

Hochschule für Angewandte Wissenschaft und Kunst
Fachhochschule Hildesheim / Holzminden / Göttingen

Fachbereich:

Konservierung und Restaurierung

Studienrichtung:

Konservierung und Restaurierung von gefassten Holzobjekten und Gemälden

Ägyptisch Blau, Pigment

Referat

Pigmentanalytik II. - Blockseminar

12.09.-16.09.2005

7. Fachsemester, WS

Dozenten:

Professor Dr. Schulz und Andreas Buder, Dipl. Rest. (FH)

Gastdozent:

Stefan Wülfert

vorgelegt von:

Julia Spies

Brühl 9

31134 Hildesheim

josepha.spies@gmx.net

Inhaltsangabe

1	Zeitliche Verwendung (Pigmentchronologie)	3
2	Trivialnamen (Synonyma)	5
3	Eigenschaften und Chemische Struktur	6
4	Natürliches Vorkommen und Herstellung	7
5	Stichpunkte zur Maltechnik	9
6	Bindemittel- und Pigmentverträglichkeit	10
7	Möglichkeiten des Pigmentnachweises	10
7.1	Mikrochemischer Nachweis	10
7.2	FT-IR Nachweis	11
7.3	PLM-Mikroskopischer Nachweis	12
	Literaturtipps	13
	Literaturnachweis	14
	Quellennachweis	14
	Abbildungsverzeichnis	15
	Abbildungsnachweis	15

1 Zeitliche Verwendung (Pigmentchronologie)

Ägyptisch Blau ist das älteste *künstlich* hergestellte Pigment: Es wird bereits im 3. Jahrtausend vor Christus in Ägypten produziert. Die frühesten bekannten Beispiele sind auf Skophargen (befinden sich heute im ägyptischen Museum, Kairo) und Kalksteinskulpturen der 4. Dynastie (2613-2494 v. Chr.) zu finden. Ab der 5. Dynastie zählt diese Farbe zu dem am meisten verwendeten Blau.¹

Die Entdeckung des Pigments als Malsubstanz steht wahrscheinlich in Zusammenhang mit der älteren Herstellung von farbig glasierter Keramik (ägyptische Fayence), da bei dieser Technik dieselben Rohstoffe benötigt werden.²



Abb. 1: Altägyptische Skulptur, bemalt mit Ägyptisch Blau.

In Ägypten jener Zeit gelten Silber, Gold und Lapislazuli als Kostbarkeiten. Die seltenen natürlichen Blaupigmente wie Lapislazuli sind mit der Produktion von Ägyptisch Blau ergänzt worden.³ Lapislazuli ist von den Ägyptern zwischen „wahrer Lapislazuli“ (= echter) und „gegossener Lapislazuli“ (= künstlicher, also blauer Glasfluß, bzw. blaue Fritte, siehe Punkt 4) unterschieden worden. Die „Lapislazulimacher“ stellten die blaue Fritte her, die zermahlen auch als Ägyptisch Blau bezeichnet wird.⁴

Die unterschiedlichsten Materialien wie z.B. Gips, Stein, Holz, Töpferware oder Papyrus sind mit Ägyptisch Blau bemalt worden. Die Farbe Blau ist das Symbol für

¹ www.seilnacht.com/Lexikon/aegypt.htm, Zugriff am 09.08.2005.

² www.lexikon-definition.de/Aegyptisch-Blau.html, Zugriff am 09.08.2005.

³ www.100and1.de/deutsch/kultur/archaeo/arch02.htm, Zugriff am 09.08.2005.

⁴ www.uni-leipzig.de/~egypt/Aktuelles/Aegyptiaca05/Blau/Blau.htm, Zugriff am 09.08.2005.

das Himmelsfirmament⁵ und steht stellvertretend für Könige und Götter.⁶ Daher findet es besonders an ägyptischen Tempelwänden oder innerhalb von Pyramiden (z.B. Unas Saqqara) Anwendung.⁷



Abb. 2: Wandmalerei, Grab von Nebamun, 18. Dynastie (1567-1320 v. Chr.).

Ägyptisch Blau ist das am häufigsten vermalte blaue Pigment in Ägypten jener Zeit.⁸ Nur in politischen unruhigen Zeiten ist als Blaupigment auch eine Mischungen aus Ruß und Weiß in Ägypten nachgewiesen worden.⁹

In der Antike wird das Pigment nach Griechenland (griechische Inseln), ins römische Reich sowie in dessen Provinzen importiert.¹⁰ Beispiel: In St. Médard-des-Prés, Frankreich sind auf römischen Grabbeigaben (hölzerne und bronzene Kisten) Reste von Ägyptisch Blau nachgewiesen worden.¹¹

Die Herstellung und der Export von Ägyptisch Blau in grossen Mengen endet während der Völkerwanderung (3.-6. Jahrhundert).¹² Obwohl diese politische Veränderung die Beschaffung erschwert, bleibt die Farbe bis zum frühen Mittelalter (5./9.-11. Jahrhundert¹³) in Mitteleuropa bekannt. Spätes Beispiel: Unter Papst Leo IV. (847-855) entsteht in der Kirche San Clemente, Rom ein Fresko, in dem Ägyptisch Blau verwendet wird.

⁵ www.seilnacht.com/Lexikon/aegypt.htm, Zugriff am 09.08.2005.

⁶ www.100and1.de/deutsch/kultur/archaeo/arch02.htm, Zugriff am 09.08.2005.

⁷ www.seilnacht.com/Lexikon/aegypt.htm, Zugriff am 09.08.2005.

⁸ Kühn, 1984, S. 35.

⁹ www.lexikon-definition.de/Aegyptisch-Blau.html, Zugriff am 09.08.2005.

¹⁰ www.lexikon-definition.de/Aegyptisch-Blau.html, Zugriff am 09.08.2005.

¹¹ www.seilnacht.com/Lexikon/aegypt.htm, Zugriff am 09.08.2005.

¹² Kühn, 1984, S. 35.

¹³ Duden: Die Geschichte, 1981, S. 277.

Ungefähr ab dem 9. Jahrhundert ist die Kenntnis über die Synthese des Pigments verloren gegangen.¹⁴

Erst im 20. Jahrhundert gelingt es erneut Ägyptisch Blau herzustellen.¹⁵

Heute wird das Pigment vereinzelt noch als Retuschierfarbe angewendet. Beispiel: Grab der Nefertari, die Restaurierung fand Ende des 20. Jahrhunderts statt.¹⁶

2 Trivialnamen (Synonyma)

Antike Bezeichnungen: Kyanos (griech., Kornblume), caeruleum (lat.)¹⁷, caeruleum bezeichnet Lapislazuli, bzw. künstliche und synthetische Kupferpigmente¹⁸

Neuzeitliche Synonyme: Blaue Fritte, Frittenblau, Pompejanisch Blau, Kupferblau, Kupferfritte¹⁹ (siehe Punkt 4)

Ägypten, heute: Nil Blau²⁰

¹⁴ www.seilnacht.com/Lexikon/aegypt.htm, Zugriff am 09.08.2005.

¹⁵ Kühn, 1984, S. 35.

¹⁶ www.seilnacht.com/Lexikon/aegypt.htm, Zugriff am 09.08.2005.

¹⁷ www.lexikon-definition.de/Aegyptisch-Blau.html, Zugriff am 09.08.2005.

¹⁸ Brachert, 2001, S. 58.

¹⁹ www.lexikon-definition.de/Aegyptisch-Blau.html, Zugriff am 09.08.2005.

²⁰ www.lexikon-definition.de/Aegyptisch-Blau.html, Zugriff am 09.08.2005.

3 Eigenschaften und Chemische Struktur

Eigenschaften: Sehr lichtecht (selbst bei 1000jähriger Lichteinstrahlung), wetterfest, chemisch sehr beständig²¹

Beispiel: Die Fassung der Krone der Nofrete (1340 v. Chr.) ist ohne Restaurierung erhalten.²²

Optik: Neutralblaue bis kräftige Farbe, Glitzereffekt (durch Schichtsilikatische Struktur), grobkristalline Partikel (~80µm, daraus resultiert eine schlechte Deckkraft), feingemahlen (< 50µm) erscheint es sehr hell²³.

Kristallsystem: tetragonal (=optisch einachsig=uniaxial, besitzt also zwei Brechungsindizes, ist demnach anisotrop)
Winkel: $\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$
Längen: $a=b\neq c$
Bemerkung: zwei gleiche Längen, nur rechte Winkel²⁴

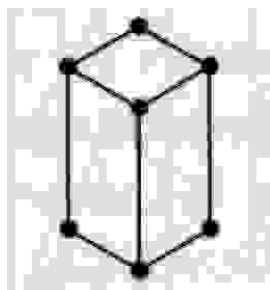


Abb. 3: Tetragonale Kristallform.

Chemische Struktur:

Summenformel: $\text{CaCu}[\text{Si}_4\text{O}_{10}]$ ²⁵
Chemischer Name: Calcium-Kupfer-Silicat²⁶
Farbgebendes anorganisches Mineral:²⁷ Cuprorivait²⁸

²¹ www.seilnacht.com/Lexikon/aegypt.htm, Zugriff am 09.08.2005.

²² www.100and1.de/deutsch/kultur/archaeo/arch02.htm, Zugriff am 09.08.2005.

²³ www.lexikon-definition.de/Aegyptisch-Blau.html, Zugriff am 09.08.2005.

²⁴ Wülfert, 1999, S. 104, 239.

²⁵ www.archaeometrielabor.com, Zugriff am 10.06.2005.

²⁶ www.seilnacht.com/Lexikon/aegypt.htm, Zugriff am 09.08.2005.

²⁷ www.lexikon-definition.de/Aegyptisch-Blau.html, Zugriff am 09.08.2005.

²⁸ www.lexikon-definition.de/Aegyptisch-Blau.html, Zugriff am 09.08.2005.

4 Natürliches Vorkommen und Herstellung

Natürliches Vorkommen: In der Natur kommt Cuprorivaat nur selten vor.

Bisher konnte es nur in geringen Mengen von Vesuvlava festgestellt werden.²⁹

Für die Herstellung benötigte Rohstoffe: Die Elemente **Silicium**, **Calcium**, **Kupfer** (färbende Komponente) sowie **Natrium** und **Kalium** (beide Substanzen bewirken die Entstehung einer Glasur, sie sind Schmelzpunktsenkend und demnach Flußmittel³⁰) dienen als *Substanzbildner*.

Diese Materialien werden mit feingemahlenem **Quarzsand**, **Kalkstein**, **Kupfererz** (oder Bronzespäne) und **Natron** (oder salzhaltiger Pflanzenasche) versetzt.³¹

Bemerkung: Diese Rohstoffe sind im alten Ägypten gut verfügbar gewesen.³² Das Kupfererz z.B. ist von der Halbinsel Sinai importiert worden,³³ und die als Flußmittel eingesetzten Materialien konnten aus dem Salz des Wadi Natruns (Wadi=Talform der Wüste) sowie aus Papyrusasche (Kaliumcarbonat) gewonnen werden.³⁴

Dank empirischer Entwicklung verbessert sich mit der Zeit die Qualität des Produkts, besonders durch den Einsatz von Flußmitteln.³⁵

²⁹ www.lexikon-definition.de/Aegyptisch-Blau.html, Zugriff am 09.08.2005.

³⁰ **Flußmittel:** Substanzen, die das Schmelzen erleichtern. Brockhaus, 1977, S. 399.

³¹ www.lexikon-definition.de/Aegyptisch-Blau.html, Zugriff am 09.08.2005.

³² www.100and1.de/deutsch/kultur/archaeo/arch02.htm, Zugriff am 09.08.2005.

³³ www.uni-leipzig.de/~egypt/Aktuelles/Aegyptiaca05/Blau/Blau.htm, Zugriff am 09.08.2005.

³⁴ www.100and1.de/deutsch/kultur/archaeo/arch02.htm, Zugriff am 09.08.2005.

³⁵ www.100and1.de/deutsch/kultur/archaeo/arch02.htm, Zugriff am 09.08.2005.

Verfahrensweise der Herstellung:

1. Schritt: Wie bereits erwähnt werden die genannten Substanzen miteinander vermengt, wobei das Verhältnis zwischen Kupfer und Calcium ungefähr 1:1 sein muss, denn nur dann entsteht das kristalline Schichtsilikat Cuprorivait ($\text{CaCuSi}_4\text{O}_{10}$), welches für die Blaufärbung zuständig ist.

2. Schritt: Dieses Gemenge wird mehrere Stunden, bzw. Tage bei ca. 900-950 °C erhitzt.³⁶ Die Temperatur darf dabei 1050 °C nicht übersteigen, da sonst das entstehende Pigment zersetzt wird (d.h. es bildet sich eine unbrauchbare schwarzgrüne Masse³⁷).³⁸ Bei dem Brennen sintern³⁹ die Quarzkörnchen zusammen.⁴⁰

3. Schritt: Das entstandene glasförmige Produkt (Fritte⁴¹ genannt) wird zermahlen und mit verdünnter Salzsäure gereinigt.

Je nach Herstellungsbedingungen (Körnung, Reaktionstemperatur) erscheint das Pigment hell oder dunkel, bzw. grau oder grünlich.⁴²

Bemerkung: Das sorgfältige Bemessen der einzelnen Bestandteile sowie die konstante Aufrechterhaltung der Ofentemperatur ohne Thermometer ist eine grosse Leistung jener frühen Handwerker.⁴³



Abb. 4: Pigmentpulver.

Toxizität: Das Pigment ist für die Gesundheit des Menschen ungefährlich.

³⁶ www.lexikon-definition.de/Aegyptisch-Blau-html, Zugriff am 09.08.2005.

³⁷ www.100and1.de/deutsch/kultur/archaeo/arch02.htm, Zugriff am 09.08.2005.

³⁸ www.seilnacht.com/Lexikon/aegypt.htm, Zugriff am 09.08.2005.

³⁹ **sintern:** „Pulverförmige oder feinkörnige Stoffe durch oberflächliches Schmelzen unter Hitzeeinwirkung zusammenbacken und stückig machen.“ Brockhaus, 1977, S. 443.

⁴⁰ www.uni-leipzig.de/~egypt/Aktuelles/Aegyptiaca05/Blau/Blau.htm, Zugriff am 09.08.2005.

⁴¹ **Fritte:** Geschmolzene, gekörnte, mineralische Masse, deren einzelne Inhaltsstoffe oberflächlich aneinanderhaften. Brockhaus, 1977, S. 420.

⁴² www.seilnacht.com/Lexikon/aegypt.htm, Zugriff am 09.08.2005.

⁴³ www.100and1.de/deutsch/kultur/archaeo/arch02.htm, Zugriff am 09.08.2005.

5 Stichpunkte zur Maltechnik

Dank eines dicken Farbauftrags soll die niedrige Deckkraft des grobkörnigen Pigments kompensiert werden. Folglich muss mit einem hohen Bindemittelanteil, in einem bereits geliertem Zustand, gearbeitet werden.⁴⁴

Um eine dunklere- farbintensivere Wirkung zu erzielen (dieses Phänomen wird mittels einer erhöhten Lichtabsorption erzeugt) sind schlecht deckende Farbschichten im lateinischen Europa oft mit Dunkelgrau oder Schwarz unterlegt worden. Auch in Ägypten ist diese Technik nicht unbekannt gewesen. Beispiel: Bei einer ägyptischen Mumienmaske (ca. 20. v. Chr., aus dem Kestner-Museum Hannover) liegt eine dunkelgraue Farbschicht unterhalb der blauen Farbschicht.⁴⁵

Ägyptisch Blau ist häufig mit wässrigen Bindemitteln (die Ägypter benutzten Gummi Arabicum⁴⁶) angerieben worden. Eine Verarbeitung mit Öl erzielt aufgrund des höheren Tiefenlichts einen dunklen bis schwarzen, bzw. einen lasierenden Eindruck (ölige Systeme sind wahrscheinlicher seltener gewählt worden).

Werden ägyptisch-blaue Farbschichten gefirnisst oder imprägniert (Öl, Harz oder Wachs), beeinflusst das die ursprüngliche Farbwirkung, die dann schwarz erscheint.⁴⁷

⁴⁴ Lamfried, 2004, S. 80.

⁴⁵ Klocke / Lehmann, 2001, S. 373, 374.

⁴⁶ www.seilnacht.com/Lexikon/aegypt.htm, Zugriff am 09.08.2005.

⁴⁷ Kühn, 1984, S. 35.

6 Bindemittel- und Pigmentverträglichkeit

Ägyptisch Blau ist gegen Säuren und Alkalien unempfindlich, daher ist eine Verarbeitung mit Kalk (alkalisch) möglich.⁴⁸

(siehe auch Punkt 5)

7 Möglichkeiten des Pigmentnachweises

7.1 Mikrochemischer Nachweis

Der mikrochemische Nachweis ist nur ein Indiz.⁴⁹ Ägyptisch Blau ist weitgehend resistent gegen Säuren und Alkalien (löst sich also nicht auf).⁵⁰ Nur Flußsäure⁵¹ vermag das Pigment aufzulösen.⁵² Schweppe beschreibt einen analytischen Nachweis von Kupfer.⁵³

⁴⁸ Kühn, 1984, S. 35.

Kalk: „Zur Anwendung kommt Kalk in Form von gelöschtem Kalk (Calciumhydroxid $\text{Ca}(\text{OH})_2$), der aus der Luft Kohlendioxid (CO_2) aufnimmt und dabei in kohlensauren Kalk (Calciumcarbonat CaCO_3) übergeht...Beim Brennen...gibt der kohlensaure Kalk Kohlendioxid ab und geht in gebrannten Kalk (Calciumoxid CaO) über, der sich mit Wasser zu gelöschtem Kalk verbindet.“ Kühn, 1984, S. 51.

⁴⁹ www.archaeometrielabor.com, Zugriff am 10.06.2005.

⁵⁰ Kühn, 1984, S. 35.

⁵¹ **Flußsäure:** Ist eine giftige, farblose, sehr stechend riechende Flüssigkeit, die aus 40% Fluorwasserstoff und 60% Wasser besteht. Formelzeichen: HF. Schaske / Hoffmann / Gärtner, 200, S. 352.

⁵² www.seilnacht.com/Lexikon/aegypt.htm, Zugriff am 09.08.2005.

⁵³ **Kupfer-Nachweis:** „Nach Sodaschmelze im Platintiegel Ausfällen der Kieselsäure mit Salzsäure: Nachweis von Kupfer im Filtrat (+ NH_4OH = blau, nach Zugabe von Essigsäure und Kaliumhexacyanoferrat-II=rotbraun), Nachweis der Kieselsäure im Filtrerrückstand“. Schweppe, 1993, S. 548.

7.2 FT-IR Nachweis

Der Nachweis mit FT-IR (Fouriertransform-Infrarotspektroskopie⁵⁴)-Mikrospektroskopie ist nur ein Hinweis.⁵⁵ Die FT-IR-Mikrospektroskopie kombiniert FT-IR-Spektroskopie und Mikroskopie.⁵⁶



Abb. 5: FT-IR Mikroskop.

⁵⁴ **FT-IR:** Der Hauptbestandteil dieses Systems ist ein Interferometer. Ein **Interferometer** ist ein optischer Aufbau, der dazu dient Lichtbündel (Wellen) zu trennen, sie räumlich gegeneinander zu verschieben und wieder zu überlagern. www.ir-spektroskopie.de/spec/ftir-prinzip/, Zugriff am 17.08.2005.

Die Geschwindigkeit von Licht soll mit einem Interferometer erforscht werden.

[File:///C:/DOKUME~1/student/LOKALE~1/Temp/FG9I972N.htm](file:///C:/DOKUME~1/student/LOKALE~1/Temp/FG9I972N.htm), Zugriff am 17.08.2005.

FTIR-Mikroskop: „Durch den Einsatz eines FTIR-Mikroskops ist es möglich ein vom IR-undurchlässigen Glaträger getrennten Dünnschliff einzumessen. Hierzu wird der Dünnschliff in eine Lochblende montiert und anschliessend unter die Messoptik gefahren. Mit Hilfe der Messblenden kann innerhalb der Stratigraphie der analytisch wichtige Bereich der Probe ausgewählt werden. Durch die Verwendung von Spiegeloptik wird die visuell scharfgestellte Probe optimal mit IR-Licht durchstrahlt und es kann ein IR-Absorptionsspektrum aufgenommen werden.“ **Ziel: Analyse eines Pigments mittels einer Referenzspektrendatenbank.**

[www.archaeometrielabor.com/html/fh\(spektroskopie\).htm](http://www.archaeometrielabor.com/html/fh(spektroskopie).htm), Zugriff am 02.09.2005.

Spektren: „Farbband, das bei der Zerlegung weißen Glühlichts durch Dispersion oder Beugung entsteht...glühende Festkörper (z.B. Sonne) und Flüssigkeiten [senden] kontinuierliche S. (Banden-S.) aus.“ Brockhaus, 1977, S. 468.

Spektroskopie: „Lehre vom Erzeugen, Aufnehmen und Auswerten von Spektren, um eine Strahlungsquelle (Atom, Molekül, Himmelskörper u.a.) oder ein durchstrahltes Medium zu analysieren...in der Absorptions-S. die aus einem kontinuierlichen Spektrum durch einen durchstrahlten Körper herausgefilterte Eigenstrahlung...(Absorptions-S. entstehen bei Durchgang von weißem Licht durch ein Gas mit niedrigerer Temperatur als der des strahlenden Körpers. Die dunklen Linien oder Banden auf farbigen Grund entsprechen dem S. des Gases)“ Brockhaus, 1977, S. 468.

⁵⁵ www.archaeometrielabor.com, Zugriff am 17.08.2005.

⁵⁶ www.wzw.tum.de/micbio/cms/docs/forschung-anzeigen.php?seitennr=82, Zugriff am 09.09.2005.

7.3 PLM-Mikroskopischer Nachweis

Diese Methode ist ein sicherer Nachweis⁵⁷. Die folgende Tabelle gibt einen kurzen Überblick über charakteristische Merkmale.

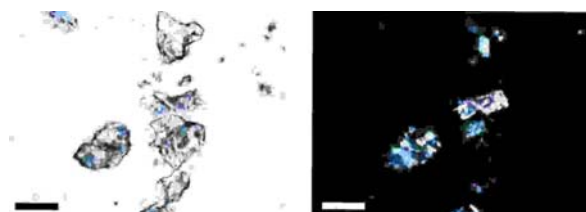



Abb. 6: Ägyptisch Blau, linear polarisiertes Licht (links), zwischen gekreuzten Polarisatoren (rechts). Der schwarze / weiße Balken entspricht 50 µm.

Mikroskop / Filter	linear polarisiertes Durchlicht (siehe Abb. 6, links)
Farbton	ungleichmäßige, hell- bis dunkelblaue Partikel
Kornform / Relief / Bruchflächen	mehrschichtige, tafelige Partikel, anisotrope Partikel sind positiv elongiert ⁵⁸  Abb. 7: Kornform: Tafeln, tafelig
Brechungsindex (Meltmount nD = 1,662)	zwei Brechungsindizes: $\omega=1,635$ und $\epsilon=1,591$ Δ (Doppelbrechung) = 0,030 (optisch einachsig=uniaxiale Substanz) Brechungsindizes < meltmount ($n\Delta=1,662$)
Bemerkungen	Pleochroismus (blau-rotblau), Begleitstoff ist Quarz
Mikroskop / Filter	gekreuzte Polarisatoren (siehe Abb. 6, rechts)
Isotropie / Anisotropie	isotrop und anisotrop wirkende Partikel
Bemerkungen	anisotrope Partikel werden begleitet oder eingeschlossen von isotropen glasigen Partikeln

⁵⁷ www.archaeometrielabor.com, Zugriff am 10.06.2005.

⁵⁸ **Elongation:** „Mit Elongation eines länglichen Teilchens ist das Verhältnis seiner Länge zur Breite gemeint. Eine grosse Elongation beschreibt langgezogene Teilchen.“ Wülfert, 1999, S. 207.

positiv elongiert: „Liegt bei elongierten und doppelbrechenden Teilchen...der größere Brechungsindex in der elongierten Richtung, so wird von (optisch) positiver...Elongation gesprochen.“ Wülfert, 1999, S. 208.

Literaturtipps

Diese Literatur ist bei Wülfert, 1999, S. 221 aufgeführt. Es handelt sich hierbei um Literatur / Nachschlagewerke, die Informationen über Farbmittel (Synthese, Reaktionsverhalten, Löslichkeit etc.) enthalten.

- CI P.Blue 31 Systematische Colour Index (C.I.) Bezeichnung (Generic Name). P=Pigment. Vgl. [Colour Index 1971]
- [PA² 954] Partikel Atlas Nr. 954 in [McCrone Delly 1973]
- [AP3] Artists` Pigments Band 3=[Fitzhugh 1997a]
- [MT] [Mctaggart 1994]

Literaturnachweis

- Brachert, Thomas: Lexikon historischer Maltechniken, Callwey Verlag, München 2001.
- Brockhaus, Bd. 1, F.A. Brockhaus, Wiesbaden 1977.
- Duden: Die Geschichte, Hrsg. Bibliographisches Institut, Dudenverlag, Mannheim / Wien / Zürich 1981.
- Klocke, Jens / Lehmann, Jirina: Technik des Unterlegens von grobkörnigen Pigmenten, In: Restauo, Zeitschrift für Kunsttechniken, Restaurierung und Museumsfragen, Ausgabe Juli / August 2001, Callwey Verlag, München 2001.
- Kühn, Hermann: Farbmaterialien, Pigmente und Bindemittel, In: Handbuch der künstlerischen Techniken, Bd. 1, Reclam, Stuttgart 1984.
- Lamfried, Tatjana: Eine Mumienkartonage aus dem Kestner-Museum in Hannover, kulturhistorische Einordnung, technologische Untersuchung, Konservierung und Präsentation, Facharbeit zur Diplomprüfung, HAWK, Hildesheim 2004.
- Schaske, Horst / Hoffmann, Manfred / Gärtner, Harald: Chemie, Formeln und Gesetze, Buch und Zeit Verlagsgesellschaft, Köln 2000.
- Schweppe, Helmut Dr.rer.nat.: Handbuch der Naturfarbstoffe, Nikol Verlagsgesellschaft, Hamburg 1993.
- Wülfert, Stefan: Der Blick ins Bild, Bd. 4, Hrsg. Schießl, Ulrich, Ravensburger Buchverlag, Ravensburg 1999.

Quellennachweis

- www.lexikon-definition.de/Aegyptisch-Blau.html,
Zugriff am 09.08.2005.
- www.archaeometrielabor.com,
Zugriffe am 10.06.2005, 17.08.2005, 02.09.2005.
- www.uni-leipzig.de/~egypt/Aktuelles/Aegyptiaca05/Blau/Blau.htm,
Zugriff am 09.08.2005
- www.seilnacht.com/Lexikon/aegypt.htm,
Zugriff am 09.08.2005.
- www.100and1.de/deutsch/kultur/archaeo/arch02.htm,
Zugriff am 09.08.2005.

- <file:///C:/DOKUME~1/student/LOKALE~1/TEMP/FG9I972N.htm>,
Zugriff am 17.08.2005.
- www.ir-spektroskopie.de/spec/ftir-prinzip,
Zugriff am 17.08.2005.
- www.wzw.tum.de/micbio/cms/docs/forschung-anzeigen.php?seitennr=82,
Zugriff am 09.09.2005.

Abbildungsverzeichnis

1.	Altägyptische Skulptur, bemalt mit Ägyptisch Blau.	3
2.	Wandmalerei, Grab von Nebamun, 18. Dynastie (1567-1320 v. Chr.).	4
3.	Tetragonale Kristallform.	6
4.	Pigmentpulver.	8
5.	FT-IR Mikroskop.	11
6.	Ägyptisch Blau, linear polarisiertes Licht (links), zwischen gekreuzten Polarisatoren (rechts). Der schwarze / weiße Balken entspricht 50 µm.	12
7.	Kornform: Tafeln, tafelig.	12

Abbildungsnachweis

1. www.100and1.de/deutsch/kultur/archaeo/arch02.htm,
Zugriff am 09.08.2005.
2. www.seilnacht.com/Lexikon/aegypt.htm,
Zugriff am 09.08.2005.
3. Wülfert, Stefan: Der Blick ins Bild, Bd. 4, Hrsg. Schießl, Ulrich, Ravensburger Buchverlag, Ravensburg 1999, S. 104, 105.
4. www.seilnacht.com/Lexikon/aegypt.htm,
Zugriff am 09.08.2005.
5. www.wzw.tum.de/micbio/cms/docs/forschung-anzeigen.php?seitennr=82,
Zugriff am 09.09.2005.
6. Wülfert, Stefan: Der Blick ins Bild, Bd. 4, Hrsg. Schießl, Ulrich, Ravensburger Buchverlag, Ravensburg 1999, S. 208.
7. Wülfert, Stefan: Der Blick ins Bild, Bd. 4, Hrsg. Schießl, Ulrich, Ravensburger Buchverlag, Ravensburg 1999, S. 346.