

MRT Aufnahmen ermöglichen eine dreidimensionale Visualisierung des Vogel-Torsos.

# Der Vogel aus dem Eis

Ein Gletscherfund entpuppte sich dank Mikro-CT- und MRT Bildgebung sowie C14-Datierung und DNA Analyse als ein 350 Jahre alter Purpurreiher. Das daraus gewonnene Wissen kann helfen, menschliche Gletschermumien zu identifizieren, liefert aber auch wertvollen Input für andere medizinische Disziplinen.

Irgendwie, das merkt man Johannes Pallua heute noch an, hatte er auf die ganz große Sensation gehofft, als ihn im August 2015 sein alter Freund Seraphin Unterberger anrief und sagte: „Mein Schwiegervater hat da oben im Eis etwas gefunden.“ Denn das „da oben“, das war der Gurgler Ferner, gerade mal etwas mehr als elf Kilometer von der Stelle entfernt, wo 1991 die wohl

berühmteste Gletscherleiche der Welt ausgeapert war. Pallua arbeitete damals am Institut für Gerichtliche Medizin der Medizinischen Universität Innsbruck und meinte, man solle „das Objekt doch vorsichtig bergen.“ Was am 6. August 2015 auch geschah. Wenig später landete das Fundstück auf Palluas Tisch. Ein Vogel, war die Vermutung, gar „Ötzis Vogel“, über 5.000 Jahre alt?

Um es vorwegzunehmen: Palluas Hoffnung wurde enttäuscht, „lediglich“ 350 Jahre alt ist die kleine Gletschermumie, ein Purpurreiher (*Ardea purpurea*). Und dennoch: Für Johannes Pallua stellte der Vogel eine einzigartige Möglichkeit dar, verschiedene (bildgebende) Verfahren zur Analyse von Gletschermumien zu bewerten und zu vergleichen. Das daraus gewonnene Wissen, ist Pallua überzeugt, kann einerseits auf menschliche Gletschermumien angewendet werden, andererseits aber auch wertvollen Input für medizinische Disziplinen, vor allem für die Bildgebung, liefern.

**GLETSCHER SIND WIE** Geschichtsbücher, Tausende Jahre Klimageschichte sind in ihnen nachzulesen. Gletscher sind aber auch Archive, in denen sich tote Lebewesen verbergen. Werden tote Lebewesen an einem sehr kalten Ort wie z. B. Gletscher eingefroren, setzt durch natürliche Gefriertrocknung ein Mumifikationsprozess ein, der den Leichenkörper über längere Zeiträume konservieren kann. Der Klimawandel lässt nun die Gletscher schmelzen und die unter Dauerfrostbedingungen konservierten Lebewesen werden freigesetzt. So wie jenes am Gurgler Ferner.

Das „Bergungsteam“ – bestehend aus Franz Scheiber, Josef Klotz, Judith und Seraphin Unterberger – dokumentierte am 6. August den Fund vor Ort und brachte ihn, gut gekühlt, ins Tal. Am Institut für Gerichtliche Medizin reinigte Pallua vorerst die einzelnen Teile, gemeinsam mit Unterberger verpackte er sie steril und froh sie wieder ein. „Das primäre Interesse galt dem Alter und der Vogelart“, blickt Pallua zurück. Der Wissenschaftler wusste um die Möglichkeit, der Gletschermumie Proben für eine C14-Untersuchung und eine DNA Analyse zu entnehmen, zuvor wollte er aber den Vogel so umfassend wie möglich nichtinvasiv untersuchen. Ihm kamen dabei Erfahrungen zugute, die er 2012 bei einer universitätsübergreifenden Analyse von *Hericium coraloides* sammeln konnte. Damals wurde dieser in Tirol gefundene, weltweit äußerst seltene Pilz mit fünf unterschiedlichen bildgebenden Verfahren unter die Lupe genommen, jede Methode lieferte andere Informationen über seine morphologische und biochemische



Gurgler Ferner, 3.004 Meter: „Etwas im Eis gefunden.“



Probenentnahme auf der Gerichtsmedizin.



Für die C14-Datierung wird eine Probe getrocknet.



Paraffinblöcke nach makroskopischer Aufarbeitung.

Beschaffenheit. Ebenso wollte er nun mit dem Vogel verfahren.

Mittels Mikro-Computertomografie (Micro-CT) und Magnetresonanztomografie (MRT) wurden Körper und Kopf gescannt, um Knochen (Micro-CT) und innere Organe (MRT) darstellen zu können. Im Anschluss wurde der Torso des Vogels makroskopisch aufgearbeitet und fachgerecht konserviert, einzelne Gewebeblöcke wurden histologisch untersucht. Zudem wurden dem Vogel kleine Proben entnommen. Eine ging ans *Laboratory of Ion Beam Physics* der ETH Zürich, um eine C14-Datierung durchzuführen. „Diese C14-Untersuchung ergab ein Alter von rund 350 Jahren“, erzählt Pallua: „Die DNA Sequenzierung wiederum bestätigte unseren ‚anatomischen‘ Verdacht, dass es

## Vielfältig durchleuchtet

Die im Eis des Gurgler Ferner auf 3.004 Metern gefundene Gletschermumie wurde mit modernen bildgebenden Methoden untersucht. Das AutorInnenteam rund um Johannes Pallua von der Universitätsklinik für Orthopädie und Traumatologie konnte u.a. zeigen, dass Mikro-CT und MRT Bildgebung in Kombination mit etablierten invasiven Techniken (C14-Datierung, DNA Analyse) die Identifizierung von Tierarten unterstützt. Der Fund wurde als ein rund 350 Jahre alter männlicher Purpurreiher (*Ardea purpurea*) identifiziert. Mithilfe dreidimensionaler Digitalisierung und interaktiver Visualisierung von Mikro-CT und MRT konnten auch digitale Autopsien durchgeführt und eine hochdetaillierte 3D-Rekonstruktion erstellt werden. Die Ergebnisse wurden in der Fachzeitschrift *Biology* publiziert.



Purpurreiher (*Ardea purpurea*)

## Johannes Pallua

Johannes Pallua (\*1982) studierte an der Universität Innsbruck Biologie, wo er 2011 am Institut für Analytische Chemie und Radiochemie dissertierte. Während seiner Zeit als Postdoc am Institut für Gerichtliche Medizin der Medizinischen Universität Innsbruck (2012–2016) absolvierte er das Doktoratsstudium Biologie. Von 2016 bis 2020 war Pallua Postdoc am Institut für Pathologie (Habilitation 2018), in dieser Zeit studierte er an der fh gesundheit „Qualitäts- und Prozessmanagement im Gesundheitswesen“ (Master 2021). Seit 2020 ist Pallua an der Universitätsklinik für Orthopädie und Traumatologie tätig und verantwortet dort den Forschungsbereich 3D-Rekonstruktion. Zudem ist er wissenschaftlicher Leiter der Core Facility *Micro-Computertomographie* der Medizinischen Universität Innsbruck.

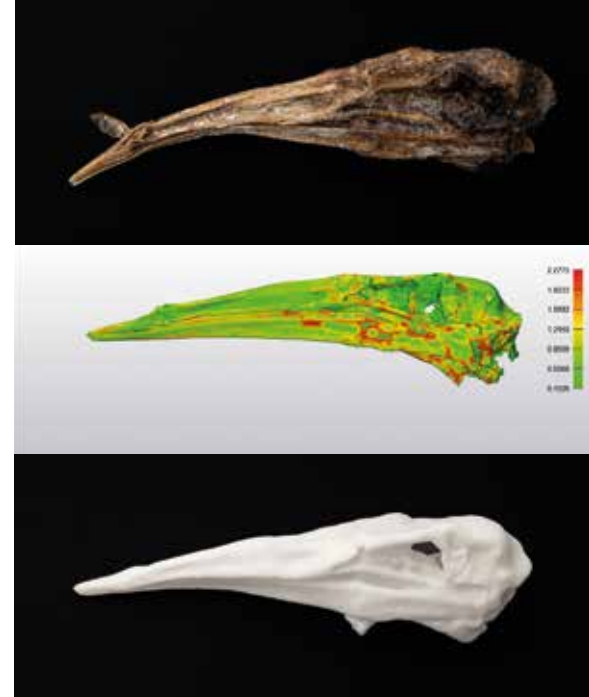


sich um einen Purpurreiher handelt. Mit Hilfe der Daten aus Micro-CT und MRT sowie 3D-Druck-Technologie war es uns gelungen, eine hochdetaillierte Rekonstruktion zu erstellen.“

**DOCH MIT DATIERUNG** und Bestimmung war es für den vielseitigen Forscher nicht getan. „Wir haben die Micro-CT nicht nur für die 3D-Rekonstruktion genutzt, sondern auch, um uns Fragestellungen wie etwa der Liegezeitbestimmung von knöchernen Überresten zu widmen“, erläutert Pallua. Je älter ein Knochen, je länger er z. B. im Wald liegt, desto geringer ist seine Knochendichte. Kann man durch eine Kombination mehrerer bildgebender Methoden Parameter für diesen Abbau der Knochendichte entwickeln und diese mit einer spektroskopischen Untersuchung messbar machen? Ja, glaubt Pallua, mit chemometrischen Methoden und künstlicher Intelligenz wäre die Messung auch in kurzer Zeit auswertbar.

Auch die Erfahrungen mit hochauflösender Micro-CT und 3D-Druck für die Knochenrekonstruktion können, ist Pallua überzeugt, in die medizinische Praxis einfließen. „Anhand solcher 3D-Modelle kann man Operationen bei Knochendefekten gezielter planen und punktgenau arbeiten, man kann Knochenimplantate exakter anfertigen, die Operationszeit verkürzen und Komplikationen vermeiden“, hält der wissenschaftliche Leiter der Core Facility *Micro-Computertomographie* fest. Mit einer Micro-CT können bei einer Auflösung von 0,06 bis 0,08 Millimeter Hand- und Fußknochen detaillierter untersucht werden als in einem normalen CT (Auflösung 0,4 Millimeter). „Die Micro-CT erlaubt z. B. nichtinvasiv Rückschlüsse auf die Pathologie eines Knochenbruchs, ob Osteoporose oder ein Tumor der Grund war. Mithilfe der Micro-CT können aber auch Stellen im Knochen identifiziert werden, an denen Schrauben gut gesetzt werden können“, zählt er zwei Beispiele auf, die seinen aktuellen Wirkungsort – die Universitätsklinik für Orthopädie und Traumatologie – betreffen.

Die Knochen des Purpurreihers vom Gurgler Ferner hat Johannes Pallua aber auch in Bezug auf die Knochendichte und die Struktur der Knochenbälkchen (Trabekel) untersucht



Purpurreiher-Schädel: Fundstück, 3D-Rekonstruktion der Mikro-CT-Aufnahme, von der Firma WESTCAM gedrucktes 3D-Modell (v. o.)

und mit Knochen eines jüngeren, aber auch schon seit längerem konservierten Exemplars verglichen. „Die Knochen unseres Purpurreihers waren ‚ausgewaschener‘. Da er lange im Eis lag, wurden deutlich mehr Calcium und Hydroxylapatit abgebaut – ein ähnlicher Vorgang wie bei Osteoporose“, erläutert Pallua.

Als nächsten Schritt will er diese Elementaranalyse auch mit einem „modernen“ Purpurreiher bzw. einem nahen Verwandten durchführen. „Uns interessiert, ob wir daraus Rückschlüsse auf das Alter der Knochen ziehen können“, beschreibt er sein Forschungsinteresse. Auch hier wäre die Spektroskopie die Untersuchungsmethode erster Wahl. „Sie ist am einfachsten und nichtinvasiv. Durch das Anstrahlen der Probe mit Infrarot bekommt man ein Spektrum, aus diesem die Information“, sagt Pallua. Am Institut für Analytische Chemie und Radiochemie der Universität Innsbruck, wo Pallua im Jahr 2011 dissertiert hat, beschäftigt man sich seit Jahren mit der Optimierung und Kalibrierung spektroskopischer Messverfahren, entsprechende Handgeräte sind in der Lebensmittelindustrie schon im Einsatz. Ein solches in der Medizin, da direkt im OP einsetzbar, kann sich Pallua durchaus vorstellen: Bei implantatassoziierten Infektionen oder einer Osteomyelitis (Knochenmarkentzündung) etwa könnten die verantwortlichen Keime während des Eingriffs mit spektroskopischen Methoden detektiert werden.

AH