

Zeitschrift: Ferrum : Nachrichten aus der Eisenbibliothek, Stiftung der Georg Fischer AG
Herausgeber: Eisenbibliothek
Band: 73 (2001)

Artikel: Wiederverwertung und Umwertung von Kupfer und Bronze in prähistorischer Zeit
Autor: Fasnacht, Walter
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-378352>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 22.01.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Wiederverwertung und Umwertung von Kupfer und Bronze in prähistorischer Zeit

Walter Fasnacht

Lic. phil. I

Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt, EMPA

Abteilung Anorganische Analytik

Überlandstrasse 129
CH-8600 Dübendorf

Einleitung

Technikgeschichtliche Forschungen können auf frühe schriftliche Quellen zurückgreifen, selbst die Technikgeschichtsschreibung hat ihre Wurzeln in der Antike.¹ Damals schon wurden mit «Technik» nicht nur materielle Mittel, sondern auch die Methoden zu ihrer Herstellung umschrieben.

Die Archäologie kann meist nicht auf schriftliche Zeugnisse zurückgreifen, sondern befasst sich vorwiegend mit der materiellen Hinterlassenschaft schriftloser Kulturen. Funde und Befunde, die Jahrtausende lang stumm vor sich hin zerfielen, müssen heute für sich sprechen, wollen gefunden, ausgegraben und interpretiert werden. Archäologen und Archäologinnen beschäftigen sich deshalb per definitionem mit technischen Fragen, sowohl mit dem Material wie mit den Herstellungsmethoden. Die Motive für die Beschäftigung mit der Technik sind allerdings inzwischen bei dem breiten Spektrum der an archäologischer Forschung beteiligten Geistes- und Naturwissenschaftlern von grossen Unterschieden geprägt. Dies zeigt sich jeweils spätestens, wenn interdisziplinäre Konzepte in die praktische Umsetzung gelangen.

In der Schweiz reichen die Spuren menschlicher Besiedlung einige hunderttausend Jahre zurück, die Geschichtlichkeit im Sinne von schriftlicher Überlieferung erreichte uns sehr zaghaft erst in den Jahrhunderten vor Christi Geburt. Das bedeutet, dass in unseren Breiten auch die Technikgeschichte der gesamten Kupfer-, Bronze- und Eisenzeit aus dem Boden heraus erarbeitet werden muss. Die Archäologie ist demnach zuallererst eine Materialwissenschaft, auch wenn ihr Ziel ein geisteswissenschaftliches ist. Mit dem Verstehen eines technischen Gerätes oder Ablaufes ist es demnach nicht getan, sondern auf die-

ser Grundlage wäre zum Beispiel die technische Innovationskraft einer vergangenen Kultur zu ermitteln. Wir stolpern in der Prähistorie jedoch ständig über Informationslücken, die zuerst gefüllt werden müssen, wir beschäftigen uns mit der Bestimmung des Alters, der Materialzusammensetzung, der Kulturzugehörigkeit von Funden, bevor wir dann die Frage nach dem «man behind the artifact» oder sogar nach der Entwicklung seines Denkens stellen können.

Seit wann ist nun die Menschheit gedanklich im Stande, ihre täglichen Gebrauchsgegenstände nach der Nutzung oder dem Zerschlagen nicht wegzuworfen, sondern wiederzuverwenden oder zumindest das Material wiederzuverwerten? Die Spuren menschlicher Tätigkeiten sind vor der Sesshaftigkeit generell schwer zu fassen und so sind diesbezügliche Aussagen zu den mehreren Millionen Jahren Entwicklung der Technologie der Jäger und Jägerinnen, der Sammler und Sammlerinnen im Vergleich zu den letzten zehntausend Jahren schlecht zu untermauern. Vielfach sind die einzigen Zeugen ein Lagerfeuer mit Silexabschlägen und ein paar Funden von Fertigprodukten, einem paläolithischen Kratzer oder einer Speerspitze. Diese können tatsächlich umgeformt, umgenutzt, repariert oder bis zum «Geht-nicht-mehr» retouchiert worden sein, von einem eigentlichen Wiederverwerten kann aber hier nicht gesprochen werden.

Erst die neolithische Lebensweise mit dem Sesshaftwerden, mit Ackerbau und Viehzucht, zog unmittelbar «Erfindungen» mit sich, welche ein Recycling im eigentlichen Sinn ermöglichten: Beim Bau von Steinhäusern (im Nahen Osten mehrere Jahrtausende vor Mitteleuropa) wurden oft alte Mühlsteine in Mauern eingebaut. Mit der Herstellung von Tongefässen ging auch die Notwendigkeit der Magerung von fetten Tonen einher; das Rezyklieren von zerschlagenem ge-

Anmerkungen

¹ Burkhard Meissner: Die technologische Fachliteratur der Antike. Struktur, Überlieferung und Wirkung technischen Wissens in der Antike (ca. 400 v. Chr. – ca. 500 n. Chr.). Berlin 1999.

branntem Ton in Form von Schamotte- magerung war geboren. In einigen alpinen Gebieten wurde später sogar in Sandfraktion aufgearbeitete Kupferverhüttungsschlacke zur Magerung von Ton eingesetzt. Ironischerweise müssen wir vielfach aus dieser Sekundärverwendung eines Abfallproduktes auf die Existenz einer lokalen Metallproduktion schließen; die Primärquellen wie Minen oder Schmelzöfen wurden von der turbulenten alpinen Geomorphologie längst verschluckt und fehlen uns weitgehend.

Archäologische Spuren der Wiederverwertung von metallischen Werkstoffen

Mit der Verwendung von Bunt- und Edelmetallen für Werkzeuge, Waffen und Schmuck, in Mitteleuropa um 4000 v. Chr., kann das eigentliche Wiederverwerten von Material zu seinem ursprünglichen Zwecke beginnen. Die Entwicklung der Metallurgie ist nicht denkbar ohne die sehr rasch erfolgte Erkenntnis, dass Kupfer und Bronze auch mit urgeschichtlicher Technologie nahezu verlustfrei – und vor allem auch qualitätsverlustfrei – wieder eingeschmolzen werden kann. Es ist allerdings auch bezüglich der Metallgeschichte darauf hinzuweisen, dass die Archäologie nie die

Experimentierphase neuer Werkstoffe erfasst, zumindest nicht in Europa, sondern dass neue Phänomene immer fertig entwickelt, im produktionsreifen Stadium auf uns zukommen (Abb. 1).

Aber auf welchem Substrat baute die erste Metallurgie auf? Was war der Stand der Technik in Mitteleuropa vor dem ersten Gebrauch von Kupfer? Welche Grundkenntnisse der Rohstoffgewinnung und Materialbearbeitung waren vorhanden? Der Mensch hatte bereits in der Steinzeit Erfahrung im Bergbau – auch untertage – aus der Gewinnung von Silex, dem Feuerstein, auch etwa «Stahl der Steinzeit» genannt. Auch an pyrotechnischem Know-how kann es nicht gemangelt haben. Genauere Kenntnisse über das Zusammenspiel von Feuer, Luft und Temperatur können aus der Keramiktechnologie stammend vorausgesetzt werden, auch wenn die Brenntemperaturen bei der Herstellung von Gebrauchskeramik nicht über 900 Grad lagen. Das Wissen über die gezielte Erzeugung der fehlenden – und entscheidenden – 200 Grad an höherer Temperatur zum Schmelzen von Kupfer musste aber mit dem neuen Werkstoff selbst entwickelt und überbracht worden sein.

Die prähistorische Technik des Rezyklirens von Kupfer und seinen Legierungen ist dieselbe wie die des Aufschmelzens

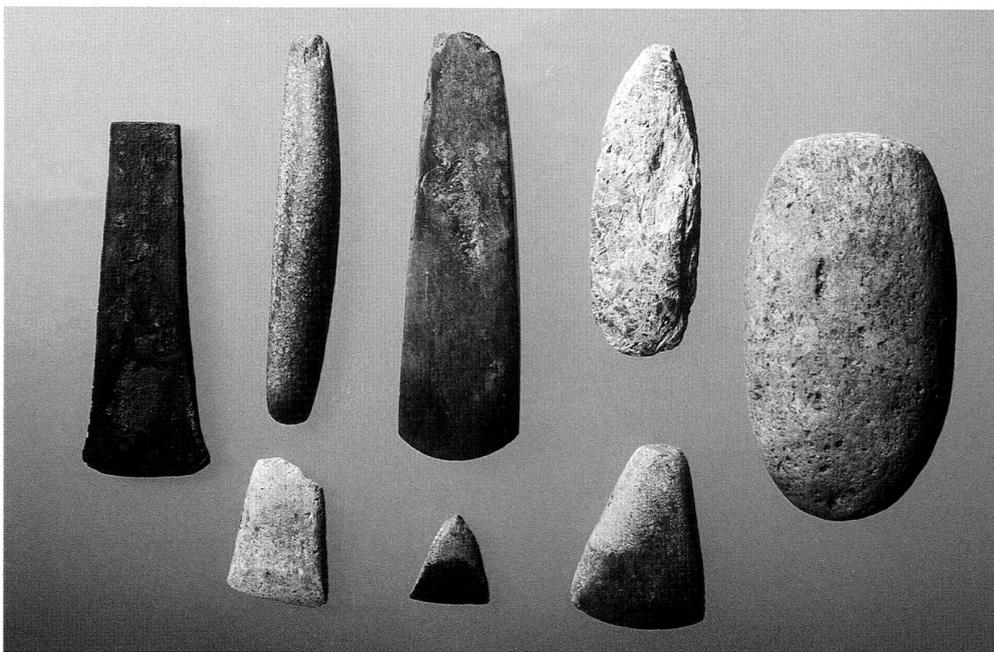


Abb. 1: Kupferbeil, im Neolithikum immer vergesellschaftet mit Steinbeilen.
Fundort: Egolzwil LU, ca. 3800 v. Chr.

- 2 Walter Fasnacht: Metallurgie, in: Die Schweiz vom Paläolithikum bis zum frühen Mittelalter, SPM II, Basel 1995, S. 183–187. Walter Fasnacht: Bronzetechnologie, in: Die Schweiz vom Paläolithikum bis zum frühen Mittelalter, SPM III, Basel 1998, S. 232–241. Walter Fasnacht: 4000 Jahre Kupfer- und Bronzeguss im Experiment, in: Experimentelle Archäologie, Bilanz 1994. Archäologische Mitteilungen aus Nordwestdeutschland, Beiheft 8, Oldenburg 1995, S. 237–246.



Abb. 2: Drei neolithische Gusstiegel aus Ton zum Aufschmelzen von Kupfer. Fundorte: Horgen, Wetzikon und Zürich, ca. 3700 v. Chr.

und Giessens der neu gewonnenen Rohstoffe. Beides geschah in offenen Gusstiegeln mit weniger als einem Liter Inhalt (Abb. 2). Entsprechend den sichtbaren Spuren an Gusstiegeln musste die Temperatureinwirkung von oben erfolgt sein, das Metall wurde mit Holzkohle oder Holz überhäuft und von oben mittels Luftzufuhr aus Blasrohren direkt aufgeschmolzen. Kleine Tondüsen als Belege der Befuerung von Gusstiegeln tauchen in der Schweiz erst um etwa 1800 v. Chr., in der fortgeschrittenen Frühbronzezeit auf. Dannzumal hatte die Kupfertechnologie aber bereits 2000 Jahre Tradition.²

Erst aus der späten Bronzezeit um 1000 v. Chr. ist ein vollständig erhaltener Schmelzofen belegt, aus Säckingen am Rhein (D). Es handelt sich dabei um nicht viel mehr als eine offene Feuergrube, mit einem Sandstein als Rückwand und zwei Seitenwänden aus Ton. Damit verbunden ist ein neuer Typ von Blasdüsen, nun in ganz anderer Form und Dimension als die frühbronzezeitlichen. Die Düsen sind knieförmig gebogene Tonröhren mit einigen Zentimetern Innendurchmesser, welche erstmals den Gebrauch von Blasbälgen zur Erzeugung eines kontinuierlichen Luftstroms belegen. Damit kann die umsetzbare Energie gegenüber den mit Blasrohren betriebenen frühbronzezeitlichen Düsen um ein Mehrfaches erhöht werden. Die Aufschmelztechnik erlebte

demnach in der Spätbronzezeit einen entscheidenden quantitativen Schub, jedoch keine grundsätzliche Erneuerung. Diese Innovation hat akzelerierend auf die Produktion und das Rezyklieren von Bronze gewirkt.

Mit dem Beginn der Eisenzeit tritt der einschneidendste Wechsel der Aufschmelztechnik von Kupferlegierungen ein. Die Gusstiegel wurden ab dem 7. Jahrhundert v. Chr. von aussen her aufgeheizt, so wie das heute für jeden Giessereitechnologen als selbstverständlich erscheint. Die eisenzeitlichen Tiegel sind mit einem Tondeckel versehen, welcher eine Verunreinigung des Schmelzgutes verhindert. Diese neue Technik bedingt entweder die Verwendung eines feuerfesten Tones oder eine sehr genaue Kontrolle der Temperatur, z. B. anhand der Farbe des glühenden Tiegels. Die meisten im schweizerischen Mittelland anstehenden Tone beginnen sich zwischen 1100 und 1150 Grad zu erweichen. Bei Schmelztemperaturen der eisenzeitlichen Bronzelegierungen mit viel Zinn und Blei von unter 900 Grad ist deren Aufschmelzen in solchen Tönen möglich. Die durchgehende Verwendung dieser niedrighschmelzenden Legierungen ist aber erst möglich, wenn der Werkstoff Bronze vom Druck des Hochleistungsproduktes befreit ist, das heisst, wenn Eisen die Funktion des strategischen Metalls übernimmt.

Nicht geändert hat sich in der Eisenzeit die Gusstechnik für Bronze, da Eisen als Material für Gussformen nicht zur Verfügung stand. Bevor der neue Werkstoff Eisen anderen Metallen zur Formgebung dienen konnte, musste er selbst noch fast zweitausend Jahre Entwicklung durchlaufen, denn erst im fortgeschrittenen Mittelalter konnte Eisen in Europa gegossen werden. Dieser interessante Aspekt eines «technischen Rückschrittes» in den nichtflüssigen Zustand bei der Herstellung eines überlegenen neuen Werkstoffes nach einer jahrtausendealten Tradition des vollständigen Aufschmelzens von sämtlichen Metallen wäre eine eingehende kulturhistorische Untersuchung wert.

Direkte Zeugen des Wiedereinschmelzens von Altmetallen sind an der Gesamtmasse von prähistorischen Metallfunden gemessen eher spärlich belegt. Funde wie der angeschmolzene Bronzehort aus dem Neuenburgersee sind sehr selten (Abb. 3). Zahlreicher sind sogenannte Brucherzhorte, vergessen gegangene Depots von Altmetall ohne Spuren von Hitzeeinwirkung, welche nahelegen, dass Metall intensiv gesammelt und in grösseren Mengen zum Wiedereinschmelzen gehandelt wurde. Auffällig ist die Kleinstückelung des Materials in den meisten Hortfunden. Es wurde viel me-

chanische Zerteilungsarbeit investiert, offensichtlich um Kundenwünsche unmittelbar berücksichtigen zu können.³

Andererseits kam erwiesenermassen immer wieder neues Metall hinzu, der Nachschub an Kupfer und Zinn scheint mit erstaunlicher Kontinuität funktioniert zu haben. Anders ist die kontinuierliche Veränderung des Spurenbildes der Verunreinigungen in der Kupferkomponente ab der frühen Bronzezeit bis ans Ende der Spätbronzezeit nicht erklärbar.⁴ Die Anteile an Arsen, Antimon und Nickel in den Bronzeobjekten verändern sich in der Zeit von 1500 bis 800 v. Chr. ungefähr alle 150 Jahre signifikant, was für die Erschliessung immer neuer Abbauquellen spricht. Am deutlichsten ist die Veränderung des Bildes von Verunreinigungselementen im Kupfer jedoch am Übergang zur Eisenzeit. Mit dem Einsatz von Eisenwerkzeugen konnten nun Erzkörper angefahren werden, welchen vorher jahrtausendlang nicht beizukommen war. So ist in der Eisenzeit in gewissen traditionellen bronzezeitlichen Kupferproduktionsgebieten nicht etwa ein Zusammenbruch, sondern ein Boom des Kupferabbaus feststellbar.⁵

Wenn der Titel dieses Artikels von Wiederverwertung und Umwertung von prähistorischen Metallen spricht, sollte

- 3 Martin Peter Schindler: Der Depotfund von Arbedo TI und die Bronzedeptoffunde des Alpenraums vom 6. bis zum Beginn des 4. Jh. v. Chr. Basel 1998.
- 4 Valentin Rychner et Niklaus Kläntchi: Arsenic, nickel et antimoine. Cahiers d'archéologie romande No. 63. Lausanne 1995.
- 5 Walter Fasnacht: Prähistorischer Kupferbergbau im Oberhalbstein und dessen Spuren in der bronzezeitlichen Siedlung Savognin-Padnal (GR), in: Philippe della Casa (ed): Prehistoric alpine environment, society and economy. Universitätsforschungen zur prähistorischen Archäologie, Band 55. Bonn 1999, S. 267–276.



Abb. 3: Angeschmolzenes Bronzedeptot mit Beilen, Sicheln und Armringen.
Fundort: Grandson-Corcellettes VD, spätbronzezeitlich, um 1000 v. Chr.

6 Mathias Seifert: Vor 3466 Jahren erbaut! Die Quellfassung von St. Moritz, in: Archäologie der Schweiz 23/2, Liestal 2000, S. 63–75.



Abb. 4: Fehlgüsse von spätbronzezeitlichen Tüllenbeilen, zum Wiedereinschmelzen aufbewahrt. Fundort: Echallens VD.

auch der Wert dieser Metalle diskutiert werden. Wieviel war ein Kilogramm Kupfer vor 3000 Jahren wert? Zwei bis drei prähistorische Euros wie heute? Um dies zu ermitteln, muss die urchenzeitliche Produktion von Kupfer technologisch und quantitativ erfasst und aufgezeigt werden in all ihren Details, mit den Rohstoffen, den Arbeitsmitteln und -bedingungen, den Energieformen, den Produkten und den Edukten – um dann beim Thema Rezyklieren zu landen. Hierzu stehen uns Berechnungen aus eigenen archäologischen Experimenten zur Verfügung, vom Erzabbau über die Verhüttung bis zum Guss von prähistorischen Bronzeobjekten. Entsprechend dem so ermittelten Aufwand kann behauptet werden, dass Kupfer und seine Legierungen in urchenzeitlicher Zeit den tausendfachen Wert von heute besaß, gebrauchsfertige Objekte aus Kupfer oder Bronze von einem Kilogramm Gewicht demnach dem Monatslohn eines Arbeiters entsprachen. Die heutige Kupferproduktion müsste folglich tausend Mal rationeller als die prähistorische sein.

Dies betrifft nur den rein materiellen Wert, der ideelle dürfte je nach kulturellem Zusammenhang um einiges höher gelegen haben. Wir kennen schon in der Frühbronzezeit das Phänomen des Hortens von Metallen. Es handelt sich vielfach, aber nicht ausschliesslich, um Giesser- oder Händlerdepots, in welchen Altmetall, Schrott, Fehlgüsse,

Halbfabrikate, Gussabfälle, frisch verhüttete Gussfladen und sonstige Werkstattabfälle gesammelt, bewirtschaftet, versteckt – und zum Glück für die Archäologie – vergessen oder verloren wurden (Abb. 4). Der Antrieb, Metall zu horten, folgte wohl nicht immer rationalen Überlegungen. Notvorrat, Raffgier, kriegerische Auseinandersetzungen, um nur einige Begriffe zu nennen, sind ja nicht Erfindungen der modernen Welt.

Eine weitere Art des Deponierens ist die Niederlegung von Metallobjekten als Weihegaben. Sie ist schwieriger zu erfassen und nicht immer vom reinen Horten zu unterscheiden. Das Metall wird als Votivobjekt gänzlich aus dem Verkehr gezogen, sein Verlust ist kalkuliert, und von einem geweihten Ort wird nichts entfernt. Es wird auch nicht gespart, da gibt's kein pars pro Toto, es steckt das ganze gebrauchsfähige Schwert in der Quellfassung.⁶

Der dritte Weg der Umwertung von Metallen geschieht über Grabbeigaben. Das Metallinventar von ganzen Epochen, z. B. der Mittelbronzezeit, kennen wir vorwiegend aus Gräbern. Interessant ist hier das Phänomen der Grabräuberei, auch bereits kurz nach der Grablegung. Anhand der Lage der Skelette kann festgestellt werden, dass metallreiche Gräber oft schon vor der totalen Verwesung der Leiche beraubt wurden.

Weitgehend unerforscht in der Urgeschichte ist der Verlust an Metall durch den Gebrauch und die Abnutzung. Die Archäologie erfasst ja von vornherein die materielle Hinterlassenschaft nur im Prozentbereich. Hingegen ist nebst der Wiederverwertung von Altmetall das Reparieren von defekten Metallobjekten zur Vermeidung oder zum Herausschieben des Rezyklierens gut fassbar (Abb. 5). Systematische Untersuchungen an Bronzeobjekten zur Erfassung des Momentes, wann genau bestimmte Objekttypen wie Beile oder Sicheln in den Umschmelzprozess gelangten, weil sie verbraucht waren oder nicht mehr repariert werden konnten, stehen noch aus. Der Wunsch, ein Objekt so lange wie möglich brauchbar zu erhalten, ist seinerseits in Wechselwirkung mit der Anpassung an Modeströmungen, und dies ist wiederum objektspezifisch. Schmuckobjekte waren sicher anderen Gebrauchsbedingungen und Umlaufgeschwindigkeiten ausgesetzt als Werkzeuge und Waffen.

Der gesamte Bereich «Mythologie und Metalle», der religiöse Umgang mit Metallen und seine Auswirkungen auf die Herstellung und den Gebrauch von Kupfer und Bronze in urgeschichtlicher Zeit kann hier nur kurz angesprochen werden. Es sei jedoch ausdrücklich vor Ana-

logieschlüssen aus der Ethnologie gewarnt, denn die bis heute überlieferten Mythen von Metallen beziehen sich grösstenteils auf das Eisen. Weshalb wird der Werkstoff Eisen dem Kriegsgott Mars zugeordnet, während Kupfer seit der Antike das Zeichen der Venus mit sich trägt? Ging so rasch vergessen, dass auch Schwerter einmal zu 90% aus Kupfer bestanden? Märchen und Mythen stellen geistes- wie technikgeschichtlich einen unerschöpflichen Fundus für die Metallgeschichte dar. Daraus das kupfer- und bronzezeitliche Substrat herauszufiltern und von den eisenzeitlichen und späteren Einflüssen zu trennen, wäre in der Tat eine lohnende Aufgabe.

Schlusswort

Abschliessend soll nochmals auf die Anfänge der Metallurgie, auf den Übergang von der Stein- zur Bronzezeit zurückgekommen werden. Was interessiert denn beim Thema Wiederverwerten im technikgeschichtlichen Zusammenhang über die Kupfertechnologie hinaus? Der Beginn der Metallzeiten wird aufgrund seiner Auswirkungen auf die Gesellschaft auch etwa als revolutionär



Abb. 5: Reparaturen an einem spätbronzezeitlichen Rasiermesser und Arming.
Fundort: Grandson-Corcellettes VD.
(Copyright aller Abbildungen: Schweizerisches Landesmuseum, Sektion Archäologie)

bezeichnet, was sich aufgrund der langsamen Entwicklung über Jahrtausende aber verbietet. Wichtiger als nach Revolutionen in der Urgeschichte zu suchen wäre wohl eher, möglichst losgelöst von traditionellen Forschungsschienen die grundlegenden technischen Entwicklungsschritte zu ergründen. Silex schlagen, Grünstein schleifen, ja sogar gediegenes Kupfer mit Steinwerkzeugen behämmern, all dies sind wichtige Entwicklungsschritte, jedoch physikalische, formverändernde Tätigkeiten. Für die Frage des Rezyklierens ist entscheidend, wann und womit der Mensch ins Chemie-Zeitalter eintrat. War es das Brennen von Ton, das Umwandlungen eines Stoffes bewusst werden liess, oder das Destillieren von Birkenrinden zu Birkenrindenpech, dem Universalklebstoff des Neolithikums? Oder war es die erste – unbewusste – Produktion von Schlacke in einem wie auch immer gelagerten pyrotechnischen Prozess? Solche Fragen interessieren die institutionalisierte Archäologie wenig, mit Abfallprodukten lassen sich zur Zeit noch weit weniger

Forschungsgelder locker machen als mit geheimnisvollen Gräbern oder sagenumwobenen Tempeln. Ich bin jedoch überzeugt, dass Archäologiestudenten und -studentinnen noch in diesem Jahrtausend nicht mehr Chronologietabellen zur Steinzeit, Bronzezeit und Eisenzeit, sondern Theorien zur Entstehung und zum Langzeitverhalten von Abfall, der Entwicklung des prozessorientierten Denkens der Menschheit und die Geschichte des Energieverbrauchs der letzten zehntausend Jahre für ihre Prüfungen werden büffeln müssen. Dies aus dem einfachen Grund, weil die Archäologie über das nötige Langzeitgedächtnis verfügt, um einen direkten Beitrag zur Lösung immer dringlicherer Gegenwartsprobleme leisten zu können. Es ist zu hoffen, dass das Archäologieverständnis des 20. Jahrhunderts einmal als Epoche des Wandels von der Vergangenheitsromantik des 19. Jahrhunderts in eine zukunftsorientierte Human- und Umweltwissenschaft des 21. Jahrhunderts in die Geschichte eingehen wird.