Zeitschrift: Ferrum : Nachrichten aus der Eisenbibliothek, Stiftung der Georg Fischer AG

Herausgeber: Eisenbibliothek

Band: 90 (2018)

Artikel: Die Erfindung der Farbherstellung in der Antike

Autor: Fuchs, Robert

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-787103

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 02.07.2025

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

ROBERT FUCHS

Die Erfindung der Farbherstellung in der Antike

Farbpigmente im Alten Ägypten bis zu den Griechen und Römern

Die zwei ersten künstlich hergestellten Farbpigmente der Menschheit waren das «Ägyptische Blau» und das «Ägyptische Grün». Letzteres war ein Fehlprodukt, das die alten Maler durchaus verwenden konnten und sehr geschätzt haben. Es war der erste Schritt der Menschen weg von den natürlichen Mineralpigmenten hin zu technischen Produkten in der Malerei. Die frühe Geschichte der Farbmittel ist spannend und führte auch zu Produkten, die nur auf bestimmten Materialien von Kunstobjekten verwendet werden konnten. Dies ist ein Lernprozess, den Forscher auch heute noch durchlaufen müssen. Er ist der Kreativität und der Aufmerksamkeit der alten Techniker geschuldet, wurde aber durch äussere Umstände nicht selten über Jahrhunderte hinweg vergessen und erst durch die moderne Chemie wiederentdeckt.

Untersuchungen von Farbpigmenten in altägyptischen Malereien gibt es häufiger, maltechnische Untersuchungen sind jedoch selten zu finden. Die Ägyptologen beschäftigen sich eher mit der Interpretation der abgebildeten Texte, der symbolischen Bedeutung und der historischen und ikonografischen Einordnung der Malerei. Neben einigen kleineren Untersuchungen sind vor allem zwei Projekte der Vergangenheit zu nennen, die die Farbanalyse zur Basis hatten (Heidelberg, London).[1] Eine tief greifende maltechnische Analyse haben bisher nur Restauratoren durchgeführt. Zuerst ist hier Shedid zu nennen, der in der Nachbearbeitung der Gräber TT80 und TT104 sogar noch Werkzeuge des Malers gefunden hat.[2] Weitere maltechnische Untersuchungen sind nur an Wandmalereien, beispielsweise der Nefertari[3], erfolgt; Analysen von Malereien auf Papyrus fehlen weitestgehend. Erst durch die Untersuchungen des PapAmenemhet[4] (Toronto) und des PapAmenemhet[5] (Privatbesitz) konnten auch Mischungen und die Verwendung von Pflanzensäften in der Malerei detailliert erforscht werden.

Analysetechniken

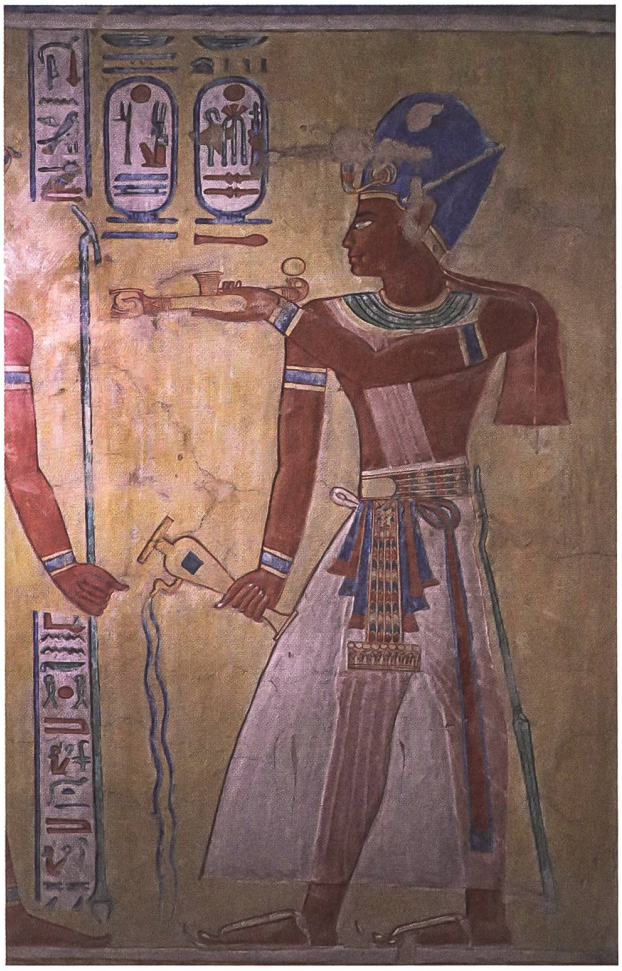
Ein grosses Problem für den Analytiker ist es, dass üblicherweise keine Proben von altägyptischen Malereien zur Verfügung stehen, besonders nicht bei den kleinteiligen Malereien auf Papyrus. Wenn die Oberfläche einer Malschicht an einer Stelle beprobt wird, besteht die Gefahr, dass der Rest der Schicht abplatzt und verloren geht. Daher sollten nur völlig zerstörungsfreie Methoden zum Einsatz kommen. Hierfür müssen spezielle Lösungen gefunden werden, die nicht überall zur Verfügung stehen.[6]

Altägyptische Pigmente und Farbstoffe

Die bisherigen Analysen ergaben, dass im Alten Ägypten folgende Pigmente und Farbstoffe für Malereien verwendet wurden:

Farbe	Pigment / Farbstoff
Blau	Ägyptisch Blau, Amarna Blau
Gelb	Gelbocker, Auripigment
Orange	Realgar
Braun	Braunocker, gealterter Pflanzensaft
Rot	Rotocker
Grün	Ägyptisch Grün, Saftgrün, Kupfergrün, Ägyptisch Blau/Gelbocker
Weiss	Kalk, Kreide, Gips, Huntit
Schwarz	Kohlenstoffschwarz (Russ/Kohle)
Bindemittel	Gummen (bspw. Gummi arabicum)
Schreibflüssigkeit	Schwarztusche (Russ/Kohle mit Gummi arabicum)

Diese Pigmente wurden ziemlich konstant über die lange Zeit der ägyptischen Kultur verwendet. Die meisten Pigmente wurden aus zerriebenen Mineralien gewonnen, die in Ägypten selber oder in Fremdländern zu finden waren. Sie wurden in der Regel unvermischt aufgetragen. Erst ab dem Neuen Reich wurden Pigmente zunehmend auch gemischt, beispielsweise Rot mit Weiss zu einem Rosa. Die beiden ältesten, leuchtend blauen und grünen Pigmente Ägyptisch Blau und Ägyptisch Grün sind künstlich hergestellt worden. Sie sind die ältesten vom Menschen erzeugten Pigmente und wurden schon vor mehr als 4500 Jahren von den Ägyptern produziert.



1 Ramses III. opfert Weihrauch und Wasser. Wandmalerei im Grab seines Sohnes Cha-em-waset QV44. Die Wandmalerei der Ramessidenzeit zeichnet sich durch die reiche Farbwahl aus: Ägyptisch Blau, Ägyptisch Grün, Rotocker, Gelbocker, Auripigment, Kreide und Huntit.

Ägyptisch Blau

Ägyptisch Blau ist ein Farbmittel, das in der Natur nur in Spuren als Mineral mit dem Namen «Cuprorivait» nachzuweisen ist. Das Calcium-Kupfer-Silikat mit der Formel $CaCuSi_4O_{10}$ wurde erstmals 1889 von Fouqué untersucht. 1914 beschäftigte sich Laurie experimentell mit dem Herstellungsprozess, und Papst klärte 1959 die Kristallstruktur auf. Bayer/Wiedemann und Berke erforschten daraufhin alle Phasen des möglichen Herstellungsprozesses bis ins Detail.[7]

Das Ägyptisch Blau als Farbpigment kann nur künstlich hergestellt werden. Dies bedeutet, dass die Ägypter seit der 4. Dynastie (2620–2500 v. Chr.) in der Lage waren, den schwierigen Herstellungsprozess zu vollziehen. Da sie damals schon Glasuren herstellen konnten, beherrschten sie im Prinzip die Grundlagen für den Reaktionsablauf (Festkörperreaktion in der Hitze), was allerdings keine Minderung ihrer «chemotechnischen» Leistungen sein soll.[8]

Um Ägyptisch Blau herzustellen, wird Sand, Kalk (Kalkstein, Calcite) und eine Kupferverbindung (z. B. Malachit oder Azurit, Kupfererz, Kupfer- oder Bronzespäne) bei 1050 °C im Ofen ca. 24 Stunden erhitzt. Das Verreiben nach dem Erkalten und mehrmaliges Erhitzen (Tempern) bei 1050 °C erhöhen die Ausbeute. Mit einem Flussmittel, z. B. Pottasche (K_2CO_3) oder Natron ($NaHCO_3$), kann die Reaktionstemperatur auf ca. 850–950 °C erniedrigt werden. Dabei reagieren die Ausgangsstoffe zu einer blauen, glasartig verbackenen körnigen Masse, die dem Ägyptisch Blau, das darin in winzigen Kristallen enthalten ist, den Namen «Blue Frit» eingebracht hat. Beim Zerkleinern des Ägyptisch Blaus behält es seine Farbigkeit bis zu einer Korngrösse von etwa 5 µm. Darunter verblasst es zu einer grauen Masse. Es ist allerdings nie homogen und allein vorhanden. Während des Temperns wandern die Kupferionen in die glasartige Silikatstruktur. Diese muss sich umordnen, um am Ende die eigentliche Struktur und Zusammensetzung des Ägyptisch Blaus $CaCuSi_4O_{10}$ zu erzeugen. Schon äusserlich sind neben tiefblauen Bereichen auch grüne, weisse, braune und schwarze Flecken zu erkennen Das grüne Nebenprodukt wird Ägyptisch Grün genannt, das Weisse ist nicht umgesetzter Kalk, die braunen Bereiche verfärbter Kalk oder Kupfer(I)-oxid und die schwarzen Flecken sind hauptsächlich Kupfer(II)-oxid. Unter dem Mikroskop sind auch in den blauen Kristallen grüne und helle Felder zu erkennen.[9] Dies liegt am – durch den komplizierten Herstellungsprozess – inhomogenen Endprodukt. Doch wie war es den alten Ägyptern schon in der 4. Dynastie möglich, dieses Blau künstlich zu erzeugen?

Quellentexte zur Herstellung

Um einen Einblick in den möglichen antiken Herstellungsprozess zu bekommen, müssen wir die antiken Schriftsteller des griechischen und römischen Raumes konsultieren, da uns die Ägypter keine Farbrezepte für Ägyptisch Blau hinterlassen haben.[10] Da wäre zuerst Theophrastos, ein griechischer Autor, der 372 v. Chr. in Eresos auf Lesbos geboren wurde und in seinem Buch «Peri Lithon», Kapitel 55, schreibt:

> «Wie bei Rotocker (miltos), bei der es eine Art gibt, die von selbst entsteht, und eine andere, die hergestellt wird, gibt es auch bei kyanos (κυανος) einen natürlichen und einen künstlich hergestellten, wie etwa den in Ägypten. Von kyanos gibt es drei Arten, den ägyptischen (Ägyptisch Blau), den skythischen (Azurit) und drittens den zyprischen (Azurit). Der beste ist der ägyptische, verwendet für unvermischte Malmittel, der skythische (ist) für wässrige Malmittel. Künstlich gemacht ist das Ägyptisch Blau (kyanos). Und die Geschichtsschreiber berichten auch, welcher König als erster erschmolzenes Blau (kyanos) in Nachahmung des natürlichen (Azurit) gemacht habe. (Sie sagen auch), dass von auswärts Geschenke gebracht würden, und dass kyanos aus Phönizien als Tribut geliefert werde, teils im Feuer hergestellt, teils ungebrannt. Die Farbenreiber sagen auch, dass der skythische Azurit (kyanos) aus sich selbst vier Farben erzeuge; zunächst aus dem feinsten Material eine sehr helle, dann aus dem gröbsten eine sehr dunkle...»[11]

Theophrast schildert deutlich, dass unter *kyanos* (= blau) verschiedene Blaupigmente verstanden wurden, natürliche und künstliche Produkte, ägyptische, skytische und zyprische. Es ist für uns heute nicht einfach, aus diesen Beschreibungen die einzelnen Pigmente eindeutig zu identifizieren. Der «geschmolzene» *kyanos* ist, wie wir aus dem beschriebenen Herstellungsprozess sehen können, das Ägyptisch Blau. So wie es natürlichen Ocker und gebrannten, also künstlich aufbereiteten Ocker gibt, gibt es ein natürliches Blaumineral (Azurit) und ein künstliches Blaupigment (Ägyptisch Blau). Es gibt zwei Arten Azurit: das skytische und zyprische Azurit (zu jener Zeit des Theophrasts besass Zypern wohl die grössten bekannten Kupferminen). Im Gegensatz zu Ägyptisch Blau ist Azurit ein «verdünntes» Pigment, das heisst, ein Blau, das «wässriger», demnach heller erscheint. Die erwähnten Tributlieferungen verweisen auf einen Handel mit sowohl Ägyptisch Blau als auch mit Azurit. Der Handel mit Ägyptisch Blau von Ägypten in das minoische Reich ist belegt[12], der Handel mit Azurit bisher nicht. Es ist aber sehr wahrscheinlich, dass aus den zyprischen Kupfererzen (Malachit und Azurit) Kupfer und später Bronze erschmolzen wurde. Bisher sind ägyptische Kupfererzminen nur auf dem Sinai belegt.[13] Da aber die Mineralien weitestgehend ausgebeutet sind, kann nicht mehr genau bestimmt werden, welche Erze dort erschlossen wurden. Heute sind nur noch Kupfersilikate wie Chrysokoll und Türkise zu finden. Falls auch Carbonate (Malachit und Azurit) vorhanden waren, sind sie vollständig abgebaut. Für die Ausbeutung der Kupfermineralien in Skythien und Zypern haben wir keine ägyptischen Belege oder Spuren. Für die Ägyptisch-Blau-Herstellung wären Kupfercarbonate sehr geeignet, da sie sich bei Hitze schnell zersetzen und leicht Kupferionen für den Thermotransferprozess zur Verfügung stellen.

Theophrast schildert auch sehr deutlich, dass Ägyptisch Blau beim Verreiben blass wird und nur in gröberen Teilchen tiefblau ist, was die Forschungen ebenfalls bestätigen.

Eine weitere Quelle ist Vitruv, der um 25 v. Chr. in Rom lebte und in seinen «De architectura libri decem» 7,11,1 schreibt:

> «...Die Zubereitungsarten von Ägyptisch Blau (caeruleum) wurden zuerst in Alexandria erfunden, später errichtete Vestorius in Puteoli eine Anlage zu seiner Herstellung. Sein Herstellungsverfahren aber, wie und aus welchen Ausgangsstoffen es erstmals erfunden worden ist, verdient beträchtliche Bewunderung. Sand wird nämlich mit nitri flos (Natron) derart fein zerrieben, dass eine Art Mehl entsteht; und Kupfer (aes Cyprum) wird mit groben Feilen zu Spänen geraspelt und damit vermischt. Es wird [mit Wasser] besprengt, damit es sich zusammenballen lässt. Dann werden durch Drehen mit den Händen Kugeln geformt und so zusammengelegt, dass sie trocknen; getrocknet werden sie in einen Tontopf und die Töpfe dann in einen Ofen verbracht. Wenn so das Kupfer und dieser Sand durch die Heftigkeit des Feuers durch den gemeinsamen Erhitzungsprozess zusammen getrocknet sind, entfernen sie sich durch gegenseitiges Geben und Nehmen von Ausschwitzungen von ihren ursprünglichen Eigenschaften und erhalten dann die Farbe des Ägyptisch Blau (caeruleum), nachdem die Heftigkeit des Feuers das ihre getan hat.»[14]

Vitruvs *caeruleum* entspricht genau dem Ägyptisch Blau, und zum ersten Mal ist hier der Herstellungsprozess ziemlich genau angegeben: Kupfer oder Kupfererz wird mit Sand und Natron als Flussmittel und wenig Wasser gemischt, daraus werden Kugeln geformt und in Tiegeln oder Töpfen im Ofen erhitzt. Allerdings fehlt ein entscheidender Bestandteil: das Calcium. Diese Bestandteile konnten zwar auch in den römischen Pigmenten nachgewiesen werden, aber Vitruv scheint den Prozess nicht genau gekannt oder von anderen Vorlagen ungenau abgeschrieben zu haben. Ohne die Calcium-Zugabe kann zwar auch ein grünblaues durchsichtiges glasartiges Produkt entstehen, das auch verwendet werden konnte und manchmal sogar verwendet wurde, das aber zu keinem sehr befriedigenden Pigment führt. Es ist eher als ein Abfallprodukt bei einer nicht richtig beherrschten Herstellungsweise zu bewerten.[15]

Ägyptisch Blau wurde im Alten Ägypten vermutlich zur Zeit von Vitruv (1. Jahrhundert n. Chr.) zuerst in der Nähe von Alexandria hergestellt. Es ist denkbar, dass sich

2

damals dort auch die Ägyptisch-Blau-Produktion befand. Allerdings sind davor in der Amarna-Zeit auch Glasöfen in Amarna und in Fayum gefunden worden.[16] Schon Petrie fand in Amarna und in anderen Gräbern Tiegel und Fladen mit Ägyptisch Blau, ohne einen direkten Bezug zu einem ortsgebundenen Ofen herstellen zu können.

Die frühesten Funde von Ägyptisch Blau beweisen die Herstellung in Tiegeln oder in Form von handtellergrossen Fladen. Später wurden eher Kugeln hergestellt. Diese wurden in der römischen Zeit immer kleiner bis zur Grösse einer Murmel: ein Beweis, dass man dazugelernt hat. Hitze kann in kleineren Kugeln schneller ins Innere dringen und für eine harmonischere Verteilung der Kupferionen sorgen. So entsteht mehr und qualitativ besseres Ägyptisch Blau. Die aus der 18. Dynastie stammenden und in Amarna gefundenen Fladen (Petrie Museum London) weisen auf der Oberfläche Eindrücke von Fingerkuppen auf. Diese sollten die Oberfläche vergrössern und die Thermotransferreaktion unterstützen. Dennoch entstanden in den Fladen immer auch grüne Bereiche, in denen die Reaktion nicht vollständig ablief. Diese Bereiche wurden aber von den Ägyptern als «Ägyptisch Grün» weiterverwendet. Römische Farbkugeln sind in Lyon, Pompeji (1. Jh. n. Chr.) und auf dem Magdalensberg (Österreich) gefunden worden.[17]

Eine weitere Quelle zu Ägyptisch Blau ist Gajus Plinius Secundus der Ältere (23–79 n. Chr.). Er schreibt in seiner «Historia Naturalis» 33:

> «[161] Caeruleum (himmelblaues Pigment) ist ein Sand. Seit alters her gab es drei Sorten [caeruleum]: Das Ägyptische (Ägyptisch Blau), welches am meisten gelobt wird, das Skythische (Azurit), welches sich leicht aufschlämmen lässt und das, wenn es gerieben wird, sich in vier Farbmittel verändert, ein helleres und ein dunkleres, ein gröberes und ein feineres. Diesem [skythischen caeruleum] wird auch heute noch das Zyprische (Azurit) vorgezogen. Dazu kam noch das Puteolanische (Ägyptisch Blau) und das Hispanische. Dort hat man begonnen, es aus Sand herzustellen. Alles wird aber gefärbt und dabei in einem besonderen Kräutersud gekocht und nimmt den Saft in sich auf. Im Übrigen ist es die gleiche Herstellung wie die der chrysocolla.
> [162] Aus caeruleum (Azurit) entsteht das sogenannte lomentum; dies wird gewonnen durch Waschen und Reiben. Dieses lomentum ist strahlender als caeruleum. Sein Preis je Pfund beträgt 10 Denare, der des caeruleum 8 Denare. Gebraucht wird es üblicherweise in Kreide; (gebrannten) Kalk verträgt es nicht. Neulich ist noch das Vestorianum hinzugekommen, benannt nach seinem Hersteller. Es wird gewonnen aus dem leichtesten Bestandteil des Ägyptischen [caeruleum]. Sein Preis beträgt je Pfund 1 Denar. Ebenso gebraucht man auch das Puteolanische, besonders neben Fenstern; sie nennen das cylon.»[18]

Dies ist die wichtigste Stelle bei Plinius. Einige weitere Angaben findet man in Hist. Nat. 27, 38 und 39. Plinius schrieb hier eindeutig von Theophrast und Vitruv ab, manche Formulierungen wurden fast wörtlich übernommen.[19]

2 Verschiedene Herstellungsformen von Ägyptisch Blau. Von links: Fladen aus dem Alten Reich, runde Kugeln aus dem Neuen Reich, säckchenförmig aus der Amarna-Zeit und römische Kügelchen.

3 Der Ägyptisch-Blau-Fladen aus Amarna zeigt auf der Oberfläche Eindrücke von Fingern, auf der Unterseite die unterschiedlich umgewandelten Produkte: Ägyptisch Grün, Ägyptisch Blau, weisser Kalk und braune Kupferoxide.

3

Das Pigment Ägyptisch Blau verschwindet ab dem 5./6. Jahrhundert n. Chr. zusehends von der Malerpalette. Wahrscheinlich war der Herstellungsprozess geheim gehalten worden, und nach dem Untergang des römischen Reiches wusste niemand mehr, wie es produziert werden konnte.

Die späteren vereinzelten Funde stammen aus dem 6. bis 9. Jahrhundert. Anscheinend wurden Restbestände des römischen Ägyptisch-Blau-Pigmentes weiterverwendet.[20]

Handel

In Ägypten wurde Ägyptisch Blau aus der Zeit des Alten Reiches in Ziegelform oder in Tontöpfen gefunden. Erst im Neuen Reich scheint sich nach und nach die Kugelform ausgebildet zu haben. Aus römischer Zeit kommen nur noch kleine Kügelchen vor, die aufgehäuft in Tiegeln hergestellt werden. In diesen Formen wird Ägyptisch Blau auch ins Ausland verhandelt. So fanden sich bei Ausgrabungen einer minoischen Stadt bei Proso Heraklion (Spanoudakis) auf Kreta Bruchstücke von Ägyptisch-Blau-Fladen und von Schmuckperlen aus Ägyptisch Blau[21] aus der Zeit des Tutanch-Amuns. Eine Besonderheit ist das in Säckchenform gefundene Ägyptisch Blau aus Amarna. Aufgrund der erhaltenen Form scheint es sich um eine harte, zusammengebackene Masse zu handeln. Die Sandmischung wurde wohl vor dem Brennen im Ofen in textile Säckchen gefüllt, die beim Erhitzen verbrannt sind, wodurch aber beim Schmelzvorgang die Form bewahrt wurde.[22]

Ägyptisch Grün

Bei der Ägyptisch-Blau-Herstellung entsteht ein grünes Nebenprodukt, das wie das Blau inhomogen ist. Es handelt sich dabei um ein mit Kupferionen grün gefärbtes Glas.[23] Da der Herstellungsprozess schwierig ist und die Abkühlgeschwindigkeit geregelt sein muss, ist die frühe Verwendung in der 4. Dynastie wohl so zu deuten, dass es bis in das Neue Reich hinein eher als ein Abfallprodukt bei der Ägyptisch-Blau-Herstellung entstand. Dies sieht man auch bei dem ältesten Farbkuchen in der Petrie-Sammlung, der aus grünen und blauen Bereichen besteht, die vermutlich durch Zerteilen und Trennen einzeln weiterverarbeitet wurden. In der Spätzeit findet sich in den ägyptischen Malereien oft nur noch ein graugrünes oder hellgrünes verwaschenes Farbmittel. Dies ist als gezielt produziertes, aber technologisch missglücktes Farbmittel zu interpretieren.[24] Daher wurde manchmal das Ägyptisch Grün mit grünen oder mit gelben Pflanzenfarben vermischt, um es farbkräftiger zu machen. Auch sind in der Spätzeit Mischungen von Ägyptisch Blau mit gelben Pigmenten (Gelbocker) oder gelben Pflanzenfarbstoffen festzustellen. Letztere Grünfarben nennt Plinius «übelsten Betrug» und Vitruv «defekt».[25]

Auripigment

Seit dem Neuen Reich gibt es neben Gelbocker auch zwei neue gelbe Pigmente. Das gelbe Mineral Auripigment (Arsen(III)-sulfid, As_2S_3) kommt in der Natur oft mit dem

4

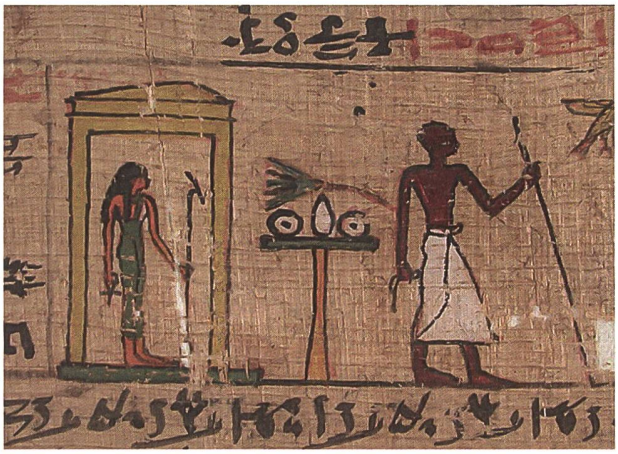
orangefarbenen Realgar (As_4S_4) verschwistert vor. Beides sind Arsensulfide, die in Ägypten wohl nicht heimisch waren und aus dem heutigen Kleinasien bzw. Persien importiert wurden.[26] Für die Verarbeitung zerkleinerte man die Mineralien erst grob, verlas die gelben und orangefarbenen Bruchstücke und zerkleinerte diese weiter bis gelbe und orangefarbene Pigmentpulver entstanden. Auripigment ist nicht beständig gegenüber kurzwelligem (UV-)Licht und zerfällt zu weissem Arsenikpulver (Arsenoxid As_2O_3), wodurch sich die einstmals leuchtend gelbe Farbe in ein unansehnliches Grau verwandelt.[27]

Realgar

Das orangefarbene Pendant des Auripigmentes, das Realgar (Arsen(II)-sulfid, As_4S_4), tritt erst im Neuen Reich auf. Wahrscheinlich hatte man zuerst reine Auripigmentvorkommen ausgebeutet und später Mineralvorkommen gefunden, die auch Realgar enthalten.[28] Das Realgar ist selbst im sichtbaren Licht nicht stabil: Es wandelt sich langsam in Pararealgar, pulverisiert, fällt aus dem Bindemittel heraus und pulvert ab. Daher sollten Malereien mit dem leuchtenden Realgar nur lichtgeschützt ausgestellt und nur kurzfristig zum Betrachten beleuchtet werden.[29]

Rotocker

Ockerfarben kommen in der Natur weitverbreitet vor. In den Wüsten um das ägyptische Niltal herum und bis in die Oasen sowie in der Sahara im Wadi Surah gibt es «Chippings» von Ocker, d. h. abgeplatzte Gesteinsschichten, die wie Chips aussehen und auf dem Boden liegen. Sie sind entweder tief rotbraun gefärbt und enthalten fein verteilte



5

rote Eisenoxide, gelb (mit Gelbocker) oder braun (mit Braunocker).

Vor allem der Rotocker in ägyptischen Malereien ist sehr farbtief dunkelrot, fast schon braunrot. Er wurde daher üblicherweise für das Inkarnat verwendet und gibt einen dunkelbraunroten Hautton wieder. Als dichter, harter Farbbrocken in Stiftform wurde er auch zum Vorzeichnen auf der Wand verwendet.

Braunocker

Ein wasserarmer Ocker ist braun gefärbt. Wie der Rotocker und der Gelbocker ist er in den Wüsten weitverbreitet und wird als Chippings im Wüstensand gefunden. Er enthält neben verschiedenen Eisenoxiden meistens auch Quarz.

Kalk, Kreide

Der weisse Kalk hat immer als Mörtel, Malgrund und als weisses Pigment gedient. Er findet sich als harter Kalkstein und als weiche Kreide in den Gesteinslagen des Niltales. Als Abrieb ist er in mehr oder weniger grossen Körnern im Wüstensand enthalten und kann dort herausgeklaubt werden. Kalk oder Kreide ist ein Calciumcarbonat ($CaCO_3$), das nicht selten noch mit anderen kalkähnlichen Produkten wie Huntit oder sogar Gips vorkommt.

Gips

Neben Kalk/Kreide ist Gips, ein Calciumsulfat ($CaSO_4$), das häufigste weisse Mineral Ägyptens. Neben dem wasserfreien Anhydrit gibt es Gipse mit unterschiedlichem Wasseranteil. Häufig wird er vermischt mit Kalk im Mörtel gefunden. Als Weisspigment scheint er schon in der 5. Dynastie, aber dann verstärkt im Neuen Reich verwendet worden zu sein. Das Auftreten verschiedener Gipsformen weist auf die Verwendung von natürlichen Mineralien als Pigment hin.

Huntit

Neben Kalk, Kreide und Gips kommt Huntit an vielen Stellen Ägyptens vor. Er ist ein natürliches Magnesium-Calciumcarbonat-Mineral der Formel $Mg_3Ca(CO_3)_4$. In seiner reinen Form kann Huntit sehr weiss erstrahlen und eignet sich hervorragend als Weisspigment. Allerdings kommen auch natürliche Vermischungen der drei weissen Mineralien vor.

Paraetonium Weiss

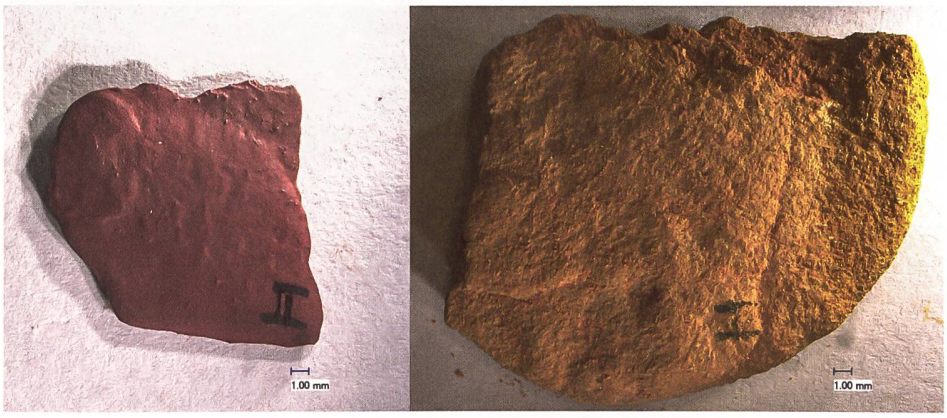
An der Mittelmeerküste in der Grenzregion des heutigen Libyens lag das antike Paraetonium. Dort finden sich weisse kalkhaltige Muschelablagerungen. Sie waren bereits in römischer Zeit bekannt und werden als Mörtelzuschlag oder Weisspigment bei Plinius erwähnt.[30] Sie enthalten, wie Kreide und Kalkstein, Calciumcarbonat. In der chemischen Analyse kann man dieses Muschelweiss von Kalkweiss kaum unterscheiden. Nur unter dem stark vergrössernden Mikroskop ist die Struktur der Muschelschalen bzw. der Kleinstlebewesen, der Radiolen, erkennbar. Bisher ist dieses Weisspigment noch nicht in Malereien nachgewiesen worden, obwohl es in den römischen Quellentexten zu finden ist.

Es wird immer wieder diskutiert, ob die alten Ägypter diese vier weissen natürlichen Mineralien unterscheiden konnten und sie eventuell gezielt angewendet haben. Im reinen Zustand sind ihr Weissgrad und ihre Pulverstruktur unterschiedlich, was normalerweise aber nicht ausreicht, um die leicht verunreinigten, natürlichen Mineralpulver optisch zu unterscheiden. Dennoch wurden sie

4 Sitzender Osiris. Totenbuch, Amasis-Zeit (ca. 534 v. Chr.). Folgende Farbpigmente konnten nachgewiesen werden: gelb = Auripigment, Gelbocker, Ägyptisch Grün, Rotocker, Gips und Kohlenstoffschwarz.

5 Opferprozession mit Priester und Statue einer Göttin im Schrein, davor ein Opfertisch. Totenbuch, Amasis-Zeit (ca. 534 v. Chr.). Farbpigmente: gelb = Auripigment, orange = Realgar, Ägyptisch Grün, Rotocker und Gips.

6 Ocker-Chippings aus der Wüste bei Wadi Surah. Rotocker und Gelbocker.



6

anscheinend in der Malerei auch einzeln nebeneinander und möglicherweise bewusst verwendet. Die Geschmacksprobe war in alten Zeiten eine für uns heute wenig gebräuchliche Methode der analytischen Trennung. Ein Brocken Gips schmeckt anders als einer aus Kalkstein oder Kreide. Zudem ist der Huntit von einem strahlenderen Weiss und fällt durch seinen faden Geschmack aus der Reihe der Weisspigmente. Eine wertende Verwendung für den Alltag oder für die königlichen Gemächer ist jedoch nicht festzustellen.[31]

Amarna Blau

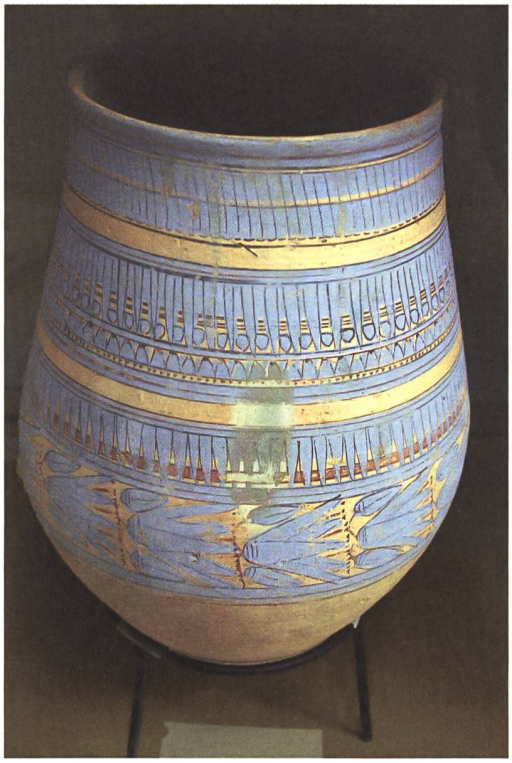
Ein hellblaues Pigment kommt erstaunlicherweise nur auf einem Keramiktypus der Amarna-Zeit und der 18.–20. Dynastie (1400–1080 v. Chr.) vor. Es handelt sich ebenfalls um ein künstlich hergestelltes Pigment. Seine Herstellung, Verwendung und erste Analysen bargen viele Geheimnisse und Merkwürdigkeiten. Als erster identifizierte Riederer das Farbmittel als Thénards Blau. Dieses Blau wurde erstmals 1802 als Pigment von Louis Jacques Thénard in Paris hergestellt, nachdem es in Spuren schon 1777 von Gahn und Wenzel gefunden worden war. Das blaue Farbmittel ist im Alten Ägypten nicht als Malpigment hergestellt worden. Es entstand beim Brennen der Tongefässe. Hierzu wurde entweder eine Kobaltlösung oder ein weisser Schlicker mit Kobaltlösung auf den lederharten Ton aufgetragen. Beim Brennen der Keramik reagiert das Kobalt mit dem im Ton enthaltenen Aluminiumoxid und bildet das Thénards Blau.[32] Rätselhaft bleibt die Herkunft von Kobalt, da es in Ägypten kaum Kobaltfunde gibt. Das autogen im Feuer direkt auf der Keramik erzeugte blaue Farbpigment konnte nicht als Malerpigment verwendet werden. Es wird «Amarna Blau» genannt, da es nur auf Keramik der Amarna-Zeit (18. Dynastie) bis zu Beginn der Ramessidenzeit (20. Dynastie) hergestellt wurde. Dieser Keramiktyp verschwindet danach, und das Pigment als Malerpigment wird erst Anfang des 19. Jahrhunderts als Thénards Blau erfunden. Auch unter den gefärbten Gläsern gibt es Kobaltglas, das sich aber als Malerpigment ebenfalls nicht eignete.[33]

Kupfergrünpigmente

Grüne Kupferchloride wie Atacamit oder Paratacamit wurden bei der Analyse von Grünpigmenten in der Wandmalerei vor allem im Mittleren Reich gefunden. Es ist jedoch bis heute nicht eindeutig geklärt, ob diese Mineralien tatsächlich verwendet wurden. Sowohl aus Ägyptisch Blau wie auch aus Ägyptisch Grün können auf der Wand durch die Reaktion mit aufsteigendem Salz (NaCl) über die Jahrhunderte hinweg sekundär Kupferchloride entstehen.[34]

Pflanzenfarbstoffe

In der Malerei sind bisher Pflanzenfarbstoffe selten analysiert worden. Das liegt an der schwierigen chemischen Analytik, die für eine verlässliche Analyse von organischen Materialien meist grössere Probenmengen benötigt. Diese werden regelmässig – manchmal zu Recht – verweigert. Daher muss man sich in der Analytik auf optische Methoden beschränken. Manchmal kann eine VIS-Spektroskopie einzelne Pflanzenfarben auf Textilien analysieren. Bei vielen anderen Farbstoffen ist dies jedoch schwierig. Unter der Stereolupe bzw. dem Mikroskop kann man in den Malschichten Überzüge mit dünnen flüssigen Pflanzensäften beobachten.[35]



7

Schwarzpigment

Die Schreibflüssigkeit altägyptischer Papyri ist bis in die römische Zeit eine Schwarztusche, die aus Russ vermischt mit einem Bindemittel wie Gummi arabicum besteht. Erstmalig konnte Kohle als Schwarzpigment in der Schwarztusche eines ptolemäischen Papyrus (papPa-sheri-Chonsu) mittels Raman-Spektroskopie nachgewiesen werden.[36]

Bindemittel

Als Bindemittel dienten im Alten Ägypten hauptsächlich wasserlösliche Harze, sogenannte Gummen. Gerade die in Ägypten bzw. in Nubien wachsenden Akazienbäume wie die Verek-Akazie (Acacia *verek* GUILL. & PERR.) und die Seyal-Akazie (*Acacia seyal* DELILE) sondern ein Baumharz ab, das wasserlöslich ist und bis heute gewonnen und verkauft wird. Es handelt sich dabei um «Gummi arabicum». Es ist ein hellgelbes bis bräunliches Harz, das sich in Wasser nach einiger Zeit gut löst. Die Lösung wird mit den Farbpigmenten angerieben und vermalt. Damit haften auch Pigmentkörner mit glatter Oberfläche auf dem Untergrund. Durch IR-Spektroskopie einer winzigen Probe konnte dies bestätigt werden.[37] Daneben kommt in der Wandmalerei als Bindemittel Kalk vor, der in der Freskotechnik die Pigmente nach dem Vermalen abbindet und so die Pigmente umschliesst und bindet.

7 Amarna-Keramik. Die dünne hellblaue Bemalung wurde in einem autogenen Prozess beim Brennen der Keramik erzeugt. Es handelt sich um Amarna Blau = Thénards Blau. Auf dem Bauch der Vase ist ein Brandfehler zu erkennen, der beweist, dass die Farbe nicht nach dem Brennen als Pigment aufgetragen wurde.

8 Behandlung des verwundeten Äneas. Pompeji, Casa di Sirico, VI 1, 25. In römischer Zeit ist die Palette der Maler reich an neuen Farbpigmenten.

8

Pinsel und Arbeitswerkzeuge des Malers

Schreiber und Maler arbeiteten mit einer Palette und einem kleinen Pinsel, um die Hieroglyphen bzw. die Malereien auf den Papyrus oder auf die Wand zu bringen. Der Schreiber hatte eine Schreiberpalette, auf der sich zwei Farbsteine befanden: schwarz für die Schrift und rot für die Überschriften. Für uns heute erscheint es merkwürdig, dass das einzige Schreibwerkzeug eine zerkaute Binse ist. Die Binsen wurden am unteren Ende zerfasert, ob mit den Zähnen zerkaut oder mit Steinen flach geschlagen, mag dahingestellt sein. Die Maler von Wandmalereien haben grössere Flächen zu bemalen und haben daher gröbere Pinsel aus zerfasertem Palmholz verwendet.[38] Pinsel aus Tierhaaren gibt es in Ägypten nicht.

Neue Entwicklungen in der Griechen- und Römerzeit

In der Römerzeit werden neue Mineralien und neue Herstellungstechniken für Farbpigmente und Farbstoffe gefunden. Schon die Griechen konnten mit Bleiplatten, die in Essigdämpfe gehängt wurden, Bleiweiss und mit Kupferplatten Grünspan herstellen.[39] Aus Bleiweiss wurde in römischer Zeit durch Erhitzen Bleirot (Mennige, Minium) oder Bleigelb erzeugt. Auch wurden neue Mineralstätten in Spanien, Nordafrika und im Osten am Schwarzen Meer erschlossen. Dort gewann man Zinnober, Azurit, grüne Kupfermineralien, Grüne Erde und Bolus als Malerpigment. Die Reinigung von mineralischem Zinnober zu künstlichem Zinnober vervollständigte die handwerklichen Kenntnisse. Als Pflanzenfarbstoffe kommen Krapp, Indigo von Waid und der Indigopflanze, Drachenblutharz und Wau vor sowie der tierische Purpur. ■

Verwandter Artikel im Ferrum-Archiv:
«Knochen, Altglas und Metallschrott: Recycling vor 1800 Jahren im römischen Augusta Raurica» von Alex R. Furger in Ferrum 85/2013: Stoffströme und Stoffkreisläufe

Zum Autor

Prof. Dr. Robert Fuchs

Robert Fuchs promovierte an der Universität Tübingen in den Fächern Chemie und Ägyptologie. 1984–1989 war er leitender Mitarbeiter der von der DFG eingerichteten Forschungsstelle für Technik mittelalterlicher Buchmalerei (Universität Göttingen). 1989–2017 hatte er den Lehrstuhl für «Restaurierung und Konservierung von Schriftgut, Graphik, Buchmalerei und Foto» am CICS (Cologne Institute of Conservation Sciences), Technische Hochschule Köln, inne. 2002–2014 war er Vorsitzender des «Arbeitskreises Archäometrie» (Fachgruppe «Analytische Chemie») in der Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh). 2009–2015 war er Institutsdirektor des CICS. Bis heute ist er Leiter des Laboratoriums «Zerstörungsfreie Analyse von Kunstwerken». Er ist Autor von mehr als 200 Publikationen zu Farbmitteln und Restaurierungswissenschaft.

Technische Hochschule Köln, Deutschland
robert.fuchs@th-koeln.de

Bildnachweis

1 Foto durch Autor
2 v. l. n. r. Kairo JE 53025, Kairo JE 96787, Kairo JE 96788, Achäologisches Museum Neapel. Foto durch Autor
3 Petrie Collection CG UC24686. Foto durch Autor
4–5 Portheim Stiftung, Heidelberg, N4133/34. Foto durch Autor
6 Foto durch Autor
7 Ägyptisches Museum Berlin, ÄM22597. Foto durch Autor
8 Nationalmuseum Neapel, Inv. 9009. Foto durch Autor

Anmerkungen

1 Zum Heidelberger Projekt: Ingrid Blom-Böer: Zusammensetzung altägyptischer Farbpigmente und ihrer Herkunftstätten in Zeit und Raum. In: OMRO 74 (1994), S. 55–107. Zum British Museum: W. V. Davies (Hg.): Colour and Painting in Ancient Egypt. London 2001. Zusammenfassung der Ergebnisse: Paul T. Nicolson und Ian Shaw: Ancient Egyptian Material and Technologies. Cambridge 2009[5].

2 Abdel Ghaffar Shedid: Stil der Grabmalereien in der Zeit Amenophis' II. In: Archäologische Veröffentlichungen des DAI Kairo 66. Mainz 1988.

3 Muguel Angel Corzo (Hg.): Art and Eternity. The Nefertary Wall Paintings Conservation Project 1986–1992. Los Angeles 1993.

4 Totenbuch des Amenemhet (mittlere Ptolemäische Periode), Royal Ontario Museum 978 x 43. In: Luigi Maria Di Stefano, Robert Fuchs: Characterisation of the Pigments in a Ptolemaic Egyptian Book of the Dead Papyrus. In: Archaeolog. Anthropol. Sciences 3.3 (2011), S. 229–244.

5 Die Pigmente des Totenbuchpapyrus aus der 18. Dyn. in Privatbesitz wurden zerstörungsfrei während der Restaurierung im Labor am CICS (Cologne Institute of Conservation) untersucht. Dabei konnte erstmalig auch die maltechnische Ausführung erfasst werden: Robert Fuchs: Material, Maltechnik, Herstellung und Restaurierung des Papyrus Amenemhet. In: Papyrus Amenemhet – ein Totenbuchpapyrus der 18. Dynastie. Dettelbach 2015, S. 109–214 (= SRaT 28).

6 Robert Fuchs: Archäometrische Untersuchungen von Malereien. In: Praxis der Naturwissenschaften – Chemie in der Schule 5.59 (2010), S. 20–27; Fuchs, Materialien (wie Anm. 5), S. 154–159. Aktuell: https://www.th-koeln.de/kulturwissenschaften/kunsttechnologische-untersuchungen_12519.php.

7 Ausführlich hierzu Fuchs, Materialien (wie Anm. 5), S. 160–169.

8 Robert Fuchs: Gedanken zur Herstellung von Farben und der Überlieferung von Farbrezepten in der Antike am Beispiel der in Ägypten verwendeten Blaupigmente. In: Helmut Engelhart und Gerda Kempter (Hg.): Diversarum Artium Studia, Festschrift für Heinz Roosen-Runge. (Hg.) Wiesbaden 1982, S. 195–208.

9 Fuchs, Materialien (wie Anm. 5), S. 164.

10 Die einzigen ägyptischen Texte, die sich materialtechnisch auf eine Farbherstellung beziehen, sind uns bei Nefer-maat erhalten. Fuchs, Gedanken (wie Anm. 8), S. 203; Fuchs, Materialien (wie Anm. 5), S. 162f.

11 Die Übersetzung der antiken Quellentexte (Theophrast, Vitruv, Plinius) beruht auf der Arbeit der Forschergruppe «Antike Pigmente». Deren Publikation (Übersetzung antiker Quellentexte zur Farbherstellung) ist in Vorbereitung (Antike Pigmente 2019).

12 Alexandra Karetsou: ΚΡΗΤΗ – ΑΙΓΥΠΤΟΣ. Heraklion 2000 (Katalog Nr. 84).

13 Fuchs, Materialien (wie Anm. 5), S. 164f.

14 Antike Pigmente (wie Anm. 11).

15 Der Autor vermutet, dass Vitruv nicht das vollständige Rezept erfahren hat und dass deswegen die Kenntnis der Herstellung nach dem Untergang des römischen Reiches verloren gegangen ist, vgl. Fuchs, Gedanken (wie Anm. 9), S. 206. Paolo Caputo, Laëtitia Cavassa : La fabrication du bleu égyptien à Cumes. In: Jean-Pierre Brun (Hg.) : Artisanats antiques d'Italie et de Gaule. Neapel 2009, S. 169–179, verlegt die Produktion nach Cumae, wo der Sand auch Kalk enthalten soll.

16 Paul T. Nicholson: Brilliant Things for Akhenaten. The Production of Glass, Vitreous Materials and Pottery at Amarna Site 045.1. In: Egypt Exploration Society (Hg.): EES Excavation Memoir 80. London 2007.

17 Ausführlich dazu Fuchs, Materialien (wie Anm. 5), S. 160–167.

18 Antike Pigmente (wie Anm. 11).

19 Weitere Interpretationen Fuchs, Materialien (wie Anm. 5), S. 166ff.

20 Ebd., S. 168.

21 Karetsou (wie Anm. 12), Kat. Nr. 84.

22 Fran Weatherhead, Andrew Buckley: Artist's pigments from Amarna. In: Kemp Amarna Reports V (1989), S. 213, fig. 10.5.

23 Früher wurde Ägyptisch Grün als mit Kupfer grün gefärbter Wollastonit interpretiert. In den ausführlichen experimentellen Untersuchungen von Klaas (2003) konnte dies jedoch widerlegt werden. Es handelt sich immer um ein mit Kupferionen grün gefärbtes amorphes Glas, vgl. Fuchs, Materialien (wie Anm. 6), S. 167f. Über die Thermotransferprozesse bei Silikaten siehe Siegfried Engels: Anorganische Festkörperreaktionen. Berlin 1981, S. 113ff.

24 Robert Fuchs: Herstellung, Maltechnik und Restaurierung des saitischen Papyrus der Iah-tes-nacht in Köln (Papyrus Coloniensis 10207), Köln 2019 (in Vorbereitung).

25 «fallacissimo»: übelster Betrug bezieht sich auf das Grün, das durch die Mischung von Gelb mit Blau entsteht. Plinius: Hist. Nat. 33.91. Bei Vitruv, 14.2, wird die Mischfarbe «haec autem infectiva appellatur» genannt.

26 Heiner Jaksch: Farbpigmente aus Wandmalereien altägyptischer Gräber und Tempel (Diss., Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg 1985).

27 Weitere Bilder vgl. Fuchs, Materialien (wie Anm. 5), S. 169. Zur Vergrauung von Auripigment vgl. Sylvie Colinart: Analysis of Inorganic Yellow Colour in Ancient Egyptian Painting. In: W. V. Davies (Hg.): Colour and Painting in Ancient Egypt. London 2001, S. 1–4.

28 Carolin Rötter: Auripigment, Orpiment. Studien zu dem Mineral und den künstlichen Produkten. München 2007 (= Materialien aus dem Institut für Baugeschichte TH München). Realgar und Auripigment auf Papyrus vgl. Robert Fuchs: Die Totenbuchfragmente der von Portheim-Stiftung Heidelberg. Restaurierung, naturwissenschaftliche Analysen und kulturhistorische Bewertung der Maltechnik. In: Burkhard Backes, Irmtraut Munro und Simone Stöhr (Hg.): Totenbuch-Forschungen. Wiesbaden 2007, S. 35–49. (= SAT 11).

29 Weiterführende Untersuchungen und Literatur vgl. Fuchs, Materialien (wie Anm. 5), S. 169f.

30 Plinius: Hist. Nat. 35.35 und 33.91.

31 In altägyptischer Malerei kann man immer wieder neben den üblichen Kalk-/Gips-Weisspigmenten auch Huntit finden. Sie sind jedoch nicht wertend verwendet worden, sondern eher nur nach ihrem Weissgrad.

32 Diese Technik wurde zuerst vom Autor 1982 rekonstruiert, vgl. Fuchs, Gedanken (wie Anm. 9). Zu den verschiedenen Maltechniken auf der Keramik vgl. Robert Fuchs: Herstellung der blauen Amarnakeramik im Alten Ägypten. In: Archäologie und Restaurierung 10 (2018), in Vorbereitung.

33 Kobaltglas wurde als Smalte viel später als Pigment verwendet. Vgl. Doris Oltrogge in dieser Publikation, S. 16.

34 S. Schiegl, K. L. Weiner, A. E. El Goresy: Discovery of Copper Chloride Cancer in Ancient Egyptian Polychromic Wall Paintings and Faience: A Developing Archaeological Disaster. In: Naturwissenschaften 76 (1989), S. 393–400.

35 Fuchs, Materialien (wie Anm. 5), S. 114, 123, 125.

36 Fuchs, Herstellung (wie Anm. 24).

37 Fuchs, Materialien (wie Anm. 5), S. 174.

38 Weitere Informationen zu Malerpinsel, -paletten und -schalen vgl. ebd., S. 177f.

39 Theophrast, Peri Lithon, S. 56, 57.