

Der Mann aus dem Eis

Eine paläoradiologisch-forensische Studie zehn Jahre nach der Auffindung der Mumie

Von Paul Gostner, Eduard Egarter Vigl und Ulf Reinstadler

Schlagwörter: Hauslabjoch, Gde. Schnals / Chalkolithikum / Mumien / Paläopathologie / Computertomographie / Pfeile, Pfeilspitzen und Bögen

Keywords: Hauslabjoch, Gde. Schnals / Chalcolithic / mummies / palaeopathology / computer tomography / arrows, arrowheads and bows

Mots-clés: Hauslabjoch, Gde. Schnals / Chalcolithique / momies / paléopathologie / tomographie sur ordinateur / flèches, pointes de flèche et arcs

Im Archäologiemuseum der Stadt Bozen wird eine Gletschermumie aus der späten Jungsteinzeit, der Mann aus dem Eis, auch Ötzi, Mann vom Similaun oder Mann vom Hauslabjoch genannt, samt seiner gut erhaltenen Kleidung und Ausrüstung aufbewahrt. Auf Anfrage des Museums wurden zehn Jahre nach der Auffindung vom Institut für Radiodiagnostik des Krankenhauses Bozen digitale Röntgenaufnahmen und eine Ganzkörper-Spiral-Computertomographie an der Mumie durchgeführt. Zwei Radiologen werteten die gewonnenen Bilder nach folgenden Kriterien aus: Skelettanomalien, krankhafte Veränderungen an Knochen und Gelenken, Knochenverletzungen, durch Frost und Eis bedingte Schäden an der Mumie, Veränderungen an den Weichteilen, Zerfallserscheinungen und Fremdkörper. Neben den Zeichen einer geringfügigen Arthrose an einigen Gelenken, Gefäßverkalkungen und verheilten Rippenfrakturen konnten Zerfallserscheinungen, Fremdkörper in den Weichteilen und zahlreiche Knochenverletzungen am Schädel und an den peripheren Skelettteilen festgestellt werden. Die radiologisch nachweisbaren Schäden und Veränderungen wurden nach gezielter Inspektion der Mumie auch aus forensischer Sicht ausgewertet. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen können als Basis für weitere Studien und zu Kontrollen des Konservierungszustandes der wertvollen Mumie dienen. An Hand der Befunde werden ungeklärte Fragen diskutiert: Wer war der Mann, woher kam er, was waren seine Lebensgewohnheiten, wie war seine gesellschaftliche Stellung und was geschah kurz vor seinem Tode?

Einleitung

Am Donnerstag, dem 19. September 1991 wurde vom Nürnberger Ehepaar Erika und Helmuth Simon in den Ötztaler Alpen beim Abstieg von der Finailspitze auf 3210m Höhe in einer Felsmulde eine Gletscherleiche entdeckt. Nur der Kopf und der Oberkörper ragten teilweise aus dem Gletschereis und dem Schmelzwasser hervor. Da die Fundstelle sehr nahe der italienisch-österreichischen Grenze liegt, wurde eine Meldung an die zuständigen Behörden beider Länder gemacht. Aufgrund der extremen Höhe

des Fundortes erwies sich die Bergung der Leiche als schwierig. Der Bergungstrupp musste mit dem Hubschrauber eingeflogen werden. Die schlechten Wetterbedingungen zwangen die Männer, die Bergungsarbeiten wiederholt abzubrechen. Es kamen Geräte wie Presshammer, Eispickel und Skistöcke zum Einsatz, wodurch die Leiche an mehreren Stellen erheblich verletzt wurde. Am 23. September 1991 konnte sie vollständig freigelegt und zuerst ins Bergdorf Vent und von dort samt den anderen Fundgegenständen in das Institut für Gerichtsmedizin der Universität Innsbruck gebracht werden. Am Tag nach der offiziellen Bergung wurde Konrad Spindler vom Institut für Ur- und Frühgeschichte in Innsbruck benachrichtigt, der den gesamten Fund in die frühe Bronzezeit datierte. Tatsächlich ergaben spätere Untersuchungen mit der Radiokarbonmethode in den Labors von Oxford, Zürich und Uppsala, dass der Mann aus dem Eis in der Zeit von 3350 bis 3100 v. Chr. gelebt hatte. Kleidung und Ausrüstung übergab man vorerst dem Römisch-Germanischen Zentralmuseum in Mainz zur sachgerechten Lagerung und Konservierung, die Mumie selbst blieb an der Universität Innsbruck zur wissenschaftlichen Untersuchung. Eine Neuvermessung der Fundstelle ergab, dass sie 92,56 m von der Staatsgrenze entfernt auf italienischem Boden liegt. In der Folge machte das Land Südtirol Eigentumsansprüche geltend. Daher wurde die Mumie im Winter 1999 nach längeren Verhandlungen in das Archäologiemuseum der Stadt Bozen überführt. Dort wird sie in einer Konservierungszelle bei -6° und einer konstanten Luftfeuchtigkeit von 96–98 % aufbewahrt. Wissenschaftliche Untersuchungen und Konservierungsarbeiten können in einer auf 8° erwärmten Laborzelle durchgeführt werden (*Abb. 1*).

Der in Anbetracht des Alters sehr gute Konservierungszustand der Gletschermumie verleiht dem Fund einen einmaligen Stellenwert in der anthropologischen Forschung. Auch seine Kleidung und Ausrüstung wurden in gutem Zustand geborgen und geben dem Archäologen wertvolle Hinweise auf Kultur und Lebensgewohnheiten der Leute im alpinen Raum vor rund 5000 Jahren (SEIDLER U. A. 1992; SJÖVOLD 1992; GLEIRSCHER 1993; GOEDECKER-CIOLEK 1992; SPINDLER U. A. 1995; SPINDLER 1999; FOWLER 2000). Doch die Erforschung der Mumie und der Welt von damals ist noch lange nicht abgeschlossen. Für den Radiologen ist es eine besondere Herausforderung, die Fülle der oft ungewöhnlichen Erscheinungsbilder zu interpretieren. Zudem verspricht der dauernde technische Fortschritt auf dem Gebiet der bildgebenden Verfahren in Zukunft noch bessere und aufschlussreichere Bilder (ZUR NEDDEN 1994; DORFER U. A. 1999; FOWLER 1999), vorausgesetzt, man ist in der Lage, den derzeitigen natürlichen Konservierungszustand der Mumie in der Frostzelle aufrecht zu erhalten.

In diesem Beitrag sollen die in Bozen durchgeführten Röntgenuntersuchungen vorgestellt und deren Ergebnisse über den derzeitigen Zustand der Mumie mitgeteilt werden. Bereits bekannte archäologische Erkenntnisse und Hypothesen sollen aus radiologisch-forensischer Sicht diskutiert werden.

Material und Methodik

Als bildgebende Verfahren wurden die konventionelle Röntgenaufnahme und die Computertomographie angewendet. Da es sich um eine Trockenmumie mit nur äußerst ge-

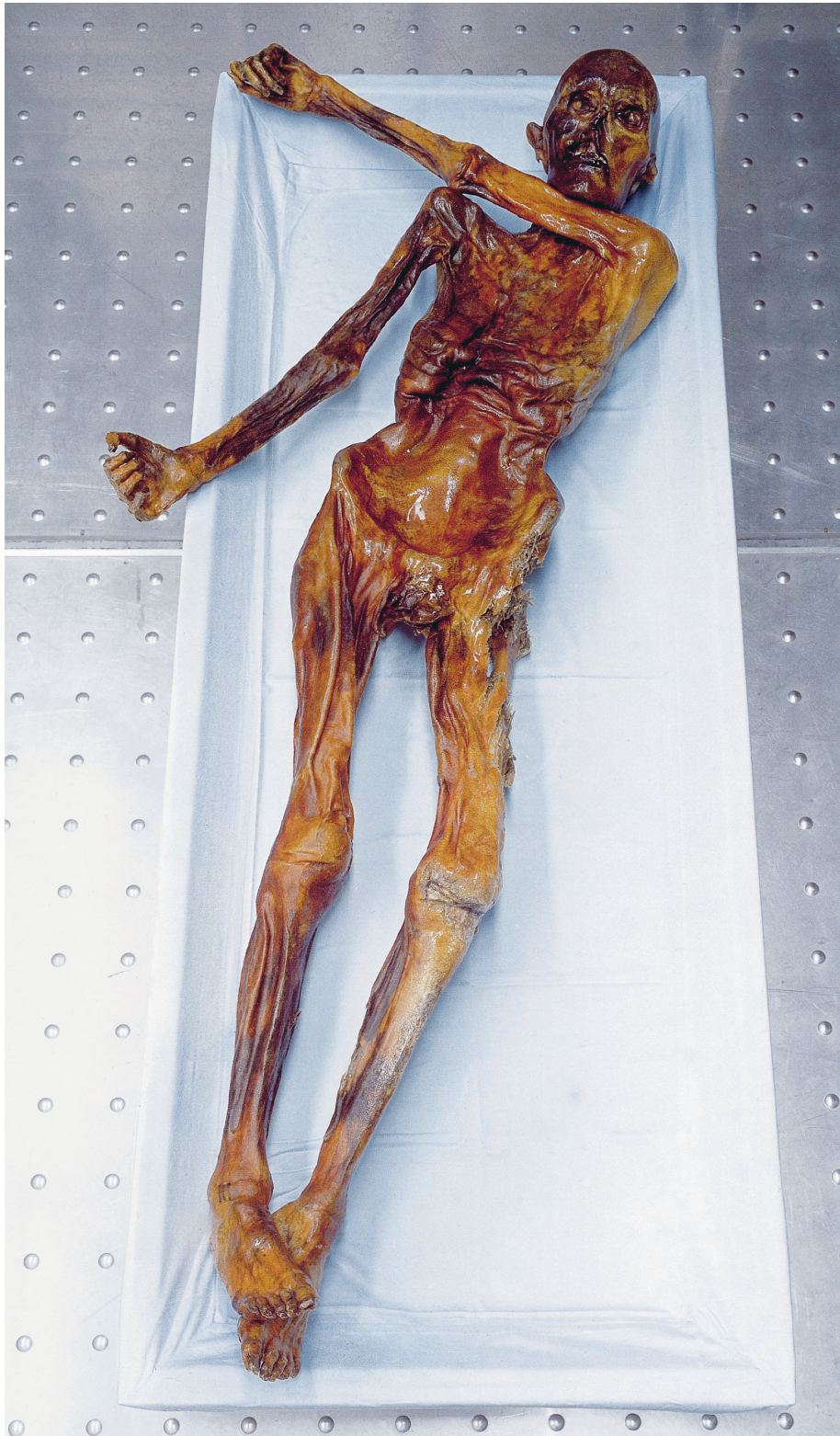


Abb. 1. Die jungsteinzeitliche Gletschermumie aus den Öztaler Alpen in der Laborzelle des Südtiroler Archäologiemuseums.

ringem Wassergehalt handelt, kann man von einer Kernspintomographie und Ultraschalluntersuchung keine Informationen erwarten. Diese Methoden kamen deshalb nicht zum Einsatz.

Die konventionellen Röntgenaufnahmen wurden am 27. Juni 2001 und am 4. März 2002 mit einem fahrbaren Röntgengerät in der Laborzelle des Museums durchgeführt (46 bis 50 KV, 25 mAs, Focus-Filmabstand 100 bis 110 cm). Für die Bildgebung stand ein digitales Radiographiesystem mit hochauflösenden Phosphorplates in drei verschiedenen Formaten (18×24 cm, 24×30 cm und 35×43 cm) zur Verfügung. Im Juni 2001 forderte das Museum vorerst nur Aufnahmen vom Thorax und von den Rippen an, im März 2002 folgten Aufnahmen vom Schädel, von der rechten und linken Schulter, vom rechten Ober- und Unterarm, von der rechten und linken Hand, von der Wirbelsäule, vom Becken mit den Hüftgelenken, von den Kniegelenken mit Ober- und Unterschenkeln und von beiden Füßen. Durch die forcierte Haltung der Körperteile konnten die klassischen Projektionskriterien bei Skelettaufnahmen nicht immer berücksichtigt werden. Bei allen Untersuchungen herrschten sterile Bedingungen. Da ein Auftauen der Mumie verhindert werden musste, stand nur wenig Zeit zur Verfügung. Die Auswertung der Röntgenbilder erfolgte auf einer Befundkonsole mit zwei hochauflösenden 2K-Monitoren. Auf Grund der radiologischen Ergebnisse fand im Museum eine gezielte Inspektion der Mumie statt, bei der die äußerlich sichtbaren Veränderungen mit den Röntgenbefunden verglichen wurden. Dazu wurde die Mumie aus der Konservierungszelle in die auf +8 °C erwärmte Laborzelle gebracht und bei künstlicher Neon-Trueilight-Beleuchtung mit freiem Auge und mit einer zehnfach vergrößernden Lupe betrachtet.

Im Februar 2001 befand sich die Mumie wegen Reparaturarbeiten an der Kühlzelle vorübergehend im Pathologischen Institut des Allgemeinen Regionalkrankenhauses Bozen. Diese Gelegenheit wurde benutzt, um eine Ganzkörper-Computertomographie durchzuführen. Zur Verfügung stand ein Spiral-CT mit Möglichkeit der dreidimensionalen Bildrekonstruktion und der virtuellen Endoskopie (Somatom 40, Siemens, Erlangen). Die Mumie durfte nicht aufgefroren und ihre Körperhaltung nicht geändert werden. Die Folge waren asymmetrische Bilder, was einen Seitenvergleich erschwerte. Auch war auf Grund der besonderen Haltung des rechten und linken Unterarms eine CT-Untersuchung schwierig, weswegen die Bilder dieser Körperteile unvollständig sind. Aus den gespeicherten Rohdaten wurden später in mehreren Sitzungen axiale, frontale und sagittale Bilder mit verschiedenen Schichtdicken erstellt. Die 3D-Technik kam bis jetzt am Schädel, Gebiss, Thorax, an den Kniegelenken und an den Füßen, die virtuelle Endoskopie am Schädel und Thorax zur Anwendung. Die gewonnenen Bilder wurden von zwei Radiologen an einer speziellen Auswertungskonsole in mehreren Sitzungen beurteilt.

Ergebnisse

Bei den Röntgenaufnahmen wurde ein erstaunlich hoher Mineralgehalt des gesamten Skeletts festgestellt. Knochen und Gelenke erscheinen in ihrer Morphologie vollständig erhalten. Die kompakte Knochensubstanz der langen Röhrenknochen weist Dichtewerte zwischen 1500 und 1600 HE (Hounsfield Einheiten) auf, die der Knochen-

bälkchen schwanken zwischen 120 und 150 HE. Die anatomischen Details der einzelnen Knochen sind mit denen der heutigen Menschen vergleichbar. Durch den Austrocknungsprozess der Mumie sind die Weichteilorgane mit Ausnahme des Gehirns und des Rückenmarks nur schlecht und zum Teil überhaupt nicht mehr abgrenzbar. Auch ihre organspezifischen Dichtewerte sind verändert. Andere anatomische Strukturen hingegen sind durch eingedrungene Luft und Gasbildung sogar besser als beim Lebenden darstellbar, wie z.B. die harte Hirnhaut, einige Nervenbündel, Sehnen und Gelenkkapseln.

Skelettanomalien

Es konnten keine Missbildungen festgestellt werden, die das Leben des Mannes beeinträchtigt hätten, wohl aber verschiedene, bereits mehrfach beschriebene anatomische Varianten (MURPHY U. A. 2003), die auch an heutigen Patienten öfters anzutreffen sind. Am knöchernen Thorax sind nur elf normal entwickelte Rippenpaare vorhanden. Demzufolge zeigt der zwölfte Brustwirbel das Aussehen eines Lendenwirbels, und es existiert ein lumbosakraler Übergangswirbel, der links vollständig, rechts weitgehend sakralisiert ist. Die Weisheitszähne fehlen auf beiden Seiten, während das übrige Gebiss vollständig erhalten ist. Die oberen Schneidezähne stehen relativ weit auseinander (Diastema). Betonte Knochenleisten an den Sehnenansätzen der Ober- und Unterschenkel weisen auf eine stark entwickelte Muskulatur der unteren Extremitäten hin.

Krankhafte Veränderungen an Knochen und Gelenken

Die Knochenstruktur der einzelnen Skelettabschnitte ist gut erkennbar. Es besteht kein Hinweis darauf, dass der Mann an einer primären oder sekundären Knochenkrankheit litt. Die Wirbelsäule ist im Brust- und Lendenbereich leicht rechtskonvex gekrümmt ohne Rotation der Wirbelkörper. Ob es sich dabei um einen Haltungsschaden oder um eine Krümmung handelt, die nach dem Tode eingetreten ist, lässt sich nicht mehr feststellen. Im Verhältnis zum geschätzten Lebensalter von etwa 45 Jahren (SPINDLER 1999) zeigen die großen und kleinen Gelenke sowie die gelenkigen Verbindungen der einzelnen Wirbelsegmente nur geringfügige Abnützungerscheinungen. Die Zwischenwirberräume sind im Rahmen der Mumifizierung diffus verschmälert. Am unteren Abschnitt der Hals- und Lendenwirbelsäule, an der rechten Schulter und an der rechten Hüfte sind Zeichen einer beginnenden Arthrose zu erkennen. Der laterale Teil des Gelenkspaltes am rechten Knie erscheint in der frontalen CT-Rekonstruktion fast vollständig konsumiert mit leicht unregelmäßigen Konturen der Gelenksflächen und Subluxation des lateralen Meniskus. Der mediale Teil des Gelenkspaltes ist erweitert. Daraus resultiert eine X-Bein-Stellung. Am linken Knie hingegen ist der Gelenkspalt lediglich geringfügig verschmälert.

Knochenverletzungen

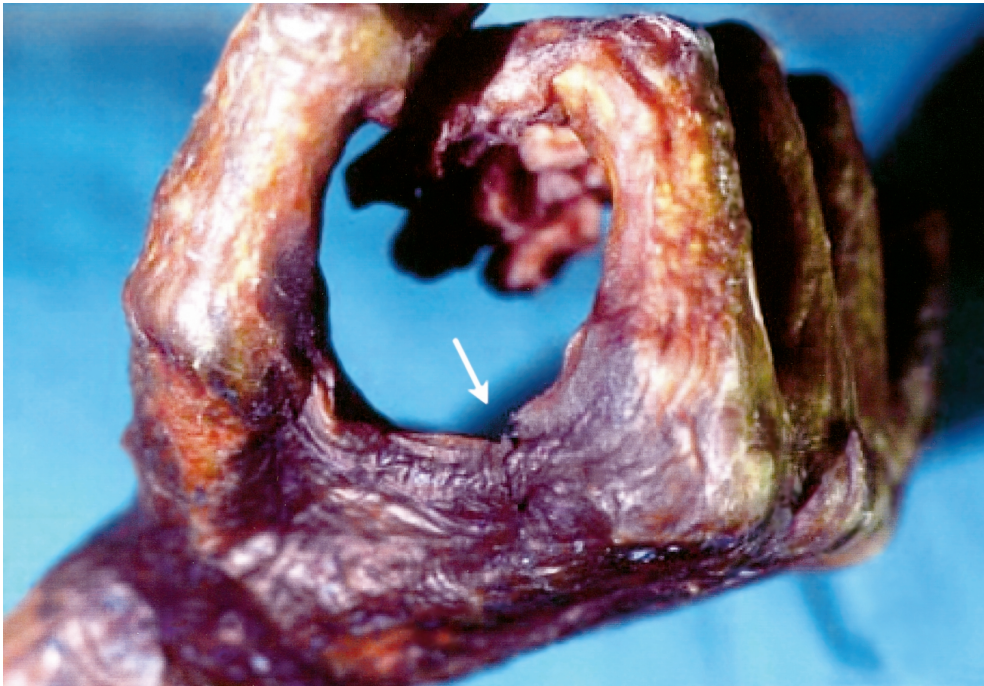
Bei den Knochenverletzungen der Mumie kann man verheilte und unverheilte Frakturen unterscheiden.

Je eine verheilte Fraktur lässt sich an der linken Seite der siebten und achten Rippe nachweisen. Die übrigen Rippen sind durch den Druck des Gletschereises zum Teil leicht geknickt.

Bei den unverheilten Knochenverletzungen galt es in erster Linie jene zu identifizieren, die durch die Bergung der Leiche verursacht wurden. Nur wenn eine entsprechende Weichteilbeschädigung ohne vitale Reaktion vorlag oder der Bruch bei der Bergung eindeutig bemerkt wurde, können sie von den kurz vor dem Tod erlittenen Verletzungen unterschieden werden.

Die schwersten Bergungsverletzungen finden sich im Beckenbereich, wo an der linken Seite Weichteile und Knochenstücke ausgerissen wurden. Aus diesem Grund fehlen das Steißbein, das linke Sitzbein und der linke Teil des Kreuzbeins von S2 bis S5. Das linke Hüftgelenk wurde ausgelenkt und danach wieder reponiert. Auf dem Röntgenbild zeigt es noch einen deutlich verbreiterten Gelenkspalt. Im Bereich des linken Oberschenkelhalses fehlt Knochensubstanz. Beim Versuch, die abnormale Haltung des linken Arms zu korrigieren, wurde der rechte Oberarmknochen gebrochen. Abrisse und Stichverletzungen durch spitze Gegenstände wie etwa Eispickel, Skistöcke oder Bohrer sind am unteren Teil der rechten Speiche und der rechten Elle, am linken Schien- und linken Wadenbein, am rechten Schienbein sowie am rechten Sprunggelenk zu erkennen. Ihnen entspricht jeweils eine perforierende Weichteilverletzung ohne nachweisbare vitale Reaktion im Gewebe. Besondere Beachtung verdient eine Weichteilverletzung der rechten Hand zwischen Daumen und Zeigefinger (*Abb. 2,1*). Es handelt sich um eine tiefe Wunde, die bis in den zweiten Mittelhandknochen reicht, wo im Röntgenbild eine unverheilte Stichverletzung nachweisbar ist (*Abb. 2,2*). Die Ränder dieser Wunde sind gezahnt und dunkel verfärbt. Aufgrund dieser vitalen Reaktion und der Blutreste muss angenommen werden, dass dem Mann diese Verletzung kurz vor seinem Tode zugefügt wurde.

Im Rahmen verschiedener Forschungsprojekte wurden Endoskopien durchgeführt und Gewebeproben entnommen, deren Spuren am Skelett nachweisbar sind. So erkennt man rechts an der Schädeldecke nahe der Pfeilnaht zwei 6 mm große Bohrlöcher. Ein ausgestanztes 5×6 mm großes Knochenstück fiel dabei offenbar ins Schädelinnere und ist dort gut zu erkennen. Es ist frei beweglich und ändert je nach Position des Schädels seine Lage. Ein weiterer Stanzdefekt derselben Größe in Folge einer Knochenbiopsie lässt sich am mittleren Drittel des linken Oberschenkelknochens und am linken Fersehenbein feststellen. Am dorsalen Teil der fünften und sechsten Rippe links kommt je ein etwa 3 cm großer randständiger Knochendefekt zur Darstellung. Ein ähnlicher etwa 4 cm großer Substanzdefekt ist am oberen Rand der achten Rippe rechts erkennbar. Sie sind bei den Thorakoskopien entstanden. Auf eine Endoskopie ist die Kompressionsfraktur an der Vorderwand der rechten Kieferhöhle (*Abb. 3,1*) zurückzuführen (GUNKEL U. A. 1997). Auch der Boden und die Seitenwand der rechten Kieferhöhle (*Abb. 3,2*) sowie der äußere Rand der rechten Augenhöhle im Bereich des Jochbeins (*Abb. 3,3*) sind gebrochen.



1



2

Abb.2. 1 Die rechte Hand der Mumie aus den Öztaler Alpen weist eine klaffende Wunde zwischen Daumen und Zeigefinger auf. 2 Das Röntgenbild der Hand zeigt an der entsprechenden Stelle eine Stichverletzung am zweiten Mittelhandknochen.

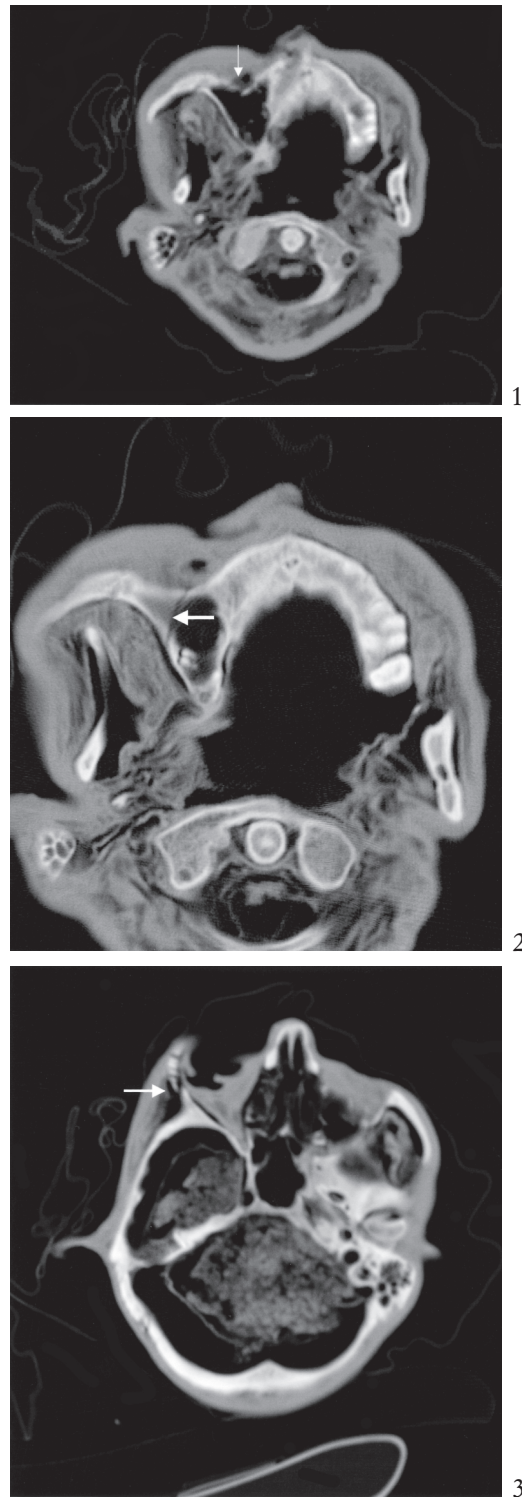


Abb.3. Computertomographie (CT) des Gesichtschädels der Mumie aus den Öztaler Alpen. 1 Kompressionsfraktur an der Vorderwand der rechten Kieferhöhle. 2 Frakturspalt in der Seitenwand der rechten Kieferhöhle. 3 Fraktur der Seitenwand der rechten Augenhöhle mit gesprengter Naht zwischen Jochbein und Stirnbein.

Durch Frost und Gletschereis bedingte Schäden

Durch den jahrtausendelangen Druck der Eismassen wurde das Gesicht, namentlich Nase und Lippen, deformiert. Auch das linke Ohr ist nach vorne und nach unten gedrückt. Die Nasenspitze ist gebrochen. Die leichte Asymmetrie des Hirnschädels liegt innerhalb der Norm. An der Schädelbasis sind mehrfach unterbrochene Konturen und haardünne Spalten zu sehen. Diese wurden genauso wie die zum Teil gesprengten Hirnnähte durch gefrierende Flüssigkeit im Schädelinneren erklärt (ZUR NEDDEN U. A. 1994). Es ist bemerkenswert, dass vor allem der rechte Teil der Lambdanaht und die rechte Naht zwischen Jochbein und Stirnbein gebrochen und ihre Ränder verschoben sind. Zwischen rechter und linker Gesichtshälfte können wesentliche Unterschiede beobachtet werden. Während die linke Gesichtshälfte mit ihrer inhomogenen, hellbräunlichen Farbe und ihrer regelmäßigen Konfiguration als unauffällig bezeichnet werden kann, zeigen die rechte Wange und Backe wie auch die Stirngegend eine dunkle Verfärbung. Die Weichteile dieser Region sind verdickt. Auch lässt sich eine Asymmetrie der Backenknochen feststellen. Die Haut der rechten und linken Gesichtshälfte ist hingegen glatt und ohne Wunden (Abb. 4).

Der Thorax ist deformiert und stark komprimiert, und zwar rechts deutlicher als links. Der Abstand zwischen unterem Drittel des Brustbeins und vorderer Begrenzung der Brustwirbelsäule beträgt nur mehr 16 mm.



Abb.4. Das Gesicht der Mumie aus den Öztaler Alpen. Die rechte Seite ist dunkel verfärbt, die rechte Jochbeingegend erscheint geschwollen. Lippen und Nase sind stark deformiert. Die Haut ist nicht verletzt.

Weichteilveränderungen

Auf Grund der Mumifizierung sind die Weichteilorgane nicht mehr oder nur teilweise abgrenzbar und in ihrer Dichte und Struktur völlig verändert. Die Muskulatur und die geschrumpften Reste der inneren Organe zeigen dieselbe weitgehend homogene Dichte mit Werten zwischen -20 und -80 HE. Nur Leber und Hirn weisen ein inhomogen fleckiges Aussehen auf. Da vor allem das Abdomen und der untere Teil des Thorax komprimiert sind, wurde die Leber nach kranial gedrückt. Reste von Darmschlingen sind erkennbar. Andere Bauchorgane sind nicht zu unterscheiden. Es lassen sich keine Krankheitssymptome an den Weichteilen nachweisen. Mit Ausnahme der Verkalkungen wären sie, falls vorhanden, wohl durch den Austrocknungsprozess ausgelöscht worden. Verkalkungen sind tatsächlich im mutmaßlichen Verlauf der Bauchaorta, der Beckenarterien, der Halsschlagadern und an der Schädelbasis erkennbar. Andere Verkalkungen, wie sie z.B. bei chronischer Tuberkulose, Parasitenbefall, alten Blutungen, manchen Zysten und Tumoren auftreten, können ausgeschlossen werden. Einzelne kleine schattengebende Partikel scheinen im Darminhalt zu liegen.

Zerfallserscheinungen

Die zahlreichen Lufteinschlüsse sind sicher als Zeichen einer beginnenden Zersetzung der Leiche in den Weichteilen und Körperhöhlen zu interpretieren (MURPHY U. A. 2003). Dadurch sind an einzelnen Stellen einige anatomische Strukturen durch eingedrungene Luft oder Gasbildung besonders gut sichtbar geworden. Die knöcherne Schädeldecke der Mumie erscheint am Röntgenbild transparent. Die Hirnmasse ist zum Boden der hinteren Schädelgrube hin geschrumpft, wo sie ins Rückenmark übergeht (*Abb. 5*). Die Computertomographie (*Abb. 6,1*) und die 3D-Rekonstruktion des Schädel mit virtueller Endoskopie (*Abb. 6,2*) erlauben einen Einblick ins Schädelinnere. Das verkleinerte Gehirn erscheint durch zahlreiche Risse und Frakturen wie zerbröckelt und weist eine stark unregelmäßige Oberfläche auf. Areale mit verminderten Dichtewerten sind vor allem im Stirn- und Hinterhauptslappen lokalisiert. Die harte Hirnhaut hat sich teilweise von der Innenwand der Schädelhöhle abgelöst.

Wo beim Lebenden wasserreiches Gewebe wie Fett und lockeres Bindegewebe vorhanden ist, hat sich Luft ausgebreitet. Deshalb stellen sich das Rückenmark mit den Nervenwurzeln, manche Hirnnerven, Muskelzüge, Sehnen und Gelenkkapseln überraschend deutlich dar. Beide Lungen sind kollabiert und geschrumpft. Das Rippenfell ist an einzelnen Stellen von der Thoraxwand abgelöst. Die Leber weist zahlreiche unregelmäßige Zerfallsherde auf.

Die kompakte Knochensubstanz ist überall gut erhalten. Während sich auf den konventionellen Röntgenaufnahmen keine Strukturveränderungen der Knochen nachweisen lassen, zeigt die CT-Untersuchung auf Grund der höheren Kontrastauflösung in den Markhöhlen der langen Röhrenknochen teils Luft, teils Substanzen mit denselben negativen Dichtewerten wie die übrigen Weichteile. Außerdem weisen die Gelenkkörper beider Knie fleckförmige Areale verminderter Strahlentransparenz und eine mottenfraßähnliche Zerstörung einzelner Knochenbälkchen auf (*Abb. 7,1*). An der Spitze

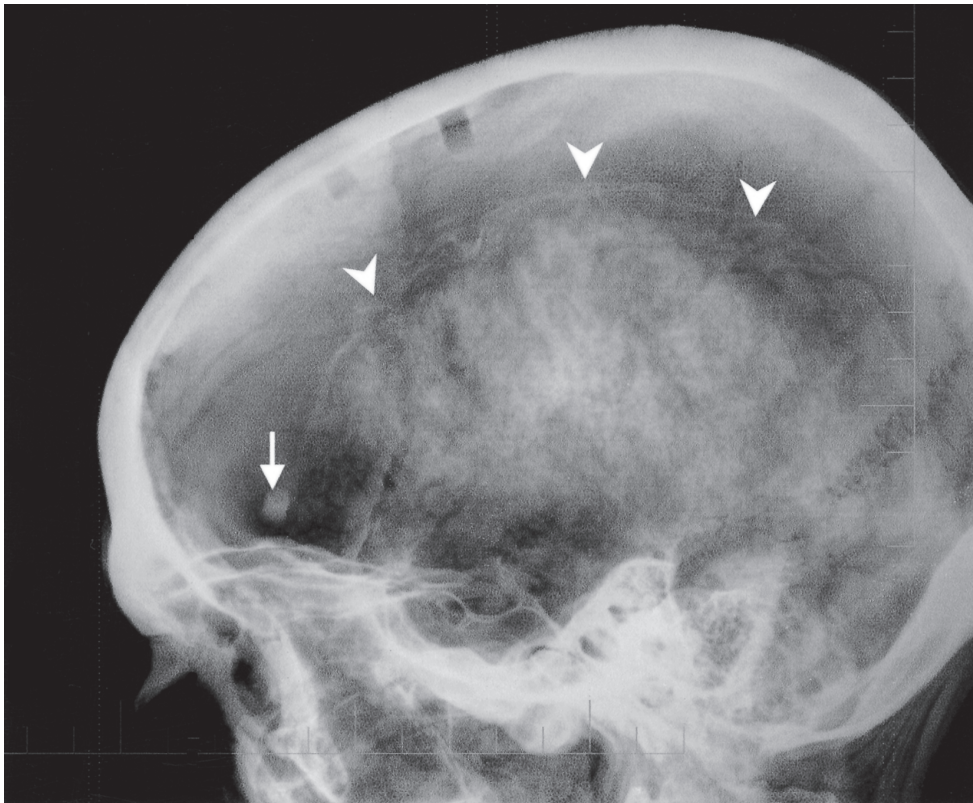


Abb. 5. Im Schädelröntgen der Mumie aus den Ötztaler Alpen sind die geschrumpfte Hirnmasse (Pfeilspitzen) und das Knochenfragment in der vorderen Schädelgrube (Pfeil), welches von einem der Bohr-
löcher stammt, gut zu erkennen.

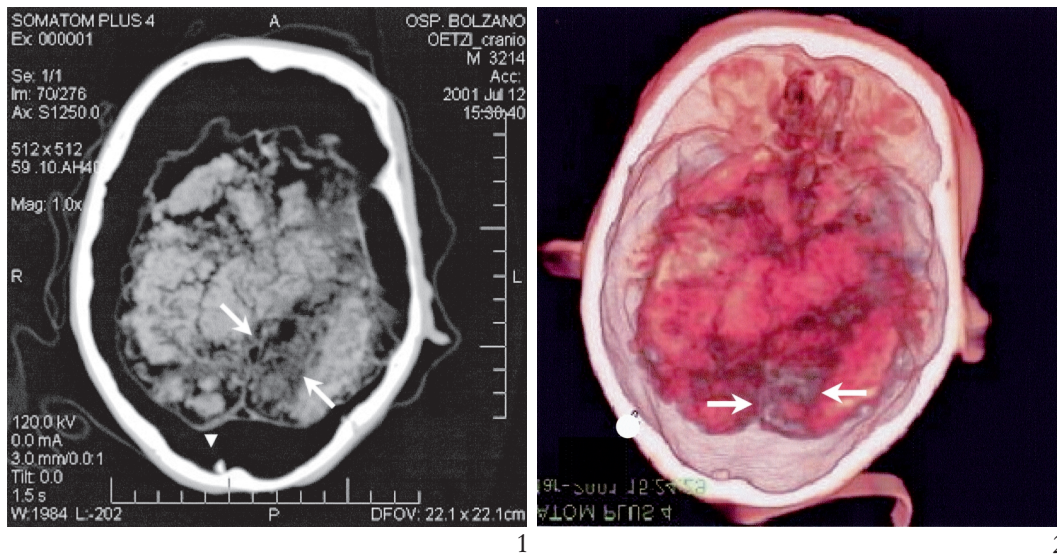


Abb. 6. 1 Computertomographie (CT) des Schädels der Mumie aus den Ötztaler Alpen mit deutlich geschrumpfter und zerbröckelter Hirnmasse. Am Hinterhauptlappen lassen sich ein größeres Areal mit verminderter Dichte (lange Pfeile) und ein bewegliches Knochenfragment nach Trepanation im Schädelinneren (Dreieck) erkennen. 2 Die virtuelle Endoskopie des Schädels zeigt die geschrumpfte Hirnmasse mit dunkel verfärbten Zonen namentlich im Hinterhauptsbereich.

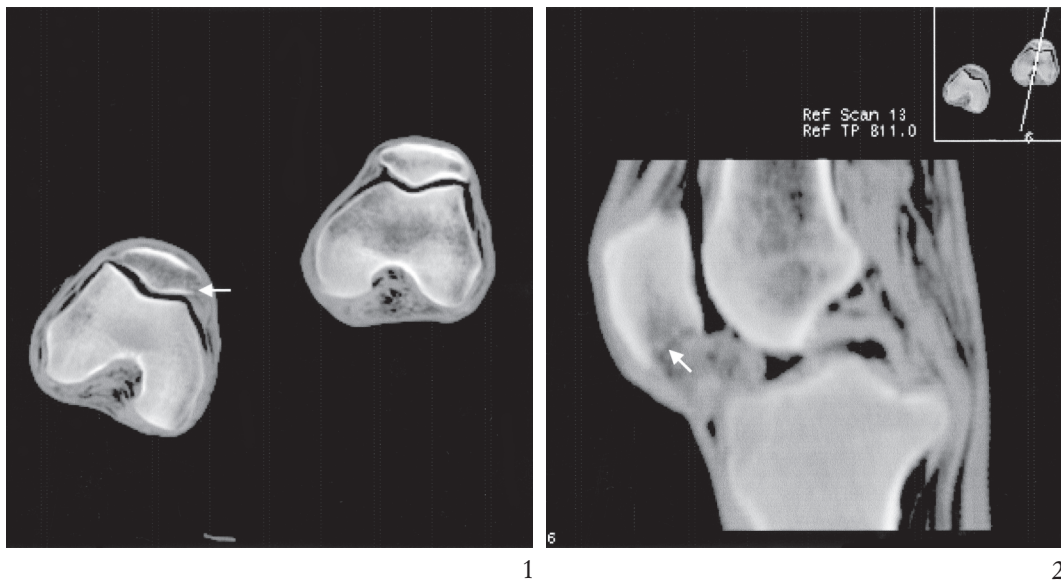


Abb.7. Die Gelenkskörper der Kniegelenke der Mumie aus den Öztaler Alpen weisen im CT unregelmäßige dunkle Flecken auf, die zum Teil auf eingedrungene Luft, zum Teil auf eine Zersetzung des Gewebes zurückzuführen sind. 1 Knochendefekt am Rande der Kniescheibe. 2 Auch am rekonstruierten Schnittbild kommen diese Veränderungen zur Darstellung. Eine deutliche Knochendestruktion ist am unteren Rand der Kniescheibe zu erkennen.

der Kniescheiben ist die Knochenbegrenzung nicht mehr erkennbar (*Abb. 7,2*). Ähnliche Veränderungen sind in wesentlich schwächerer Ausprägung in den Beckenknochen, in einzelnen Wirbelkörpern, in einigen Fußwurzelknochen und im rechten Oberarmkopf zu sehen.

Fremdkörper

Zwischen der zweiten Rippe und dem Schulterblatt steckt in den Weichteilen der linken Schulter ein Fremdkörper in Form einer Pfeilspitze mit einer Länge von 21 mm und einer Breite von 17 mm (*Abb. 8*). Seine Dichtewerte betragen rund 2200 HE. Er liegt im mutmaßlichen Verlauf der großen Achselgefäße und etwa 16 mm von der inneren Thoraxwand entfernt. Außerdem sind die Weichteile um den Fremdkörper, bei dem es sich um eine Pfeilspitze aus Feuerstein handelt (GOSTNER/EGARTER VIGL 2002), in Folge einer Blutung diffus dichter als die der Gegenseite (*Abb. 9*). Um die Lage zu den Achselgefäßen bildlich zu dokumentieren, wurde auf einer 3D-Rekonstruktion einer lebenden Person ähnlicher Körpergröße die Position der Pfeilspitze markiert und mit jener der Mumie verglichen (*Abb. 10*). Bei der Mumie befindet sich im Bereich des äußeren Randes im linken Schulterblatt ein ovales, leicht unregelmäßiges Loch von gut 2 cm Größe. Das rechte Schulterblatt ist unauffällig. Eine Verletzung der Innenwand des Thorax im Bereich der Pfeilspitze oder Zeichen einer Blutung im Thoraxraum sind nicht nachweisbar.

Ein weiterer dichter Fremdkörper befindet sich in der linken Thoraxhöhle nahe der Hinterwand in Höhe der siebenten Rippe (*Abb. 11,1*). Mit Hilfe der virtuellen

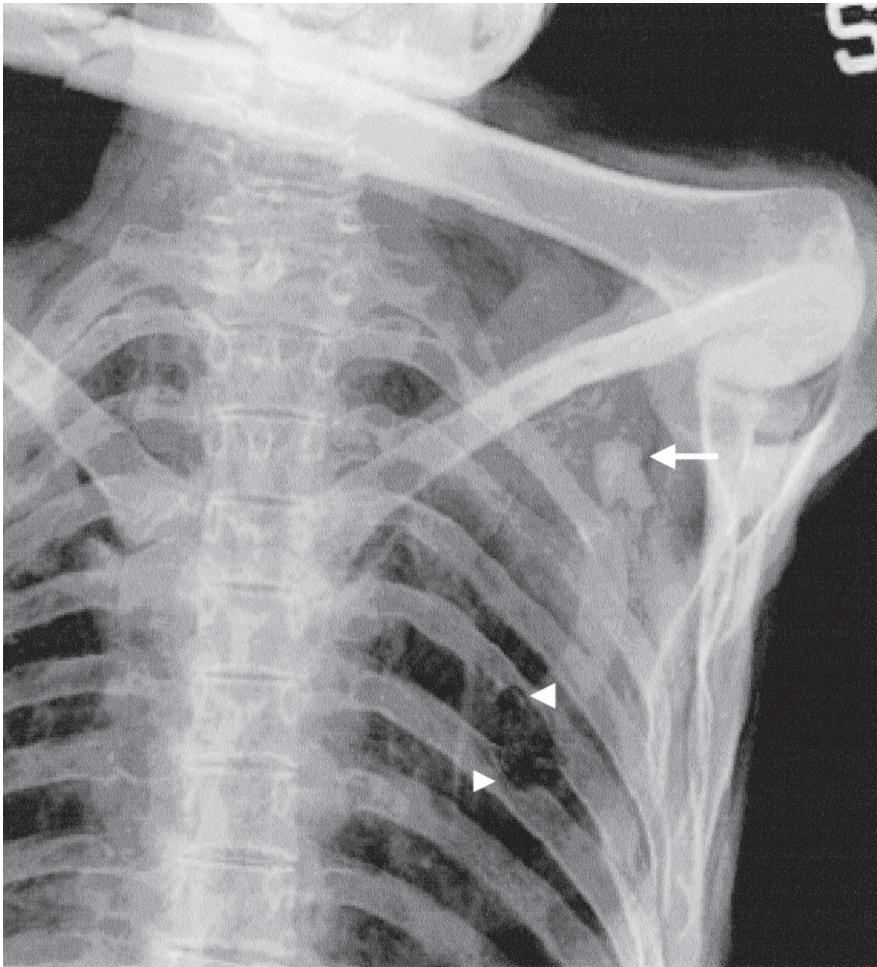


Abb. 8. Auf dem Röntgenbild der linken Schulter der Mumie aus den Öztaler Alpen ist die Pfeilspitze aus Feuerstein deutlich zu erkennen (langer Pfeil). Die randständigen Knochendefekte an der fünften und sechsten Rippe (Dreiecke) sind auf eine Thorakoskopie zurückzuführen.

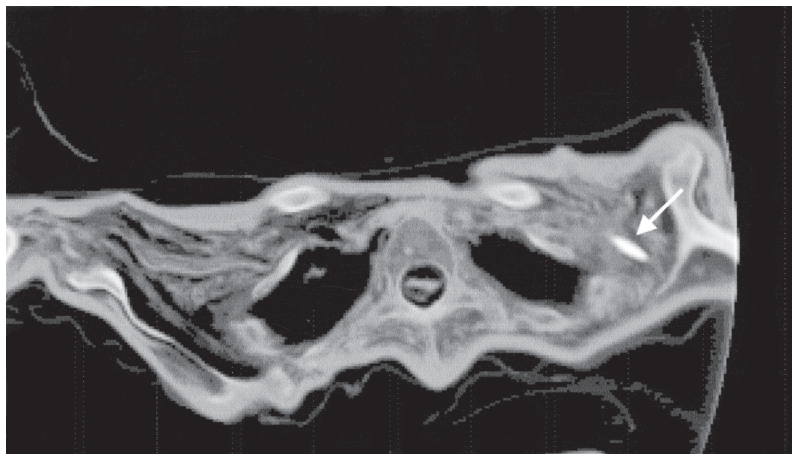


Abb. 9. Im CT ist stellt sich die Pfeilspitze als schattendichter Fremdkörper dar. In Folge einer Blutung (Hämatom) ist das Gewebe um den Fremdkörper wesentlich dichter als jenes der Gegenseite.

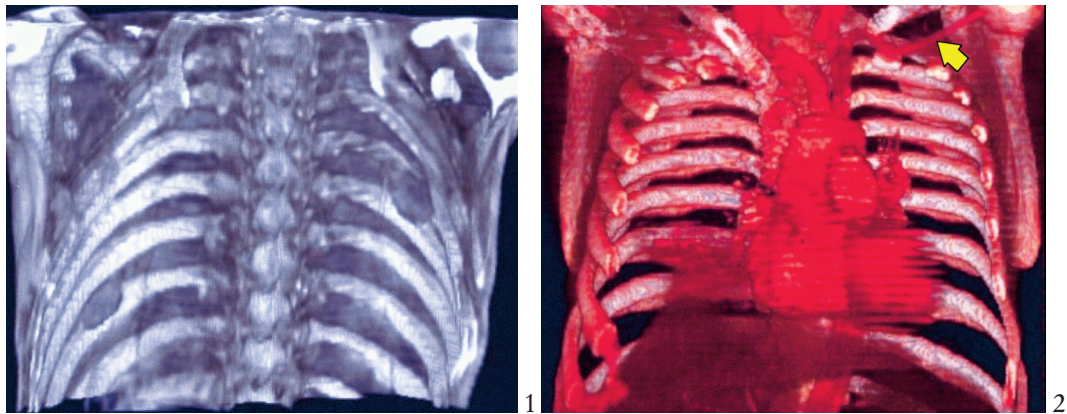


Abb. 10. 1 Dreidimensionale Rekonstruktion des Thorax der Mumie aus den Ötztaler Alpen mit Pfeilspitze. 2 Zum Vergleich eine dreidimensionale Rekonstruktion des Thorax eines Lebenden ähnlicher Körpergröße, auf der das Herz und die großen Gefäße dargestellt sind. Die Lage der Pfeilspitze ist durch den gelben Pfeil markiert.

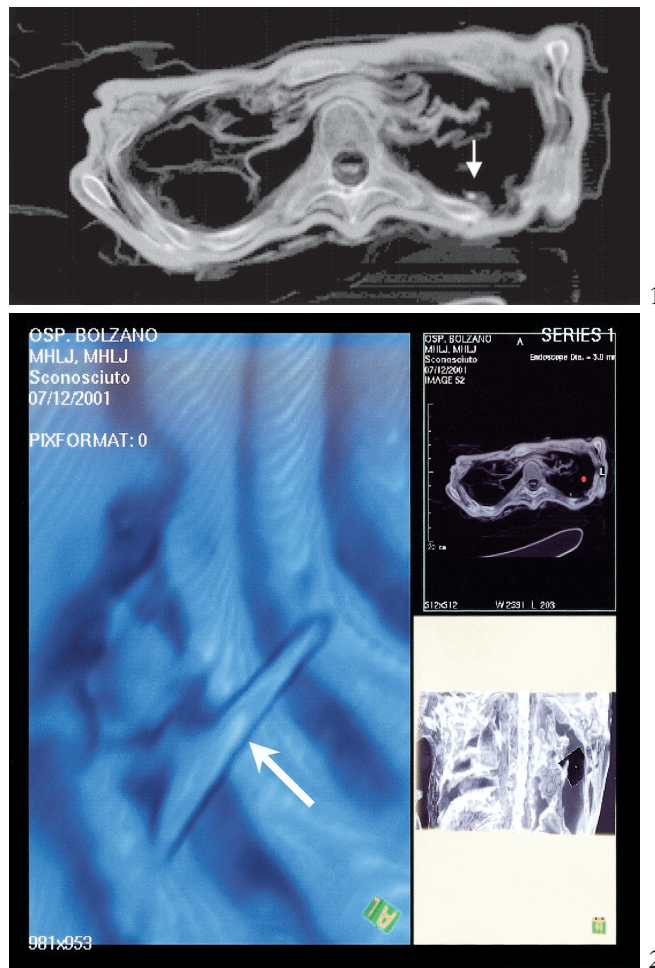


Abb. 11. Computertomographie des Thorax der Mumie aus den Ötztaler Alpen. 1 Die Lungen sind kollabiert. Ein kleiner Fremdkörper lässt sich in der linken Thoraxhöhle nachweisen. 2 Bei der virtuellen Endoskopie der linken Thoraxhöhle stellt sich der Fremdkörper als spannförmiges Gebilde dar.

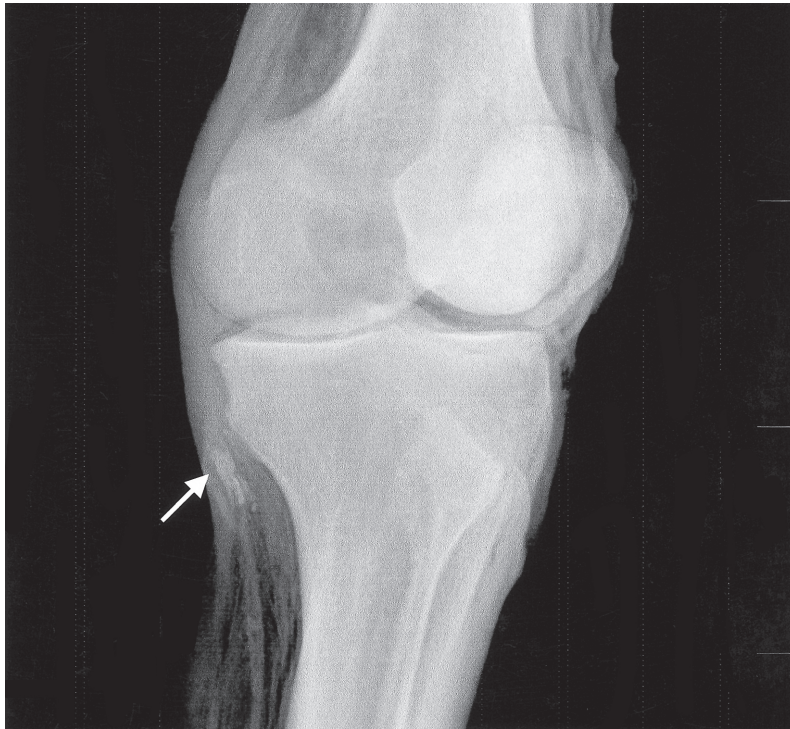


Abb.12. Röntgenaufnahme des linken Kniegelenks der Mumie aus den Öztaler Alpen. In den Weichteilen unter der Haut befindet sich ein inhomogener Fremdkörper.

Endoskopie sieht man, dass es sich um ein etwa 3 cm langes, spanförmiges Gebilde handelt. Eine Reaktion des Rippenfells ist nicht zu beobachten (Abb. 11,2). Wie zu erfahren war, brach während einer vorangegangenen Endoskopie ein Stück des Instrumentariums ab und fiel in den Thoraxraum. Es handelt sich also mit großer Wahrscheinlichkeit um das abgebrochene Fragment aus Titan.

Ein inhomogener, bröckeliger, streifenförmiger, etwa 35 mm langer Fremdkörper lässt sich in den subkutanen Weichteilen an der Innenseite des linken Kniegelenks nachweisen (Abb. 12). Er drang von unten her in den Körper ein, liegt mit der Basis knapp unter der Oberfläche und erreicht mit der Spitze das Schienbein. Eine Weichteilreaktion um den Fremdkörper lässt sich weder am Röntgenbild noch im CT erkennen.

An verschiedenen Stellen, namentlich in der rechten Achselhöhle, in der rechten Hand und am rechten Knie sieht man oberflächlich punktförmige Fremdkörper, bei denen es sich um Sandkörner handelt.

Diskussion

Die Befunde an der Mumie

Die modernen bildgebenden Verfahren der Radiologie eignen sich als schonende Untersuchungsmethoden, mit denen die Mumie im gefrorenen Zustand in sterilem Ambiente untersucht werden kann. Durch die natürliche Mumifizierung kann nicht nur das Skelett hervorragend beurteilt werden, auch Weichteilorgane sind zum Teil noch ab-

grenzbar (ZUR NEDDEN / WICKE 1992). Mit Hilfe von dreidimensionalen und stereolithographischen Rekonstruktionen können anthropologische Messungen und andere Studien durchgeführt werden, ohne die Mumie zu berühren oder sie durch Auftauen zu beschädigen (ZUR NEDDEN / KNAPP / WICKE 1994).

Die Bilder zeigen den Leichnam eines eher kleinen Menschen, dessen Skelett in Form und Struktur mit dem eines heute lebenden Patienten durchaus vergleichbar ist. Die kompakte Knochensubstanz der langen Röhrenknochen ist allerdings etwas dicker und weist höhere Dichtewerte auf. Dies bedeutet, dass der Mann stärkere Knochen als der heutige Mensch hatte. Das Lebensalter wurde an der Universität Stockholm und am anatomischen Institut der Universität Innsbruck mit Hilfe eines Knochenzylinders aus dem linken Oberschenkel bestimmt. Es ergibt sich ein Mittelwert von 46 Jahren (nicht weniger als 40 und nicht mehr als 53 Jahre). Der Mann erreichte für die damalige Zeit also ein relativ hohes Alter, sein physiologisches Alter entspricht dem eines etwa 45-jährigen Menschen von heute. Das Gewicht der Mumie beträgt 13,03 kg. Zu Lebzeiten betrug das Gewicht des Mannes rund 50 kg und die Größe etwa 160 cm (FLECKINGER / STEINER 1999; SPINDLER 1999).

Der Druck des Gletschereises und das Gewicht des eigenen Körpers haben das Gesicht völlig entstellt, während der knöcherne Schädel nur geringe Asymmetrien aufweist. Was die gebrochene Spitze des Nasenbeins anbelangt, so könnten dieselben Kräfte, welche die Nasenweichteile deformierten, auch den Knochen beschädigt haben. Die komplexe Fraktur des rechten Oberkiefers ist bei einer Endoskopie der rechten Kieferhöhle verursacht worden. Dass die Fraktur des Jochbeins an der äußeren Wand der rechten Augenhöhle und alle übrigen atypisch verlaufenden Risse an der Schädelbasis und im Gesichtsschädel allein auf Frostschäden zurückzuführen sind, ist wohl möglich, aber nicht sicher. Fest steht, dass von den Schädelnähten der rechte Schenkel der Lambdanaht und die rechte Naht zwischen Jochbein und Stirnbein am stärksten erweitert und ihre Ränder deutlich verlagert sind. Die verschiedenen chemisch-physikalischen Zersetzungsprozesse in der Hirnsubstanz, welche im CT die Areale mit unterschiedlichen Dichtewerten erzeugen, könnten in Zusammenhang mit Kontusionsherden im Rahmen einer Gehirnerschütterung stehen. In dieses Bild passt auch die verdickte und dunkel verfärbte rechte Wange und Backe. Da der Mann mit einer solchen Verletzung seinen Weg nicht hätte fortsetzen können oder bei einem Kampf unterlegen wäre, bleibt als Erklärung nur ein Sturz auf eine harte Unterlage unmittelbar vor dem Tod.

Erstaunlich ist es, dass Knochen und Gelenke in Anbetracht des Lebensalters einen überraschend guten Gesundheitszustand aufweisen. Nur an der unteren Hals- und Lendenwirbelsäule, am rechten Schultergelenk und am rechten Hüftgelenk sind Anzeichen einer beginnenden Arthrose feststellbar. Dazu kommt ein schadhafter äußerer Meniskus mit entsprechender sekundärer Abnützungerscheinung an den Gelenkflächen am rechten Kniegelenk. Es kann nicht mehr festgestellt werden, ob es sich dabei um eine alte Meniskusverletzung mit den entsprechenden Folgen oder um ein rein degeneratives Geschehen handelt. Für jemanden, der viel unterwegs ist, bedeutet dies auf alle Fälle eine schmerzhaft behindernde. Während die Gefäßverkalkungen im Unterbauch innerhalb der Norm liegen, können jene am Hals und an der Schädelbasis im Vergleich zu heutigen gleichaltrigen Patienten als pathologisch im Sinne einer Arterio-

sklerose bezeichnet werden. Wahrscheinlich war tierisches Fett in der Ernährung des Mannes ein wichtiger Bestandteil und führte früh zu Gefäßverkalkungen.

An der linken Thoraxseite sieht man eine gut verheilte Fraktur der siebten und achten Rippe ohne Hinweis auf eine Blutung im Thoraxraum. Solche Verletzungen treten heutzutage bei leichteren Bergunfällen oder bei Stürzen, etwa von einem Baum, relativ häufig auf. Auch eine Kampfverletzung kann in Betracht gezogen werden, ist aber in dieser Position eher unwahrscheinlich.

Die Weichteile der Mumie sind geschrumpft und haben ihre spezifische Struktur verloren. Sie zeigen alle weitgehend dieselbe Dichte mit Werten im negativen Bereich. Deshalb können viele Organe nur schwierig oder überhaupt nicht mehr abgegrenzt werden. Die negativen Werte sind auf Fettsubstanzen zurückzuführen, die im Rahmen der fettigen Degeneration in organischen Geweben gebildet werden. An zahlreichen Stellen der Leiche ist örtlich in verschiedenem Ausmaß Luft verteilt, vor allem in den Körperhöhlräumen, zwischen den Muskelzügen und Faszien und in einzelnen Gelenken der unteren Extremitäten. Die Luft ist nicht nur während der natürlichen Konservierung in Eis und Schnee, sondern auch bei den wiederholten Auftauvorgängen zu Untersuchungszwecken eingedrungen. Als Eintrittspforte spielten sicher auch die zahlreichen perforierenden Bergungsschäden an der Mumie eine Rolle. Bei wiederholtem Auftauen der Mumie wird sich dieses Bild immer wieder ändern.

Besondere Aufmerksamkeit verdienen die verschieden großen fleckförmigen Zonen vermehrter Strahlentransparenz an einigen gelenksnahen Knochenteilen und im Becken, wo sich bei lebenden Personen zwischen den Knochenbälkchen das rote Knochenmark befindet. Man ist der Meinung, dass hier im Rahmen der Mumifizierung Wasser entlang der physiologischen Kanälchen ausgeflossen und Luft in die feinen Spalten eingedrungen ist (ZUR NEDDEN/WICKE 1992; MURPHY U. A. 2003). Dagegen spricht, dass diese Zonen im Röntgenbild kaum sichtbar sind, im CT jedoch sehr deutlich erscheinen. Sie weisen nicht die Dichtewerte von Luft, sondern von Fettsubstanzen auf; der Luftanteil muss also äußerst gering sein. Weiterhin sind Knochenbälkchen und der untere Rand der rechten Kniescheibe zerstört. Nach dem Tode kann der Kalk im Knochen nur durch Säuren abgebaut werden. Säuren bilden sich in einer Leiche durch Oxydationsprozesse organischer Substanzen. Außerdem gibt es auch säurebildende Bakterien, deren Keime in den Knochen eingeschleust werden und an bestimmten Stellen den Zersetzungsprozess beschleunigen können. Die Konservierungsmethoden (Lagerung bei Gefriertemperatur und hoher Luftfeuchtigkeit) können einen solchen Zerfall zwar stoppen oder zumindest stark verlangsamen (TIEFENBRUNNER 1992; HASELWANDTER/EBNER 1994), aber bei wiederholtem oder längerem Auftauen der Mumie sollte diese Gefahr berücksichtigt werden.

Die Weichteilverletzung an der rechten Handfläche zwischen Daumen und Zeigefinger zeigt eine dunkle Verfärbung der unregelmäßigen Ränder, was nicht für eine Beschädigung durch die Bergung, sondern für eine unverheilte Verletzung kurz vor dem Tode spricht (NERLICH U. A. 2003). Demzufolge ist auch die entsprechende Knochenverletzung am zweiten Mittelhandknochen rechts als ein zu Lebzeiten erlittenes Trauma einzustufen und muss bei einer Rekonstruktion der letzten Stunden des Mannes berücksichtigt werden.

Der Fremdkörper an der Innenseite des linken Knies weist Dichtewerte um 1200 HE auf. Dies könnte einem Knochen-, Horn- oder dünnem Steinfragment entsprechen. Holz und Metall sind auszuschließen. An der entsprechenden Stelle lässt sich in der Haut eine unverheilte, etwa 3 cm lange Wunde ohne Zeichen vitaler Reaktionen nachweisen. Dies spricht für eine Bergungsverletzung, bei der Fremdkörper in die Weichteile gelangten, und nicht für eine Stichverletzung kurz vor dem Tode.

Wer war der Mann aus dem Eis?

Woher kam der Mann, wer war er, was waren seine Lebensgewohnheiten, wie war seine gesellschaftliche Stellung, was geschah unmittelbar vor seinem Tod? Diesen Fragen wurde mit großem Interesse nachgegangen (SPINDLER U. A. 1995; SPINDLER 1999; ZUR NEDDEN U. A. 1994).

Wo sich der Mann kurz vor seinem Tod aufhielt und wohin er unterwegs war, ist bereits weitgehend geklärt. Die am Institut für Botanik der Universität Innsbruck durchgeführten Untersuchungen des Darminhaltes belegen mit ziemlicher Sicherheit, dass er sich zwölf Stunden vor seinem Tode südlich des Alpenhauptkammes aufgehalten hatte (OEGGL/SCHOCH 1995), also das Hauslabjoch in Richtung Norden überqueren wollte. Dafür spricht auch die Form der gestielten Pfeilspitze (*Abb. 13*), die in der linken Schulter der Mumie steckt. Solche Pfeilspitzen aus Feuerstein wurden z. B. im Gräberfeld von Remedello bei Brescia gefunden und vorwiegend südlich des Alpenhauptkammes verwendet. Auch die zwei Pfeilspitzen im Köcher des Eismannes besitzen dieselbe gestielte Form. Die nördlich des Alpenhauptkammes gefundenen Pfeilspitzen weisen hingegen in der Regel keinen Stiel, sondern eine Einkerbung an der Basis auf (BAGOLINI/PEDROTTI 1992). Deshalb kann man annehmen, dass sowohl der Bogenschütze als auch das Opfer am Südhang der Alpen beheimatet waren oder sich zumindest für längere Zeit dort aufgehalten hatten.

War der Mann ein Bauer, Viehhirte, Jäger, Anführer oder ein unerwünschter Fremder? Welches Leben führte er und welche Stellung nahm er in der damaligen Gesellschaft ein? Kleidung, Ausrüstungsgegenstände und Nahrungsvorräte, die der Mann bei sich trug, und die Tätowierung der Haut geben Einblick in seine Lebensgewohnheiten und erweitern gleichzeitig die dürftigen Kenntnisse über jungsteinzeitliche Kulturen des mittleren Alpenbogens (GOEDECKER-CIOLEK 1992; SPINDLER 1999).

Dank des ausgezeichneten Zustands der Mumie können die vorliegenden Röntgenuntersuchungen für die Beantwortung dieser Fragen wertvolle Informationen liefern. Wenn auch bis jetzt statistische Vergleiche mit gleichaltrigen Bewohnern jener Gegend fehlen, so kann immerhin auf Grund der Erfahrung mit heutigen Patienten aus den Alpentälern festgestellt werden, dass im Vergleich zu diesen die Abnützungserscheinungen der Gelenke und der Wirbelsäule der Mumie auffallend gering sind. Es ist deshalb anzunehmen, dass der Mann entweder keinen Ackerbau und keine Viehzucht in steilem Gelände betrieb oder dass die damaligen Arbeitsmethoden und Lebensgewohnheiten sich von denen der heutigen Bergbauern grundsätzlich unterschieden. Manche Autoren vermuten, dass die Ausrüstung, vor allem das Kupferbeil, auf eine höhere gesellschaftliche Stellung hinweist und der Mann keine schwere körperliche Arbeit ver-

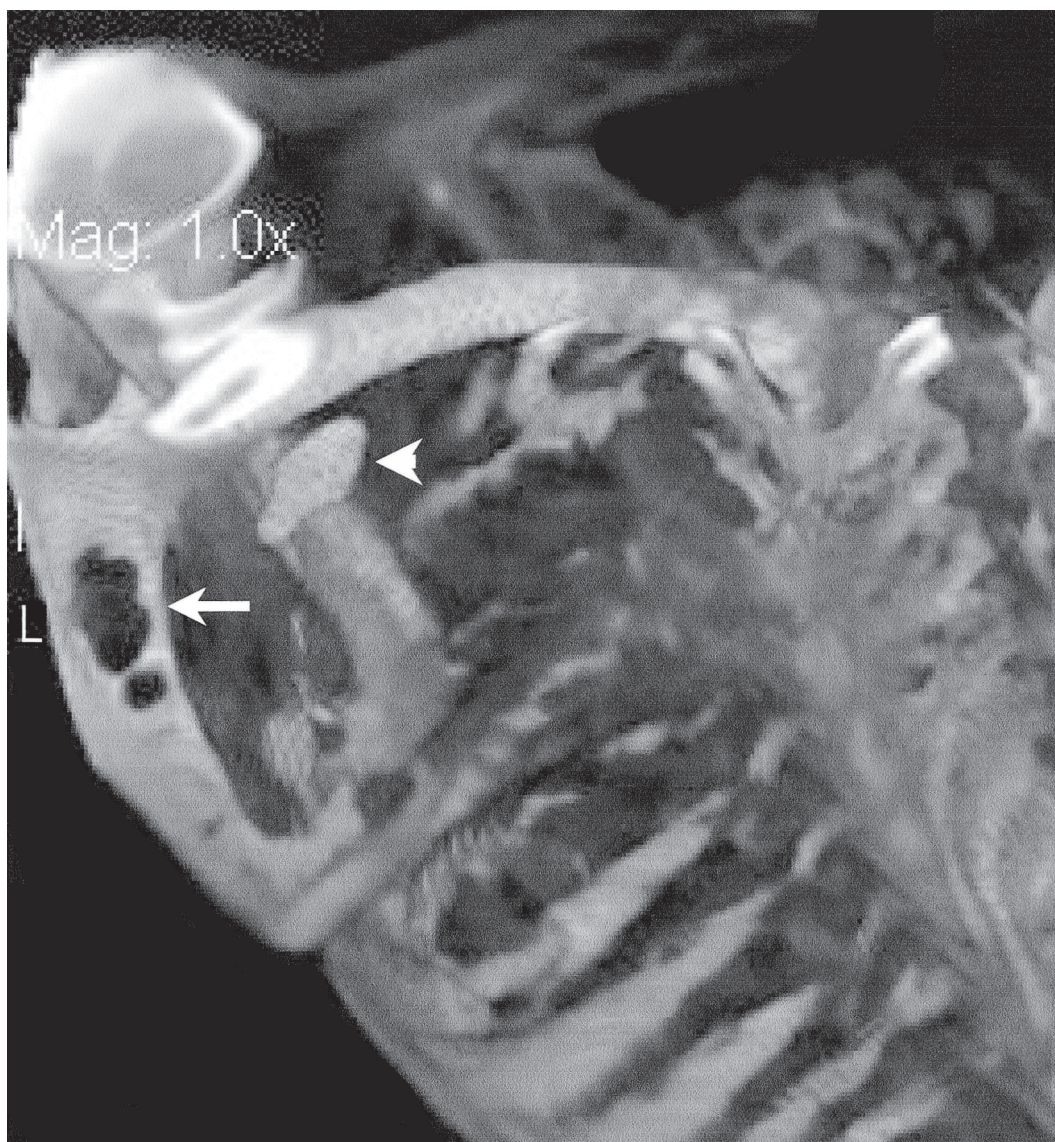


Abb. 13. Dreidimensionale Rekonstruktion der linken Schulter der Mumie aus den Ötztaler Alpen. Pfeilspitze (kurzer Pfeil) und Knochendefekt im linken Schulterblatt (langer Pfeil) liegen in der Schussrichtung.

richten musste; von anderen wird dies hingegen bestritten (SPINDLER 1999). Die stark betonten Muskelansätze an den unteren Extremitäten lassen immerhin darauf schließen, dass er in den Bergen beheimatet oder dort zumindest viel unterwegs war. Es sei an dieser Stelle jedoch erwähnt, dass Hände und Füße des Toten wohlgeformt und ohne Schwielen sind und dass auch radiologisch kein Hinweis auf eine besondere Belastung von Hand- und Fußgelenken besteht. Die These des Viehhirten, der seine Herde über das Joch trieb, ist daher unwahrscheinlich. Die ältesten Dokumente, die von Weidrechten und von Viehtrieb sprechen, gehen auf das 13. Jahrhundert n. Chr. zurück (WERNER 1969). Wenn auch nachgewiesen wurde, dass bereits vor 5000 Jahren und mehr in diesen Gegenden Almwirtschaft betrieben wurde (SPINDLER 1999), bleibt es zumin-

dest sehr fraglich, ob damals schon aus Futtermangel die Notwendigkeit bestand, Schafe und Ziegen über die hohe Bergkette nach Norden zu führen und dabei Gefahren auszusetzen, die wegen der Raubtiere und der mangelhaften Ausrüstung größer waren als heute. Einen bereits zu Urzeiten begangenen Pfad über das Tisenjoch und das nahe gelegene Hauslabjoch gibt es nicht mehr, vielleicht waren es nur Trampelpfade von Rotwildherden. Das Gelände ist sehr steil, der Felsen brüchig und es besteht akute Steinschlaggefahr. Nur jemand, der gute Ortskenntnis und sehr triftige Gründe hatte, wagte sich mit der damaligen Ausrüstung in solche Höhen oder unternahm eine Alpenüberquerung.

Sollte der Mann aus dem Eis dennoch ein Viehhirte gewesen sein, so hat er seine Herden sicher am Südhang der Alpen geweidet. Der Röntgenbefund ist aber nicht mit dem eines gleichaltrigen Hirten von heute in Einklang zu bringen. Das Leben des Almhirten ist heute noch recht beschwerlich. Nach zwei- bis maximal dreimonatiger Tätigkeit im Hochgebirge muss er sich den Lebensunterhalt als Bauer, Knecht oder Tagelöhner verdienen. Vieles spricht also dafür, dass der Mann aus dem Eis so wie viele seiner Vorfahren noch als Sammler und Jäger unterwegs war, als ein freier Mann ohne festen Wohnort.

Die Todesursache

Durch die Entdeckung einer Pfeilspitze in der linken Schulter konnte die Todesursache des Mannes weitgehend abgeklärt werden (GOSTNER/EGARTER VIGL 2002). Die Richtung der Pfeilspitze zeigt von links hinten unten nach rechts vorne oben. Der Schütze hat also aus einer tieferen Position von hinten links den Pfeil abgeschossen. Dieser durchschlug das linke Schulterblatt, in dem der Knochendefekt in der Schussrichtung nachweisbar ist (*Abb. 13*). Durch den Schuss und durch das Herausziehen des Pfeils wurden die großen Gefäße an der linken Thoraxspitze verletzt. Es kam zu einer starken Blutung und zur Bildung eines Hämatoms, das im Röntgenbild nachweisbar ist. Die Verletzung war nicht sofort tödlich. Körperliche Anstrengung führten zusammen mit Blutverlust und Schmerzen zur Erschöpfung, so dass der Mann im Hochgebirge liegen blieb, dort der Kälte hilflos ausgesetzt war und schließlich starb.

Durch die schmerzhafte Verwundung am Rücken werden die Sterbeposition in Bauchlage und die unnatürliche Lage des linken Armes, der nach rechts hochgeschlagen ist, verständlich. Nach K. Spindler entspricht die Auffindungslage der Mumie weitgehend der Sterbeposition. Es ist anzunehmen, dass der Verletzte versucht hat, mit der rechten Hand den Pfeil herauszuziehen, was ihm offensichtlich auch gelungen ist. Dabei blieb die Pfeilspitze stecken. Nach der Entfernung des Pfeilschaftes kam es sicherlich zu einer starken Blutung nach außen, die ohne Hilfe einer zweiten Person nicht beherrscht werden konnte. Der Blutverlust wurde geringer, als der Mann den linken Arm möglichst nach rechts geschlagen hielt. Er wird versucht haben, diese Armposition bis zum Tode beizubehalten. Tatsächlich wird durch diese Bewegung das Schulterblatt seitlich verschoben, und der intakte Teil des Knochenblatts schiebt sich wie ein Riegel quer zum Schusskanal. Für diese Hypothese spricht auch, dass sich ein großes Hämatom in den Weichteilen unter dem Schlüsselbein sowie zwischen Thoraxwand und Schulterblatt bildete.

Die letzten Ereignisse

Es wird wohl nie eindeutig zu ergründen sein, was sich kurz vor dem Tod des Mannes aus dem Eis zugetragen hat und warum er im unwirtlichen Hochgebirge ums Leben kam. Vor allem Archäologen, Gerichtsmediziner und Glaziologen gingen diesen Fragen nach und kamen zu gut vorstellbaren Ergebnissen. Zunächst schien es am wahrscheinlichsten, dass der Unbekannte den Tod durch Erfrieren starb (AMBACH/TRIBUTSCH/HENN 1991; BAHN/EVERETT 1993; SPINDLER 1999), was im Gebirge leider auch heute noch keine Seltenheit ist. Die bei den Röntgenuntersuchungen entdeckte Pfeilspitze in der linken Schulter und die unverheilte Einschussstelle auf dem Rücken beweisen jetzt, dass der Mann keines natürlichen Todes oder allein durch Erschöpfung und Kälte starb, sondern einer schweren Verwundung erlag (GOSTNER/EGARTER VIGL 2002). Wie können aber die Todesumstände erklärt werden, dass der Mann auf einem der höchsten Alpenübergänge starb, eine vollständige Ausrüstung samt Kupferbeil und Steindolch mit sich führte, sein Bogen nicht gespannt, zwölf seiner Pfeile unfertig und somit nicht einsatzbereit waren? Nur zwei Pfeile waren schussbereit, aber gebrochen. Sicher waren die letzten Stunden des Mannes sehr dramatisch und können auf Grund der derzeitigen Kenntnisse bestenfalls fragmentarisch und nur mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit rekonstruiert werden.

Wie bereits erwähnt, kann man davon ausgehen, dass der Mann vom Schnalstal in Richtung Norden unterwegs und dabei offensichtlich im Begriff war, seine Wehrhaftigkeit wieder herzustellen, indem er die zwei schussfertigen Pfeile in seinem Köcher mit zwölf weiteren ergänzte. Er fühlte sich in Sicherheit, da er seinen Bogen nicht gespannt hatte, sondern die dazugehörige Sehne in seiner Tasche trug. Völlig überraschend wurde er von hinten mit einem Pfeil angeschossen. Wie man aus dem Verletzungsmuster und den Röntgenbildern ableiten kann, war der Schuss nicht unmittelbar tödlich, denn eine Beeinträchtigung eines lebenswichtigen Organs konnte nicht nachgewiesen werden.

Eine frische Schnitt- oder Hiebverletzung an der rechten Hand lässt darauf schließen, dass es auch zu einem Nahkampf gekommen sein muss, bei dem der Mann aus dem Eis seinen Gegner tötete, kampfunfähig machte oder zumindest in die Flucht schlug. Dass er allein gegen mehrere Feinde bestehen konnte, ist wenig wahrscheinlich. Das Verletzungsmuster an der rechten Hand – forensisch-pathologisch gesehen eine typische Abwehrverletzung – kann man als Abwehrreaktion auf einen Messerstich deuten, während die Linke, obwohl durch die Pfeilverletzung geschwächt, das Kupferbeil als wirksame Waffe führte. Gewebeuntersuchungen an Proben aus der Schnittverletzung der Hand mit histochemischem Nachweis von Blutpigment (Hämosiderin) erlauben eine zeitliche Einordnung dieser Ereignisse. Die Umwandlung von Hämoglobin in Hämosiderin dauert mindestens 24 Stunden, also muss der Kampf zumindest um diese Zeitspanne vor dem Tode stattgefunden haben.

Geht man davon aus, dass die beiden Verletzungen, Pfeilschuss und Schnittwunde an der Hand, gleichzeitig oder zeitlich nur knapp versetzt erfolgt sind, hat der Mann die Pfeilschussverletzung zumindest um einen Tag überlebt, was mit der Feststellung übereinstimmt, dass kein lebenswichtiges Organ getroffen wurde.

Hätte der Mann aus dem Eis seinen Gegner nicht überwältigt oder in die Flucht geschlagen, hätte er schwerverletzt seinen Weg nicht mehr mit seiner ganzen Ausrüstung fortsetzen können. Diese Überlegung wirft die Frage auf, wo die Auseinandersetzung stattgefunden haben könnte. An der Fundstelle auf der Passhöhe gab es keinen eindeutigen Hinweis auf einen Kampf, allerdings könnte man die im Umkreis von ca. 5 m verstreuten Ausrüstungsgegenstände in zweierlei Weise deuten: entweder als Zeichen der Erschöpfung nach Erreichen der Passhöhe oder auch als Ausdruck größter Eile und Hast eines Verfolgten bzw. eines in einen Kampf Verwickelten. Der Umstand, dass sich der Mann auf einen rundlich abgeflachten Stein innerhalb einer schützenden Felsrinne legte und seine Grasmatte als schützende Unterlage benützte, spricht eher dafür, dass er diese Stelle bewusst zur Rast ausgesucht hatte, als dass er aus Erschöpfung und Schmerz halb von Sinnen hinfiel.

Bis zur endgültigen Klärung der Auswirkungen der Pfeilschussverletzung und der radiologisch diagnostizierten Schädel-Hirn-Veränderungen muss unter Berücksichtigung aller radiologischer, forensisch-pathologischer, anthropologischer, archäologischer, geographischer und klimatischer Daten als plausibelste Todesart ein Erschöpfungstod bei Blutverlust, Unterkühlung, Unterzucker, Schmerz und vielleicht Fieber angenommen werden.

Die immer wieder vertretene Meinung, der Mann aus dem Eis sei den Opfertod gestorben oder gar als Leiche aus dem Tal auf die Passhöhe getragen worden, um im Tode den Göttern näher zu sein, entbehrt jeder naturwissenschaftlichen, aber auch radiologischen und historischen Grundlage.

Offen bleiben beim aktuellen Kenntnisstand die Fragen nach dem Warum der verschiedenen Pfeilarten im Köcher des Mannes aus dem Eis, nach dem genauen Wegverlauf zum Tisenjoch und nach der exakten Chronologie der Ereignisse. Ob je eine Antwort auf diese Fragen gefunden wird, bleibt angesichts der großen zeitlichen Distanz zwischen uns und dem Mann aus dem Eis und der spärlichen verfügbaren Fakten ungewiss.

Literaturverzeichnis

AMBACH/TRIBUTSCH/HENN 1991

E. AMBACH/W. TRIBUTSCH/R. HENN, Fatal Accidents on Glaciers: Forensic, Criminological and Glaciological Conclusions. *Journal Forensic Sciences* 36, 1991, 1469–1473.

BAGOLINI/PEDROTTI 1992

B. BAGOLINI/A. PEDROTTI, Vorgeschichtliche Höhlenfunde im Trentino – Südtirol und im Dolomitenraum vom Spätpaläolithikum bis zu den Anfängen der Metallurgie. In: HÖPFEL/PLATZER/SPINDLER 1992, 359–377.

BAHN/EVERETT 1993

P. BAHN/K. EVERETT, Iceman in the Cold Light of Day. *Nature* 362, 1993, 11 f.

DORFER U.A. 1999

L. DORFER/M. MOSER/F. BAHR/K. SPINDLER/E. EGARTER VIGL/S. GUILLEN/G. DOHR/T. KENNER, A medical report from the stone age. *Lancet* 354, 1999, 1023–1025.

FLECKINGER/STEINER 1999

A. FLECKINGER/H. STEINER, Faszination Jungsteinzeit. *Der Mann aus dem Eis* (Bozen 1999).

FOWLER 1999

B. FOWLER, Der Mann aus dem Eis und die Rolle der Medizin. In: Die Gletschermumie aus der Kupferzeit. Schr. Südtiroler Archäologiemus. (Wien, Bozen 1999) 31–38.

FOWLER 2000

DIES., Uncovering the life and times of a prehistoric man found in an Alpine glacier (New York 2000).

GLEIRSCHER 1993

P. GLEIRSCHER, Zum frühen Siedlungsbild im oberen und mittleren Vinschgau mit Einschluss des Münstertales. In: R. Loose (Hrsg.), Der Vinschgau und seine Nachbarräume (Bozen 1993) 35–50.

GOEDECKER-CIOLEK 1992

R. GOEDECKER-CIOLEK, Zur Herstellungstechnik von Kleidung und Ausrüstungsgegenständen. In: M. Egg/K. Spindler, Die Gletschermumie vom Ende der Steinzeit aus den Ötztaler Alpen. Jahrb. RGZM 39, 1992 (1993) 100–113.

GOSTNER/EGARTER VIGL 2002

P. GOSTNER/E. EGARTER VIGL, Report of Radiological-Forensic Findings on the Iceman. Journal Arch. Science 29, 2002, 323–326.

GUNKEL U. A. 1997

A. R. GUNKEL/W. FREYSINGER/W. F. THUMFART/M. J. TRUPPE/O. GABER/K. H. KÜNZEL/W. PLATZER/F. TIEFENBRUNNER, Otorhinolaryngologic Computer-Assisted Biopsies of the Iceman. Archives of Otolaryngology-Head & Neck Surgery 123, 1997, 253–256.

HASSELWANDTER/EBNER 1994

K. HASSELWANDTER/M. R. EBNER, Microorganisms surviving for 5300 years. In: Federation of European Microbiological Societies, Microbiology Letters 116, 1994, 189–193.

HÖPFEL/PLATZER/SPINDLER 1992

F. HÖPFEL/W. PLATZER/K. SPINDLER (Hrsg.), Der Mann im Eis 1. Bericht über das Internationale Symposium 1992 in Innsbruck (Innsbruck 1992).

MURPHY U. A. 2003

W. A. MURPHY/D. ZUR NEDDEN/P. GOSTNER/R. KNAPP/W. RECHEIS/H. SEIDLER, The Iceman: Discovery and Imaging. Radiology 226, 2003, 614–629.

ZUR NEDDEN 1994

D. ZUR NEDDEN, Der Mann im Eis – Eine Herausforderung an die moderne Radiologie. In: H. Pfusterschmid-Hardenstein (Hrsg.), Was ist der Mensch? Menschenbilder im Wandel. Europäisches Forum Alpbach 1993 (Wien 1994) 401–416.

ZUR NEDDEN/KNAPP/WICKE 1994

D. ZUR NEDDEN/R. KNAPP/K. WICKE, Skull of a 5300-year-old mummy: reproduction and investigation with CT-guided stereolithography. Radiology 193, 1994, 269–272.

ZUR NEDDEN/WICKE 1992

D. ZUR NEDDEN/K. WICKE, Der Eismann aus der Sicht der radiologischen und computertomographischen Daten In: HÖPFEL/PLATZER/SPINDLER 1992, 131–148.

ZUR NEDDEN U. A. 1994

D. ZUR NEDDEN/K. WICKE/R. KNAPP/H. SEIDLER/H. WILFING/G. WEBER/K. SPINDLER/W. A. MURPHY/G. HAUSER/W. PLATZER, New Findings on the Tyrolean "Ice Man": Archaeological and CT-Body Analysis Suggest Personal Disaster Before Death. Journal Arch. Science 21, 1994, 809–818.

NERLICH U. A. 2003

A. G. NERLICH/B. BACHMEIER/A. ZINK/S. THALHAMMER/E. EGARTER VIGL, Ötzi had a wound on his right hand. Lancet 362, 2003, 334.

OEGGL/SCHOCH 1995

K. OEGGL/W. SCHOCH, Neolithic plant remains discovered together with a mummified corpse ("Homo tyrolensis") in the Tyrolean Alps. In: H. Kroll/R. Pasternak (Hrsg.), Res archaeobotanicae. International Workgroup for Palaeoethnobotany. Proceedings of the 9th Symposium Kiel 1992 (Kiel 1995) 229–238.

SEIDLER U. A. 1992

H. SEIDLER/W. BERNHARD/M. TESCHLER NICOLA/W. PLATZER/D. ZUR NEDDEN/R. HENN/A. OBERHAUSER/T. SJÖVOLD, Some Anthropological Aspects of the Prehistoric Tyrolean Iceman. *Science* 258, 1992, 455–457.

SJÖVOLD 1992

T. SJÖVOLD, The Stone Age Iceman from the Alps – The Find and the Current Status of Investigation. *Evolutionary Anthropology* 1, 1992, 117–124.

SPINDLER 1999

K. SPINDLER, *Der Mann im Eis* (München 1999).

SPINDLER U. A. 1995

K. SPINDLER/E. RASTBICHLER-ZISSERNIG/H. WILFING/D. ZUR NEDDEN/H. NOTHDURFTER (Hrsg.), *Der Mann im Eis 2. Neue Funde und Ergebnisse* (Wien, New York 1995).

TIEFENBRUNNER 1992

F. TIEFENBRUNNER, Bakterien und Pilze, ein Problem für unseren ältesten Tiroler? In: HÖPFEL/PLATZER/SPINDLER 1992, 100–107.

WERNER 1969

K. H. WERNER, *Die Almwirtschaft des Schnalstaes unter Einbeziehung der Herdenwanderungen ins innerste Ötztal* (Innsbruck 1969).

Zusammenfassung: Der Mann aus dem Eis. Eine paläoradiologisch-forensische Studie zehn Jahre nach der Auffindung der Mumie

An einer Gletschermumie aus der späten Jungsteinzeit wurden zehn Jahre nach ihrer Auffindung vom Institut für Radiodiagnostik des Krankenhauses Bozen mehrere Röntgenuntersuchungen durchgeführt. Das gewonnene Bildmaterial wurde nach folgenden Kriterien analysiert: Skelettanomalien, krankhafte Veränderungen an Knochen und Gelenken, Knochenverletzungen, durch Frost und Eis bedingte Schäden an der Mumie, Veränderungen an den Weichteilen, Zerfallserscheinungen und Fremdkörper. Die radiologisch nachweisbaren Schäden und Veränderungen wurden nach gezielter Inspektion der Mumie auch aus forensischer Sicht ausgewertet. Die Röntgenbilder können zur Kontrolle des Konservierungszustandes der Mumie dienen. An Hand der Befunde werden noch ungeklärte Fragen diskutiert.

Abstract: The Iceman. A Palaeoradiological-Forensic Study Ten Years After the Discovery of the Mummy

Ten years after its discovery, several X-ray studies were carried out on a glacier mummy of the late Neolithic period by the Institute for Radiodiagnostik of the Bozen Hospital. The images obtained were analyzed according to the following criteria: skeletal anomalies, pathological changes in bones and joints, bone injuries, damage caused to the mummy by frost and ice, changes in the soft parts, signs of decomposition, and foreign bodies. The radiologically demonstrable damage and changes were, through focused inspection of the mummy, also evaluated from the forensic perspective. The X-rays can also be used to monitor the mummy's state of preservation. Still-unresolved questions are discussed with reference to the evidence.

C. M.-S.

Résumé: L'homme des glaces. Etude paléo-radiologique et médico-légale dix ans après la découverte de la momie

Dix ans après sa découverte, la momie du glacier datée du Néolithique final a subi une série d'examen radiologiques à l'Institut für Radiodiagnostik de l'hôpital de Bozen. Les radiographies ont été analysées sur la base de différents critères: anomalies du squelette, modifi-

cations dégénératives des os et des articulations, fractures, dommages causés à la momie par le gel et la glace, transformation des parties molles, indices de dégradation et présence de corps étrangers. Les dommages et transformations visibles à la radiographie ont également été exploités d'un point de vue médico-légal après une inspection minutieuse de la momie. Les radiographies peuvent servir à contrôler l'état de conservation de la momie. A la lumière des découvertes, des questions pour l'instant encore irrésolues sont discutées dans cet article.

S. B.

Anschriften der Verfasser:

Paul Gostner
St. Johann Gasse 11
I-39100 Bozen
E-Mail: pgostner@rolmail.net

Eduard Egarter Vigl
Allgemeines Regionalkrankenhaus Bozen
Pathologisches Institut
Lorenz Böhlerstraße 5
I-39100 Bozen

Ulf Reinstadler
Allgemeines Regionalkrankenhaus Bozen
Abteilung für Radiodiagnostik
Lorenz Böhlerstraße 5
I-39100 Bozen

Abbildungsnachweis:

Abb. 1: mit freundlicher Genehmigung des Südtiroler Archäologiemuseums. – *Abb. 2–13:* Fotos M. Samadelli.