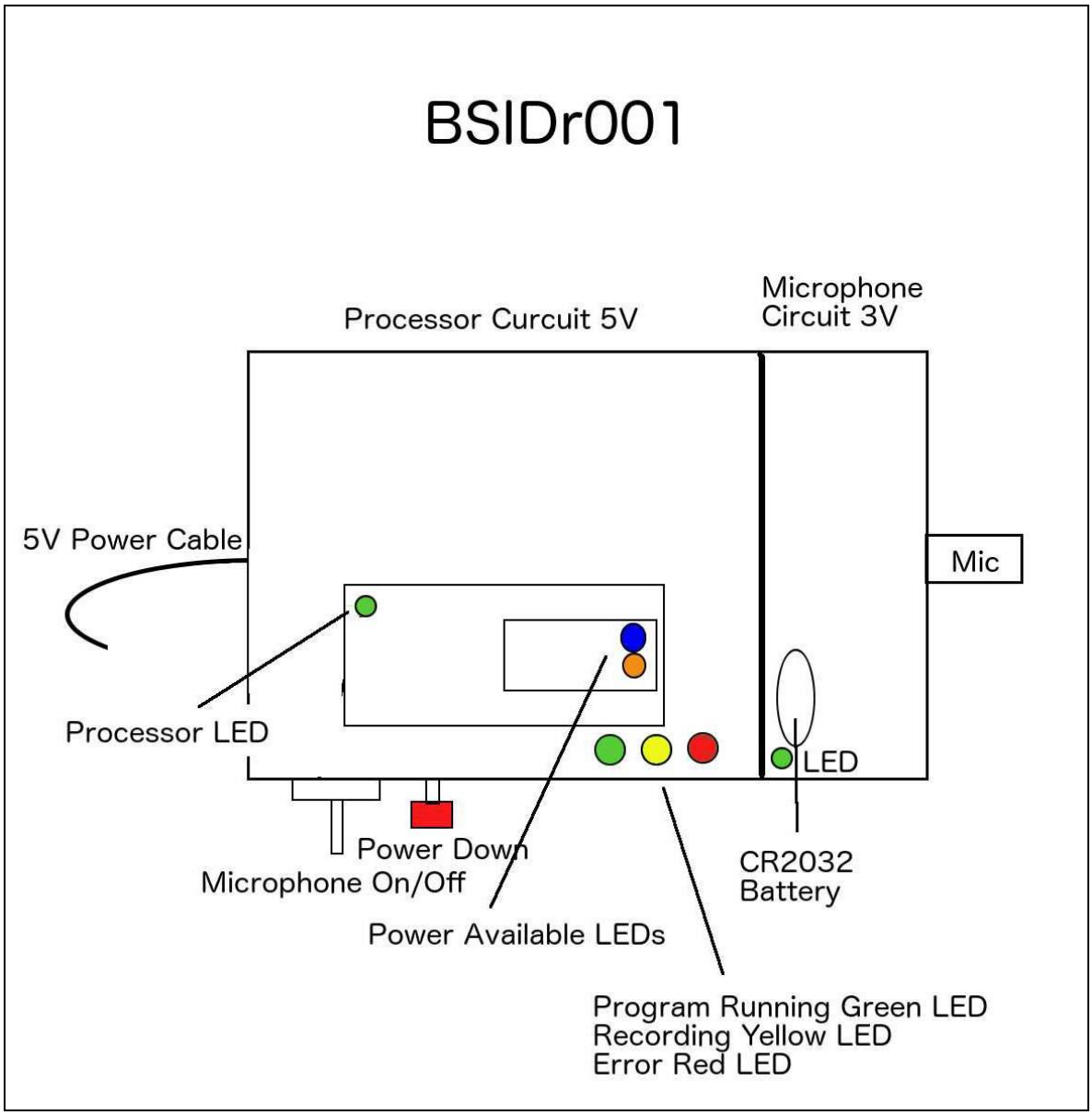


Abb. 24: Schematische Darstellung und Funktionsweise des ersten Prototyps. Sobald eine Verbindung zur Stromquelle hergestellt wird, leuchten die blauen und orangen LED Lampen (auf der Steuerungstafel ZERO LiPO) auf. Dies zeigt an, dass eine Stromversorgung vorhanden ist, und nicht, dass der Prozessor bereits läuft. Sobald der Prozessor durch die Stromzufuhr angestoßen wurde, leuchtet eine kleine grüne LED Lampe in der Nähe des blauen Kabels anfänglich einmal kurz auf und bleibt dann an. Nach ca. einer Minute schaltet sich das grüne Hauptlicht ein. Es befindet sich ebenfalls unten links neben den beiden gelben und roten LED Lampen, die jeweils die Aufnahme (gelb) bzw. einen Fehler (rot) anzeigen. Das Leuchten der grünen Hauptlampe zeigt an, dass die Prozessoreinheit läuft und bereit ist aufzunehmen. In der Abbildung unten links dargestellt ist der Schalter um das Mikrofon an-/auszuschalten sowie der Hauptschalter zum Herunterfahren des Gerätes (Power Down, hier in eckig rot dargestellt). Um das Gerät herunterzufahren ist es essentiell, nicht einfach die Stromversorgung zu kappen, da die Software des Gerätes sonst beschädigt werden könnte, sondern den Power Down Schalter für 5 Sekunden gedrückt zu halten.

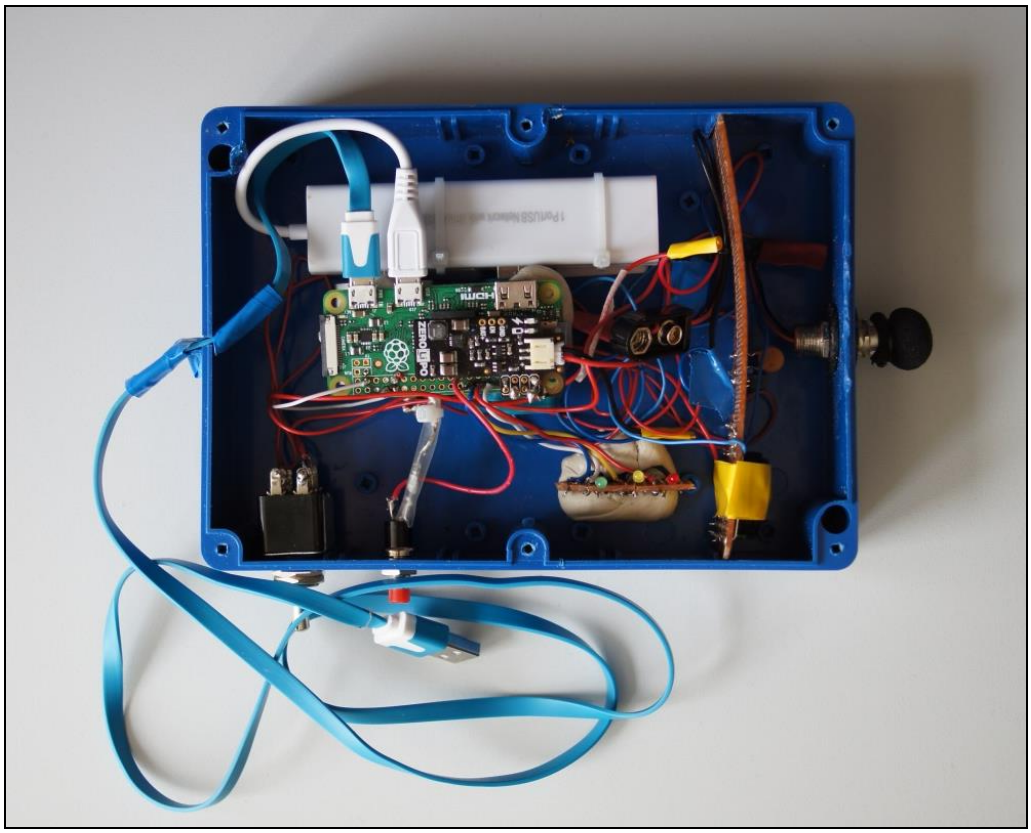


Abb. 25: Erster Prototyp mit Mikrofon rechts und der Prozessoreinheit mit dem blauen Stromkabel links und dem Transformatorkabel in weiß daneben.

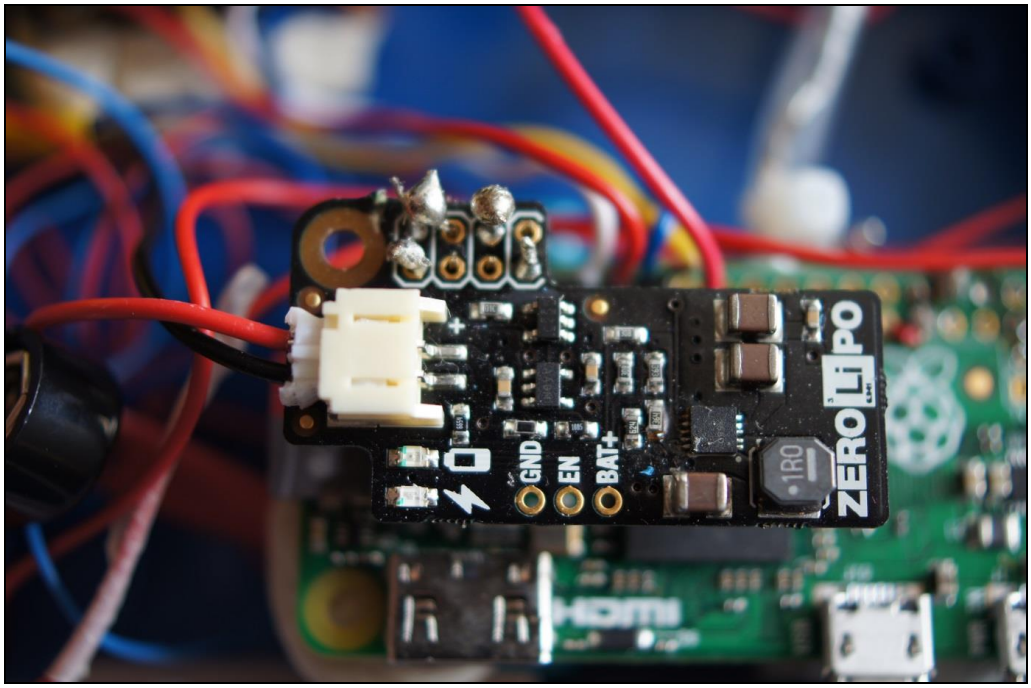


Abb. 26: Abbildung der Steuerungstafel ZERO LiPO mit den drei LEDs unten in der Mitte (grüne Hauptlampe, gelbe Aufnahmelampe, rote Warnlampe).

Als Testort wurde, wie bereits erwähnt, ein denkmalgeschütztes, mit Ausnahme von wenigen Mitarbeitern unbenutztes Gebäude in der Altstadt von Regensburg ausgewählt. Dieses ehemalige Mesnerhaus von St. Oswald befindet sich in der Engelburgergasse 2.

Um die bestmöglich geeignete Stelle für die Installation des Gerätes zu finden, wurden verschiedene Stellen innerhalb des Gebäudes inspiziert. Voraussetzung einer geeigneten Stelle war außer einer ausreichenden Taubenpräsenz, dass diese möglichst vor Witterungseinflüssen, insbesondere anhaltendem Regen, geschützt ist. Das Gerät verträgt zwar etwas an Nässe, es ist aber nicht wasserfest. Weiterhin benötigt es eine durchgehende und sichere Stromversorgung. Nach einem Rundgang durch das Gebäude und der Inspektion verschiedener Bereiche wurde eine halboffene Stelle im Erdgeschoss ausgewählt, wo sich die Tauben verstärkt aufhalten und sich das Gerät sicher installieren ließ.

Anschließend wurde der Prototyp aktiviert. Anhand der entsprechenden Lämpchen wurde sichergestellt, dass das Gerät tatsächlich in Betrieb war. Daraufhin wurde es vom 14. bis zum 22. Mai 2018 vor Ort gelassen. Das Gerät zeichnete alle zwei Minuten eine Aufnahme von jeweils 30 Sekunden auf.

Abb. 27: Ausgewählte Stelle zum Installieren des Testgerätes.

Abb. 28: Aufbau und Installation in Regensburg.

Abb. 29: Der installierte, aufnahmebereite Detektor in Regensburg.

Schritte der Entwicklung

Ergebnisse des Testzyklus

Insgesamt wurden 5.820 Aufnahmen von jeweils 30 Sekunden Länge erzeugt. Diese Dateien wurden analysiert und verarbeitet.

Hierfür wurden die Tonaufnahmen manuell in verschiedene Geräusch-Cluster unterteilt. Dies ist essentiell, um die Taubengeräusche von ortstypischen Umgebungsgeräuschen wie Autolärm, Kirchgeläut oder auch Mischgeräuschen und anderen Vogelrufen zu trennen, so dass das Gerät mit diesem individuellen Geräusch-Datei-Cluster trainiert werden kann.

In den Testdateien wurden folgende Geräusch-Cluster identifiziert:

1.) Taubengesang und -rufe
2.) Taubenflügelschlagen (meist in Verbindung mit Gurren)
3.) Taubengesang und -rufe mit Nebengeräuschen (wobei die Taubengeräusche aber dominieren)
4.) weitere Vogelgesänge: hier wurde z.B. insbesondere regelmäßig der Gesang einer Amsel, die an diesem Ort ihr Revier hat, identifiziert; des weiteren Rauchschwalben- und Mauerseglerrufe
5.) weitere nicht durch Vögel verursachte Geräusche:
    a. vorbei fahrende Autos
    b. Kirchturmgeläut
    c. entfernte menschliche Stimmen
    d. Regen
    e. Gewitter

Ziel ist es, mit den ausgewählten Geräusch-Dateien den Vogeldetektor so zu trainieren, dass dieser automatisch Taubengeräusche erkennt und daraufhin mit einem Signal das Taubenvergrämungsgerät auslöst.

Für eine dauerhafte Installation des Gerätes müssen die beiden Stromkreise zusammengeführt werden, da sonst im Abstand weniger Tage ein Besuch vor Ort nötig wäre, um die Batterien zu tauschen. Die Herausforderung hierbei ist es, die Zusammenlegung so zu installieren, dass Interferenzen vermieden werden.

Auf Basis der aufgenommenen Geräusche und schon vorhandener Daten der Sunbird Images eigenen Datenbank sowie Zukäufen von Dateien externer Bird Song Recordists erfolgte die Entwicklung bzw. Anpassung des Algorithmus zur Erkennung von Taubengesang und -rufen.

Die folgenden Abb. 30 und 31 zeigen einen zweiten Geräte-Prototypen, der leider erst nach Ende der offiziellen Projektlaufzeit vorlag, zunächst offensichtlich fehlerbehaftet war und deshalb nicht erprobt werden konnte.

Abb. 30: Zweiter Prototyp. Die grüne LED signalisiert das Funktionieren der Stromversorgung, die rote leuchtet während der Geräuscherkennungsintervalle (jeweils ca. 30 Sekunden), erlischt dann für einige Sekundenwährend der nachfolgenden Auswertung. Foto: Martin Mach

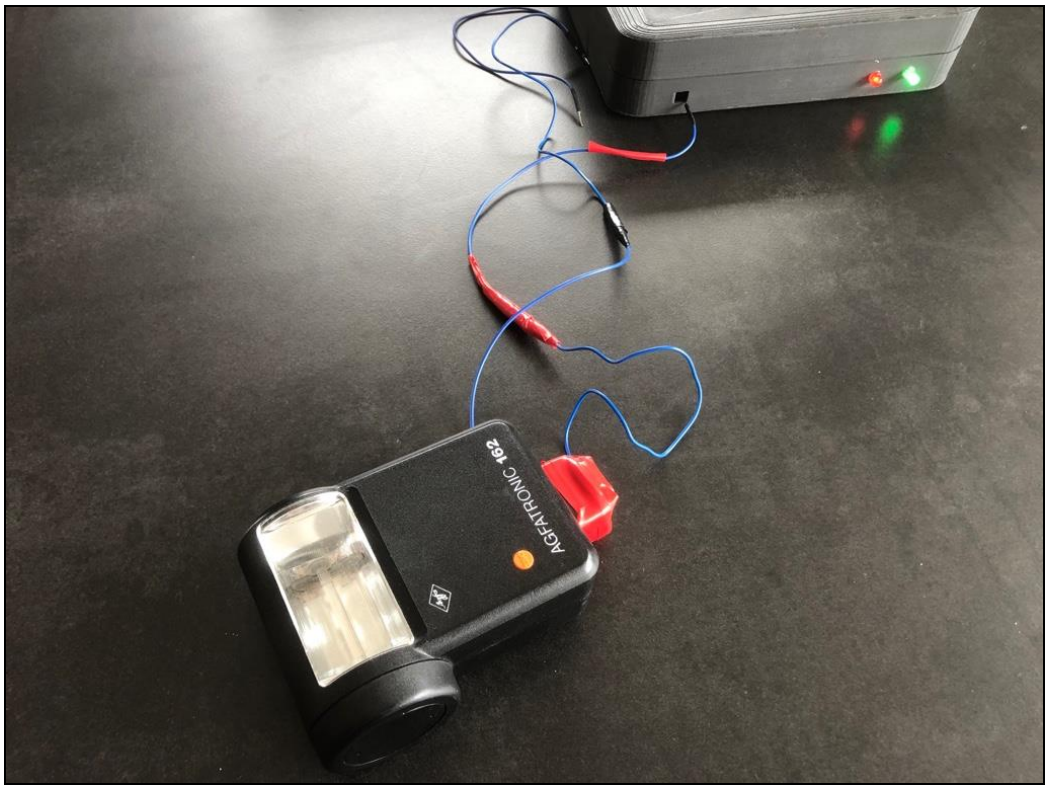


Abb. 31: Zweiter Prototyp mit versuchsweise angeschlossenem Fotoblitzgerät als Vergrämungs-Aktivmodul. Foto: Sunbird Images.

5. Diskussion

Teilprojekt I

Eine mögliche Schädigung kann, auf Basis des Verständnisses der chemischen Zusammensetzung von Taubenmist näherungsweise vorhergesagt werden. Diese ist allerdings von einer Reihe unterschiedlicher Faktoren abhängig, insbesondere der Diät, aber auch Alter, Gesundheitszustand und Geschlecht der Tiere.[8] Eine vollständige quantitative Analyse der Bestandteile ist daher nicht möglich oder zielführend. Wichtiger ist es, enthaltene, möglicherweise materialschädigende Bestandteile zu identifizieren und das von ihnen ausgehende Risiko einzuschätzen.

Im BLfD konnte Harnsäure als charakteristischer Bestandteil in der hier besonders interessierenden, wasserlöslichen (potentiell reaktiven Phase) nachgewiesen werden.

Die Ergebnisse zur chemischen Aggressivität legen in der Gesamtschau den Schluss nahe, dass die physikalisch-chemischen Materialschädigungen durch Taubenmist im Vergleich zu anderen Umwelteinflüssen von untergeordneter Bedeutung sind. Wie die Messungen gezeigt haben, reagiert frischer Taubenmist annähernd pH-neutral. Experimentell konnte bestätigt werden, dass sich der pH-Wert bei längerer Überschichtung mit Wasser deutlich in den alkalischen Bereich verschiebt, wobei im Extremfall pH-Werte bis zu pH 9 auftreten.

Prof. Dr. Fritz Kühn, Inhaber des Lehrstuhls für Anorganische Chemie an der TUM, interpretiert diese Beobachtung wie folgt (wörtliches Zitat)[9]:

„Eine Erklärung für die Ammoniak-Abspaltung ist in der Abbildung unten dargestellt. Im Gegensatz zu Säugetieren (inclusive Menschen), die Harnstoff als Abbauprodukt im Urin ausscheiden, scheiden Vögel Harnsäure (1) aus. Außerdem besitzen Vögel nur eine Ausschneideöffnung für Kot und Urin und scheiden wenig Wasser aus - viel weniger als Säugetiere wodurch her Ausscheidungen deutlich festeren Charakter haben als Urin und eine hellere Farbe, da kaum Abbauprodukte roter Blutkörperchen ausgeschieden werden. Harnsäure kann wiederum u. a. zu Ammoniak abgebaut werden. Harnsäure ist ausserdem redoxaktiv. Diese Eigenschaft ist aber stark milieuabhängig.“

[8] SPENNEMANN ET AL. (2017).

[9] E-Mail-Mitteilung von Herrn Prof. Dr. Fritz, Kühn, TUM, nach Anfrage aus dem Zentrallabor.

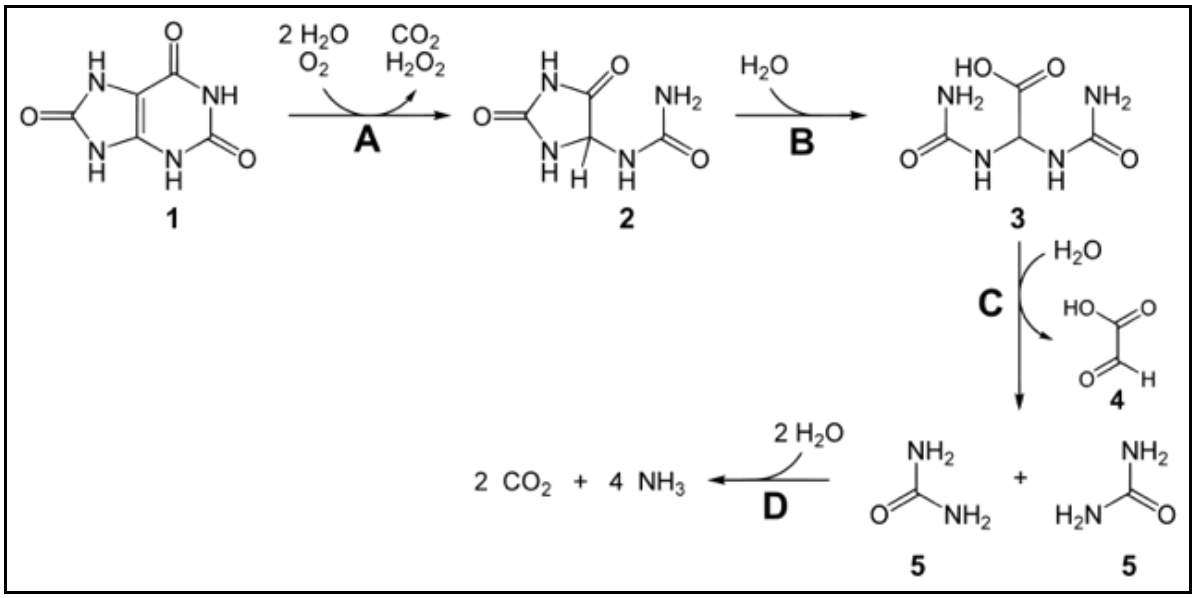


Abb. 32: Ammoniak-Abspaltung aus Harnsäure. (Bildquelle: Wikipedia)

Harnsäure ist eine schwache Säure (pK_s = 5,75). Die plättchenförmigen (planaren) Moleküle sind in neutraler und saurer Umgebung nur schlecht löslich. Daher fällt Harnsäure zumeist in Form weißer Plättchen aus und bildet so die dominierende weiße Fraktion im Taubenmist. Unter alkalischen Verhältnissen dissoziiert Harnsäure besser. Außerhalb des Körpers wird sie schnell durch Pilze und Bakterien zu Ammoniak abgebaut. Die aktive Phase und damit das Schädigungspotential der Harnsäure können daher als gering eingestuft werden. Die geringe Säurestärke, die sich auch in der pH-Entwicklung widerspiegelt, untermauert diese Einschätzung. Obwohl der pH-Wert von Taubenmist eine Varianz zwischen verschiedenen Individuen zeigt (abhängig von Ernährung, Geschlecht und Alter der Tiere), liegen die im Rahmen dieses Projekts und in anderen aktuellen Studien gemessenen Werte durchwegs im neutralen bis leicht sauren Bereich (pH: 5,5 … 7,5). Die, auch in Versuchen des BLfD beobachtete Langzeitentwicklung des pH zu deutlich alkalischen Werten (pH ca. 8-9) ist auf den Abbau von Harnsäure zu Ammoniak, u.a. durch Schimmelpilze zurückzuführen. Diese weitreichende Umsetzung findet allerdings nur unter lange anhaltender Feuchtigkeit (ca. 2-3 Wochen) statt, weshalb auch eine alkalische Belastung durch Taubenmist keineswegs als Regelfall angenommen werden darf.[10]

Etwas größeres Gewicht hat die Harnsäure allerdings für die ästhetische Beeinträchtigung durch Taubenmist. Als schwer wasserlöslicher Stoff manifestiert sie sich in Form von festen, weißen Ablagerungen, die zurückbleiben können, wenn die besser wasserlöslichen oder besser transportierbaren Bestandteile des Taubenmists vom Regen abgewaschen werden.

Die Quantifizierung der löslichen Salze im Taubenmist ergab summiert einen Massenanteil von lediglich knapp 5%. Dies ist eine vergleichsweise geringe Konzentration, die nur bei lange anhaltender Belastung zu einer nennenswerten Schädigung denkmalpflegerischer Materialien führen dürfte.

[10] BERNARDI ET AL. (2009), GINEZ ET AL. (2018), SPENNEMANN ET AL. (2017).

Die im Abschnitt 4 dargestellten Ergebnisse zeigen für den Fall der Probenplättchen aus dem COPAL-Projekt eine geringfügige Ätzung bei langanhaltender Belastung im Freien, während die in Analogie zum „TrafficRisk“-Projekt durchgeführten, zweiwöchigen Laborexperimente bislang keine nennenswerte Schädigung belegen konnten. Insbesondere der Vergleich mit dem im TrafficRisk-Projekt untersuchten Streusalzeinfluss legt die Interpretation nahe, dass die chloridinduzierte Korrosion als weitaus problematischer anzusehen ist. Diese Interpretation findet sich – zeitlich parallel zum Projektablauf publiziert – auch bei GINEZ ET AL. (2018), die in Alterungsversuchen einen direkten Vergleich der Korrosivität von Chlorid und Harnsäure auf Bronze durchführten. Im Gegensatz zum Chlorid konnte auch hier bei der Harnsäure keine relevante Steigerung der Korrosionsrate festgestellt werden. Die Autoren schließen mit dem Fazit, dass der Harnsäure keine degradierende Wirkung auf Bronze attestiert werden kann. Die Konzentration potentiell schädigender Ionen ist ebenfalls als sehr gering zu bezeichnen (vgl. Ergebnisse der Ionenchromatographie).

Angesichts der unter Taubeneinfluss erhöhten Gewichtsveränderung der exponierten COPAL-Bronzeproben und der mikroskopisch feststellbaren, verstärkten Reliefkorrosion könnte man versucht sein, fälschlicherweise von einem erwiesenermaßen „ätzenden“ Angriff des Taubenmist zu sprechen. Jedoch lehrt die alltägliche Laborerfahrung, dass bereits ein Tropfen deionisierten Wassers auf hochpolierten Oberflächen vergleichbare Ätzeffekte bewirken kann.

Eine weitere, potentiell materialschädigende Stoffgruppe stellen enthaltene Verdauungsenzyme dar. Taubenexkremente enthalten zahlreiche Enzyme, die zur Verdauung von Zuckern, Stärke, oder Fetten dienen. Aus dem Bereich der Automobillackierung sind verschiedene Schadensphänomene bekannt, die auf diese Verbindungen zurückgeführt werden. Die mehrschichtig aufgebauten Lackierungen bestehen aus verschiedenen synthetischen organischen Polymeren die, insbesondere in Verbindung mit UV-Strahlung, enzymatisch angegriffen werden können. Mit der Zeit entstehen Mikroriss-Netzwerke, die betroffene Bereiche stumpf und weiß erscheinen lassen.[11] Obwohl noch keine Untersuchungen aus dem Bereich der Denkmalpflege vorliegen, kann davon ausgegangen werden, dass diese Ergebnisse auch auf andere, ähnlich aufgebaute, hochglänzende Lackierungs- und Kunststoffsysteme übertragbar sind, wie sie beispielsweise an moderner Architektur, oder Kunstwerken aus Kunststoffen zu erwarten sind. Das Fehlen von Fachliteratur aus dem hier diskutierten Bereich deutet allerdings darauf hin, dass diesem Abbaumechanismus keine besondere Bedeutung beigemessen wird.

Die vorliegenden Messergebnisse lassen sind somit insgesamt so interpretieren, dass der Taubenmist zwar unerwünschte, jedoch insgesamt geringfügige Schädigungen bewirkt. Ein quantitativer Vergleich mit anderen atmosphärischen Schadstoffquellen, wie beispielsweise dem Feinstaub aus anthropogenen Verbrennungsprozessen, würde in der Gesamtbetrachtung deshalb einen relativ geringen Schadensanteil der Taubenhinterlassenschaften ergeben.

Große Taubenpopulationen, insbesondere Taubenpopulationen am falschen Ort können natürlich trotzdem erhebliche Zusatzkosten, etwa im Bauunterhalt oder bei Restaurierungen bewirken, ganz zu schweigen von den gelegentlichen Geruchs- und teilweise erheblichen Geräuschbelästigungen.

[11] MOHSENI ET AL. (2011).

Aus der sich bei Feuchtlagerung einstellenden Alkalinität des Taubenmists lässt sich der praktische Rat ableiten, den Taubenmist an Lokalitäten mit stagnierender Feuchte möglichst bald abzuräumen bzw. abzuwaschen, so dass die Alkalinität gegenüber dem Substrat nicht wirksam werden kann.

Teilprojekt II

Wie im Abschnitt 5 dargelegt, zeigte ausgerechnet die hier im Vordergrund des Interesses stehende Haustaube (und nur diese) eine überraschend schwache Reaktion auf den grünen Laser. Erhöhte Laser-Energien würden sicherlich ihre Wirkung nicht verfehlen, sind jedoch im Hinblick auf den Laserschutz und vorhersehbare Beschwerden der Anwohner nicht vertretbar.

Diese Einsicht führte zur zeitweiligen Anpassung der Strategie in Richtung auf ein Wassersprühgerät. Ein funktionsfähiger Prototyp mit einer Reichweite von mehreren Metern lag vor und wurde bei einer Projektbesprechung in Wülfrath vorgeführt. Parallel wurde die Ankoppelung eines Ultraschallmoduls erwogen.

Eine Schwäche der bisher vorgelegten Prototypen liegt in einer anscheinend stark ortsabhängigen Erkennungsqualität, die an einem neuen Standort ein neues Anlernen erforderlich machen kann.

6. Öffentlichkeitsarbeit / Weiternutzung

Mach, Martin: *Zwischen Liebe und Ekel – Das Drittmittelprojekt „Fokus Taube“*. Denkmalpflege Informationen, Ausgabe 171 (2019) S. 70-75. Druckauflage: 7500 Stück. Cover: Fokus Taube http://www.blfd.bayern.de/medien/denkmalpflege_informationen_171.pdf

Mach Martin: *Wirkt eine Taube korrosiv? – Das DBU-Projekt „Fokus Taube“*. Publikation im Rahmen des 13. Konservierungswissenschaftlichen Kolloquiums in Berlin/Brandenburg – Typoskript eingereicht.

Abb. 33: Flyer mit Coverbild aus dem „Fokus Taube“-Projekt

Mach Martin: *Wirkt eine Taube korrosiv? – Das DBU-Projekt „Fokus Taube“*. Vortrag im Rahmen des Konservierungswissenschaftlichen Kolloquiums in Berlin/Brandenburg, Berlin, 15. November 2019.

Projektvorstellung mit PowerPoint-Vortrag bei der Evangelischen Wohltätigkeitsstiftung Regensburg (EWR) am 30. Nov. 2017 und weitere Projektvorstellungen im kleineren Rahmen, beispielsweise für die Arbeitsgruppe „Restaurierung und Materialkunde“ der Vereinigung der Landesdenkmalpfleger.

Der Projektpartner Sunbird Images hat angekündigt, die noch nicht abgeschlossene Geräteentwicklung aus eigener Kraft weiterzuverfolgen.

Als Folge der BLfD-internen Projektvorstellungen, z.B. bei Referats- und Abteilungssitzungen meldeten sich bereits in den ersten Monaten des Projektes Gebietsreferenten, die sich vor Ort mit denkmalpflegetypisch hartnäckigen Diskussionen zur Taubenproblematik konfrontiert sahen. Die im Projekt gewonnenen Labor-Ergebnisse, aber auch punktgenaue Zitate aus der durch das Projekt präsent gewordenen internationalen Literatur können somit direkt in die denkmalpflegerische Beratung einfließen. Dank der oben an erster Stelle genannten, auch online verfügbaren, allgemeinverständlich formulierten Publikation und der personellen Verankerung am Landesamt können die Ergebnisse komfortabel weitergereicht werden und bleiben auch langfristig im Sinne eines Ausgleichs zwischen Denkmalschutz und Naturschutz nutzbar. Und es muss gar nicht immer High-Tech sein, häufig genügt sogar schon der simple Hinweis auf die Wasserpistole.

7. Fazit

Eine besondere Schwierigkeit hatte sich bereits früh im Projekt aus der Tatsache ergeben, dass am Regensburger Gesandtenfriedhof auf Initiative der lokalen Denkmalschutzbehörde vor Projektbeginn Mitte 2016 umfassende Taubenabwehrmaßnahmen ergriffen worden waren. Diese erwiesen sich im Hinblick auf eine Erprobung des hier zu entwickelnden Gerätes naturgemäß als nicht hilfreich. Das Projekt erzielte jedoch trotzdem bereits im ersten Jahr seiner Laufzeit konkrete und positive Wirkung am Gesandtenfriedhof: Die von einer spezialisierten Firma im Rahmen der genannten Taubenabwehrmaßnahmen angebrachte, in Teilbereichen bereits auf die Oberfläche der Grabmäler abstürzende, klebrige Taubenpaste wurde von Seiten des Landesamtes für Denkmalpflege als problematisch eingestuft (siehe Anlage im Abschnitt 8). Daraufhin reagierte die zuständige örtliche Bauverwaltung schnell und sorgte für eine Entfernung der, übrigens auch für Singvögel gefährlichen Paste. Nicht zuletzt wurde der pragmatische Rat des Projekt-Ornithologen Peter Mullen, im Bedarfsfall doch einfach mal eine Wasserpistole einzusetzen, vom ehrenamtlichen Betreuer des Friedhofs sehr positiv aufgenommen. Dieser Ratschlag kann somit als vom Projekt zielführend eingebrachtes, äußerst hilfreiches *Low-Tech* verbucht werden. Ab Mai 2018 fanden zudem Sanierungsarbeiten an der Dreieinigkeitskirche statt. Durch den Baustellenbetrieb wurde der Ort für die Tauben, und damit auch als Versuchsstandort gänzlich unattraktiv. Aus den geschilderten Erfahrungen im Projekt lässt sich der Schluss ziehen, dass eine Mischung aus Aufmerksamkeit und Gelassenheit der Taubenproblematik besser gerecht wird als die häufig zu beobachtende Aufgeregtheit, welche schlimmstenfalls – wie im geschilderten Fall mit der abgestürzten Taubenpaste – sogar zu zusätzlichen Schäden an den Denkmälern führen kann, die in keinem Verhältnis zum auslösenden Problem stehen.

Die am BLfD durchgeführten Versuche zu Zusammensetzung und möglichem Schädigungspotential von Taubenmist bestätigen die Vermutung, dass die häufig proklamierte, denkmalschädigende Eigenschaft regelmäßig übertrieben wird: Die Hinterlassenschaften der Tauben enthalten geringe Mengen an potentiell bauwerksschädigenden Salze. Die Schädlichkeit dieser Salze ist jedoch weit geringer als die von anderen, bereits identifizierten Quellen im urbanen Raum, insbesondere dem Streusalz, aber auch den Reifengummiablagerungen aus dem Automobilverkehr.[12] Mit einer Beschleunigung oder Verschärfung des natürlichen Abbaus von Metall- oder Steinoberflächen ist nur in sehr geringem Maß zu rechnen.[13] Die häufig behauptete Azidität der Exkremente ist frei erfunden und entbehrt jeglicher physikalisch-chemischer Grundlage.

Obwohl eine direkte, denkmalpflegerisch relevante Schädigung durch Taubenmist demnach als Ausnahme zu bezeichnen ist, kann eine starke, lang anhaltende Belastung (zum Beispiel im Bereich überbevölkerter Nistplätze) problematische Nebenfolgen mit sich bringen. Große Mengen an Taubenmistablagerungen bewirken einerseits eine deutlich verlängerte Feuchte-Einwirkzeit und damit erhöhte chemische Wirksamkeit, bilden aber auch begünstigende Bedingungen für Mikroorganismen und Schadinsekten, die sich im Extremfall sogar auf angrenzende Gebäude ausbreiten können. Neben einem möglichen Risiko für Ausstattung und Sammlungsgut ist vor allem die mögliche Gesundheitsgefährdung von Bedeutung. Obwohl das in der Öffentlichkeit vieldiskutierte Risiko der Übertragung gefährlicher Krankheiten durch die Tiere ebenfalls übertrieben dargestellt wird, sollten die arbeitshygienischen Risiken an extrem verwahrlosten Orten ernst genommen werden.

Nicht von der Hand zu weisen ist zudem eine meist nur punktuelle ästhetische Beeinträchtigung durch Taubenmist. Die meisten Bestandteile des Taubenmists können durch Niederschlag rasch wieder abgewaschen werden. Infolge ihrer schlechten Löslichkeit kann es jedoch vorkommen, dass die Harnsäure, die sichtbar als weiße Fraktion im Taubenmist ausfällt, störend kontrastierende Krusten auf Stein- und Metalloberflächen bildet.

Geräteentwicklung

Vom Projektpartner, der Fa. Sunbird Images, wurden erhebliche Anstrengungen zur Entwicklung des auf einer Stimmerkennung basierenden Taubenerkennungs- und Vergrämungsgerätes unternommen. Parallel erfolgten zahlreiche Versuche, ein „Aktivmodul“ (d.h. einen Geräteteil zur Vergrämungsaktion nach erfolgter Geräuscherkennung) zu erproben. Das im Antrag vorgesehene „Laserkarussell“ wurde sehr bald verworfen, weil ausgerechnet die Stadttaube – zivilisationsbedingt – auf Lichtreflexen sehr viel weniger empfindlich reagiert als andere Vögel. Höhere Laser-Strahlungsintensitäten wären in öffentlichen zugänglichen Bereichen nicht zu verantworten gewesen. Versuche mit Wassersprühdüsen wurden ebenfalls durchgeführt, erfordern jedoch einen stationären Wasseranschluss, sind in Reichweite und Fokussierung beschränkt und in öffentlich zugänglichen Bereichen nur sehr beschränkt einsetzbar. Ultraschall ist laut übereinstimmender Meinung in der Fachliteratur bei Tauben völlig wirkungslos – obwohl entsprechende Geräte kommerziell angeboten werden. Letztendlich scheiterte die Geräteentwicklung jedoch an der Tatsache, dass der erst nach Projektende vorgelegte, zweite Prototyp nicht in der Lage war, Taubenstimmen und Flügelgeräusche mit ausreichender Zuverlässigkeit zu erkennen.

[12] GINEZ ET AL. (2018), IFS/BLFD (2015).

[13] SPENNEMANN ET AL. (2017), SPENNEMANN ET AL. (2018).

8. Literatur

BERNARDI, E.; BOWDEN, D. J.; BRIMBLECOMBE, P.; KENNEALLY, H.; MORSELLI, L.: *The Effect of Uric Acid on Outdoor Copper and Bronze,* in: Science of the Total Environment, 407, 2009, S. 2383-2389.

GINEZ, M. A.; VAZQUEZ, E. A.; GÓMEZ, F. J. R. (2018): *Evaluation of Corrosion in Standard Bronze with Uric Acid, Chlorines and a Mixture of Both Compounds*, in: ECS Transactions, 84 (1), 2018, S. 125-130.

HAAG-WACKERNAGEL, D.: *Taubenabwehr: Tierschutz – Verhalten – Wirkung.* Verlag Medizinische Biologie, Universität Basel 1997.

HAAG-WACKERNAGEL, D.: *Gesundheitsgefährdungen durch die Straßentaube Columba livia: Krankheiten,* in: Amtstierärztlicher Dienst und Lebensmittelkontrolle, 13 (4), 2006, S. 262-272.

HAAG-WACKERNAGEL, D.: *Gesundheitsgefährdungen durch die Straßentaube Columba livia: Parasiten,* in: Amtstierärztlicher Dienst und Lebensmittelkontrolle, 15 (3), 2008, S. 174-188.

INSTITUT FÜR STEINKONSERVIERUNG (IFS); BAYERISCHES LANDESAMT FÜR DENKMALPFLEGE (BLFD) (HG.): *Baudenkmäler unter dem Einfluss verkehrsbedingter Immissionen,* Mainz 2015.

JENNI-EIERMANN, S.; HEYNEN, D.; SCHAUB, M.: *Effect of an Ultrasonic Device on the Behaviour and the Stress Hormone Corticosterone in Feral Pigeons,* in: Journal of Pest Science, 87 (2), 2014, S. 315-322.

JEROLMACK, C.: *How Pigeons Became Rats: The Cultural-Spatial Logic of Problem Animals,* in: Social Problems, 55(1), S.72-94.

KOZDRUŃ, W.; CZEKAJ, H.; STYŚ, N.: *Avian Zoonoses – A Review,* in: Bulletin of the Veterinary Institute in Pulawy, 59 (2), 2015, S.171-178.

MOHSENI, M.; RAMEZANZADEH, B.; YARI, H.: *Effects of Environmental Conditions on Degradation of Automotive Coatings,* in: CHIABERGE, M. (Hg.): *New Trends and Developments in Automotive Industry,* Turin 2011, S. 267-296.

SENAR, J. C.; MONTALVO, T.; PASCUAL, J.; PERACHO, V.: *Reducing the Availability of Food to Control Feral Pigeons: Changes in Population Size and Composition,* in: Pest Management Science, 73 (2), 2017, S. 313-317.

SPENNEMANN, D. H. R.; PIKE, M.; WATSON, M. J.: *Effects of Acid Pigeon Excreta on Building Conservation,* in: International Journal of Building Pathology and Adaption, 35 (1), 2017, S. 2-15.

SPENNEMANN, D. H. R.; PIKE, M.; WATSON, M. J.: *Bird Impacts on Heritage Buildings,* in: Journal of Cultural Heritage Management and Sustainable Development, 8 (1), 2018, S. 62-75.

STOCK, B.; HAAG-WACKERNAGEL, D.: *Effectiveness of Gel Repellents on Feral Pigeons*, in: Animals, 4 (1), 2014, S. 1-15.

9. Anhang

Besprechungsprotokolle

DBU-Projekt „Fokus Taube“ (DBU Az. 33513/01-45) München, 10. August 2016

Protokoll der 1. Projektbesprechung

am 2. August 2016 in Wülfrath, Kirchplatz 6

Teilnehmer

Martin Mach, Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege (BLfD), Zentrallabor
Dr. Kirsten Mullen, Sunbird Images
Dr. Peter Mullen, Sunbird Images
Dr. Georg Pohland, Sunbird Images
Dr. Angela Schmitz Ornès, Universität Greifswald
und als Gast: Dr. Martin Haase, Universität Greifswald

1. Vorstellungsrunde

Herr Mullen, Frau Schmitz Ornès und Herr Mach erläutern die Profile von Sunbird Images, Ornithologie Greifswald und BLfD Zentrallabor.

2. Fragen zu Projektinhalt und Projektablauf

Es folgt eine Diskussion zum Gefährdungsgrad des Regensburger Gesandtenfriedhofs und zur Auswahl eines zweiten, idealerweise stärker von Tauben frequentierten Beobachtungsstandortes.

3. Erfüllung der DBU-Förderauflagen

Herr Mach bittet – soweit möglich – um einen Vorschlag, wie die DBU-Förderauflage mit einem „Vertreter aus dem Bereich der Naturschutzverbände“ am besten zu erfüllen sein könnte und übernimmt die Etablierung des geforderten Fachbeirates. Eine erste Version des hier als Anlage beigefügten Internet-Projektkennblattes wurde zwischenzeitlich an die DBU gemailt.

4. Kooperationsvertrag BLfD – Sunbird

Der Kooperationsvertrag wird derzeit vom BLfD-Justitiar geprüft. Leider ist mit einer Verzögerung von mehreren Wochen zu rechnen. Nach Vertragsunterzeichnung kann jedoch die erste Förderrate an die Fa. Sunbird Images schnell ausbezahlt werden.

5. Erläuterung der finanziellen und administrativen Abwicklung

Herr Mach rekapituliert die übliche Arbeitsabfolge bei Eigenanteilsnachweis, Verwendungsnachweis und der Berichtserstellung. Die Fa. Sunbird Images verfügt bereits über einschlägige Erfahrungen in der Projektabwicklung.

6. Abstimmungserfordernisse für etwaige Presseverlautbarungen

Herr Mach weist auf die Notwendigkeit hin, bei etwaigen Presseverlautbarungen insbesondere darauf zu achten, dass die Deutsche Bundesstiftung Umwelt tatsächlich erwähnt wird.

7. Arbeitsplanung

Die ersten Arbeitsschritte ergeben sich aus dem Projektantrag. Frau Schmitz Ornès erhält vom BLfD ein für die Aufnahme zusätzlicher Tauben-Stimmproben geeignetes Mikrofon (Renkforce AVL 773). Herr Mullen erläutert die Zusammenarbeit mit dem externen Entwickler.

8. Festlegung von Folgeterminen

Die zweite Projektbesprechung wird am Freitag, den 24. Februar 2017 um 14:00 Uhr in München stattfinden.

gez. Martin Mach

DBU-Projekt „Fokus Taube“ (DBU Az. 33513/01-45) München, 6. März 2017

Protokoll zur 2. Projektbesprechung

am 24. Februar 2017 im Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege

Teilnehmer

Dr. Angela Schmitz Ornès, Universität Greifswald, als Fachbeirätin
Lydia Schübel, Tierschutzverein München e.V., als Fachbeirätin (Vertretung von Frau Brettmeister)
Oliver Helmle, Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege, Zentrallabor
Charlotte Höpker, Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege, Volontärin
Martin Mach, Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege, Zentrallabor
Dr. Peter Mullen, Sunbird Images
Dr. Georg Pohland, Sunbird Images
Björn Seewald, Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege, Zentrallabor

1. Vorstellungsrunde

Neu vorgestellt wurden die Biologin Frau Lydia Schübel vom Tierschutzverein sowie die noch nicht bekannten KollegInnen am BLfD.

2. Veranschaulichung des Szenarios am Gesandtenfriedhof

Herr Mach erläuterte mit Hilfe einer PPT-Präsentation die räumliche Situation und Anordnung der Grabmäler am Gesandtenfriedhof. Beim Ortstermin am 7. Februar waren auf dem dortigen Gelände lediglich zwei Tauben angetroffen worden. Unter anderem wegen der problematischen Benetzungseffekte auf dem Naturstein wurde die Entfernung der zwischenzeitlich ausgebrachten Taubenpaste empfohlen. Als für die Geräteentwicklung deutlich geeigneter wird der zweite Standort in Wülfrath, Nähe Kirchplatz angesehen.

3. Projektfortschrittsbericht BLfD

Die teils bereits bekannten, im ersten Zwischenbericht an die DBU enthaltenen Ergebnisse wurden für die in München etwas größere Runde kurz zusammengefasst wiederholt. Herr Helmle arbeitet seit Jahresbeginn 2017 an den Laborversuchen zur Simulation der Korrosivität von Taubenmist.

4. Projektfortschrittsbericht Fa. Sunbird

Herr Mullen und Herr Pohland erläutern die Fortschritte bei der Raspberry Pie-basierten Geräteentwicklung, das zeit- und ortsabhängige Verhalten der Ringeltauben, die hierbei entstehenden Geräusche sowie die Möglichkeiten der Beeinflussung bis hin zur Ausbringung von Kunststoff-Eiern und die – bereits gewerblich praktizierte – Ausleihe von Wüstenbussarden.

5. Diskussion im Hinblick auf das weitere Vorgehen

Für die Geräteentwicklung bleiben vorrangig in der Diskussion: Plötzlicher Schattenwurf, leistungsstärkerer grüner Laser und eventuell der Einsatz von Sprühfeuchte oder – gemäß nachträglichem Hinweis von Herrn Helmle – Schalldruckgeräten.

6. Projektverwaltung (Zwischenbericht, Verwendungsnachweis)

Ein erster Zwischenbericht wurde der DBU bereits im Dezember 2016 vorgelegt, der erste Verwendungsnachweis und die 2. Mittelanforderung sind unterwegs.

7. Festlegung von Folgeterminen

Für die 3. Projektbesprechung in Wülfrath sind ein abendlicher Beobachtungstermin (Dienstag, 6. Juni 2017, ab 18:00 Uhr), sowie eine Gesprächsrunde am 7. Juni 2017, 9:00 Uhr) geplant.

Mit herzlichem Dank, nicht zuletzt auch an die Fachbeirätinnen für die konstruktive Unterstützung

gez. Martin Mach

DBU-Projekt „Fokus Taube“ (DBU Az. 33513/01-45) München, 14. Juni 2017

Protokoll zur 3. Projektbesprechung

am 6./7. Juni 2017, in Wülfrath, Kirchplatz 6, bei der Fa. Sunbird Images

Teilnehmer

Dr. Kirsten Mullen, Fa. Sunbird Images
Dr. Peter Mullen, Fa. Sunbird Images
Dr. Georg Pohland, Fa. Sunbird Images
Oliver Helmle, Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege, Zentrallabor
Martin Mach, Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege, Zentrallabor

1. Gerätevorführung

Vorgeführt wurde eine von der Fa. Sunbird Images entwickelte, elektronisch ansteuerbare Wassersprühvorrichtung mit zwei unterschiedlichen Düsen, die eine Reichweite von mehreren Metern erzielt.

2. Situation am Regensburger Gesandtenfriedhof

Nach aktueller Information von Herrn Dr. Ruess, der am Gesandtenfriedhof Führungen veranstaltet, gibt es derzeit dort, auch nach strengen Maßstäben ***kein*** Taubenproblem. Herr Ruess versprach sich zu melden, falls sich die Lage ändern sollte. Die Suche nach einem für störungsfreie Erprobungen geeigneten Alternativstandort wird fortgesetzt.

3. Projektfortschrittsbericht BLfD

Bericht über die Ergebnisse zu den fortgesetzten chemischen Analysen, zur zeitlichen Veränderung des pH-Wertes von Taubenmist und zu den ersten Korrosionsversuchen („geringe Schädigung“).

4. Projektfortschrittsbericht Fa. Sunbird Images

Vorführung eines Videos, das die Reaktion einer Taube auf die Wassersprühvorrichtung dokumentiert. Rekapitulation der unterschiedlichen Auftretensweisen von Stadttaube, Ringeltaube und Türkentaube. Differenzierung von Balzplatz, Schlafplatz, Nistplatz und Fressplatz sowie Erklärung von Wasserbedürfnis und Revierverhalten. Fortgesetzte Optimierung der Stimmerkennung.

5. Diskussion

Im Widerspruch zur wissenschaftlichen Lehrmeinung werden offenkundig diverse physikalisch-chemische Taubenabwehrmaßnahmen kommerziell vermarktet, deren Wirksamkeit nicht erwiesen ist. Dies gilt anscheinend auch für alle Arten von Schallwirkungen. Bei kritischer Überprüfung bleiben somit übrig: Starker Laser, Stromschlag, Wasserdusche und Luftannäherung bzw. Schattenwurf von oben. Die beim Laser erforderliche Strahlungsintensität erscheint jedoch als nicht mehr guten Gewissens vertretbar, sowohl für die Tauben als auch für etwaige Passanten und Anwohner.

6. Projektverwaltung

Redaktion des bereits vorliegenden Entwurfs zum Zweiten Zwischenbericht.

7. Festlegung von Folgeterminen

Die 4. Projektbesprechung soll am 18. Oktober 2017 stattfinden. Der Ort steht noch nicht fest.

gez. Martin Mach

München, 27. Oktober 2017

DBU-Projekt „Fokus Taube“ (DBU Az. 33513/01-45)

Protokoll zur 4. Projektbesprechung

am 18. Oktober 2017, Universität Greifswald, Soldmannstraße 23

Teilnehmer

Dr. Peter Mullen, Fa. Sunbird Images (Projektpartner)
Martin Mach, Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege, Zentrallabor (Projektpartner)
Dr. Angela Schmitz Ornès, Universität Greifswald (Fachbeirätin)
Farina de Waard, Masterstudentin, Ornithologie, Universität Greifswald (Gast)
Mira de Waard, Geschäftsleitung der Fa. Ornitec (Vogelabwehr), 23715 Bosau (Gast)

1. Projektfortschrittsbericht BLfD

Neue Querschnittsanalysen an mit Vogelmist beaufschlagten Materialproben bestätigen die Einschätzung, dass die Schädigung primär als Antrag einer zusätzlichen (Schmutz-) Schicht anzusprechen ist: Das unterliegende Material nimmt augenscheinlich nicht mehr Schaden als im Falle einer anderweitigen Verschmutzung. Personelles: Der BLfD-Projektbearbeiter Oliver Helmle trat zum 15. Oktober andernorts eine vielversprechende Festanstellung in Vollzeit an.

2. Projektfortschrittsbericht Fa. Sunbird Images

Das Stimmerkennungsmodul ist einsatzbereit. Ausführlich und konstruktiv wurden die nach wie vor bestehenden Alternativen bei der Ausgestaltung des aktiven Abwehrmoduls diskutiert (vgl. hierzu auch die im Zweiten Zwischenbericht dargestellte Wirkung eines Laserstrahls auf eine Taubenfeder). Am neuen Erprobungsstandort ist eine parallele Testphase mit den bereits einsatzfähigen Wasserspritzdüsen und einem Ultraschallgenerator geplant, beides in Verbindung mit der automatischen Stimmerkennung.

3. Alternative Erprobungsstandorte

Am Gesandtenfriedhof in Regensburg besteht auch nach der (dank des Projektes) wieder entfernten Taubenpaste kein Taubenproblem. In der Kalenderwoche 47 ist die Besichtigung eines angefragten und für unsere Zwecke wohl idealen, räumlich abgeschlossenen Erprobungsareals neben St. Oswald in Regensburg vorgesehen.

4. Langfristige Planung im Hinblick auf den fachlichen Projektabschluss

Diskussion zur Strukturierung des Abschlussberichts mit den Hauptbereichen
Allgemeine Handreichung (quasi ohne Elektronik), Schadensanalytik und Geräteentwicklung.

5. Projektverwaltung / Finanzen

Fälligkeit des dritten Zwischenberichts: Jahresende 2017
Zeitintervall für den zweiten Mittelnachweis: 1. Dez. 2016 bis 30. Nov. 2017

6. Festlegung von Terminen für 2018

Die 5. Projektbesprechung soll am 21. März 2018 in München stattfinden.

gez. Martin Mach

München, 27. März 2018

DBU-Projekt „Fokus Taube“ (DBU Az. 33513/01-45)

Protokoll zur 5. Projektbesprechung

am 21. März 2018 im Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege (München)

Teilnehmer

Lydia Schübel, Biologin, Tierschutzverein München e.V., als Fachbeirätin
Dr. Paul Bellendorf, Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Osnabrück
Dr. Peter Mullen, Fa. Sunbird Images, Wülfrath
Martin Mach, Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege, Zentrallabor
Simon Mindermann, Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege, Zentrallabor
Björn Seewald, Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege, Zentrallabor

1. Projektfortschrittsbericht der Fa. Sunbird Images

Peter Mullen berichtet von den Erfahrungen der Fa. Sunbird im Bereich der App-Entwicklung für Naturfreunde. Mit einer Fertigstellung des ersten Geräte-Prototypen ist für April zu rechnen. Die Feinkalibrierung der Stimmerkennung muss vor Ort erfolgen. Als Wirkmechanismus favorisiert wird eine Irritation durch eine schallinduzierte Gefiederresonanz.

2. Zusammenfassung der bisherigen Projektergebnisse (BLfD)

Martin Mach fasst die bisherigen Ergebnisse zur chemischen Charakterisierung und Bewertung der chemischen Aggressivität von Taubenmist zusammen. Die Ergebnisse stehen in Einklang mit neueren Publikationen, müssen jedoch in Teilbereichen noch besser analytisch untermauert werden.

3. Diskussion des Arbeitsprogramms 2018

Am Gesandtenfriedhof in Regensburg besteht nach wie vor kein nennenswertes Taubenproblem. Alternativ sind deshalb Erprobungen im Bereich von St. Oswald in Regensburg, eventuell zusätzlich auch an Taubenhäusern in München geplant.

4. Vorbereitung der Abschlusspublikation

Der formelle Abschlussbericht soll eine ausführliche Darstellung der analytischen und technischen Detailergebnisse enthalten. Parallel ist eine allgemeinverständliche Handreichung für die Praxis vorgesehen.

5. Projektverwaltung / Finanzen

Der zweite Verwendungsnachweis (Nov. 2016 bis Dezember 2017) wurde von der Deutschen Bundesstiftung mit geringfügigen Änderungen anerkannt.

6. Festlegung von Folgeterminen

Die 6. reguläre Projektbesprechung soll am 20. Juni 2018 (Mittwoch) stattfinden und zwar voraussichtlich in München. Ausweichtermine sind der 27. Juni 2018 oder der 4. Juli 2018.

gez. Martin Mach

Untersuchungsbericht Taubenpaste

BAYERISCHES LANDESAMT
FÜR DENKMALPFLEGE

Ref. Z V (Zentrallabor)

Hofgraben 4
80539 München

Tel. 089/2114-320
Fax 089/2114-300
e-Mail: martin.mach@blfd.bayern.de

Ihre Zeichen	Ihre Nachricht vom	Unsere Zeichen	Datum
			9. Feb. 2017

Regensburg (Kreisfreie Stadt, Regierungsbezirk Oberpfalz)
Am Ölberg 1, Dreieinigkeitskirche, Gesandtenfriedhof

Hier: Materialkundliche Untersuchung der eingesetzten Taubenpaste

I. Gegenstand

Beim Ortstermin am 7. Februar 2017 wurde unter anderem über die jüngst am Gesandtenfriedhof (Abb. 1 und Abb. 2) zur Taubenabwehr ausgebrachte Taubenpaste gesprochen.

Abb. 1: Blick auf den südseitigen, ca. 55 m langen Teil des Gesandten-friedhofs (im Süden an die Dreieinigkeitskirche anschließend).

Abb. 2: Blick vom selben Standort aus auf den ostseitigen, ca. 35 m langen Teil des Gesandtenfriedhofs.

II. Fragestellung

Qualitative Analyse der Taubenpaste und materialkundliche Stellungnahme zur Vorgehensweise.

III. Beschreibung der vorgefundenen Applikationsmethode und Analyse der Paste

Abb. 3: Oberteil des ersten Grabmals beim Eingang „Am Ölberg“. Die für die Tauben als besonders attraktiv erachteten, horizontalen Flächen waren mit Folie ausgelegt worden. Auf die mit Steinen und Brettern beschwerte Folie wurde anschließend Taubenpaste aufgetragen, offenkundig mit dem Ziel, einen direkten Kontakt der stark klebrigen und deshalb auf dem Naturstein unerwünschten Paste zu verhindern.

Abb. 4: Abgestürzte Taubenpaste im unteren Bereich des in Abb. 3 gezeigten Grabmals, im Bereich der roten Pfeile noch in unveränderter Konsistenz als Paste zu erkennen, in den umgebenden Partien bereits unter dunkler Materialverfärbung eingesunken.

Abb. 5: Blockade eines mutmaßlichen Nistplatzes mittels Taubenpaste (roter Pfeil) am nördlichsten Grabmal.

Analyse der Paste

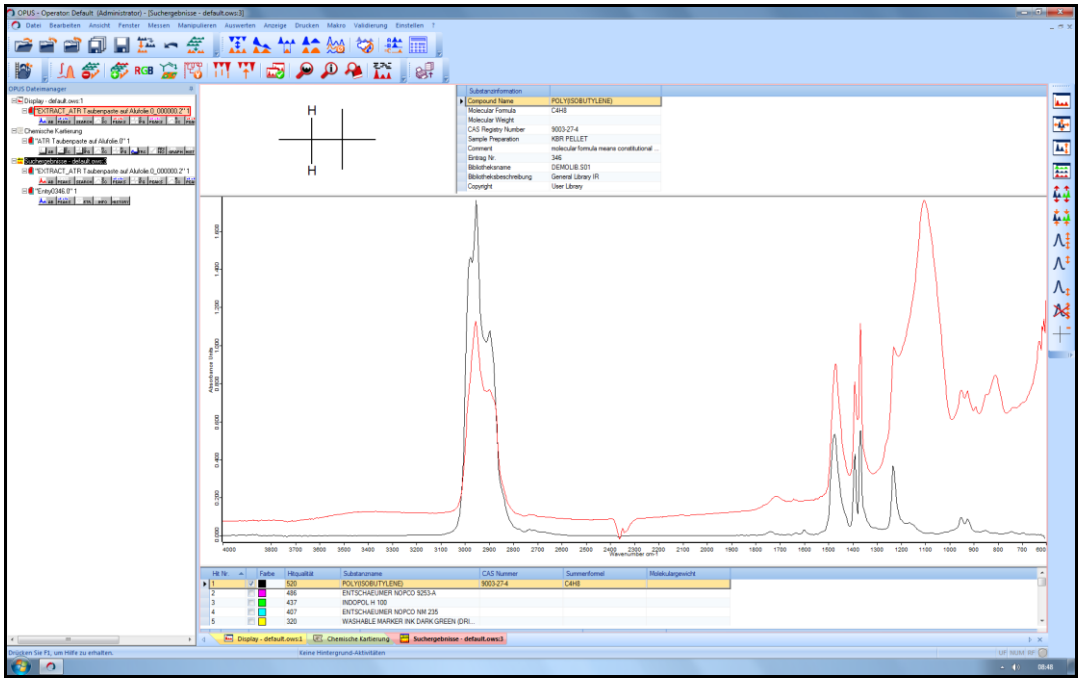


Abb. 6: ATR-FTIR-Spektrum der Taubenpaste (rote Kurve) im Vergleich zu einem Datenbank-spektrum von Polyisobutylen (schwarze Kurve). Sehr gute Übereinstimmung bei den charakteristischen Banden.

IV. Diskussion

Das Infrarotspektrum (Abb. 6) legt, in Verbindung mit der charakteristischen Klebrigkeit und Pastosität die Annahme nahe, dass die Taubenpaste im Wesentlichen aus Polyisobutylen (PIB) besteht. PIB-Moleküle sind langkettige Homopolymere. Sie bestehen aus einem einzigen, sich tausendfach wiederholenden chemischen Baustein mit der in Abb. 6 oben gezeigten Strukturformel. Laut Mitteilung des Natursteinspezialisten im Zentrallabor, Herrn Dr. Dipl.-Geol. Sven Bittner, ist diese Art von Substanz auf porösen Oberflächen, d.h. auch auf verwittertem Naturstein unerwünscht, weil sie in das jeweilige Material einbinden kann und dann in der Praxis nur noch unter erheblichem Verlust an Originalsubstanz entfernbar ist. Erste Abstürze der Paste (Abb. 4) belegen, dass die gutmeinend aufgebrachte Folie ihre schützende Trennwirkung nur vorübergehend entfalten kann. Zudem zeigt die Alltagserfahrung, dass derartige Folien schnell verspröden und die entstandenen Fragmente anschließend leicht herabgeweht bzw. von den Vögeln herausgezerrt werden können, wobei jeweils mit Absturz und Verschleppung von klebriger Taubenpaste zu rechnen ist. Zusammenfassend wird deshalb aus materialkundlicher Sicht empfohlen, die Taubenpaste baldmöglichst zu entfernen und durch andere, besser geeignete Maßnahmen zu ersetzen, wie sie beispielsweise auch an der Kirchenfassade zum Einsatz kamen.

Mit freundlichem Gruß

[via E-Mail, als PDF]

(Martin Mach)
Diplom-Chemiker

Ergänzende Illustrationen: Situation im Ausland

Kathmandu, im Jahr 2016

Venedig, im Jahr 2016

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Titelbild und Innentitelbild: Tauben in Venedig und München. Fotos: Martin Mach.
Abb. 1: Große Petrischale mit typischem Taubenmist aus München. Foto: Martin Mach, BLfD.
Abb. 2: Wässriger Extrakt von Taubenmist. Foto: Simon Mindermann. BLfD.
Abb. 3: Röntgendiffraktometrie-Aufnahme (XRD) von Taubenmist. Analyse: Björn Seewald, BLfD.
Abb. 4: EDX-Analyse von Taubenmist: Analyse: Christian Gruber, BLfD.
Abb. 5: Taubenmistprobe für die Infrarotspektroskopie. Foto: Martin Mach, BLfD.
Abb. 6: Taubenmist / Infrarotspektroskopie. Analyse: Martin Mach, BLfD.
Abb. 7: „COPAL"-Bronzeproben-Expositionsstand auf dem Dach des Geologischen Institutes in München. Aufnahme im Jahr 2002. Foto: Martin Mach, BLfD.
Abb. 8: Zwei makroskopische Aufnahmen von Materialproben aus dem „COPAL"-Projekt, links mit, rechts ohne Einfluss von Taubenmist. Foto: Martin Mach, BLfD.
Abb. 9: Detail der in Abb. 8 gezeigten Bronzeproben, diesmal mit Fokus auf die Marker-Spots (die Spots waren mit Acrylat beschichtet worden, sollten z=0 markieren). Fotos: Martin Mach, BLfD.
Abb. 10: Massenänderungen bei „COPAL"-Bronzeproben, #1 … #7 mit Einfluss von Taubenmist, #8 … #21 ohne Einfluss von Taubenmist. Grafik: BLfD Zentrallabor.
Abb. 11: Messung der Schichtstärken auf den „COPAL"-Bronzeproben mit Hilfe des Wirbelstromverfahrens. Grafik: BLfD Zentrallabor.
Abb. 12: Experimentalsystem zur Beherbergung des Raspberry Pi Einplatinen-Mikrocomputers samt integrierter Software. Foto: Fa. Sunbird Images.
Abb. 13: Beispiel für die statistische Auswertung von Geräuschmustern. Grafik: Fa. Sunbird Images.
Abb. 14: Demonstration der Einwirkung eines 100mW Lasers (grün, Wellenlänge 532 nm) auf eine Taubenfeder. Fotos: Martin Mach, BLfD.
Abb. 15: Im Projekt erprobter Ultraschall-Tiervertreiber „Gardigo". Foto: Martin Mach, BLfD.
Abb. 16: Versuchsweise (vergebliche) Beeinflussung einer Taubenpopulation mit dem in Abb. 15 gezeigten Ultraschall-Vertreiber. Foto: Martin Mach, BLfD.
Abb. 17: Erprobungssituation der Fa. Sunbird Images mit einem Wassersprühgerät in Wülfrath. Foto: Fa. Sunbird Images.
Abb. 18: Detailansicht des in Abb. 17 gezeigten Wassersprühgerätes. Foto: Fa. Sunbird Images.
Abb. 19: Elektronik zur Ansteuerung des in Abb. 17 gezeigten Wassersprühgerätes. Foto: Fa. Sunbird Images.
Abb. 20: Erprobungsstandort St. Oswald, Regensburg. Übersichtsaufnahme. Foto: Martin Mach, BLfD.
Abb. 21: Erprobungsstandort St. Oswald, Regensburg, Taubenpräsenz auf dem Dach der Kirche. Foto: Martin Mach.
Abb. 22: Erprobungsstandort St. Oswald, Regensburg, Situation im Hinterhof. Foto: Martin Mach.
Abb. 23: Erprobungsstandort St. Oswald, Regensburg, Automatisch ausgelöste Aufnahmen einer von Simon Mindermann installierten WebCam.
Abb. 24: Schematische Darstellung der Funktionsweise des „BirdTector"-Prototyps. Foto: Fa. Sunbird Images.
Abb. 25: Fliegender Aufbau des „BirdTector"-Prototyps. Foto: Fa. Sunbird Images.
Abb. 26: Blick auf die „ZEROLipo"-Platine des „BirdTector"-Prototyps. Foto: Fa. Sunbird Images.
Abb. 27: St. Oswald, Regensburg. Erprobung vor Ort. Foto: Fa. Sunbird Images.
Abb. 28: Erprobungsstandort St. Oswald, Regensburg. Aufbau und Installation vor Ort. Foto: Fa. Sunbird Images.
Abb. 29: Erprobungsstandort St. Oswald, Regensburg. Der installierte Detektor vor Ort. Foto: Fa. Sunbird Images.
Abb. 30: Zweiter Prototyp „BirdTector". Foto: Martin Mach.
Abb. 31: Zweiter Prototyp „BirdTector" mit versuchsweise angeschlossenem Elektronenblitzgerät als Aktivmodul. Abb.: Fa. Sunbird Images.
Abb. 32: Harnsäure-Chemie. Bildquelle: Wikipedia Commons.
Abb. 33: Aktueller Flyer mit Coverbild aus dem „Fokus Taube"-Projekt

Fotos in den Anhängen: Fotos vom Gesandtenfriedhof, alle von Martin Mach, BLfD; Foto mit Tauben in Kathmandu: Charlotte Mach; Foto der Taubenfütterung in Venedig: Martin Mach.

Tabelle 1: Ergebnisse aus der Ionenchromatographie von Taubenmist. Analyse: Björn Seewald, BLfD.
Tabelle 2: Massenveränderungen von Kupferblech-Coupons nach Einwirkung unterschiedlicher Prozentanteile von Taubenmist. Analysen: Oliver Helme, Simon Mindermann und Björn Seewald (alle BLfD).