

Zeiten oder die Tierhaltung klimatisch bedingt ineffektiv war. Bei dieser Hypothese gilt die Prämisse, dass die Menschen, deren Knochen analysiert wurden, tatsächlich im Gebiet um den Burgäschisee lebten. Eine Temperaturrekonstruktion für Zentraleuropa anhand von Pollendaten zeigt zwischen 5000 und 1000 v. Chr. ein im Vergleich zu vorindustriellen Perioden wärmeres Klima (Mauri *et al.*, 2015). Die mittlere Sonneneinstrahlung nimmt jedoch im Verlauf des Holozäns allmählich ab (Wanner *et al.*, 2008). Der Zeitraum zwischen 4000 und 2000 v. Chr. ist geprägt durch wiederholte Kältephasen, die anhand von Schwankungen der solaren Irradianz angenommen werden (vgl. Steinhilber, Beer und Fröhlich, 2009; Sirocko, 2015). Die Rekonstruktion der Häufigkeit von Gletschervorstössen im Holozän bestätigt solche Kaltphasen und diese Methodik erlaubt auch lokale Dynamiken zu fassen. So zeigen sich in der Schweiz um ca. 3800 v. Chr. nachweisbare Gletscherrückgänge, was für den Zeitraum unserer menschlichen Überreste eine Warmphase impliziert. In diesem Fall wäre die Hypothese zur ineffektiven Tierhaltung aufgrund einer kalten Klimaphase unwahrscheinlich, zumal vielmehr Faktoren wie Trockenheit und Humidität einen Einfluss auf die Viehwirtschaft haben (Doppler, 2013). Zudem ist der Zusammenhang zwischen kurzfristigen Klimaschwankungen und deren Auswirkung auf prähistorische Subsistenzstrategien weitgehend ungeklärt. Markantere Gletschervorstöße zeigen sich um ca. 2800–2600 v. Chr., wobei sich die Gletscher ab 2700 v. Chr. stabilisieren, was auf eine längerfristige Abkühlung des Klimas hinweist (Solomina *et al.*, 2015).

Gegen die chronologische oder die Domestikationshypothese und für eine klimatische Argumentation hingegen spräche, dass im noch jüngeren Spreitenbach, dass mit einer Datierung um 2500 v. Chr. in eine kältere Phase fällt, noch niedrigere $\delta^{15}\text{N}$ -Werte zu sehen sind als in Burgäschisee. Um ein dezidierteres Bild der Ernährungsweise der Bevölkerung vom Burgäschisee zu bekommen, wären sowohl Analysen weiterer Individuen dieser Population als auch Analysen von Tierknochen aus gesichertem archäologischem Kontext notwendig.

5.5 Histotaphonomische Untersuchung von zwei Menschenknochen aus Aeschi SO, Burgäschisee-Nord

David Brönnimann, Marco Hostettler

5.5.1 Einleitung

Bei den beiden histotaphonomisch untersuchten Knochen BAS 1 und BAS 2 aus der Fundstelle Aeschi SO, Burgäschisee-Nord handelt es sich um ein menschliches Femurfragment (BAS 1) und um ein Scapulafragment (BAS 2; siehe auch Kap 5.4) BAS 1 stammt aus der älteren Phase von Schnitt 1 (archäologisch zwischen 3830 und 3780 v. Chr. datiert) und wurde aus der entsprechenden Kulturschicht geborgen (Tab. 5.23). Es zeigt keine Spuren postmortaler Manipulationen (Schnitt- oder Hackspuren, Tierverschiss etc.). BAS 2 hingegen weist mögliche Schnittspuren auf (vgl. Kap. 5.4). Das Scapulafragment stammt aus Schnitt 9 und ist mit Keramik aus dem 37. Jahrhundert v. Chr. assoziiert, wobei der Befund in jüngerer Zeit gestört wurde (vgl. Kap. 3.1.1.5). Die Radiokarbondatierung ergab eine Zeitspanne von 3340–3096 cal BC (Tab. 5.23), was eine Vermischung von Fundmaterial unterschiedlichen Alters nahelegt. Die beiden histotaphonomisch untersuchten Knochen datieren damit in zwei unterschiedliche Zeithorizonte und weisen verschiedene Fundkontexte auf.

Die Histotaphonomie untersucht postmortale Veränderungen in Tier- und Menschenknochen, die durch physikalische, chemische und biologische Prozesse verursacht werden (Jans, 2008; Hollund *et al.*, 2012; Madgwick, 2014; Kendall *et al.*, 2018). Dabei spielen nicht nur äussere Faktoren (Sediment, Bodenfeuchtigkeit etc.), sondern auch die (Toten-) Behandlung des Individuums kurz vor und nach dem Tod eine entscheidende Rolle. So sind beim Fäulnisprozess körpereigene (Darm-)

Probe	Fragm.	Schnitt	Radiokarbondatierung	Manipulationen	BAI	WTI	CAI	COI
BAS 1	Femur	1	BE-13189.1.1: 5027 ± 19 PB kalibriertes Alter (cal. 2σ): 3946–3712 cal BC	keine	5	5	5	2
BAS 2	Scapula	9	BE-13190.1.1: 4489 ± 19 PB kalibriertes Alter (cal. 2σ): 3340–3096 cal BC	mögliche Schnittspuren	5	5	5	3

Tab. 5.23: Aeschi SO, Burgäschisee-Nord. Histotaphonomische Resultate der beiden Knochenfragmente BAS 1 und BAS 2. BAI = Bacterial Attack Index; WTI = Wedl Tunnel Index; CAI = Cyanobacterial Index; COI = Collagen Index. Nach Brönnimann *et al.*, 2018.

Bakterien involviert, die sich kurz nach dem Tod im gesamten Körper und dabei auch in den Knochen ausbreiten können. Dabei zerstören sie die Mikrostruktur desselben (Jans, 2005; Booth, 2016; Brönnimann *et al.*, 2018). Diese mikrobielle Aktivität kann unter dem Mikroskop identifiziert und anhand des sog. *Bacterial Attack Index* (kurz BAI) quantifiziert werden (Brönnimann *et al.*, 2018). Dabei hängt die Intensität des Bakterienbefalls mit dem Zersetzungs- und dabei insbesondere mit dem Fäulnisprozess zusammen. Wird dieser zum Beispiel durch eine künstliche Mumifizierung (Einbalsamieren, Räuchern, Entnehmen der inneren Organe etc.) oder natürliche Mumifizierung (Einfrieren, Austrocknen etc.) verzögert oder aufgehalten, so ist der Bakterienbefall im Knochen gering oder gar nicht festzustellen (Booth, Chamberlain und Pearson, 2015; Booth, 2016). Das gleiche geschieht, wenn Körperteile kurz nach dem Tod abgetrennt werden, da dabei das Ausbreiten körpereigener Darmbakterien verhindert wird. Dementsprechend weisen Schlachtabfälle von Tieren meist keinen oder nur wenig Bakterienbefall auf (Jans, 2008; Brönnimann *et al.*, 2018). Umgekehrt ist bei der Verwesung ganzer Körper ein starker Bakterienbefall im Knochen festzustellen (Jans, 2008; Brönnimann *et al.*, 2018; Brönnimann, 2021). Die Knochenmikrostruktur kann aber auch von anderen Mikroorganismen angegriffen werden. So deuten sogenannte Wedl-Tunnels auf Pilzbefall und linear verlaufende Mikro-Tunnels auf Cyanobakterien hin, die beide nach der Entfleischung von aussen her in den Knochen eindringen und unter dem Mikroskop differenziert werden können (Jans, 2008; Brönnimann *et al.*, 2018). Zusätzlich lassen sich auch die Wirkungen geochemischer Prozesse auf den Knochen erkennen. Diese postmortal verursachten Veränderungen in der Knochenmikrostruktur geben Hinweise auf das Liegemilieu des Knochens. Die Histotaphonomie liefert also nicht nur Hinweise auf die Behandlung verstorbener Individuen kurz vor oder nach dem Tod, sondern auch auf spätere taphonomische Prozesse wie zum Beispiel eine längere Exposition von Knochen auf Oberflächen (Präsenz von Wedl-Tunnels) oder in seichtem, wenig eutrophem Wasser (Präsenz von Cyanobakterien). Anhand der Beurteilung der Knochenmikrostruktur können somit Rückschlüsse auf die «Biografie» eines einzelnen Knochens und damit auch auf die Totenbehandlung gezogen werden, was mit Hilfe makroskopischer Methoden nicht möglich ist.

Für die vorliegende histotaphonomische Untersuchung standen folgende Fragestellungen im Fokus: 1) Können Hinweise auf die Totenbehandlung der beiden menschlichen Individuen gewonnen werden? Finden sich Hinweise auf verzögerte oder verhinderte Verwesungsprozesse oder stammen die Knochen von Individuen, die einen «normalen» Verwesungsprozess erfuhren? 2) Können Aussagen zum Liegemilieu der Knochen (längeres Offenliegen etc.) gemacht werden?

5.5.2 Methoden

Für die histotaphonomischen Untersuchungen wurde je ein Fragment des Femurs (BAS 1) und der Scapula (BAS 2) beprobt. Die Knochenstücke wurden an der IPNA der Universität Basel (Integrative Prähistorische und Naturwissenschaftliche Archäologie) mit Epoxid-Harz eingegossen (Laromin C260, Araldit DY 026 SP, Aceton), im Vakuumschrank bei 250 Millibar ausgehärtet und anschliessend quer zum Knochenschaft gesägt. Die gefestigten Knochenproben wurden zu einem 30 Mikrometer (0.03 mm) dünnen Präparat geschliffen (Th. Beckmann, Braunschweig) und auf Glasträger geklebt. Der gedeckte Dünnschliff wurde bei 25–630facher

Vergrößerung mit einem Polarisationsmikroskop (Leica DM-RXP) histotaphonomisch untersucht. Dabei wurde die Intensität des Bakterienbefalls (BAI), des Pilzbefalls (WTI) und des Cyanobakterienbefalls (CAI) bei parallelen Polarisatoren (PPL) und der Kollagengehalt bei gekreuzten Polarisatoren (XPL) nach Brönnimann et al. (2018) beurteilt. BAI, WTI und CAI orientieren sich am sog. *Oxford Histological Index* (OHI) (Hedges, Millard und Pike, 1995) und stellen einen 6-stufigen Index dar. Dabei gilt 5 = Mikrostruktur ganz erhalten und 0 = Mikrostruktur vollständig zerstört. Der *Collagen Index* (COI) ist eine 5-stufige Skala, wobei 5 eine perfekte Kollagenerhaltung und 1 die komplette Auflösung des Kollagens anzeigt (Brönnimann et al., 2018).

5.5.3 Resultate

Die beiden Knochenfragmente BAS 1 (Femurfragment) und BAS 2 zeigen beide keine Spuren von Bioerosion (Tab. 5.23; Abb. 5.56–5.59). Die Knochenmikrostruktur ist bei beiden Knochen weder durch körpereigene Bakterien noch durch exogene mikrobielle Zersetzung (Cyanobakterien, Pilze) beeinträchtigt. Allerdings zeigen sich deutliche geochemische Auflösungsprozesse des Knochenmaterials. Vor allem zwischen den Osteonen sind häufig Lücken zu erkennen, die auf geochemische Auflösungsprozesse zurückzuführen sind (insb. Abb. 5.57). Ausserdem sind in beiden Knochen sog. «ausgeweitete Knochenkanälchen» (*enlarged Canaliculi*) zu erkennen (Abb. 5.57, 5.59), die ebenfalls mit Lösungsprozessen durch intrusiv eintretende Säuren in Verbindung gebracht werden (Fernández-Jalvo et al., 2010). Die schlechte Kollagenerhaltung (COI=2) ist ein weiteres Indiz starker geochemischer Prozesse. Die beiden Knochenproben BAS 1 und BAS 2 weisen eine rötlich-braune Verfärbung auf, die bei geringer Vergrößerung ziemlich homogen erscheint (Abb. 5.56, 5.58). Bei starker Vergrößerung zeigt sich allerdings, dass diese Verfärbung auf rostbraune Ausfällungen in Mikroporen (Osteozyten, Knochenkanälchen) zurückgeht (Abb. 5.57). Dabei handelt es sich vermutlich um Eisen-Manganoxid-Ausfällungen. Die Braunfärbung ist in BAS 1 deutlich stärker ausgeprägt als in BAS 2. Bei letzterem beschränken sich die Ausfällungen vor allem auf die äusseren Bereiche. Hinweise auf Hitzeinwirkung können keine festgestellt werden.

5.5.4 Diskussion

Die histotaphonomischen Analysen der beiden Knochenproben BAS 1 und BAS 2 haben gezeigt, dass beide Knochen keinerlei Bakterienbefall aufweisen (Abb. 5.56–5.59). Dieses auf den ersten Blick wenig spektakuläre Resultat ist bei näherer Betrachtung äusserst bemerkenswert. Erstens, weil dieses histotaphonomische Signal nicht demjenigen einer für unsere Breitengrade zu erwartenden Verwesung von Leichen entspricht, und somit auf eine andere, unbekannte Art der Totenbehandlung hinweist. Und zweitens, weil beide Knochen trotz ihrer unterschiedlichen Datierung sehr ähnliche Prozesse durchliefen. Das komplette Fehlen von Spuren mikrobieller Aktivität durch körpereigene Bakterien zeigt, dass der Fäulnisprozess nicht nur verzögert, sondern komplett unterbunden wurde. Als mögliche Ursachen kommen eine natürliche oder artifizielle Mumifizierung (zum Beispiel durch Austrocknen oder Räuchern des Körpers) und/oder das Zerteilen des Körpers kurz nach dem Tod in Frage. Letzteres könnte auch mit den auf dem Scapulafragment BAS 2 beobachteten möglichen Schnittspuren (vgl. Kap. 5.4) in Zusammenhang stehen. Diese Hypothese des Zerteilens des menschlichen Körpers kurz nach dem Tod deckt sich mit an Einzelknochen von Zürich-Opéra beobachteten Schnittspuren, die höchstwahrscheinlich auf Manipulationen an frischen Knochen zurückgehen (Langenegger et al., 2017).

Bisweilen finden sich in den Schichten prähistorischer Seeufersiedlungen auch Skeletteile, die als Wasserleichen gedeutet werden. Allerdings handelt es sich bei diesen Fällen in der Regel um grössere, teils im Sehnenverband erhaltene Skeletteile wie Beispiele aus Zürich-Opéra, Schicht 11 (Langenegger et al., 2017) oder in Feldmeilen-Vorderfeld (Winiger und Joos, 1976). Die aus neolithischen Seeufersiedlungen stammenden menschlichen Einzelknochen treten im Gegensatz dazu isoliert auf und zeigen regelmässig Spuren von Manipulationen (Fragmentierung, Schnittspuren) (Langenegger et al., 2017).

Abb. 5.56: Aeschi SO, Burgäschisee-Nord. Mikroskopfoto BAS 1. Zwischen den Osteonen sind aufgelöste Bereiche zu erkennen (weisse Bereiche), was auf geochemische Auflösungsprozesse zurückgeht. Bioerosion ist keine festzustellen. Die Braunfärbung geht auf postsedimentäre Ausfällungen zurück. 16fache Vergrösserung. Links XPL (gekreuzte Polarisatoren), rechts PPL (parallel Polarisatoren). Aufnahme: David Brönnimann, 2020.

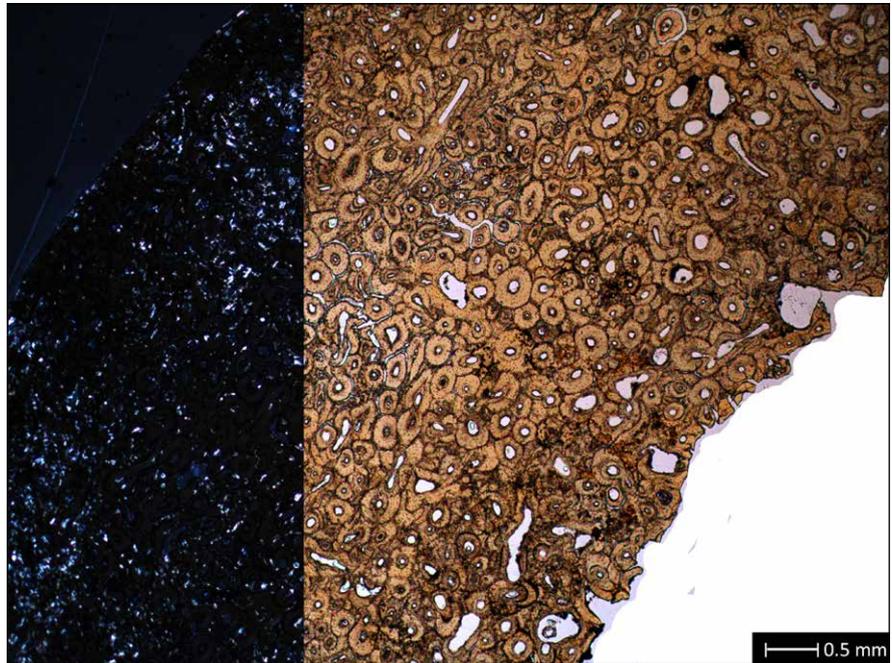
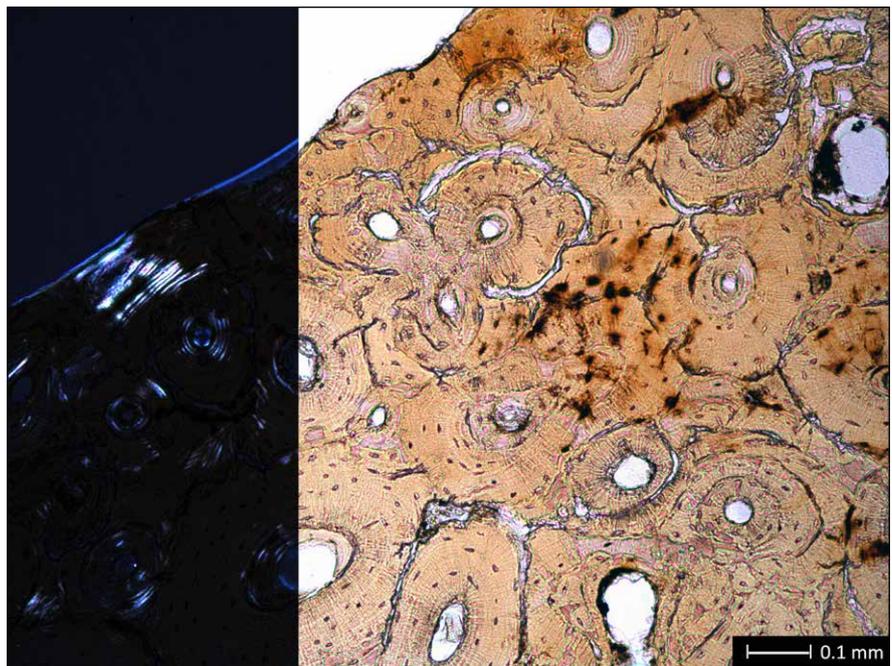


Abb. 5.57: Aeschi SO, Burgäschisee-Nord. Mikroskopfoto BAS 1. Das Knochenfragment zeigt keine Bioerosion. Allerdings sind zahlreiche ausgeweitete Knochenkanälchen zu beobachten, die zum Teil postsedimentäre rostbraune Eisenoxidausfällungen beinhalten. 100fache Vergrösserung. Links XPL, rechts PPL. Aufnahme: David Brönnimann, 2020.



Eine Interpretation als umgelagerte Reste von Wasserleichen erscheint in diesem Licht unwahrscheinlich. Dies bestätigen nun auch die histotaphonomischen Resultate zu den beiden Knochen aus Aeschi SO, Burgäschisee-Nord, da auch Wasserleichen in der Regel einen Fäulnisprozess erfahren und folglich Spuren von Bakterienaktivität zu erwarten wäre. Die histotaphonomischen Resultate zeigen weiter, dass es sich bei den beiden untersuchten Knochenfragmenten nicht um Reste andernorts erodierter Körpergräber handelt, wie sie in der direkten Umgebung des Burgäschisees durchaus vorkommen (vgl. Kap. 5.4), da Knochen aus Körpergräbern üblicherweise einen sehr starken Bakterienbefall (BAI=0–1) aufweisen (Brönnimann *et al.*, 2018; Brönnimann, 2021).

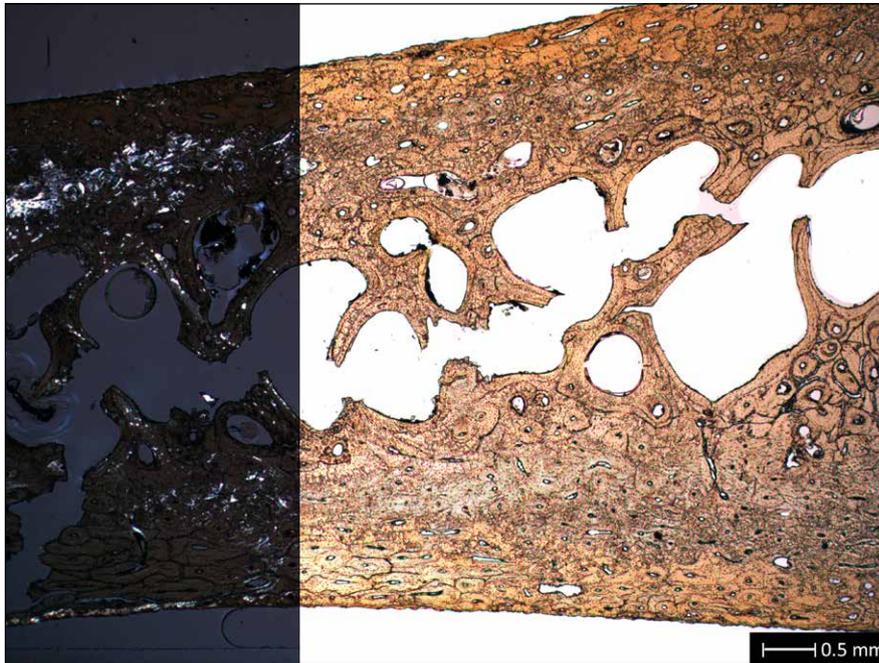


Abb. 5.58: Aeschi SO, Burgäschisee-Nord. Mikroskopfoto BAS 2. Im Gegensatz zu BAS 1 ist die Kollagenerhaltung etwas besser und der Knochen geringfügiger durch geochemische Prozesse überprägt (keine aufgelösten Bereiche zwischen den Osteonen). 16fache Vergrößerung. Links XPL, rechts PPL. Aufnahme: David Brönnimann, 2020.



Abb. 5.59: Aeschi SO, Burgäschisee-Nord. Mikroskopfoto BAS 2. Das Scapulafragment zeigt keine Bioerosion, aber zahlreiche ausgeweitete Knochenkanälchen. Die rötlichbraune Färbung geht wohl auf Eisenoxidausfällungen zurück. 100fache Vergrößerung. Links XPL, rechts PPL. Aufnahme: David Brönnimann, 2020.

Die vorliegenden histotaphonomischen Resultate unterstützen somit die jüngst von Langenegger et al. (2017) geäußerte Hypothese, dass isolierte Knochen aus jungneolithischen Seeufersiedlungen das Resultat einer oder mehrerer spezifischer Totenbehandlungen sind und keinesfalls ein Zufallsprodukt darstellen. Mehr noch: Die erstmalige histotaphonomische Untersuchung an neolithischen Einzelknochen aus Seeufersiedlungen zeigt, dass von einem mehrstufigen Totenritual auszugehen ist, bei dem die Körper kurz nach dem Tod mumifiziert und/oder zerteilt wurden. Eine Kombination dieser beiden Möglichkeiten (z. B. eine Mumifizierung mit späterem Zerteilen des Körpers) ist ebenfalls nicht auszuschliessen. Bemerkenswert ist dabei, dass beide Knochen ein identisches «histotaphonomisches Signal» aufweisen, obwohl

sie chronologisch 500 Jahre auseinanderliegen (Tab. 5.23). Dies heisst aber nicht, dass beide Individuen eine identische Totenbehandlung erfahren haben müssen, denn die Histotaphonomie kann nur einen begrenzten Ausschnitt des Totenrituals beleuchten. Trotzdem deuten die histotaphonomischen Resultate darauf hin, dass für einige Elemente der Totenbehandlung eine beachtliche Kontinuität bestanden haben könnte. Darauf weisen auch die Untersuchungen von Menschenknochen in anderen jungneolithischen Seeufersiedlungen wie Zürich Opéra oder zahlreiche Beispiele ähnlicher Funde aus dem Jung- und Spätneolithikum in der Westschweiz hin (Andrey, 2006; Langenegger *et al.*, 2017).

Nebst neuen Erkenntnissen zur Totenbehandlung zweier Individuen aus Seeufersiedlungen von Aeschi SO, Burgäschisee-Nord erlauben die histotaphonomischen Untersuchungen also auch Rückschlüsse zum Liegemilieu der beiden Knochenfragmente. Das Fehlen von Pilzbefall (Wedl-Tunnels) und von Cyanobakterienbefall zeigt, dass beide Knochen weder eine längere Exposition an der Oberfläche noch in seichtem, wenig eutrophiertem Wasser erfuhren, sondern nach deren Ablagerung rasch mit Sediment überdeckt wurden (Huisman *et al.*, 2017; Brönnimann *et al.*, 2018). Des Weiteren wurde eine geochemische Verwitterung der Knochensubstanz festgestellt, die sich nicht nur im geringen Kollagengehalt, sondern auch anhand von ausgelösten Bereichen zwischen den Osteonen und an ausgeweiteten Knochenkanälchen (*enlarged canaliculi*) zeigt. Die spätere Einlagerung von rostbraunen Eisenoxiden und evtl. auch von Huminstoffen führte zu einer rötlichbraunen Verfärbung des Knochens und geht auf Zersetzungsprozesse von organischem Material im umliegenden Sediment zurück (Dupras und Schultz, 2013; Huisman *et al.*, 2017).

5.5.5 Zusammenfassung und Fazit

Die erstmalige histotaphonomische Untersuchung jungneolithischer Knochenfragmente aus Seeufersiedlungen hat gezeigt, dass mit diesem neuartigen Ansatz ein wertvoller Beitrag zur Erforschung der (jungneolithischen) Totenbehandlung geleistet werden kann. So wurde für die beiden histotaphonomisch untersuchten Knochenfragmente BAS 1 (Femur) und BAS 2 (Scapula) ein identisches histotaphonomisches Signal beobachtet (fehlender Bakterien- oder Pilzbefall), was aufgrund der unterschiedlichen Datierung auffällig erscheint. Es konnte gezeigt werden, dass die beiden Knochenfragmente nicht als Reste einer Wasserleiche oder eines andernorts erodierten Körpergrabes zu interpretieren sind, sondern dass sie als Resultat einer mutmasslich intentionellen, spezifischen Totenbehandlung angesehen werden können: Der ausbleibende Bakterienbefall durch körpereigene Bakterien kann nur mit dem Abtrennen von Körperteilen kurz nach dem Tod und/oder mit einer natürlichen oder artifiziellen Mumifizierung erklärt werden. In dem Fall kommt zum Beispiel Austrocknen und/oder Räuchern der Körper in Frage. Mögliche Schnittspuren an BAS 2, und an zahlreichen anderen isolierten Menschenknochen aus Zürich-Opéra (Langenegger *et al.*, 2017) und Westschweizer Seeufersiedlungen (Andrey, 2006) deuten darauf hin, dass das Zerteilen des menschlichen Körpers kurz nach dem Tod eine bestimmte Regelmässigkeit besass, auch wenn uns der Kontext solcher Praktiken noch unerschlossen bleibt. Allerdings dürfen die vorliegenden histotaphonomischen Resultate nicht dahingehend interpretiert werden, dass für beide Individuen eine über 500 Jahre unveränderte, einheitliche Totenbehandlung zu vermuten sei. Zu klein ist die bisherige Datengrundlage, zu viele Möglichkeiten der Totenbehandlung bleiben unbekannt. Die vorliegende Pilotstudie zeigt aber, dass eine Kombination verschiedener Disziplinen das bisher sehr vage Bild der neolithischen Totenbehandlungen (oder Teilen davon) schärfen und differenzieren kann. Dabei kann die histotaphonomische Analyse eine wichtige Rolle einnehmen, zumal mit dem mikroskopischen Blick in den Knochen postmortale Prozesse sichtbar gemacht werden können, die mit keiner anderen Methode fassbar sind. Das Potential ist folglich gross und wurde bisher kaum ausgeschöpft.