

Die Technologie der Naturstoff-Färberei in Anatolien

The technology behind dyeing with natural dyestuffs in Anatolia

von | by Manfred Bieber

Die Große Moschee von Divriği aus den Jahren 1228/29 war Aufbewahrungsort von 76 Teppichen und 12 Kelims aus seldschukischer und osmanischer Zeit (CarpetCollector 1/2015). Trotz der ungeeigneten Lagerungsbedingungen in der Moschee und im ersten Vakıflar-Museum von Istanbul haben die Teppiche und Flachgewebe Jahrhunderte überstanden. Nach aufwendiger Restauration und Konservierung ist der wertvolle Teppichbestand seit 2013 im neuen Vakıflar-Museum in der Armenküche der Hagia Sofia mit modernster Museumstechnologie sicher ausgestellt. Im Auge des Betrachters entfalten die Exponate ihre gesättigten und dauerhaften Naturfarben in den vielfältigsten Musterkombinationen in wunderbarer Weise. Die Hintergründe, die jedoch zum Zustandekommen dieser harmonischen Naturfarben führten, verschließen sich dem Betrachter meist völlig. Neben der Wollqualität sind jedoch lichtstabile Naturfarben das bestimmende Element eines jeden Teppichs oder Flachgewebes. Die moderne Naturwissenschaft liefert mit ihren physikalisch-chemischen Analysemethoden ungeahnte Einblicke in uralte Färbestrategien.

Die Kunst des Färbens mit Naturstoffen ist so alt wie die Kunst der Anfertigung farbiger Textilien. Neben der Kenntnis der Färbepflanzen müssen jedoch auch die Vorgänge beim Färben technologisch sehr hoch entwickelt gewesen sein, wie die frühen Textilfunde in Gräbern (z.B. Pazyryk) und Moscheen (z.B. Divriği) bezeugen. Das Erzeugen licht- und waschechter Färbungen gehört nicht zu den großen Erfindungen des 19. und 20. Jahrhunderts. Diese Fähigkeiten haben bereits Jahrhunderte früher orientalische Volksgruppen perfekt gemeistert. In der Orientteppichforschung ist dieser Aspekt der traditionellen Färbeverfahren bei der Teppichherstellung schon immer vernachlässigt worden, was durch die geringe Anzahl zitierfähiger Quellen belegt ist. In der umfassenden Bibliographie der Färberei und des Textildrucks von R. S. Horsfall und L. G. Lawrie (1949) lassen sich vom 16. bis 20. Jahrhundert keine Hinweise zu Färbeverfahren im Orient finden. In der Bibliographie der Bücher und Kataloge mit dem Titel „Einhundert Jahre Orientteppich-Literatur 1877-1977“ verweisen Siawosch Azadi und Marc-Edouard Enay auf eine russische Literaturquelle, die sich mit den Färbeverfahren turkmenischer Volks-

The Great Mosque of Divriği built in 1228/29 was once home to 76 rugs and carpets and 12 kelims from the Seljuk and Ottoman era (CarpetCollector 1/2015). Despite the ill-suited storage conditions in the mosque and in the first Vakıflar Museum in Istanbul, the rugs, carpets and flat-weaves have survived for centuries. Following extensive restoration and conservation efforts, the valuable textile collection has been on display at the new Vakıflar Museum in the soup kitchen at the Hagia Sofia since 2013 using secure, state-of-the-art museum technology. The rich and enduring natural colours in these pieces magnificently unfold in the viewer's subconscious mind in diverse design combinations. At the same time, the viewer is usually completely unaware of what went on behind the scenes to create these harmonious natural colours. In addition to the quality of the wool, lightfast natural dyes play a decisive role in a rug, carpet or flat-weave. Thanks to the physical and chemical analytical methods of modern natural science, we are now able to gain unprecedented insight into ancient dyeing techniques.

The art of dyeing with natural dyestuffs is as old as the art of producing coloured textiles. In addition to having knowledge about dye plants, people must have also developed technologically sophisticated dye processes, as evidenced in the early textiles found in graves (e.g., Pazyryk) and mosques (e.g., Divriği). The creation of lightfast, colourfast dyes was not one of the major innovations of the 19th or 20th century. In fact, ethnic groups in the Orient had already perfectly mastered these skills centuries earlier. As the small number of citable sources reveals, the study of Oriental rugs and carpets has almost always neglected the aspect of traditional dying processes in rug production. The comprehensive volume "A Bibliography of Dyeing and Textile Printing" by R. S. Horsfall and L. G. Lawrie (1949) makes no reference to dyeing techniques used in the Orient from the 16th to 20th century. In the bibliography of books and catalogues entitled "Einhundert Jahre Orientteppich-Literatur 1877-1977" ("One Hundred Years of Literature on Oriental Rugs and Carpets 1877-1977"), Siawosch Azadi and Marc-Edouard Enay

stämme näher beschäftigt. Die Teppichexpeditionen von V. G. Moschkova in den Jahren 1929 – 1945 belegen für den zentralasiatischen Raum traditionelle Verfahren für das Färben von Wolle. Hinweise zum Färben mit Pflanzen findet man bei Nuri Refet Korur (1937) und Werner Brüggemann / Harald Böhmer (1980). Beide Veröffentlichungen geben einen hervorragenden Überblick über die Färbepflanzen Anatoliens, machen aber nur wenige Angaben zu früher in Anatolien tradierten Färbeverfahren.

Das Aufspüren alter Färbetechniken in Anatolien erwies sich als äußerst mühsam, da die früheren Wissensträger nur noch vereinzelt zu finden waren. Bei meinen seit 1972 durchgeführten Feldforschungen erfuhr ich gelegentlich von interessanten Details zu früheren Färbemethoden. Von der Zugabe unreifer Weintrauben zu Färbebädern wurde mir in Dazkırı / Afyon berichtet. In Soma / Bergama war das Einlegen der gebeizten Wollgarne in Sauermilch und Hefelösungen (*mayalı boya*) bekannt. Diese Angaben führten jedoch zu keinem schlüssigen Färbekonzept. Dagegen berichtet V. G. Moschkova in ihren Expeditionsberichten von 1929-1949 detailliert über Färbefahren turkmenischer Volksgruppe. Unter anderem berichtet sie: „Man kochte Hirsemehl in Wasser, fügte eine Hand voll Alaun hinzu, ließ die Lösung 5 Tage lang gären und legte das Wollgarn für 10 bis 40 Tage hinein. Erst dann wurde mit der Krappfärbung begonnen.“

cite a Russian source that deals more extensively with the dyeing techniques of Turkmen tribes. V. G. Moshkova's rug and carpet expeditions between 1929-1945 document traditional wool-dyeing techniques used in the region of Central Asia. Information about dyeing with plants can be found in books by Nuri Refet Korur (1937) and Werner Brüggemann / Harald Böhmer (1980). Both publications provide an outstanding overview of Anatolian dye plants, but shed little light on the dyeing techniques that were once traditionally practiced in Anatolia.

*Tracking down age-old dyeing techniques in Anatolia proved to be extremely difficult since only a scattered handful of people could be found to whom the knowledge had been passed down. Ever since I began doing field research in 1972, I have occasionally learned interesting details about earlier dyeing methods. In Dazkırı / Afyon I was told about adding unripe grapes to dye baths. In Soma / Bergama people were familiar with a process of putting the mordant-treated wool yarn in sour milk and yeast solutions (*mayalı boya*). Even still, this information was not enough to come up with a conclusive dyeing concept. By contrast, V. G. Moshkova's expedition reports from 1929-1949 give a detailed account of the dyeing techniques used by a Turkmen tribe. She reports, for example: "They cooked millet flour in water, added a handful of alum, let the solution ferment for 5 days, then immersed*

Anzeige

An anderen Orten des Turkmenengebietes verwendete man Sauermilch.

In nachgestellten Versuchsreihen war schnell klar, dass es sich um das Verfahren der Fermentation handeln musste. Unter Fermentation versteht man jene biochemischen Vorgänge, die durch Mikroorganismen veranlasst werden und besonders der Aufbereitung und Konservierung von Nahrungstoffen dienen. Bekannte Beispiele sind die alkoholische Gärung und die Milchsäuregärung. Im geschilderten Fall entwickelte sich auf Gerste- oder Hirsebasis ein einheitliches Keimspektrum aus Milchschiimmel, Lebensmittelhefe und Milchsäurebakterien (Abbildungen 6 und 7). Eine Beschleunigung der Fermentation ließ sich durch Zugabe von Sauerteig zur Gärlösung erzielen. Sauerteig enthält die Lebensmittelhefen vom Typ *Saccharomyces*, die mit anderen Hefepilzen vom Typ *Geotrichum* vergesellschaftet sind. Wählt man als Substrat Weizenkleie, so wird das Wachstum von *Geotrichum* und Milchsäurebakterien stark gefördert. Der Zusatz von



Fermentationslösung auf der Basis von Sauerteig, Weizenkleie und Alaunsalzen. Sie enthält Hefepilze, Milchschiimmel und Milchsäurebakterien.

Foto: Manfred Bieber/Waldbrunn

*Fermentation solution on the basis of sourdough, wheat bran and alum mordant. Contains yeast spores of *Saccharomyces cerevisiae*, *Geotrichum candidum* and *Lactobacillus* (lactic acid bacteria).*

Photo: Manfred Bieber/Waldbrunn

the wool yarn in this solution for 10 to 40 days. Only after that did dyeing with madder begin.” Sour milk was used in other parts of the Turkmen region.

*A recreated series of experiments quickly made it clear that this must have been the fermentation process. Fermentation is commonly understood as those biochemical processes that are caused by microorganisms and are especially used to prepare and preserve food. The fermentation of alcohol and the fermentation of lactic acid are some of the best-known examples. In the case described above, a homogenous spectrum of bacteria consisting of *Geotrichum candidum* (white mould), yeast and lactic acid bacteria (pictures 6 and 7) formed on a barley or millet substrate. Fermentation could be accelerated by adding sourdough to the fermentation solution. Sourdough contains yeast species in the *Saccharomyces* genus, which interact with other *Geotrichum* yeast fungi. Choosing wheat bran as the substrate strongly supports the growth of *Geotrichum* and lactic acid bacteria. Adding alum to the fermentation solution does not suppress the formation of the aforementioned spectrum of bacteria. When the microbial growth optimum is reached, the acidity of the fermentation solution falls to a pH value of 4.4. These environmental conditions are characterised, on the one hand, by their outstanding long-term stability. On the other hand, they prevent putrefactive bacteria from growing. This ensures that the wool yarn does not rot in the fermentation solution during the mordanting process.*

In recent years, modern analytical processes have been able to comprehensively describe the chemistry of natural dyes, as seen, for example, in Helmut Schweppe’s “Handbuch der Naturfarbstoffe” (“Handbook of Natural Dyes”) published in 1993. Nevertheless, the biochemical and physical reactions that take place in the hair structure before and during the dyeing process are still largely unknown. At the same time, knowledge about these processes is fundamentally important for understanding natural dyeing processes since neither peasants nor nomads in the Orient would have had access to complicated dyeing techniques. Peasant and nomad dyeing methods are based on experience that has been passed down for generations. The organic, chemical contemplations found in countless dye formulas and mixtures from more recent literature have no value whatsoever in understanding the traditional natural dyeing processes used in Anatolia.

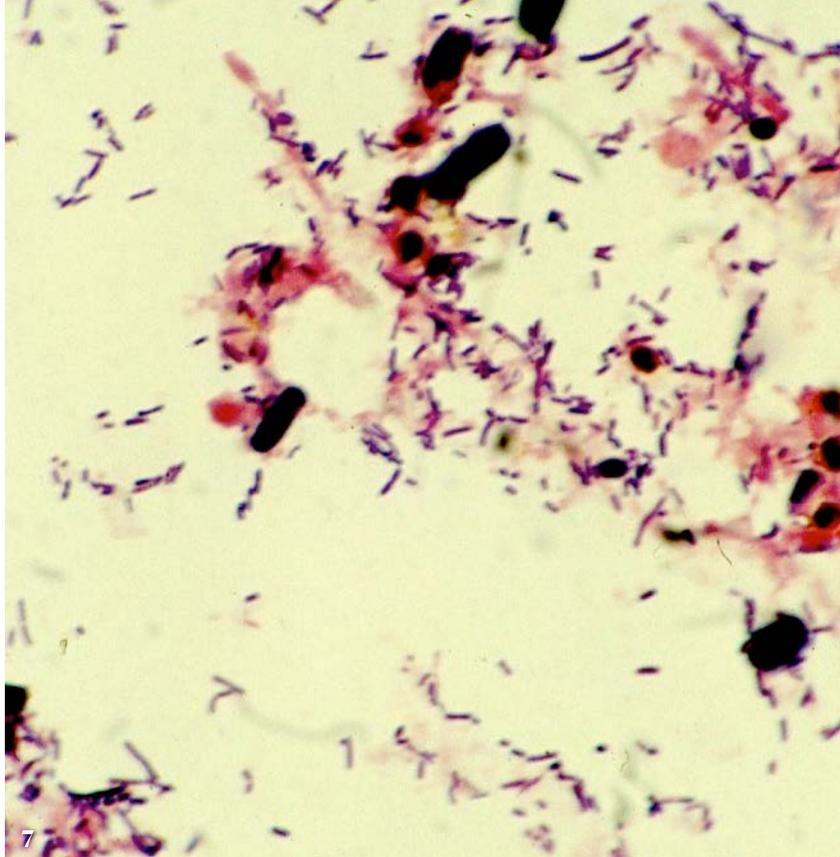
As early as 1987, studies with electron microscopes were begun at the universities in Würzburg and Erlangen to show how fermentation affected the hair structure. Long-term lightfastness tests conducted on unfermented and fermented yarn showed that dyed, previously fermented

Alaun zur Fermentationslösung unterdrückt die Ausbildung des bereits genannten Keimspektrums nicht. Auf dem mikrobiellen Wachstumsoptimum sinkt der Säuregrad der Gärlösung auf einen Säuregrad (pH-Wert) von 4,4 ab. Diese Milieubedingungen zeichnen sich einerseits durch eine hervorragende Langzeitstabilität aus, andererseits verhindern sie das Wachstum von Fäulnisbakterien. Damit ist sichergestellt, dass die Wollgarne während des Beizprozesses in der Fermentationslösung nicht verrotten.

Durch moderne Analyseverfahren konnte in den letzten Jahren die Chemie der Naturfarbstoffe umfassend dargestellt werden, wie das von Helmut Schweppe 1993 verfasste Handbuch der Naturfarbstoffe ausführlich belegt. Dagegen sind die biochemischen und physikalischen Reaktionen an der Haarstruktur vor und während des Färbeprozesses noch weitgehend ungeklärt. Die Kenntnis dieser Vorgänge ist jedoch für das Verständnis der Naturstoff-Färberei von fundamentaler Bedeutung, da weder die Bauern noch die Nomaden der orientalischen Region Zugang zu komplizierten Färbeverfahren hatten. Färbeverfahren im bäuerlichen und nomadischen Bereich stützen sich auf tradierte Erfahrung. Organisch-chemische Überlegungen, wie sie sich in den unzähligen Färberezepturen und Mixturen der neueren Literatur niederschlagen, besitzen für die herkömmliche Naturstoff-Färberei in Anatolien überhaupt keinen Stellenwert.

Bereits 1987 wurde mit elektronenmikroskopischen Untersuchungen an den Universitäten Würzburg und Erlangen begonnen, um die Wirkung der Fermentation an der Haarstruktur nachzuweisen. Langzeittests zur Lichtechtheit unfermentierter und fermentierter hatten nämlich gezeigt, dass gefärbte und zuvor fermentierte Wollgarne eine wesentlich höhere Lichtstabilität aufwiesen. Im rasterelektronenmikroskopischen Bild stellt sich die äußere Haarstruktur als geschlossene dachziegelartige Rindenschicht dar. Sie ist bei Schafwolle zwei- bis dreischichtig. Für die Beizsalze und Farbstoffe stellt diese Rindenschicht die erste Barriere auf ihrem Weg in das Haarinnere dar. An dieser Haarstruktur setzt jetzt die optisch sichtbare Wirkung der Geotrichum-Milchschiimmel und der Milchsäurebakterien ein. Je nach Verweildauer der Wollgarne in der Gärlösung kommt es zu einem deutlich erkennbaren Abspreizen der Rindenschicht der Wollhaare (Abbildung 8). Charakterisiert ist dieser Vorgang durch eine hohe Enzymaktivität des Milchschiimmels, der zu einem Abbau der fettähnlichen Stoffe zwischen den Schuppenschichten führt. Damit ist die Diffusion der Beizsalze und der Farbstoffe bis in den inneren Haarkern wesentlich erleichtert.

Die Eigenschaft der Wollgarne wird durch das skizzierte Fermentationsverfahren nicht verändert. Dagegen ist das

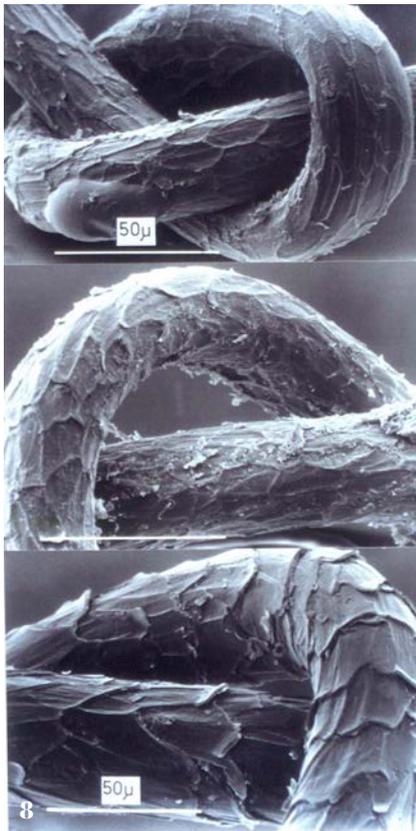


Mikrobielles Spektrum von Fermentationslösungen auf der Basis von Sauerteig, Weizenkleie und Alaunsalzen. Gesamtkeimzahl 8×10^7 Keime/ml, darunter Sprosspilze der Lebensmittelfeife (*Saccharomyces cerevisiae*), Milchschiimmel der Gattung *Geotrichum* (*Geotrichum candidum*) und Milchsäurebakterien der Gattung *Lactobacillus*. Foto: Helmut Hahn, Universität Würzburg

*Microbiological spectrum of fermentation solutions on the basis of sourdough, wheat bran and alum mordant. Microbiological activity of 8×10^7 spores/ml, contains yeast spores of *Saccharomyces cerevisiae*, *Geotrichum candidum* and *Lactobacillus* (lactic acid bacteria). Foto: Helmut Hahn, Universität Würzburg*

*wool yarn was significantly more lightfast than unfermented yarn. The scanning electron microscope shows the outer hair structure to be an even pattern of overlapping scales. Sheep's wool has two or three layers of scales. This outer layer acts as an initial barrier when mordant salts and dyestuffs make their way to the interior of the hair. The effect of the *Geotrichum* yeast spores and lactic acid bacteria on the hair structure is now apparent. Depending on how long the wool yarn spends in the fermentation solution, the outer layers of scales on the wool hair visibly exfoliate. This process is characterised by high enzyme activity in the *Geotrichum* yeast spores, which leads to the decomposition of fatty substances between the layers of scales. This makes it much easier for the mordant salts and the dyestuffs to diffuse into the inner hair cortex.*

The fermentation process described here does not change the properties of the wool yarn, but rather significantly



Die Wirkung der Fermentation auf die Feinstruktur des Wollhaares. Rasterelektronenmikroskopisches Bild (REM-Bild) eines mit Alaun (Kaliumaluminiumsulfat) gebeizten und mit Krapp (Rubia tinctorum L.) gefärbten Wollhaares. Oben: nicht fermentiert. Mitte: 7 Tage Fermentation. Unten: 20 Tage Fermentation.

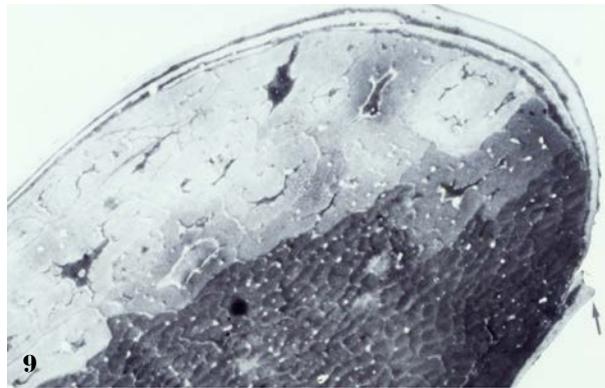
Foto: Hilde Merkert, Universität Würzburg

The effect of fermentation on the microstructure of mordanted (alum) and madder-dyed wool hair. Scanning electron micrographs. Top: not fermented.

Centre: fermented for 7 days. Bottom: fermented for 20 days.

Photo: Hilde Merkert, Universität Würzburg

Bindungsvermögen der Naturfarbstoffe in der inneren Haarstruktur wesentlich verbessert, was sich durch einen Einjahres-Dauerbelastungstest im direkten Sonnenlicht (Südfenster in Istanbul) nachweisen ließ. Um die Ursachen dieser Verbesserung zu ergründen, wurden jetzt feinstrukturelle Untersuchungen der Haarstruktur vorgenommen. Wollhaare sind typischerweise aus einem Kern und einer meist dreischichtigen Rinde aufgebaut. Abbildung 9 zeigt einen Querschnitt durch ein 0,04 mm dickes fermentiertes und mit Krapp gefärbtes Wollhaar, wie es sich im Elektronen-Mikroskop bei 5000facher Vergrößerung darstellt. Die Rindenschicht des Haares hebt sich in der rechten Bildhälfte - durch Pfeile gekennzeichnet



Elektronenmikroskopischer Querschnitt durch ein 20 Tage fermentiertes, mit Alaun gebeiztes und mit Krapp gefärbtes Wollhaar. Orthocortex (dunklerer Bereich), Paracortex (hellerer Bereich) und durch Fermentation bedingte abgespreizte Schuppenschicht (Pfeile), Vergrößerung x 5000.

Foto: Karl Meßlinger, Universität Erlangen

Scanning electron micrograph cross-section of a 20-day fermented, alum-mordanted and madder-dyed wool hair. Orthocortex (dark area), paracortex (light area) and exfoliated scale layer (arrows) of the wool hair resulting from fermentation. 5000x magnification. Photo: Karl Meßlinger, Universität Erlangen

enhances the capability of the natural dyestuffs to bind to the wool fibre in the inner hair structure, as proven in a one-year endurance test in direct sunlight (south facing window in Istanbul). In order to better understand what caused this improvement, microstructural studies of the hair structure were conducted. Wool hair typically consists of a cortex and usually three outer layers of scales. Picture 9 shows a cross-section of a fermented, madder-dyed wool hair 0.04 mm thick as seen at 5,000x magnification with an electron microscope. In the right half of the picture, the arrows show that the outer layer of scales has exfoliated from the hair cortex. This can be attributed to the effects of fermentation described above. The hair cortex itself appears to be noticeably divided into two sections: a darker section and a somewhat lighter, coarsely structured section. In the bottom darker section, the keratin fibres are systematically arranged in bundles, whereas in the top section the fibres are arranged more randomly. The spaces between the fibres, which represent cellular interspaces in the growing hair, are filled with a ground substance (extrafibrillar matrix). In fermented wool hair, these intercellular spaces appear with particularly sharp contrasts, which can be attributed to the saturated deposits of mordant salts (picture 10 top, 41,000x magnification). This phenomenon does not appear in unfermented wool hair (picture 10 bottom).

Technological processes leave distinctive marks on the processed materials. Assuming that the fermentation method was a passed-down dyeing technique in the Anatolian re-

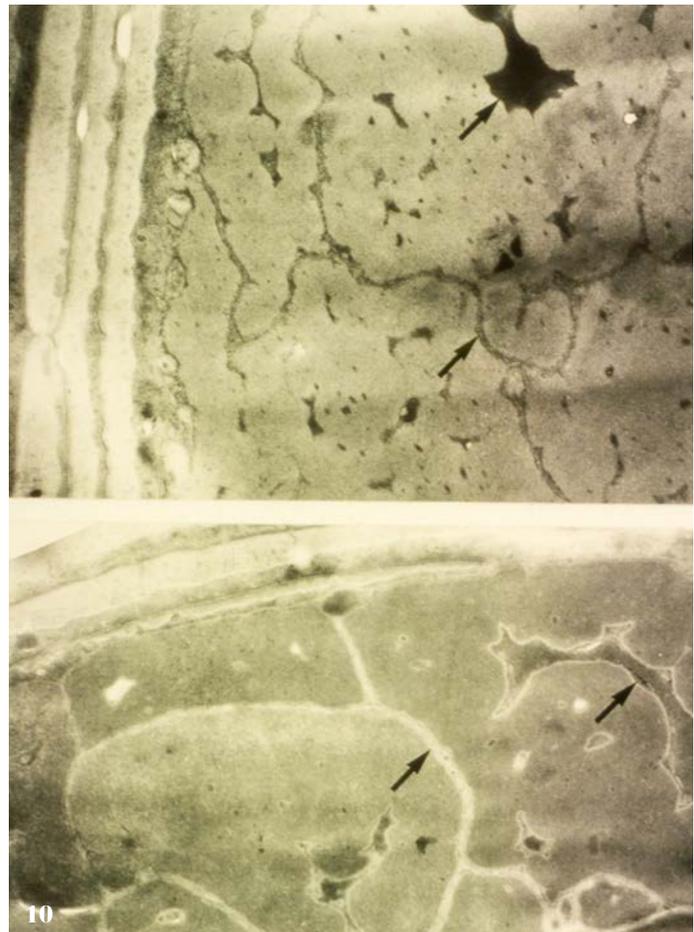
- vom Haarkern ab. Dies ist auf den bereits beschriebenen Fermentationseinfluss zurückzuführen. Der Kern des Haares selbst erscheint auffällig zweigeteilt, in eine dunklere Hälfte und einen etwas helleren, grob strukturierten Bereich. Im unteren dunkleren Bereich liegen die Keratinfasern streng geordnet in Form von Bündeln vor, während im oberen Bereich die Faserverteilung mehr zufällig ist. Die Räume zwischen den Fasern, die im wachsenden Haar die Zellgrenzen darstellen, werden von einer Grundsubstanz ausgefüllt. Gerade diese Zellzwischenräume sind bei fermentierten Wollhaaren besonders stark kontrastreich darstellbar, was auf eine gesättigte Einlagerung der Beizsalze schließen lässt (Abbildung 10 oben, Vg x 41000). Unfermentierte Wollhaare zeigen dieses Phänomen nicht (Abbildung 10 unten).

Technologische Verfahren hinterlassen an den bearbeiteten Werkstoffen unverkennbare Spuren. Wenn also die Hypothese der Fermentationsmethodik als tradierte Färbetechnologie für den anatolischen Raum gefordert wird, dann sollte die Überprüfung der gefärbten Wollhaare antiker Teppiche und Flachgewebe zu reproduzierbaren Ergebnissen führen. Systematische Reihenuntersuchungen an Knüpft Teppichen und Flachgeweben der wichtigsten anatolischen Herstellungsgebiete führten schließlich zu einem signifikanten Gesamtüberblick des früheren Färbefahrens mittels Fermentation.

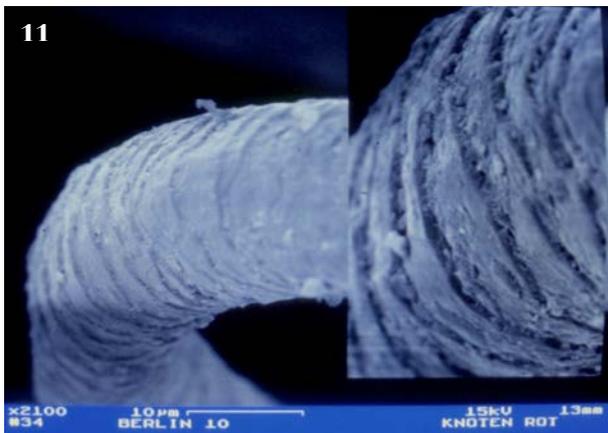
Die rasterelektronenmikroskopischen Bilder von gefärbten Wollhaaren der Uşak-Teppiche des 17. Jahrhunderts aus dem Museum für Islamische Kunst Berlin zeigten eine hohe Übereinstimmung in der Abspreizung der äußeren Schuppenschicht (Abbildung 11). Ebenso zeigten die elektronenmikroskopischen Haarquerschnitte deutlich kontrastierbare Zellzwischenräume, wie sie nach Fermentation neuer Wollhaare zu finden waren (Abbildung 12). Dagegen lieferten Wollproben aus dem Kett-

gion is a true hypothesis, then tests of dyed wool hair from antique rugs and flat-weaves should lead to reproducible results. In the end, a systematic series of tests conducted on knotted rugs and flat-weaves from the most important Anatolian production regions only resulted in providing a significant comprehensive overview of the earlier dyeing process using fermentation.

The scanning electron micrographs taken of dyed wool hair from 17th century Ushak carpets at the Museum of Islamic Art in Berlin showed a high degree of conformity regarding the exfoliation of the outer scale layer (picture 11). The hair cross-sections viewed under the electron microscope also show sharply contrasting spaces between the cells as found after the fermentation of new wool hairs (picture 12). By contrast, wool samples taken from the warp material from the same carpets showed the typical characteristics of non-fermented wool, i.e. closed scale layers. Electron micrographs of dyed wool samples from a village rug from the Konya region and a flat-weave from the Bergama region yielded similar results (pictures 13 and 14).



Elektronenmikroskopische Querschnitte durch den Paracortex eines mit Krapp gefärbtes Wollhaares. Oben: 20 Tage fermentiert. Unten: Nicht fermentiert, Vg x 41000. Die starke Kontrastierbarkeit der Zellzwischenräume und der Haargrundsubstanz (Bild oben) weisen auf den Einfluss der Fermentation hin. Foto: Karl Meßlinger, Universität Erlangen
Scanning electron micrograph cross-sections of the paracortex of a wool hair dyed with madder. Top: fermented for 20 days. Bottom: not fermented. 41,000x magnification. The sharp contrasts between the cellular interspaces and the hair base material show the effect of fermentation. Photo: Karl Meßlinger, Universität Erlangen



Rasterelektronenmikroskopisches Bild (REM-Bild) eines roten Wollhaares aus dem Stern-Ushak-Teppich, 17. Jahrhundert, Museum für Islamische Kunst Berlin, Inv.Nr. 85,981 (Spuhler F.: Die Orientteppiche im Museum für Islamische Kunst Berlin, Seite 34, Nummer 10). Durch Fermentation bedingte abgespreizte Schuppenschicht
Foto: Hilde Merkert, Universität Würzburg

Scanning electron micrograph of a red dyed wool hair from the pile of a 17th century Star Ushak carpet from the Museum of Islamic Art in Berlin, Inv. No. 85,981 (Spuhler, F.: Die Orientteppiche im Museum für Islamische Kunst Berlin, page 34, number 10). Exfoliated scale layer caused by fermentation. Photo: Hilde Merkert, Universität Würzburg

material der gleichen Teppiche die typischen Bilder von nichtfermentierten Wollen, die sich durch geschlossene Rindenschichten auszeichneten. Die elektronenmikroskopischen Aufnahmen von gefärbten Wollproben aus einem Dorfteppich der Konyaregion und eines Flachgewebes der Region Bergama führten zu vergleichbaren Ergebnissen (Abbildung 13 und 14).

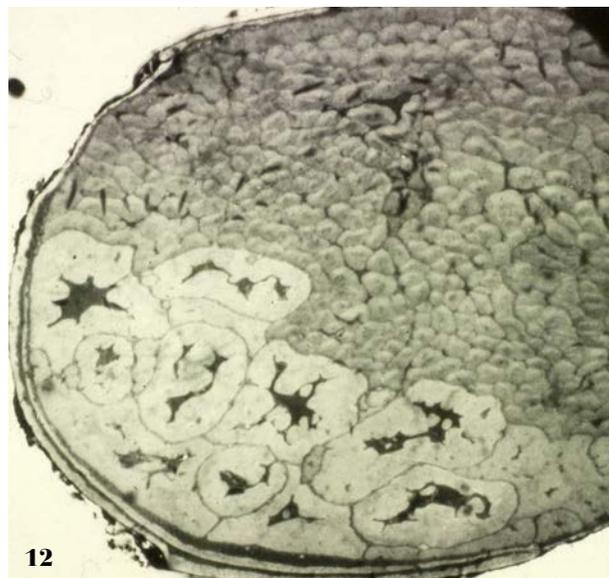
Naturwissenschaftliche Ergebnisse sind nur dann aussagekräftig, wenn sie zu jeder Zeit auch an anderem Untersuchungsmaterial überzeugend dargestellt werden können. So schreibt die renommierte amerikanische Teppichplattform Turkotek in ihrem Salon du Tapis d'Orient mit dem Artikel: Wool Dyeing History, with Focus on Dyeing of Rugs by Pierre Galafassi:

„Die Knotenwolle vieler klassischer Uşak-Teppiche zeigt eine signifikante Öffnung und Abspreizung der Haarschuppen. Vermutlich verursacht durch eine 8-15 Tage kalte Fermentation der Wolle bei mildem Säuregrad (pH-Wert) in Gegenwart von Alaun vor dem eigentlichen Beizen“. Quellenangabe: „Dr. Manfred Bieber, 7. ICOC Juni

Scientific results are only meaningful if they can be convincingly demonstrated on another test material at any time. For example, in the “Salon du Tapis d'Orient” discussion group on the renowned American rug and carpet platform Turkotek, Pierre Galafassi writes in his article “Wool Dyeing History, with Focus on Dyeing of Rugs”:

“The pile wool of many classical Ushak rugs shows a significant scale opening and exfoliation, probably caused by 8-15 days cold fermentation of the wool under mildly acidic pH in the presence of some alum, before actual mordant dyeing.” (Sources: Dr. Manfred Bieber, 7th ICOC, June 1993 and recently confirmed by my friend, Marc Roy, a carpet weaver and expert user of natural dyes.)

It thus took a very long time before the results I presented in 1988 were confirmed (cited in: Bieber M. and Fröhlig B.: Anatolische Dorfteppiche, Sonderausstellung im Niederrheinischen Museum für Volkskunde und Kulturgeschichte Kevelaer 1988). In 1987 Ludmila Barkova of the

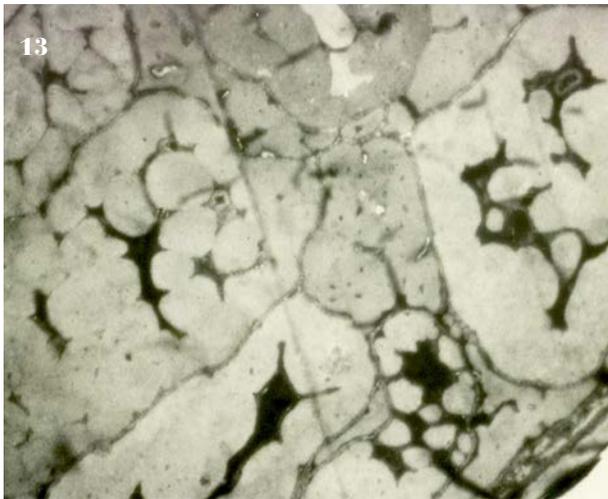


Elektronenmikroskopischer Querschnitt eines roten Wollhaares aus dem Stern-Ushak-Teppich, 17. Jahrhundert (siehe Abbildung 11). Die starke Kontrastierbarkeit der Zellzwischenräume und der Haargrundsubstanz weisen auf den Einfluss der Fermentation hin.

Foto: Karl Meßlinger, Universität Erlangen

Scanning electron micrograph showing the cross-section of a red dyed wool hair from the pile of a 17th century Star Ushak carpet (see picture 11). The sharp contrasts between the cellular interspaces and the hair base material show the effect of fermentation.

Photo: Karl Meßlinger, Universität Erlangen



Elektronenmikroskopischer Querschnitt eines roten Wollhaares aus einem Dorfteppich der Konya-Region (Zentralanatolien), 19. Jahrhundert. Die starke Kontrastierbarkeit der Zellzwischenräume und der Haargrundsubstanz weisen auf den Einfluss der Fermentation hin. Vergrößerung x 4400.

Foto: Karl Meßlinger, Universität Erlangen
Scanning electron micrograph showing the cross-section of a red dyed wool hair from the pile of a 19th century Konya village rug. The sharp contrasts between the cellular interspaces and the hair base material show the effect of fermentation.
Photo: Karl Meßlinger, Universität Erlangen

1993 und kürzlich bestätigt von meinem Freund Marc Roy, Teppichknüpfer und Experte für Naturfarben.“

Es musste also sehr lange dauern, bis die bereits von mir im Jahre 1988 vorgelegten Ergebnisse bestätigt wurden (zitiert bei: Bieber M. und Fröhlig B.: Anatolische Dorfteppiche, Sonderausstellung im Niederrheinischen Museum für Volkskunde und Kulturgeschichte Kevelaer 1988). Bereits 1987 erhielten wir von Frau Ludmila Barkova von der Abteilung für Frühgeschichte (Department of Primitive Civilization) der Eremitage in Sankt Petersburg Gewebeprobe vom Pazyryk-Teppich aus dem Eisgrab Kurgan V (Abbildung 3 und 4). Die guten Verbindungen der Universität Würzburg zur Eremitage hatten dies möglich gemacht. Die feinstrukturellen Untersuchungen an blauen Wollhaaren zeigen im Elektronenmikroskop einen vorzüglichen Erhaltungszustand des Teppichs. Außerdem ist eine deutliche Kontrastierung der Zellzwischenräume feststellbar, wie sie nur mit dem bereits skizzierten Fermentationsverfahren entstanden sein könnte (Abbildung 5). Weitere Untersuchungen an Wollhaaren andere Färbungen sind in Vorbereitung.

Department of Primitive Civilization at the Hermitage in Saint Petersburg sent us fibre samples from the Pazyryk Rug found in the Kurgan V ice grave (pictures 3 and 4). This was made possible thanks to the good ties between the University of Würzburg and the Hermitage. The microstructural studies of the blue wool hairs under the electron microscope showed that the rug was in superb condition. It was also possible to identify a distinct contrasts between the intercellular spaces, which could only have resulted from the fermentation described above (picture 5). Further studies of other dyed wool hairs are currently being prepared.

Summary:

Microstructural studies conducted on wool hair from Anatolian knotted rugs and flat-weaves from the 16th to 19th century showed a highly significant conformity in the hair structure, which can only be achieved through fermentation. This technological concept is thus directly connected to the dyeing processes that Moshkova described as being practiced among the rug and carpet-producing Turkic peoples of Central Asia. They are not the result of a convergent development, but rather document the migra-



Der Pazyryk-Teppich aus dem Eisgrab Kurgan V, Altai/Südsibirien, 5. oder 4. Jahrhundert vor Christus, 200 x 183 cm, 4100 Knoten/qdm. Aufbewahrungsort: Eremitage/St. Petersburg, Russland.

Foto: Manfred Bieber/Waldbrunn

Picture 03. The Pazyryk Rug from the Kurgan V, Altai Mountains, Siberia, 5th or 4th century BC, 200 x 183 cm (approx. 6' 7" x 6'), 4,100 knots/dm², Hermitage/Saint Petersburg, Russia Photo: Manfred Bieber/Waldbrunn

Zusammenfassung:

Feinstrukturelle Untersuchungen an Wollhaaren aus anatolischen Knüpft Teppichen und Flachgeweben des 16. bis 19. Jahrhunderts lieferten eine hochsignifikante Übereinstimmung der Haarstruktur, wie sie nur unter Fermentationseinfluss ermöglicht wird. Somit steht dieses Technologiekonzept in direkter Verbindung mit den Färbeverfahren, wie sie von Moschkova bei den Teppichproduzierenden Turkvölkern Zentralasiens beschrieben wurde. Sie sind nicht das Ergebnis einer konvergenten Entwicklung, sie dokumentieren vielmehr die kontinuierliche Fortsetzung eines tradierten Kunsthandwerks in einem anderen Kulturraum. Die Expeditionsberichte von V. G. Moschkova geben darüber hinaus wertvolle Informationen, die sich mit Verfahren während des eigentlichen Färbeprozesses beschäftigen. An mehreren Stellen ihrer Berichte ist von der sogenannten Kaltfärbung die Rede. Dieses Verfahren weist auf eine ökonomische Strategie hin, die es den Anwendern gestattete auf wertvolle Energiequellen zu verzichten. Die Handhabung derartiger Prozesse setzt jedoch säurestabile Färbeflotten voraus, die das Verrotten der Wollgarne verhindern und den Färbereifolg sicherstellen. Der durchschlagende Erfolg der Kaltfärberei lässt sich besonders bei der Herstellung violett gefärbter Wollgarne exemplarisch demonstrieren. Die Erzeugung violetter Farbnuancen hängt besonders davon ab, dass die Beiz- und Färbeflottentemperatur 40° C nicht übersteigt. Nach einer 2-10%igen Vorbeize mit Eisensulfat werden die Garne in eine Suspension aus Krapp-, Wei-



Gewebeprobe aus dem Pazyryk-Teppich, Eremitage/St. Petersburg.

Foto: Hilde Merkert, Universität Würzburg
Picture 04: Specimen from the Pazyryk Rug, Hermitage/Saint Petersburg, Russia
Photo: Hilde Merkert, Universität Würzburg



Elektronenmikroskopischer Querschnitt eines blaue gefärbten Wollhaares aus dem Pazyryk-Teppich, Vg x 3000. Foto: Karl Meßlinger, Universität Erlangen

Picture 05: Scanning electron micrograph showing the cross-section of a blue dyed wool hair from the pile of the Pazyryk Rug, 3,000x magnification
Photo: Karl Meßlinger, Universität Erlangen

tion of a traditional handicraft to another cultural region. The expedition reports by V. G. Moshkova also provide valuable information on the procedure that takes place during the actual dyeing process. Several sections of her reports refer to the so-called cold dyeing technique. This procedure suggests an economic strategy that did not require users to consume valuable energy sources. At the same time, the use of such processes requires acid-stable dye baths, which prevent the wool yarn from rotting and guarantee good dyeing results. The striking success of cold dyeing is demonstrated most effectively in the production of purple coloured wool yarn. Producing shades of purple particularly depends on making sure that the temperature of the mordant and dye bath does not exceed 40° C (104° F). After a pre-mordant bath with a 2 to 10% concentration of iron sulphate, the yarns are placed in a suspension of madder, wheat bran and sourdough. After several days at an ambient temperature of 25° C (77° F), the fermentation process is completed. The medium to dark brown dyed yarn is then subsequently treated in a potash solution (pH 8) at the same ambient temperature, thus producing the colour purple (picture 15, CarpetCollector 3/2013).

Since the 1980s, the use of natural dyestuffs in Anatolia has taken off like wildfire, above all through the work of the

zenkleie und Sauerteig gelegt. Nach mehreren Tagen ist der fermentative Prozess bei einer Außentemperatur von 25° C abgeschlossen. Die mittel- bis dunkelbraun gefärbten Garne werden dann mit einer Holzashesuspension (pH 8) bei gleicher Außentemperatur für zwei Tage nachbehandelt, wobei der Farbton nach Violett umschlägt (Abbildung 15, Carpet Collector 3/2013).

Seit den 1980igern war der Einsatz von Naturfarbstoffen in Anatolien nicht mehr zu bremsen, voran das von Harald Böhmer 1981 ins Leben gerufene Teppichprojekt DOBAG und die von George Jevremovic gegründeten AZERI-Teppichknüpfereien. Zeitgleich drängten andere Hersteller mit naturgefärbten Teppichen und Flachgeweben massenhaft auf den hoffnungsvoll lukrativen Teppichmarkt. Bei der wirtschaftlichen Betrachtung der einzelnen Unternehmen in Anatolien war schnell klar, dass langwierige Färbeprozesse mit dem Fermentationsverfahren nicht zu leisten waren. Die Masse der Produkte konnte dem Kriterium der Lichtstabilität von Naturfarben meist nicht standhalten, da bereits nach mehreren

DOBAG rug project launched by Harald Böhmer in 1981 and the AZERI rug knotting workshops founded by George Jevremovic. At the same time, other producers stormed the promisingly lucrative rug market en masse with naturally dyed rugs and flat-weaves. In looking at the individual companies in Anatolia from an economic perspective, it quickly became clear that lengthy fermentation-based dye-



Mit Eisensulfat gebeizte Wollgarne gären bis zu 21 Tage in einem Färbebad mit Krapp (*Rubia tinctorum* L.) bei einer Außentemperatur von 25° C für die Herstellung von Violett.

Foto: Manfred Bieber/Waldbrunn

*To produce purple, wool yarn mordanted in iron sulphate ferments for up to 21 days in a madder dye bath (*Rubia tinctorum* L.) at an ambient temperature of 25° C (77° F). Photo: Manfred Bieber/Waldbrunn*

Danksagung

Herzlichen Dank an Frau Ludmila Barkova von der Abteilung für Vor- und Frühgeschichte der Eremitage in Sankt Petersburg (Department of Primitive Civilisation) für die Überlassung von Gewebeproben aus dem Pazyryk-Teppich und dem Museum für Islamische Kunst in Berlin für die Zusendung der Gewebeproben der Ushak-Teppiche. Frau Hilde Merkert von der Universität Würzburg und Prof. Dr. Karl Meßlinger von der Universität Erlangen danke ich für die Anfertigung der elektronen-mikroskopischen Bilder und Herrn Helmut Hahn von der Universität Würzburg für die Bereitstellung der mikrobiologischen Untersuchungsergebnisse.

Acknowledgements:

I would like to express sincere thanks to Ludmila Barkova of the Department of Primitive Civilisation at the Hermitage in Saint Petersburg for sending us fibre samples from the Pazyryk Rug. I would also like to thank the Museum of Islamic Art in Berlin for sending fibre samples from the Ushak carpets. Thank you to Hilde Merkert of the University of Würzburg and Prof. Dr. Karl Meßlinger of the University of Erlangen for taking the scanning electron micrographs and to Helmut Hahn of the University of Würzburg for preparing the microbiological study results.



1 | Vorderseite des Ushak Gebetsteppichs, hergestellt im Kavacık-Projekt/Istanbul für die 5. Internationale Teppichkonferenz in Wien/Budapest 1986 (ICOC), 145 x 127 cm, 1296 Knoten/qdm. Foto: Manfred Bieber/Waldbrunn. 2 | Rückseite des Ushak Gebetsteppichs, hergestellt im Kavacık-Projekt/Istanbul für die 5. Internationale Teppichkonferenz in Wien/Budapest 1986 (ICOC). Foto: Manfred Bieber/Waldbrunn

1 | Front of the Ushak prayer rug from the workshop of the Kavacık Project/Istanbul for the 5th International Conference on Oriental Carpets, Vienna/Budapest 1986 (ICOC), 145 x 127 cm (approx. 4' 9" x 4' 2"), 1,296 knots/dm². Photo: Manfred Bieber/Waldbrunn. 2 | Back of the Ushak prayer rug, from the workshop of the Kavacık Project/Istanbul for the 5th International Conference on Oriental Carpets, Vienna/Budapest 1986 (ICOC) Photo: Manfred Bieber/Waldbrunn

Monaten oder wenigen Jahren starke Farbverluste zu verzeichnen waren. So war z.B. der Einsatz von Zwiebel-schalen für Gelbfärbungen in einem bekannten Teppich-projekt ausdrücklich verboten worden. Die Beurteilung der Farbqualität eines Teppichs oder Flachgewebes ist erst nach Jahrzehnten im Dauergebrauch sinnvoll. Der für die 5. Internationale Teppichkonferenz (ICOC 1986) in Wien / Budapest hergestellte Uşak Gebetsteppichs aus dem Kavacık-Projekt hängt nunmehr seit 30 Jahren als Wandbehang im diffusen Tageslicht. Die Wollgarne wurden nach dem beschriebenen Fermentationsverfahren bearbeitet. Der Vergleich der Vorderseite mit der Rück-seite des Teppichs möge den Betrachter zu einer differen-zierten Beurteilung der Farbstabilität veranlassen (Abbil-dungen 1 und 2).

ing processes were too expensive. Most of products could not live up to lightfastness criteria for natural dyes since major fading was reported after just a few months or years. This led, for example, to onion skins being explicitly banned for yellow dyes in one famous rug project. It only makes sense to assess the colour quality of a rug or flat-weave after it has been in constant use for decades. The Ushak prayer rug from the Kavacık project, which was made for the 5th In-ternational Conference on Oriental Carpets (ICOC 1986) in Vienna / Budapest, has been hanging on the wall in dif-fuse daylight for nearly 30 years now. The wool yarn was processed using the fermentation process described here. A comparison between the front and back of the rug may lead the viewer to come to a differentiated conclusion about colour stability (pictures 1 and 2).

Bibliographie | Bibliography

- Azadi, S. und Enay, M. E.:** Bibliographie der Bücher und Kataloge, Einhundert Jahre Orientteppich-Literatur 1877-1977, Verlag Kunst & Antiquitäten, Hannover 1977
- Bieber, M. und Fröhlig, B.:** Anatolische Dorfteppiche, Sonderausstellung im Niederrheinischen Museum für Volkskunde und Kulturgeschichte Kevelaer 1988
- Bieber, M., Pinkwart, D. und Steiner, E.:** Heybe, Traditionelle Doppeltaschen aus Anatolien, Pazyryk Gesellschaft, ohne Jahr
- Brüggemann, W. und Böhmer, H.:** Teppiche der Bauern und Nomaden in Anatolien, Verlag Kunst & Antiquitäten, Hannover 1980
- Horsfall, R. S. und Lawrie, L. G.:** The Dyeing of Textile Fibres, Chapman & Hall, London 1949
- Hubel, G. H.:** Ullstein Teppichbuch, Ullstein Verlag Frankfurt-Berlin-Wien 1972
- Korur, N. R.:** Türkiye'de nebati boyalar, Pflanzenfarbstoffe in der Türkei. Yüksek Ziraat Enstitüsü, Ankara 1937
- Moschkova, V. G.:** Die Teppiche der Völker Mittelasiens im späten 19. und frühen 20. Jahrhundert von Reinhold Schletzer (Herausgeber, Übersetzer), Verlag: Schletzer, R., Hamburg-Berlin 1977
- Pinner, R. und Denny, W.B.:** Oriental Carpet and Textile Studies, Volume 3 Number 2, Islamic Department of Sothebys and OCTS Ltd, ohne Jahr
- Schweppe, H.:** Handbuch der Naturfarbstoffe, Ecomed Verlagsgesellschaft 1993
- Spuhler, F.:** Die Orientteppiche im Museum für Islamische Kunst Berlin, Verlag Klinkhardt & Biermann, München 1987