Experimentelle Archäologie in Europa – Bilanz 2013, S. 43-58
Kategorie: Experiment und Versuch

Ars purpuraria – Neue methodische Ansätze bei der Anwendung von Küpenverfahren in der Purpurfärberei

Fabienne Meiers

Summary – Ars purpuraria – New methodological approaches to the use of the purple dye vat*. After providing a series of experiments with purple snails of the species 'Bolinus brandaris' using different vats (soda, urine, yeast, sodium dithionite), not only the achieved colour samples were compared with each other, but also the various vats on criteria such as reliability and energy demand. The experiments were closely based on written sources from antiquity (Aristotle, Pliny and Vitruvius) and the historically documented woad/indigo vats. For modern circumstances, the sodium dithionite vat would be considered as the optimal purple dyeing vat. However, it has no historical value, since sodium dithionite has only been available around 100 years ago. The soda vat elaborated by Boesken-Kanold and Haubrichs gave a satisfactory result with the used molluscs. Also, the combination of long fermentation time and mechanical heating of the vat led to increased energy consumption. In return, the urine vat showed its advantages precisely in this respect using low room temperature and no additional heating source. Yet, the odour was considerable. The yeast vat could not be performed successfully in this series of experiments.*

The imitation dyes, which had been reproduced according to the papyri 'Graecus Holmiensis' and 'Leidensis X', could emphasize the potential and practicality of these historical recipe collections. The results suggested that the antique dyeing workshops would operate a large market, which was subject to more or less rapidly changing fashion trends, with affordable products. Cheaper dyes from madder and alkanet roots, safflower, woad/indigo, kermes, and lichens could mimic all sorts of purples effectively. Yet, the substitutes faded quickly. And ultimately, the typical smell of true purple could not be counterfeited.

Seit 2008 befasst sich die Autorin mit der Geschichte und Technik der Purpurfärberei. Der folgende Bericht entstand im Rahmen einer laufenden Versuchsreihe zur chromatischen Bestimmung und Rekonstruktion der verschiedenen Purpurtöne, die in den Schriftzeugnissen der Antike erwähnt werden. Ziel ist es, mit Hilfe diverser Schneckenarten ein möglichst breites Farbspektrum mit Rücksicht auf die jeweiligen historischen Bezeichnungen und Modetendenzen zu erarbeiten und dieses als Referenzmaterial für zukünftige Vergleichsuntersuchungen bereitzustellen. In dieser ersten Darstellung liegt das Hauptgewicht auf der Umsetzbarkeit antiker Färbetechniken bei Verwendung von Brandhornschnecken (*Bolinus brandaris*) und der damit erzielten Farbe *purpura rubra*, rotem Purpur.

Einleitung

Purpur gilt als der am meisten bewunderte und teuerste Textilfarbstoff der Welt: Der aktuelle Tagespreis eines deutschen Herstellers liegt bei 2439,50 € pro g – und damit übersteigt Purpur heute seinen antiken Preis in Gold um das Zehn- bis Zwanzigfache (Cooksey 2001, 762).
Bis zum Fall Konstantinopels 1453 war die Purpurfärberei einer der wichtigsten und lukrativsten Zweige der Textilveredelung (Bruin 1966, 77; Edmonds 2000, 36). Mit der Einfuhr ergiebigerer Farbstoffe aus der Neuen Welt (bspw. Cochenille) konnten die komplexen Färbeprozesse aber schließlich umgangen und ähnliche Farben nicht nur billiger, sondern auch schneller hergestellt werden. Dies führte zum Verlust des praktischen Wissens um die Verfahren in der Purpurindustrie. Die Entdeckung des Mauveins 1856 durch Perkin (Murmann 2006), das den Siegeszug synthetischer Farbstoffe einleitete, besiegelte endgültig das Ende der *ars purpuraria*, der Kunst des Purpurfärbens.
Trotz des Niedergangs natürlicher Färbemittel wurde seit 1903 versucht, Purpur auch in chemischer Synthese herzustellen (Cooksey 2001, 741). 1909 gelang es erstmals Friedlaender (1909) die Molekularstruktur von Purpur, das 6,6'Dibromindigo (DBI), durch eine Reihe von Versuchen aufzuschlüsseln: Bei diesen Färbeexperimenten stellte er mit dem Sekret aus ca. 12.000 Purpurschnecken 1,4 g reines Purpurpulver her. In den letzten Dekaden und infolge der Aufwertung natürlicher Farbstoffe sind wiederholt Schritte unternommen worden, die Purpurfärberei mit frischen Meeresschnecken zwecks wissenschaftlicher, kultureller, religiöser, restauratorischer, aber auch künstlerischer Interessen zu reaktivieren. Dabei dienten neben hebräischen Schriftzeugnissen auch griechische und römische Quellen als Grundlage für Reproduktionsversuche: Sie beschreiben zum Teil äußerst detailliert die verschiedenen Verfahren sowie auch die Möglichkeiten, diesen begehrten Farbstoff mit wirtschaftlicheren Methoden zu fälschen. Daneben vervollständigen archäologische Funde aus Siedlungen und Gräbern das Bild der Purpurfärberei in der Vergangenheit.
Aufgrund der Mehrdeutigkeit und Ungenauigkeit der Quellen wurden zum Teil stark divergierende Methoden angewandt, um die antiken Prozesse zu reduplizieren. Nicht immer berücksichtigten sie die Angaben der historischen Texte und waren von Erfolg gekrönt. Auch wurden die bisherigen Experimente vornehmlich mit den farbstoffreicheren Schnecken des Typs *Hexaplex trunculus* durchgeführt (s. Elsner, Spanier 1985, 124f.), während die antiken Zeugnisse ganz klar auch den Gebrauch von Brandhornschnecken beschreiben. Dies alles war ausschlaggebend, um mit Hilfe von Versuchen neue Ansätze zu liefern wie reduktive Purpurbäder unter besonderer Berücksichtigung der archäologischen, historischen und ikonografischen Quellen realisiert werden könnten.
Mit Anlehnung an Indigoküpen, die auf einem ähnlichen Prinzip basieren, kamen bei diesen Versuchen verschiedene Hilfsmittel zur Verwendung, die von alkalischen bis hin zu organischen Substanzen reichen. Um einen direkten Vergleich zwischen modernen und alten, biochemischen Methoden zu ermöglichen, wurde auch das Reduktionsmittel Natriumdithionit eingesetzt. Die Prozeduren wurden auf ihre Eignung, Effizienz und ihren archäohistorischen Wert in der Purpurfärberei geprüft. Schließlich untersuchte die Autorin die Küpen auf das Farbergebnis, die Zuverlässigkeit und Wiederholbarkeit, den Energiebedarf, die Reduktionsdauer, die Benutzerfreundlichkeit und die Geruchsbelästigung. Daneben ging die Verfasserin der Frage nach wie Sauerstoff, UV-Licht, das Geschlecht und der Frischegrad der Schnecken das Ergebnis beein-

flussen können. Im zweiten Teil wurden die Imitationsfärbungen behandelt. Sie vervollständigen die chromatische Palette des antiken Purpurs und dienen als Referenz für bestimmte Farbtöne.

Geschichtlicher Abriss der Purpurfärberei

Nachdem die Methodik erläutert wurde, soll an dieser Stelle ein kurzer Überblick zur Geschichte der Purpurfärberei die Quellenlage beleuchten.
Die *Naturgeschichte* Plinius des Älteren (1. Jh. n. Chr.) gehört zu den Schriftquellen, welche nicht nur die Purpurfärberei, sondern auch die Biologie, die kulturelle und historische Bedeutung der Purpurschnecken und ihres Farbstoffs am detailliertesten dokumentieren. Doch auch archäologische und bildliche Zeugnisse geben Aufschluss über Verwendung und Praktiken zur Erzeugung der teuren Textilfarbe. Bereits im 17. Jh. v. Chr. benutzten die Minoer Purpurpigmente in der Wandmalerei. Dass schon die Phönizier im 15. Jh. v. Chr. im großen Stil mit Meeresschnecken gefärbt haben, veranschaulichen Berge zerschlagener Gehäuse in den Siedlungen entlang der Küstenstreifen am östlichen Mittelmeer (Bruin 1966, 73). Auf eine frühindustrielle Produktion deutet auch das Keramikfragment aus dem libanesischen Sarepta hin, das eine noch heute gut sichtbare Purpurkruste an der Innenseite aufweist. Datiert wird dieses Fragment auf 1300-1200 v. Chr.; es gehört somit zu den ältesten Hinweisen auf Purpurfärberei weltweit (vgl. McGovern, Michel 1990, 153; 156; Cooksey 2001, 736).
Ab der Mitte des 1. Jh. n. Chr. verbreiten sich purpurgefärbte Textilien bis in das russische Altaigebirge wie Funde wollener Pferdeschabracken aus dem Gräberkomplex von Pazyryk (5. Jh. v. Chr.) zeigen. Auf die Bedeutung des Purpurhandels im Römischen Reich weist eine Grabstele aus dem 1. Jh. n. Chr. hin, welche der *purpurarius* C. Pupius C. L. Amicus in Parma errichten ließ. Sie zeigt ihn mit den Attributen eines Purpurfärbers, darunter Handwerkzeuge wie eine Waage mit Wollballen, Gefäße und Spatel zum Umrühren der Farbküpe (s. Blümner 1912, 240). Auch in den römischen Kolonien und Provinzen kommen nach der Jahrtausendwende purpurne Kleiderbesätze hoch in Mode: Die Mumienporträts aus Fayum sowie Textilfunde aus Krokodilo und Palmyra zeigen dies eindrucksvoll (Haubrichs 2004, 147). Unter letzteren befinden sich häufig Imitationsfärbungen, wie Farbstoffanalysen zeigten. Wenngleich die meisten archäologisch und durch Textquellen erschlossenen Purpurmanufakturen rund um die Mittelmeerküsten liegen, so finden sich doch auch Nachweise von Werkstätten in Westfrankreich (Bretagne) und auf den Britischen Inseln (v. a. Irland), die zum Teil bis ins 7. Jh. n. Chr. in Betrieb waren (Bruin 1966, 76).

Die *Naturgeschichte* Plinius des Älteren

Zu den Hauptschriftquellen, welche die Purpurfärberei behandeln, gehören neben religiösen Texten wie dem Alten Testament (Buch Exodus und Numeri) und dem Talmud (vgl. McGovern, Michel 1990, 152-154; Bruin 1966, 79), Aristoteles *Historia animalium* und Vitruvs *De architectura* insbesondere die *Naturgeschichte* Plinius des Älteren (vgl. Steigerwald 1986). Von allen Texten bietet sie die detail- und umfangreichste Informationssammlung zum Themenkomplex.
In der römischen Antike hatte die Verwendung purpurner Textilien einen historischen Höhepunkt erreicht. Plinius umfassendes Werk ist Zeugnis dieser Entwicklung. Es beleuchtet sämtliche Aspekte dieses wertvollen und seltenen Farbstoffs (s. Buch IX., LIII. 104f.; LX. 124-LXIV. 141). Neben der Lebensweise der Purpurschnecken werden auch die

Abb. 1: Gehäuse der Brandhornschnecke, auch bekannt als Herkuleskeule (‚Bolinus brandaris‘) – Shell of the spiny-dye murex (‘Bolinus brandaris’).

Abb. 2: Gehäuse der Stumpfen Stachelschnecke (‚Hexaplex trunculus‘). – Shell of the banded dye-murex (‘Hexaplex trunculus’).

optimalen Erntezeiten, die Auswirkung der Nahrung auf den Farbstoff, Fangmethoden sowie auch die für die Färberei geeignetsten Schneckenarten thematisiert. Plinius weiß darüber hinaus bereits, dass das milchige Drüsensekret den Schnecken als Abwehrmechanismus vor Prädatoren und zum Schutz der Eier vor Mikroben dient (vgl. Bruin 1966, 83).

In der Hauptsache unterscheidet Plinius zwischen zwei Schneckenarten, die sowohl in Bezug auf Qualität und Quantität unterschiedlich ausgeprägte Farbstoffe liefern: Die Rotmund-Leistenschnecke *Stramonita haemastoma* (bei Plinius *murex* und *bucinum*), die eine ähnliche Farbstoffzusammensetzung wie die Herkuleskeule oder Brandhornschnecke *Bolinus brandaris* hat (*Abb. 1*), und die Stumpfe Stachelschnecke *Hexaplex trunculus* (*Abb. 2*) (bei Plinius *purpura* und *pelagia*, vgl. Haubrichs 2004, 135). Die Farben des Purpurs sind vielfältig und können je nach Mode durch Doppelfärbungen mit anderen Farbstoffen weiter variiert werden; so entsteht auch der Tyrische und Tarentinische Purpur. Zu den benötigten Mengen und Preisen für Meeresschnecken und purpurgefärbte Stoffe äußert sich Plinius ebenfalls. Vor allem aber die Verarbeitungsschritte von frisch gefangenen Schnecken bis zur Textilfärbung werden hier im Gegensatz zu anderen Schriftquellen besonders ausführlich beschrieben.

Durchführung der Versuche in der Purpurfärberei

Aufgrund ihrer Ausführlichkeit dienten dann auch die Aufzeichnungen Plinius des Älteren als Grundlage für die vorliegende Versuchsreihe. Daneben ergänzten die Texte Vitruvs sowie die Stockholmer und Leidener Papyri problematische Stellen.

Die genaue Passage bei Plinius lautet:

Dann wird die Ader [= die Hypobranchialdrüse, Anm. der Verfasserin], *von der wir sprachen, herausgenommen und das nötige Salz hinzugegeben, etwa 1 Sester auf 100 Pfund. Man lässt dies nicht länger als 3 Tage durchziehen, denn die Kraft ist umso größer, je frischer es [das Salz] ist. Dann wird die Mischung mit je 100 Amphoren Wasser auf 500 Pfund [Farbstoff] in einen bleiernen Kessel gegeben, der mittels eines langen Rohres von einem Ofen her gleichmäßig mit warmem Dampf erhitzt wird. Wenn nun auf diese Weise die Fleischteilchen, die notwendigerweise an den Adern hängen müssen, nach und nach abgeschöpft sind, so taucht man ungefähr nach 10 Tagen etwas gereinigte Wolle zur Probe in den flüssigen Inhalt*

Abb. 3: Aufschlagen der Purpurschnecken in einem Mörser. Im linken Bildrand befinden sich extrahierte Farbdrüsen. – Crushing the shells of the purple molluscs in a mortar. Extracted hypobranchial glands can be seen in the top left corner.

des Kessels und lässt den Sud so lange in der Hitze stehen, bis die Farbe den Erwartungen entspricht. Eine rötliche Farbe ist schlechter als eine schwärzliche. Die Wolle wird 5 Stunden lang getränkt, dann wird sie gekrempelt und wieder in den Sud hineingelegt, bis sie alle Farbe in sich aufgesogen hat (Buch IX., LXII., 133-134, Übersetzung der Verfasserin angelehnt an Wittstein 1881).

Bevor mit dem Färben begonnen werden konnte, musste das Farbpigment zunächst gemäß den historischen Quellen extrahiert werden; es kam also kein raffiniertes Purpurpulver zum Einsatz, sondern ausschließlich frische Purpurschnecken.

Vorgehensweise: Verwendet wurden 2 kg lebende Purpurschnecken der Art *Bolinus brandaris*, die Ende August 2012 gefangen worden waren. Bei einem durchschnittlichen Gewicht von 10 g pro Schnecke entsprechen 2 kg in etwa 200 Tieren. Die Purpurschnecken wurden zunächst in einem Mörser mit einem Stößel aufgeschlagen und die hypobranchiale Drüse mit Hilfe einer Pinzette entfernt (*Abb. 3*). Im Durchschnitt gelang es der Verfasserin, 2 Schneckendrüsen in einer Minute zu extrahieren. Erschwerend war,

Abb. 4: Lage der hypobranchialen Drüse bei einer Brandhornschnecke. – Location of the hypobranchial gland in a spiny-dye murex.

dass durch zu festes bzw. zu sanftes Zuschlagen die Drüsen entweder verletzt wurden und das Sekret heraustrat oder erst nach wiederholtem Zuschlagen die Gehäuse geöffnet werden konnten. Auch war es nicht immer leicht, die optimale Lage der Drüse zu bestimmen (normalerweise auf 200° bis 240° gegenüber der Gehäuseöffnung, vgl. *Abb. 4*) und gleich beim ersten Schlag die richtige Stelle zu treffen. Bei kleineren Exemplaren erwies es sich als angebracht, den Rat der antiken Schriften (s. Plinius Buch IX., LX.) zu befolgen und die ganzen Tiere zu zerschlagen, anstatt die Drüsen einzeln herauszuschneiden.

Die entfernten Drüsen wurden dann vorläufig in einer Schale gelagert. Sie änderten ca. 2-5 Minuten nach der Extraktion (abhängig von Temperatur und Witterung/UV-Strahlung) ihre Farbe von der textmarkergelben Vorstufe (Chromogen) über neongrün zu kobaltblau und schließ-

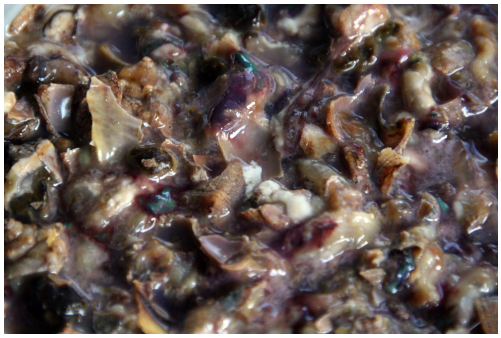

Abb. 5: Der Purpurfarbstoff der extrahierten Drüsen verändert sich durch Luft- und Sonneneinwirkung von gelb zu grün, von grün zu blau und schließlich zu violett. – The purple colour of the extracted glands changes from yellow to green, from green to blue and finally to violet when exposed to air and sunlight.

lich zu tiefrotviolett (*Abb. 5*) durch enzymatische Hydrolyse (s. Doumet 1980; McGovern, Michel 1990, 154ff.; Cooksey 2001). Gleichzeitig verbreitete sich ein starker Geruch, der Fliegen anlockte. Anschließend wurden die isolierten Drüsen im Mixer püriert, wobei etwas Wasser dazugegeben wurde; bei Brandhornschnecken ist die pürierte Mischung altrosa, bei Stumpfen Stachelschnecken hingegen blauviolett. Mit den so verarbeiteten Drüsen konnte nun weitergearbeitet werden.

Aschenlaugenküpe nach Boesken-Kanold und Haubrichs

2001 war es Boesken-Kanold und Haubrichs erstmals gelungen, in Anlehnung an antike Quellen eine erfolgreiche Purpurküpe herzustellen (s. Boesken-Kanold, Haubrichs 2008, vgl. hierzu Koren 2005). Der erste Versuch dieses Beitrags referiert sich auf diese Küpe.
Als Ausgangsbasis diente die zuvor pürierte Drüsenmischung. Zunächst wurde ihr pH-Wert auf 8,5-9 erhöht durch Zugabe von Holzasche (Pottasche oder Waschsoda sind auch möglich). Da es sich bei dem Purpurpigment DBI um ein

Abb. 6: Sauerstoffreduzierte Aschenlaugenküpe mit Fleischsediment der Drüsen auf dem Gefäßboden. – Reduced oxygen soda vat with meat sediments of the glands on the bottom of the vessel.

Derivat des Indigos handelt, ist auch hier eine Verküpung des Farbstoffs notwendig, damit er auf Textilien aufziehen kann (vgl. Bruin 1966, 81f.; Edmonds 2000, 11; dagegen: Elsner 1991, 13). Ein alkalisches Milieu ermöglicht es, die Molekularstruktur aufzuspalten und das Farbpigment in eine wasserlösliche, farblose Leukoform zu bringen. Zusätzlich ist eine sauerstoffarme Umgebung erforderlich, um die Reduktion einzuleiten. Den Sauerstoffentzug veranlassen Mikroorganismen wie das Bakterium *Clostridium isatidis* (s. McGovern, Michel 1990, 155f.; Padden u. a. 1999; Edmonds 2000, 38; Cooksey 2001, 737; Boesken-Kanold, Haubrichs 2008, 254) oder chemische Mittel wie Natriumdithionit oder Hydrosulfit.

Dieser Prozess ist bei der Aschenlaugenküpe in der Regel nach 3-8 Tagen abgeschlossen, wenn die Mischung zuvor während 3 Tagen dauerhaft auf 40-50°C erhitzt wurde. Die reduzierte Flüssigkeit ist gelb bis braun-grünlich, die Fleischreste der Drüsen haben sich auf dem Boden des Behälters abgesetzt (*Abb. 6*). Bei diesem Versuch kamen lediglich gläserne Behälter zum Einsatz, Bleigefäße (oder Zinngefäße, wie McGovern, Michel 1990, 155, Cooksey 2001, 737 und Koren 2005, 139 postulieren) fanden aus gesundheitlichen Gründen keine Verwendung (dagegen: Elsner, Spanier 1985, 123). Die Küpe ist nun zum Färben bereit und die Textilfasern – in diesem Fall 0,05 g schwere Maulbeerseiden- und Wollproben aus einem Merinokammzug – werden während mindestens 5 Stunden eingetaucht, damit die Farbe optimal aufziehen kann. Sobald das eingefärbte Material aus der Flüssigkeit genommen wird und mit Luftsauerstoff und/oder UV-Licht in Berührung tritt, oxidiert die reduzierte Leukoform des Farbstoffs über gelb und grün in seine ursprüngliche Form zurück: Die Proben hatten eine zartrosa bis dunkelaltrosa Farbe angenommen.

Urinküpe (Ammoniak-Glukose-Küpe)

Nach der erfolgreichen Anwendung der Aschenlaugenküpe startete die Verfasserin einen neuen Versuch, das Purpurpigment zu reduzieren. Dieses Mal wurde jedoch auf Holzasche verzichtet, da diese nicht in den antiken Quellen erwähnt wird (s. auch McGovern, Michel 1990, 155 und Edmonds 2000, 15f. – Holzasche aus Öfen und Kalziumoxid aus zerschlagenen Muschelschalen dürfte allerdings reichlich zur Verfügung gestanden haben, vgl. Elsner 1991, 14 und Koren 2005, 142f.). Dabei berief sich die Autorin auf eine Stelle bei Plinius dem Älteren (Buch IX, LXIV), die bisher wenig Beachtung fand und so hinsichtlich ihrer Umsetzbarkeit noch kaum experimentell getestet worden war. Dort heißt es, dass dem Drüsensekret der Pelagien bei der Verküpung Wasser und Urin in gleichen Mengen zugesetzt werden.

In Anlehnung an die Waid/Indigo-Urinküpe wurde hier also versucht, mit mehrere Wochen abgestandenem, alkalischem Urin das Purpurpigment mit Verzicht auf primäre Wärmequellen (Ofen, Heizplatte) zu reduzieren. In der Antike war bereits bekannt, dass alkalische Phosphate und Ammoniak in abgestandenem Urin entfettend wirken und in Verbindung mit Fett eine Seifenlaugenlösung formen: Daher wurde verfaulter Urin gerne zum Waschen von Rohwolle benutzt. Doch auch zum Färben eignet sich dieser Stoff. So hält der Stockholmer Papyrus eine Vielzahl von Rezepten bereit, in denen die Indigoreduktion mittels Harn beschrieben wird.

Der pürierten Drüsenmischung wurde also abgestandener Urin mit einem pH-Wert von 8,7 zugegeben. Die Flüssigkeit fermentierte über 8 Tage in einem verschließbaren Behälter bei einer Zimmertemperatur von ca. 20°C. Nach 2 Tagen hatte sich der Plastikbehälter bereits dermaßen gebläht, dass es notwendig war, den Deckel zu öffnen und die angestaute Luft entweichen zu lassen (Explosionsgefahr! Vgl. Padden u. a. 1999, 1028). Die Farbe der Küpe war blaugrau-grün. Nun wurde zusätzlich ein Esslöffel Honig hinzugefügt, um den Vergärungsprozess voranzutreiben. Diese Maßnahme wird auch in Plutarchs Alexanderbiographie (McGovern, Michel 1990, 153; 155) und bei Vitruv (*De architectura* 13,3) erwähnt. Honig dient mit seinem hohen Fruktose- und Glukosegehalt als Hilfsmittel zur Beschleunigung der Verküpung und Bildung von Mikroorganismen mit reduktivem Potenzial (McGovern, Michel 1987, 140).

Nach 5 Tagen schwammen Fleischteile der Drüsen an der Oberfläche der Flüssigkeit, die nun eine gelbliche Farbe an-

genommen hatte (*Abb. 7*). Dieses Phänomen wird auch bei Plinius beschrieben, allerdings tritt es dort erst nach 10 Tagen in Erscheinung (s. Bailey 1929, 28f.; vgl. auch Boesken-Kanold, Haubrichs 2008, 254: Bei ihrer Aschenlaugenküpe blieb dieses Phänomen aus.). Anschließend wurden die Textilproben in die Küpe eingelegt und während 5 Stunden gefärbt. Auch hier wurde ein brillantes Lachsrot erzielt.

Abb. 7: Urinküpe nach 5 Tagen Fermentationszeit bei Zimmertemperatur. Fleischreste der Drüsen schwimmen auf der Oberfläche. – Urine vat after 5 days of fermentation time at room temperature. Meat residues float on the surface of the liquor.

Hefeküpe

Nachdem der Versuch mit der Urinküpe gelungen war, wagte sich die Autorin an eine Hefeküpe – wiederum in Anlehnung an eine in der Indigofärberei erfolgreich angewandte Verküpungsart. Hefeteig als Medium zur Fermentierung von Purpur wird nachweislich bei Herzog (1919-1920, 28) erwähnt (s. auch McGovern, Michel 1990, 154).
Es wurde wie folgt vorgegangen: Ein 3 Tage lang vergorener Bio-Gerstenteigklumpen (Sauerteig) wurde in die Drüsenmischung eingelegt. Dann wurde die Flüssigkeit während 10 Tagen auf 40°C erhitzt. Als Wärmequelle diente diesmal aus ökonomischen Gründen kein Ofen, sondern die Verlustwärme einer Glühbirne nach dem gleichen Prinzip von Lavalampen. Der Reduktionsprozess fand jedoch nicht statt. Vermutlich waren entweder die geringen Temperaturen, die Fermentations- oder Erhitzungszeit entscheidend für das Misslingen des Versuchs. Weitere Experimente könnten jedoch Klarheit schaffen.

Natriumdithionitküpe

Nachdem einige der historisch vertretbaren und an die Quellen angelehnten Verküpungsmethoden im Versuch getestet wurden, sollte herausgestellt werden, ob die moderne Chemieküpe mit den traditionellen Küpen vergleichbare Resultate hervorbringen würde. Bei der Natriumdithionitküpe wurde die Reduktion mittels Waschsoda und Natriumdithionit ($Na_2S_2O_4$) eingeleitet, die in einem warmen Wasserbad von ca. 50-55°C zusammen mit der Drüsenflüssigkeit erhitzt wurden. Die Reduktion war nach 90 Minuten abgeschlossen; der Farbsud hatte eine gelblich-graue Farbe angenommen. Gefärbt wurde nach dem gleichen Prinzip wie bei den bereits aufgeführten Küpen. Das Resultat war ein mattes Rosa. Bei einem Versuch mit einer Drüsenmischung, die bereits 3 Monate vorgelagert worden war, wiesen die Farbproben, insbesondere die Seidenmuster, einen etwas bläulicheren Stich auf.
Eine andere nicht weniger effiziente Methode, die bei luft- oder salzgetrockneten Schneckendrüsen angewandt werden kann (s. auch Boesken-Kanold, Haubrichs 2008, 254), besteht darin, das Wasser zuerst auf 80-90°C zu erhitzen und anschließend die Purpurdrüsen hineinzugeben (*Abb. 8*). Dann wird der pH-Wert mit Waschsoda auf 9 erhöht. Anschließend wird die Flüssigkeit auf 50-60°C heruntergekühlt und das Natriumdithionit hinzugefügt. Nach wenigen Minuten nimmt die Lösung eine gelbe

Abb. 8: Reduzierte Natriumdithionitküpe mit Rückständen von zerbrochenen Schneckengehäusen und salzgetrockneten Farbdrüsen. Rechts die Reoxidation des Farbstoffs. – Reduced sodium dithionite vat with debris of broken mollusc shells and salt-dried glands. On the right the reoxidation of the dye.

Farbe an, ein Hinweis darauf, dass die Reduktion begonnen hat. Nach 5 Minuten kann das Färbegut eingelegt werden. Um zufriedenstellende Ergebnisse zu erzielen, gilt es eine Wartezeit von mindestens 20 Minuten einzuhalten. Das Resultat war hier ein tiefes, wenn auch stumpfes Altrosa.

Welche Farbe hat Purpur?

Die Versuche brachten ein breitgefächertes Farbspektrum zu Tage (*Abb. 9*). Bei Drüsen der Schneckenart *Bolinus brandaris* reichte es von zart- über altrosa bis hin zu einem tiefen Rotbraun (Grundton: PANTONE 695 C, dunkelster Ton: PANTONE 497 C). Es wurden also nur rotstichige Töne erzielt; lediglich auf Seide fiel die Farbe bläulicher aus (vgl. Imming u. a. 2000; Cooksey 2001, 747). Im Vergleich dazu hatte die Autorin bei einer länger zurückliegenden Versuchsreihe mit Purpurschnecken der Spezies *Hexaplex trunculus* sowohl blau-, als auch rotstichige Nuancen erzielt, die von lachsrot, lavendelblau, rot- und blauviolett, türkisblau, petrolblau bis nachtblau reichten. Allgemein war bei männlichen Schnecken (erkennbar an der Prostata, s. auch Westley, Benkendorff 2008, dagegen: Elsner, Spanier 1985, 124ff.) sowie bei

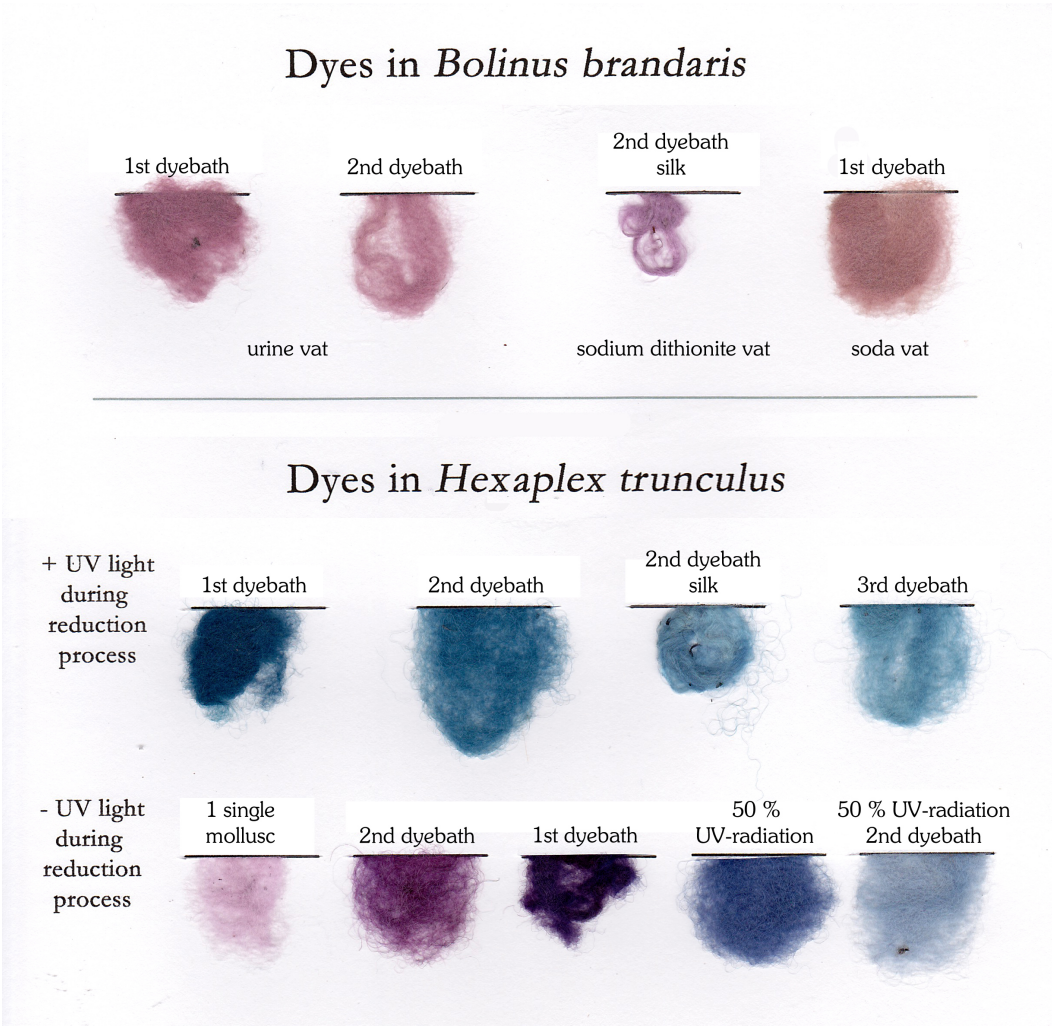

Abb. 9: Farbergebnisse der Versuchsreihe mit Purpurschnecken der Spezies ‚Bolinus brandaris' und ‚Hexaplex trunculus' auf Wolle und Seide. – Colour samples on wool and silk from the experimental series with purple snails 'Bolinus brandaris' and 'Hexaplex trunculus'.

Färbungen außerhalb von Tageslicht eine Tendenz zu Rot wahrnehmbar, während die Drüsen weiblicher Tiere und Färbungen mit Stumpfen Stachelschnecken, die bei der Reduktion UV-Licht ausgesetzt wurden (= Photodebromination, s. Koren 2005, 139), eine deutliche Tendenz zu Blau zeigten.

Die Ergebnisse demonstrieren eindeutig, dass es schlichtweg unmöglich ist, den Purpur über eine einzige Farbbezeichnung definieren zu wollen: Es gibt nicht nur eine Purpurfarbe, es gibt *mehrere* (vgl. auch Imming u. a. 2000; Haubrichs 2004, 145). Denn es existieren nicht nur Nuancen, sondern aufgrund der photochemischen Eigenschaften (besonders in Hinblick auf das Element Brom, s. Bruin 1966, 81) und der molekularen Zusammensetzung des Purpurpigments kommen stark variierende Farben zustande. Auch die verwendete Schneckenart hat

einen Einfluss auf das Farbresultat: Während Stumpfe Stachelschnecken höhere Indigowerte aufweisen, produzieren Brandhornschnecken, Rotmund-Leistenschnecken (*Stramonita haemastoma*) und Nordische Purpurschnecken (*Nucella lapillus*) fast ausschließlich DBI (vgl. Cardon 2007, 557, Tabelle 2; Bruin 1966, 79; McGovern, Michel 1987, 138; McGovern, Michel 1990, 154; Verhecken 1994; Cooksey 2001, 741; 751, Tabelle 3) – daher geben letztere in der Hauptsache Rottöne ab. Durch weitere Mischungen von verschiedenen Schneckenarten untereinander ergibt sich noch einmal eine Vielzahl unterschiedlicher Farbtöne. Nach Plinius konnten nur anhand solcher Mischungen die besten Resultate erzielt werden.

Bereits im Altertum war dieses breite Farbspektrum bekannt und „Purpur" kein fest abgegrenzter Begriff. Daher gibt es im klassischen Latein mehr als 15 Bezeichnungen für die Farben des Purpurs. Allein Vitruv unterscheidet beim Purpur zwischen 4 Grundfarben: dunkel, blass(blau), dunkelblau/violett und rot (*ater, lividus, violaceus, ruber*). Die Ausdrücke *purpura* und *conchylia* stehen für Textilien aus rotem, resp. blauem Purpur. Die hebräischen Pendants sind *argaman* und *tekhelet*, allerdings beziehen sie sich ausschließlich auf Färbungen aus Stumpfen Stachelhornschnecken (dagegen Herzog 1919-1920, 23 und Haubrichs 2004, 145). Zu den Farbnuancen, bei denen der Prozentteil von Brandhornschnecken überwiegt, zählt *purpura amethystina* (Amethystpurpur), der durch eine Kombination von Brandaris- und Trunculusschnecken erreicht wird. Im 1. Jh. n. Chr. gehörte der schwer herzustellende rote Purpur zu den beliebtesten und teuersten Sorten. Auch 1000 Jahre später trug der Kaiser noch ein altrosa Gewand wie es die berühmte Miniatur aus dem Evangeliar Ottos III. darstellt (Thiel 2004, 97), während seine Bischöfe und Reichsfürsten mit blaustichigeren Tönen angetan sind.

Imitationsfärbungen

Aus der Antike sind viele Schriftquellen und archäologische Zeugnisse erhalten, die bezeugen, dass das Imitieren echten Purpurs ein ebenso wichtiger Zweig war, wie die eigentliche Purpurfärberei.

Farbstoffanalysen an Textilien, bei welchen bislang angenommen wurde, dass sie purpurgefärbt seien, zeigten häufig, dass nicht der teure Schneckenfarbstoff, sondern Pflanzen- und Insektenfarben wie Krapp, Färberflechte, Safflor oder Kermesschildläuse allein zum Einsatz kamen, mit echtem Purpurpigment vermischt wurden oder als Grundierung dienten (s. Steigerwald 1986, 46ff.). Die Gründe für Imitationsfärbungen sind vielfältig: Zunächst einmal bieten sich die oben genannten Naturfarbstoffe als preiswertere und leichter verfügbare Substitute an. Darüber hinaus können Zeitaufwand und Energiekonsum der traditionellen Herstellungsprozeduren des Originalfarbstoffs reduziert werden. Auch die Farboptik (Farbbrillianz) und der Geruch (Plinius, Buch IX., LX., und Livius beschreiben im 1. Jh. n. Chr. den Gestank purpurner Kleidung, vgl. Haubrichs 2004, 148) können durch Imitationsfärbungen verbessert werden. Außerdem ist mit Pseudopurpurin eine schnellere und wirtschaftlich attraktivere Anpassung an Modeerscheinungen möglich (vgl. Bruin 1966, 79f.). Insbesondere die *claves*-Mode, die seit der Mitte des 3. Jh.s n. Chr. im Römischen Reich um sich greift, bringt einen Wandel in der Färbeindustrie mit: Die Nachfrage nach purpurnen Garnen erhöht sich drastisch.

Auch die ägyptischen Papyri *Graecus Holmiensis* („Stockholmer Papyrus") und *Leydensis X* („Leidener Papyrus X") aus dem 3./frühen 4. Jh. n. Chr. liefern eine ausführliche kunsttechnologische Re-

zeptsammlung (155 bzw. 99 Stück) zur Bearbeitung und Herstellung von Luxusstoffen wie Edelmetallen und Edelsteinen, Perlen und Farben. Dabei behandeln die meisten Farbrezepte die Purpurfärberei auf Wolle. In der Vergangenheit wurde die praktische Umsetzbarkeit der Rezepte oft in Frage gestellt (vgl. Halleux 1981, 24-30): Es wurde postuliert, dass es sich um Rezeptsammlungen von „Stubengelehrten“ handele. Die von der Verfasserin durchgeführten Färbeversuche belegen allerdings, dass die Anweisungen in Bezug auf die imitierenden Purpurrezepte durchaus praktikabel sind.

Versuche in der Purpur-Imitationsfärberei

Bei den Versuchen waren Zugeständnisse nötig, da die Rezepte aus den Papyri teils zu ungenau sind, um eine exakte Verfahrenskopie zu gewährleisten. Dies betrifft die nicht oder nur unzureichend vorhandenen Mengenangaben, die fehlenden Daten zum Einfluss von Temperatur, Färbedauer, Erntezeitpunkt und -ort der Pflanzen, aber auch zu den verwendeten Fasern und deren Aufbereitung. Relativiert werden die Ergebnisse auch dadurch, dass die historischen Farbstoffe, Beizen und Hilfsmittel heutzutage nicht mehr verfügbar sind oder nur noch in veränderter Form: Beizen wie Alaun (= „Phrygischer Stein“) haben eine andere chemische Zusammensetzung, da in der Antike noch keine chemisch reinen Substanzen zur Verfügung standen.

Krapp, Kermes und Indigo/Waid

Imitationsfärbungen mit Krapp (*Rubia tinctorum*), Färberdistel (*Carthamus tinctorius*), Kermes (*Coccus ilicis*) und Indigo (*Indigofera tinctoria*)/Waid (*Isatis tinctoria*) sind mitunter am einfachsten herzustellen und ergeben Nuancen, die echtem Schneckenpurpur ähneln (vgl. Blümner 1912, 240-250; Herzog 1919-1920, 28f.), dabei allerdings eine geringere Farbechtheit aufweisen (*Abb. 10*).

Abb. 10: Färbungen zum Grundieren, Schönen, Nuancieren und Imitieren von echtem Purpur in der Antike: (von oben nach unten) Färberkrapp auf Eisenbeize, Kermesschildläuse, Alkannafärbung nach Rezept Nr. 95 aus dem Leidener Papyrus, Flechtenfärbung aus Alkali- und Säurebad. – Dyes used to ground, revive, shade and imitate real mollusc purple in antiquity: (from top to bottom) Madder, kermes scale insects, alkanet dye according to recipe no. 95 from the Leyden papyrus, lichen dye in alkali and in acidic solution.

Bei den Versuchen ging die Autorin folgendermaßen vor: Zuerst wurden die Wollfasern mit einem modernen Wollwaschmittel vorgewaschen. Als Vorbeize (falls notwendig) diente ein Kaliumalaun-Weinstein-Gemisch (30% Alaun, 5% Weinsteinrahm – die hohen Mengen Alaun entsprechen alten Farbrezepten, wobei aber zu bedenken gilt, dass das Alaun damals nicht in reiner Form exis-

tierte) bei 90°C während 90 Minuten. Das Färben wiederum wurde bei 90°C (Krapp zwischen 60-70°C, Waid zwischen 45-55°C) während 90-120 Minuten (Waid ca. 5 Minuten) durchgeführt.
Färberkrapp ist ein orange bis scharlachroter Farbstoff, der im Idealfall aus 3 Jahre alten Wurzeln extrahiert wird. Bei qualitativ hochwertigen Sorten („Türkischer Krapp“) reicht die Zugabe von Kalk, um der Farbe einen bläulichen Stich zu geben. Dieser Effekt lässt sich durch Zugabe von eisenhaltigen Substanzen, bspw. eisenhaltiger Erde oder Eisenwasser, einer Lösung aus in Essig aufgelösten Eisenspänen, verstärken. Die so erzielte Farbpalette reicht von bordeauxrot bis zu grauviolett.
Anhand einer Doppelfärbung von Krapp und Indigo aus Waid oder der Indigopflanze lassen sich weitere Violetttöne gewinnen. Einen gewissen Einfluss auf das Farbergebnis hat die Vorgehensweise, ob zuerst mit Krapp eingefärbt und danach erst mit Indigo in der Küpe überfärbt wurde oder umgekehrt. Auch lässt sich die Farbintensität durch die Länge des jeweiligen Farbbades beeinflussen.
Bei Kermes handelt es sich um einen scharlachroten Farbstoff, der aus den weiblichen, mit Eiern gefüllten Körperhülsen der Kermesschildläuse gewonnen wird. Ersetzt man bei Imitationsfärbungen Krapp durch Kermes, so bekommt die Farbe einen blaustichigeren Ton und einen höheren Glanz. Bei Kermes, der heutzutage meist durch Cochenille-Rotläuse ersetzt wird, obwohl er nicht dieselbe chemische Zusammensetzung besitzt, ist eine Farbnuancierung ins Bläuliche auch mittels eisenhaltiger Substanzen möglich, vermindert allerdings die Farbsättigung.

Alkanna
Bei der Alkanna (*Alkanna tinctoria*), auch bekannt unter dem Namen Färbende Ochsenzunge, handelt es sich wie beim Krapp um einen Wurzelfarbstoff. Hier allerdings kann die Farbe nicht mit Wasser ausgewaschen werden, sondern muss vor dem Färben zuerst in Alkohol oder Öl extrahiert werden. Die chromatische Palette von Alkanna reicht von grauviolett zu sattem Rot- und Blauviolett. Der Nachteil dieses Farbstoffs ist jedoch seine geringe Resistenz gegen Licht und Laugen, welche die Farbe verändern können.
In einem Versuch wurde nach dem Rezept Nr. 95 aus dem Leidener Papyrus gefärbt (s. Halleux 1981, 107). Dieses Rezept beschreibt eine Kaltfärbung mit Alkanna, Walnüssen, Granatapfelschalen in gleichen Teilen unter Zugabe von einem Schuss Essig. Bevor die Proben eingelegt werden konnten, musste die Flüssigkeit 3 Tage lang ziehen, damit sich der lipophile Farbstoff Alkannin in dieser fett- und säurehaltigen Umgebung aus den Wurzeln lösen konnte. Das Ergebnis war ein lachsfarbener Ton, der durch Zugabe von Eisenwasser ins Grauviolette umschlug. Obwohl dieser Schritt nicht im Rezept beschrieben wird, so wird er doch durch die Zutat von tanninhaltigen Granatapfelschalen vorausgesetzt, die zusammen mit Eisenwasser einen Farbumschlag ins Violette bewirken.

Färberflechten
Auch aus verschiedenen Flechtenarten lässt sich ein purpurner Farbstoff gewinnen. Besonders die Färberflechte *Roccella tinctoria* liefert eine brillante Farbe, die von antiken Autoren teilweise sogar mehr Lob erhielt als der echte Purpur. Die geernteten und getrockneten Flechten müssen vor dem Färben zur Farbstoffentwicklung zunächst mit einer alkalischen Lösung behandelt werden; dazu eignen sich Urin, Pottasche u. a. basische Mittel. Diese Vorbehandlung führt zur Bildung des Farbstoffs Orcein (Natural Red 28), der eine tiefblauviolette bis mitternachtsblaue Farbe besitzt. Wird die alkalische Lösung vor dem Färben mit Essig angereichert,

so schlägt die Farbe in altrosa oder rotviolett um.
Färberflechten wurden bereits sehr früh in der Geschichte zur Imitation des Purpurs benutzt: Theophrast äußerte sich im 3. Jh. v. Chr. äußerst positiv über diesen Farbstoff, den er als schöner einstufte als echten Purpur. Er bemängelte jedoch die schlechte Lichtechtheit der violetten Farbe, die mit der Zeit allmählich zu einem dumpfen Grau verblasste. Flechtenfarbstoffe wurden nicht selten bei Farbstoffanalysen von Purpurtextilien vorgefunden; sie dienten entweder als supplementäres Farbmittel oder gänzlich als Substitut für echten Purpur (vgl. Blümner 1912, 236, Anm. 1). Als supplementäres Farbmittel konnten sie zum Schönen des Purpurs beitragen, da sie der Farbe eine größere Brillanz verliehen.

Fazit

Nachdem zunächst eine Versuchsreihe mit Schnecken der Art *Bolinus brandaris* unter Verwendung von unterschiedlichen Küpenarten (Aschenlauge, Urin, Hefe, Natriumdithionit) gestartet wurde, wurden anschließend nicht nur die einzelnen erzielten Farbproben untereinander verglichen, sondern auch die verschiedenen Küpenarten auf Kriterien wie Zuverlässigkeit und Energiebedarf evaluiert. Der Versuchsaufbau war stark an antike Schriftquellen (Aristoteles, Plinius der Ältere, Vitruv) und an die historisch belegten Waid/Indigoküpen angelehnt. Nach modernen Verhältnissen müsste die Natriumdithionitküpe als optimale Küpe für Purpurfärberei gelten, da sie schnell und sicher gelingt sowie eine einfache Rezeptur und Vorgehensweise hat. Allerdings fielen die Farben weniger leuchtend aus, als bspw. bei der Urinküpe. Auch hat sie keinen historischen Wert, da Natriumdithionit erst seit knapp 140 Jahren zur Verfügung steht (Haubrichs 2004, 154). Die von Boesken-Kanold und Haubrichs ausgearbeitete Aschenlaugenküpe führte bei den primär verwendeten Brandhornschnecken zu einem zufriedenstellenden Ergebnis, während die Reduktion bei dem Drüsensekret aus Stumpfen Stachelschnecken bessere Resultate lieferte. Auch führten die Kombination aus langer Fermentationszeit und mechanischer Beheizung der Küpe zu einem erhöhten Energieverbrauch. Im Gegenzug zeigte die Urinküpe gerade in dieser Hinsicht ihre Vorzüge: Die Vergärung und Reduktion des Purpurpigments gelang auch bei niedrigen Zimmertemperaturen ohne zusätzliche Heizquelle. Jedoch war die Geruchsbelästigung bei der langen Gärungszeit nicht unerheblich. Die Hefeküpe konnte in dieser Versuchsreihe nicht erfolgreich durchgeführt werden; doch wäre es sinnvoll, unter anderen Voraussetzungen einen neuen Versuch zu starten.
Die nach dem Stockholmer und Leidener Papyrus reproduzierten Imitationsfärbungen konnten einmal mehr das Potenzial und die Praktikabilität dieser historischen Rezeptsammlungen unterstreichen. Die originalgetreuen Ergebnisse ließen darauf schließen, dass die Färbereien in der Antike einen großen, sich mehr oder weniger rasch nach Modeerscheinungen wandelnden Markt mit erschwinglichen Produkten bedienen wollten. Mit billigeren Farbmitteln aus Krappwurzeln, Alkanna, Färberdisteln, Färberwaid, Indigo und Kermesschildläusen konnten alle möglichen Purpurtöne effektiv nachgeahmt werden, wenn auch nicht dauerhaft, denn die Substitute verblassten schneller durch Sonnenlicht, Waschen und Reibung. Und den typischen Geruch von echtem Purpur wusste man nicht zu kopieren.

Danksagung

Mein Dank gilt dem Forschungs- und Entwicklungslabor der Türkischen Kulturstiftung (Turkish Cultural Foundation Research and Development Laboratory)

für die Zurverfügungstellung von Kermesschildläusen für die Versuche und dem Alamannen-Museum Vörstetten für die finanzielle Unterstützung. Auch möchte ich Martin Heider für die unermüdliche und ermutigende Unterstützung danken sowie Nathalie Meiers für das sorgfältige Korrekturlesen und die wertvollen Hinweise bezüglich naturwissenschaftlicher Gegenstände.

Literatur

Bailey, K. C. 1929: The Elder Pliny's Chapters on Chemical Subjects. Band 1. London 1929.

Blümner, H. 1912: Technologie und Terminologie der Gewerbe und Künste bei Griechen und Römern 1. Leipzig 1912 (Nachdruck Leipzig 2005), 224-253.

Boesken-Kanold, I. 2005: The Purple Fermentation Vat. Dyeing or Painting Parchment with Murex trunculus. Dyes in History and Archaeology 20, 2005, 150-154.

Boesken-Kanold, I., Haubrichs, R. 2005: Tyrian Purple Dyeing: An experimental approach with fresh Murex trunculus. Video presentation at the 2nd International Symposium Textiles and Dyes in the Mediterranean world, 24.-26. November 2005, Athens Greece. Athen 2005 (DVD).

Boesken-Kanold, I., Haubrichs, R. 2008: Purple Dyeing with Fresh Murex trunculus. PURPURAE VESTES. II Symposium Internacional sobre Textiles y Tintes del Mediterráneo en el mundo antiguo. Valencia 2008, 253-255.

Bruin, F. 1966: Royal Purple and the dye industries of the Mycenaeans and Phoenicians. Sociétés et Compagnies de Commerce en Orient et dans l'Océan Indien. Actes du huitième colloque international d'histoire maritime, Beyrouth, 5-10 Septembre 1966. Beyrouth 1966, 73-90.

Cardon, D. 2007: Natural Dyes. Sources, Tradition, Technology and Science. London 2007, 550-606.

Cooksey, C. J. 2001: Tyrian Purple: 6,6'-Dibromindigo and Related Compounds. Molecules 6, 2001, 736-769.

Doumet, J. 1980: Etudes sur la couleur pourpre ancienne et tentative de reproduction du procédé de teinture de la ville de Tyr décrit par Pline l'Ancien. Beyrouth 1980, 1-28.

Edmonds, J. 2000: The Mystery of Imperial Purple Dye [= Tyrian or Imperial Purple Dye]. Historic Dyes series 7,41. Little Chalfont 2000.

Elsner, O. 1991: Solution of the enigmas of dyeing Tyrian purple and the biblical tekhelet. Dyes in History and Archaeology 10, 1991, 11-16.

Elsner, O., Spanier, E. 1985: Dyeing with Murex extracts. An unusual dyeing method of wool to the biblical sky blue. Proceedings of the 7th International Wool Textile Research Conference. Tokyo 1985, 118-130.

Friedlaender, P. 1909: Über antiken Purpur. Zeitschrift für angewandte Chemie, XXII. Jahrgang, 48, 1909, 2321-2324.

Halleux, R. 1981: Papyrus de Leyde, papyrus de Stockholm, fragments de recettes. Texte établi et traduction. Paris 1981.

Haubrichs, R. 2004: L'étude de la pourpre. Histoire d'une couleur, chimie et expérimentations. In: M. A. Borrello (Hrsg.), Conchiglie e Archeologia, contributi scientifici in occasione della mostra „Dentro la conchiglia", Sezione archeologica. Museo Tridentino di Scienze Naturali. Trento 2004, 133-160.

Herzog, I. 1919-1920: The Dyeing of Purple in Ancient Israel. Proceedings of the Belfast Natural History and Philosophical Society 1919-1920, 2, 21-33.

Imming, P. u. a. 2000: Welche Farbe hatte der antike Purpur? Textilveredlung 35, 2000, 22-24.

Koren, Z. C. 2005: The First Optimal All-Murex All-Natural Purple Dyeing in the

Eastern Mediterranean in a Millennium and a Half. Dyes in History and Archaeology 20, 2005, 136-149.
McGovern, P. E., Michel, R. H. 1987: The Chemical Processing of Royal Purple Dye: Ancient Descriptions as Elucidated by Modern Science. Archeomaterials 1, 1987, 135-143.
McGovern, P. E., Michel, R. H. 1990: Royal Purple dye. The chemical reconstruction of the ancient Mediterranean industry. Accounts of Chemical Research 23, 1990, 152-158.
Murmann, J. P. 2006: 150 Jahre Mauvein. Chemie Unserer Zeit 40, 2006, 274-275.
Padden, A. N. u. a. 1999: An indigo-reducing moderate thermophile from a woad vat, Clostridium isatidis sp. nov. International Journal of Systematic Bacteriology 49, 1999, 1025-1031.
Steigerwald, G. 1986: Die antike Purpurfärberei nach dem Bericht Plinius' das Älteren in seiner ‚Naturalis Historia'. Traditio 42, 1986, 1-57.
Thiel, E. 2004: Geschichte des Kostüms. Die europäische Mode von den Anfängen bis zur Gegenwart. Berlin 2004.
Verhecken, A. 1994: Experiments with the dyes from European purple-producing shellfish. Dyes in History and Archaeology 12, 1994, 32-35.
Westley, C., Benkendorff, K. 2008: Sex-specific Tyrian purple genesis: precursor and pigment distribution in the reproductive system of the marine mollusc, Dicathais orbita. Journal of Chemical Ecology 34 (1), 2008, 44-56.
Wittstein, G. C. 1881: Die Naturgeschichte des Caius Plinius Secundus. Band 1. Wiesbaden 1881.

Abbildungsnachweis
Alle Abb.: Fabienne Meiers

Autorin
Fabienne Meiers M.A.
9, rue Schenk
5441 Remerschen
Luxemburg
Fabienne.meiers@ grubenhaus.com
www.grubenhaus.com

Rekonstruierende Archäologie