

TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
MÜNCHEN

LEHRSTUHL FÜR RESTAURIERUNG, KUNSTTECHNOLOGIE UND KONSERVIERUNGSWISSENSCHAFT
FAKULTÄT FÜR ARCHITEKTUR

Bachelor-Thesis

Eignung kinesiologischer Tapes in der Restaurierung

Prof. Erwin Emmerling

vorgelegt von:

Studentin:	Anna Krez
Studiengang:	Restaurierung, Kunsttechnologie und Konservierungswissenschaft
Fachsemester:	8
Matrikelnummer:	3610977
Geburtsdatum:	21.05.88
Adresse:	Riesenfeldstr. 79 RGB 80809 München
E-Mail:	anna.krez@gmx.de

München, den 20.08.2013

Vorwort

An dieser Stelle möchte ich Prof. Erwin Emmerling, Dr. Cristina Thieme, Dipl.-Restauratorin Cornelia Saffarian und Christian Kaiser vom Lehrstuhl für Restaurierung, Kunsttechnologie und Konservierungswissenschaft an der Technischen Universität München für die Unterstützung während der Anfertigung meiner Bachelor-Thesis danken.

Darüber hinaus gilt ein besonderer Dank Mag. Elke Oberthaler vom Kunsthistorischen Museum in Wien für die Betreuung und Ermöglichung konservatorischer und restauratorischer Maßnahmen an Gemälden aus den Beständen des KHM Wien. Auch bei Mag. Monika Strolz, Dipl.-Restauratorin Eva Götz, Mag. Ina Slama, M.A. Sara Mateu, Sonja Kocian und allen anderen Mitarbeitern der Restaurierwerkstätten der Gemäldegalerie bedanke ich mich für die Anregungen und die Unterstützung während der praktischen Arbeit. Ebenso haben mich die Mitarbeiter des naturwissenschaftlichen Labors Dr. Martina Griesser, Dr. Sabine Stanek und Dr. Vaclav Pitthard bei den Untersuchungen und Analysen unterstützt. Michael Eder und Andreas Uldrich danke ich für die Hilfe bei der Anfertigung und Bearbeitung des fotografischen Dokumentationsmaterials.

Für die Ermöglichung und Durchführung der IR-mikroskopischen Untersuchungen danke ich Prof. Dr. Wulff Possart und Dipl.-Chem. Dipl.-Ing. Christophe Nies vom Lehrstuhl für Adhäsion und Interphasen in Polymeren von der Universität des Saarlandes. Für die Kontaktvermittlung danke ich Dipl.-Chem. Eric Kavelius. Außerdem danke ich Dipl.-Chem. Julia Krez, B. Sc. Svetlana Krez und Dipl.-Chem. Dominic Becker.

Ganz besonders danke ich Benedikt Widholz, der mir als Physiotherapeut und Freund stets mit Rat und Tat während meiner Arbeit zum Thema der kinesiologicalen Tapes zur Seite stand.

A.K.

Zusammenfassung

Kinesiologische Tapes werden herkömmlich als elastisches Verbandsmaterial in der Sportmedizin verwendet. Durch Untersuchungen des Materials, seiner Beschaffenheit und seiner spezifischen Eigenschaften wurde die Eignung der kinesiologischen Tapes in der Restaurierung erprobt und überprüft. Basierend auf den Materialanalysen wurden relevante Auswahlkriterien für eine prinzipielle Anwendung in der Restaurierung geprüft, Anwendungsgebiete und -möglichkeiten diskutiert sowie konkrete Anwendungen an Gemälden auf textilen Bildträgern durchgeführt.

Abstract

Commonly kinesiological tapes are used as an elastic bandaging material in sports medicines. By researching its materials, consistency and specific attributes this thesis tries to examine the suitability of kinesiological tapes for use in conservation. Based on this analysis several criteria were assessed, application and fields of use were discussed, as well as specific technical use in treatments of easel paintings on textile support has been accomplished.

Inhaltsverzeichnis

1 Kinesiologische Tapes – Leihgabe aus der Sportmedizin.....	10
1.1 Terminologie und Geschichte.....	10
1.2 Herkömmliche Anwendung und Wirkungsweise.....	12
1.3 Farbenlehre.....	13
2 Kinesiologische Tapes – Haftklebeband.....	14
2.1 Qualitätsmerkmale.....	14
2.2 Auswahl eines kinesiologischen Tapes.....	16
3 Die Bestandteile des kinesiologischen Tapes.....	18
3.1 Trägergewebe.....	18
3.1.1 Gewebe und Fäden.....	18
3.1.2 Faserbestimmung.....	25
3.1.2.1 Natürliche Faser – Baumwolle.....	25
3.1.2.2 Synthetische Faser.....	27
3.1.2.2.1 Infrarotspektroskopische Bestimmung der synthetischen Faser.....	27
3.1.3 Faserverbund aus synthetischen und natürlichen Fasern.....	28
3.2 Haftklebstoff.....	29
3.2.1 Funktionsweise der Haftklebstoffe.....	29
3.2.2 Polyacrylat – Haftklebstoff des Kinesiotapes.....	31
3.1.2.1 Polyacrylate – Zusammensetzung, Modifikationen und Eigenschaften.....	32
3.3 Trennfolie.....	34
4 Eignung in der Restaurierung.....	35
4.1 Allgemeine Eigenschaften des kinesiologischen Tapes.....	35
4.2 Auswahlkriterien.....	35
4.3 Anwendungsgebiete und -möglichkeiten.....	38
4.4 Testreihe.....	41
4.4.1 Versuchsaufbau.....	41
4.4.2 Auswertung.....	43
5 Konkrete Anwendung.....	45
5.1 Vorbereitung und Vorgehen bei der Applikation und Entfernung des Tapes.....	45
5.2 Konservierungsmaßnahmen am textilen Bildträger.....	47
5.2.1 Sicherungsmaßnahmen an Spannkanten.....	47
5.2.2 Risszusammenführung.....	48
5.2.3 Einsatz während der Rissverklebung.....	52
5.2.4 Rissstabilisierung und anschließende Rissverklebung.....	53
6 Schluss.....	56
7 Anhang.....	58
8 Literaturverzeichnis.....	67
9 Eidesstattliche Erklärung.....	70

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Oberseite des textilen Trägergewebes (Ruhelage).....	19
Abb. 2: Erkennbare Veränderung des Trägergewebes bei Dehnung.....	19
Abb. 3: Veränderungen im Drehwinkel bei maximaler Dehnung.....	20
Abb. 4: Messung der Dicke der Längsfäden und Quersfäden ohne Dehnung.....	21
Abb. 5: Messung der Dicke der Längsfäden und Quersfäden bei maximaler Dehnung.....	21
Abb. 6: Abstandsmessung in Längsrichtung (ohne Dehnung).....	24
Abb. 7: Abstandsmessung in Längsrichtung (bei maximaler Dehnung).....	24
Abb. 8: REM-Aufnahme, Querschnitt des Längsfadens	26
Abb. 9: REM-Aufnahme: Baumwollfaser des Längsfadens.....	26
Abb. 10: Synthetisches Filamentgarn mit deutlich sichtbaren Zwickeln.....	27
Abb. 11: Versuchsanordnung (24 Stunden), Vorzustand.....	43
Abb. 12: Versuchsanordnung (24 Stunden) mit applizierten KT-Streifen.....	43
Abb. 13: Fluoreszenz des Polyacrylats unter UV-Strahlung.....	43
Abb. 14: Keramikoberfläche mit sichtbaren, fluoreszierenden Rückständen unter UV-Strahlung..	44
Abb. 15: Keramikoberfläche nach Entfernung des KT-Streifens	44
Abb. 16: Sicherungsmaßnahme während der Verklebung.....	48
Abb. 17: Anlegen der KT-Streifen in zwei Ebenen (Winkelriss).....	51
Abb. 18: Wellenartige Verformung der silikonisierten Folie	51
Abb. 19: Sicherungsmaßnahmen während der Rissverklebung (linearer Riss).....	53
Abb. 20: Detailansicht der Sicherungsmaßnahme mit gespanntem KT-Streifen.....	53
Abb. 21: Mehrfacher Riss im Randbereich.....	55
Abb. 22: Sicherung und Stabilisierung der Risspartien während der Oberflächenreinigung.....	55
Abb. 23: Rissicherung während der Oberflächenreinigung und der Verklebung.....	55
Abb. 24: Rissicherung bei diagonalem Verlauf in der Leinwand.....	55
<hr/>	
Fig. 1: Querschnitt durch das Kinesiotape.....	25
Fig. 2: Chemische Struktur einer Elastan-Faser.....	28
Fig. 3: Kräfteverhältnisse und -wirkungen innerhalb des Kinesiotapes.....	32
Fig. 4: Monomer-Einheit eines Polyacrylats.....	32
Fig. 5: Kraftumleitung durch Abrunden der Ecken.....	46
Fig. C-1.1: IR-Schwingungsspektrum der synthetischen Faser im Bereich 4000-500 cm ⁻¹	63
Fig. C-1.2: IR-Schwingungsspektrum der synthetischen Faser im Bereich 1800-500 cm ⁻¹	63
Fig. C-2: IR-Schwingungsspektrum des Haftklebstoffs im Bereich 4000-500 cm ⁻¹	64
Fig. C-3: IR-Schwingungsspektrum der Trennfolienbeschichtung im Bereich 1800-400 cm ⁻¹	65
<hr/>	
Abbildung A-1: Beispiel für die herkömmliche Anwendung von Kinesiotape.....	58
Abbildung A-2: Elyth®S Tape Kinesiologie.....	58
Abbildung A-3: GG 7120 Winkelriss, Vorzustand.....	58
Abbildung A-4: GG 7120 Linearer Riss, Vorzustand.....	58
Abbildung A-5: GG 7120 Linearer Riss, während der Risszusammenführung.....	59
Abbildung A-6: GG 7120 Linearer Riss, während der Risszusammenführung.....	59
Abbildung A-7: GG 7120 Linearer Riss, nach erfolgter Rissverklebung, Vorderseite.....	59
Abbildung A-8: GG 7120 Linearer Riss, nach erfolgter Rissverklebung, Rückseite.....	59
Abbildung A-9: GG 7120 Winkelriss, nach erfolgter Rissverklebung, Vorderseite.....	60
Abbildung A-10: GG 7120 Winkelriss, nach erfolgter Rissverklebung, Rückseite.....	60

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Gesamtansicht aller Messwerte.....	22
Tabelle 2: Eigenschaften des Kinesiotapes.....	35
Tabelle 3: Getestete Substratoberflächen.....	42
Tabelle 4: Beobachtungen der Testreihen.....	44
Tabelle B-1: Messung der Fadendicken ohne Gewebedehnung.....	61
Tabelle B-2: Messung der Fadendicken unter maximaler Gewebedehnung.....	61
Tabelle B-3: Abstandsmessung in Längsrichtung ohne Gewebedehnung.....	61
Tabelle B-4: Abstandsmessung in Längsrichtung unter maximaler Gewebedehnung	61
Tabelle C-1: Schwingungsbanden der synthetischen Faser	64
Tabelle C-2: Schwingungsbanden des Haftklebstoffs.....	65
Tabelle C-3: Schwingungsbanden der Trennfolienbeschichtung.....	65

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
ATR	Abgeschwächte Totalreflexion
Fig.	Figur
IR	Infrarot
FTIR	Fourier-Transform-Infrarot-Spektrometer
KT	Kinesiotape
KTA	Kinesio Taping® Association
KTM	Kinesio Taping® Methode
m. D.	Maximale Dehnung
MIR	Mittleres Infrarot
o. D.	Ohne Dehnung
PUR	Polyurethan
REM	Rasterelektronenmikroskopie

Einleitung

Kinesiologische Tapes scheinen derzeit in Medizin und Medien zu einem Universalheilmittel zu avancieren. Kaum ein Patient, kaum ein Sportler, der die bunten Pflaster nicht trägt und um ihre elastischen Eigenschaften weiß. Doch über die materielle Beschaffenheit dieses Universalheilmittels ist bei Behandelnden und zu Behandelnden wenig bekannt. Auch die Fachliteratur beschäftigt sich nahezu ausschließlich mit der Optimierung der Behandlungsmethoden und dem Versuch, eine tatsächliche medizinische Wirksamkeit nachzuweisen. Dass dabei Material, Verarbeitung und Eigenschaften des kinesiologischen Tapes für seine Wirkungsweise entscheidend sind, wird oft vernachlässigt.

Durch Kenntnisse über Eigenschaften des Tapes, die aus der Sportmedizin gewonnen werden konnten, entstand die Idee der Nutzung der Tapes für Arbeitsgänge in der Restaurierung. Diese Arbeit soll die Eignung kinesiologischer Tapes für die Restaurierung überprüfen. In einem einführenden Teil mussten vorab dafür relevante Fragen geklärt werden. Was ist ein kinesiologisches Tape? Woraus besteht es, welche Eigenschaften hat es und wie wird es in der Sportmedizin angewendet?

Durch die Analysen der einzelnen Bestandteile eines Kinesiotapes konnte festgestellt werden welchen Einfluss die verschiedenen Materialien, deren Kombination und physikochemische Beschaffenheit auf die Eigenschaften des Tapes haben. Mit diesem Grundlagenwissen konnte dann nach Auswahlkriterien gesucht werden, die für einen Einsatz von kinesiologischen Tapes in der Restaurierung maßgeblich sind. Zudem werden Anwendungsmöglichkeiten und -gebiete in der Restaurierung diskutiert. In diesem Teil der Arbeit wurde der Fokus auf den Einsatz der Tapes im Rahmen von temporären Sicherungsmaßnahmen gesetzt. Durch Kenntnis über Material und Funktionsweise des Tapes konnten abschließend verschiedene Konservierungsmaßnahmen an Gemälden auf textilen Bildträgern durchgeführt werden.

1 Kinesiologische Tapes – Leihgabe aus der Sportmedizin

1.1 Terminologie und Geschichte

Die Bezeichnung „kinesiologische Tapes“ setzt sich aus den aus dem Griechischen stammenden Grundbegriffen *kinesis* für Bewegung und *logos* für Lehre sowie dem englischen *tape* für Klebeband zusammen. Hinter dieser Bezeichnung steckt nicht nur ein Klebeband, sondern in erster Linie ein medizinisches Diagnose- und Behandlungskonzept aus der Körpertherapie. Die Bezeichnung beschreibt also nicht nur das Material, sondern auch eine bestimmte Anlagetechnik¹ und -methodik dieses Tapes. Grundsätzlich beruht das alternativ-medizinische Konzept auf der Kinesiologie, der Bewegungslehre.

Die dieser besonderen Anlagetechnik zugrunde liegende Methodik wurde von dem japanischen Chiropraktiker DR. KENZO KASE Anfang der 1970er Jahre entwickelt. KASES Ausgangspunkt war dabei das Bestreben eine schonende Behandlungsmethode für die Therapie von akuten und chronischen Gewebe- und Muskelbeschwerden zu finden. Die bis dahin übliche Behandlung geschwächter und schmerzender Körperpartien mittels Tape umfasste lediglich die Anlage eines unelastischen Tapes, welches zwar die zu behandelnde Körperregion bzw. das Gelenk stabilisierte, den Patienten jedoch stark in seinen natürlichen Bewegungen einschränkte. 1973 entwickelte KASE² ein elastisches Tape, welches Gelenke und Muskeln stabilisierte, gleichzeitig jedoch auch einen natürlichen Bewegungsablauf zuließ und die Selbstheilungskräfte des Körpers förderte. Grundlegend bei der Herstellung des neuen Materials waren KASES detaillierte Kenntnisse über die Beschaffenheit und Funktion der Haut und Muskulatur des Menschen.³

Das kinesiologische Tape oder Kinesiotape (KT) ist ein Haftklebeband, welches aus einem textilen Trägergewebe, einem Haftklebstoff und einer Trennfolie besteht. Es entspricht in Dicke und Elastizität der menschlichen Epidermis.⁴ Die Klebstoffschicht ist in Form einer alternierenden, sinusförmigen Kurve mit klebstofffreien Aussparungen auf dem Trägergewebe aufgebracht um eine ausreichende Luft- und Flüssigkeitszirkulation unter dem Tape zu ermöglichen. Diese Wellenform ahmt einen menschlichen Fingerabdruck nach und bewirkt eine Anhebung der Haut. Dadurch wird eine verstärkte Mikrozirkulation unter der Haut angeregt.⁵ Die Kombination aus elastischem Tape, seinen speziell entwickelten Bestandteilen und Eigenschaften und seine richtige Anlage bilden die

¹ Der feststehende Fachterminus der Anlagetechnik beschreibt die Technik die kinesiologischen Tapes auf der Haut anzubringen bzw. anzulegen.

² Geschichte von Kinesio Tex® Tape [Internetquelle, siehe Literaturverzeichnis].

³ BREITENBACH 2004, S. 16.

⁴ KOSS/MUNZ 2012, S. 139.

⁵ KASE et al. 2003, S. 12.

Grundlage für die Kinesio Taping® Methode (KTM).⁶

1984 gründete KASE vorerst in Japan und später eine international vertretene Kinesio Taping® Association (KTA).⁷ Bei den olympischen Sommerspielen in Seoul 1988 rückte das KT erstmals in den medialen Fokus, nachdem japanische Sportmannschaften erstmalig dieses bei einem internationalen Turnier verwendeten. Der niederländische Fußballspieler Alfred Nijhuis, der aus der japanischen Liga 1998 nach Deutschland wechselte, brachte KT nach Europa.⁸ Durch seinen Physiotherapeuten Eric ten Bos wurde KT ab 1999 in den Niederlanden und kurz darauf weltweit populär. Seitdem ist sowohl die Anzahl der praktizierenden KT-Therapeuten als auch die der Patienten vor allem im Leistungssport, stark gestiegen. Bei der Olympiade 2012 in London gab es kaum noch einen Sportler ohne die bunten Körpertapes.

Die Tatsache, dass es sich bei der Kinesio Taping® Methode und dem originalen Kinesio Tex® Tape um geschützte Markennamen handelt, führte zur Entstehung von nun mehr über 60 Synonymen⁹ für das elastische Band, wie z. B.: medical tape, Curetape, Elastictape, Kinesiotape, Kinetape, K-Tape, Physiotape¹⁰. Zum besseren Verständnis wird im Rahmen dieser Arbeit eine vereinfachte und gängige Bezeichnung als kinesiologisches Tape oder Kinesiotape (KT) gewählt.¹¹

Bis heute ist nicht geklärt, ob KASE tatsächlich der Erfinder des KTs ist, obwohl er in der Literatur häufig als solcher benannt wird. Sicherlich entwickelte er eine bis heute anerkannte und kaum veränderte Therapieform, die nur durch den Einsatz des speziell dafür entwickelten Tapes wirksam ist. Jedoch wurde bereits im März 1965 ein Patent von JOSEPH KOMP¹² eingereicht, das als Vorläufer des KTs angesehen werden kann. Darin beschreibt er ein Haftklebeband, das aus einem textilen Träger und einer in Sinuskurven darauf aufgetragenen Klebstoffschicht besteht. KOMP entwickelte sein Haftklebeband jedoch noch mit einem starren, nicht dehnbaren Trägergewebe. Entscheidende Neuerungen gehen in dieser Hinsicht auf Patente von RAYMOND HOEY¹³ (1969) und RICHARD MAZZA¹⁴

⁶ KASE et al. 2003, S. 12.

⁷ Kinesio Taping Association [Internetquelle, siehe Literaturverzeichnis].

⁸ GROTH 2008, S. 80.

⁹ KUMBRINK 2009, S. 4.

¹⁰ KOSS/MUNZ 2012, S. 139.

¹¹ Die dazugehörige Therapieform des Kinesio Taping® wird teilweise auch als Medical Taping Concept (MTC) bezeichnet und kann annähernd synonym dazu verwendet werden. Der Begriff des MTC beschreibt eine Arbeitsweise die verschiedene Tape-Arten und -Formen miteinander kombinieren kann. Vorzugsweise wird auch hier unter Verwendung elastischer Tapes gearbeitet. Im fortlaufenden Text wird vereinfachend von der Kinesio Taping® Methode (KTM), passend zu der Bezeichnung der Kinesiotapes (KT) gesprochen.

¹² KOMP 1970 [Patent, siehe Literaturverzeichnis].

¹³ HOEY 1971 [Patent, siehe Literaturverzeichnis].

¹⁴ MAZZA ET AL 1995 [Patent, siehe Literaturverzeichnis].

(1992) zurück. Beide sprechen von einem elastischen Trägergewebe als Ausgangspunkt für ein elastisches Haftklebeband bzw. einen elastischen Verband. Sowohl HOEY als auch MAZZA trugen den Haftklebstoff jedoch vollflächig auf das elastische Gewebe auf. KASE meldete das Patent für sein „body-adhesive Tape“ 1993 in Japan und erst 1996¹⁵ in den USA an. Nach mehreren Korrekturen wurde das Patent im Januar 1999 zugelassen. Er kombinierte elastische Gewebeeigenschaften mit einem wellenförmigen Klebstoffauftrag und entwickelte so die bis heute noch gebräuchliche Form des KTs.

1.2 Herkömmliche Anwendung und Wirkungsweise

Prinzipiell bedingt vor allem die Beschaffenheit des Tapematerials in Kombination mit der richtigen Anlagetechnik einen positiven Behandlungsverlauf. Die KTM geht davon aus, dass das elastische Tape (Re)zeptoren sowohl auf der Hautoberfläche als auch im menschlichen Gewebe stimuliert.¹⁶ Diese Stimulation wird durch die spezifische Kombination aus elastischem Trägergewebe und der Wellenstruktur des Klebstoffs bewirkt. Das KT bewirkt nach Applikation auf der Haut eine sinusförmige Anhebung der Hautoberfläche.¹⁷ Bei jeder weiteren Bewegung verschiebt sich diese Anhebung – vom Patienten nahezu unbemerkt – was einen andauernden Massageeffekt zur Folge hat. Zusätzlich wird ein verbesserter Transport von Blut und Lymphflüssigkeit eingeleitet, der wiederum eine zügige Genesung begünstigt.

Die Wirkungen der KTM werden nicht durch Wirkstoffe, sondern rein durch die Beschaffenheit des KTs und die damit auslösende Mechanik erzielt. Die Effekte des KTs¹⁸ sind hypothetisch formulierte Ziele, die medizinisch in vollem Umfang nur schwer nachzuweisen und nachzuvollziehen sind. Auch wenn bisher eindeutige medizinische Nachweise kaum zu erbringen sind, ist eine anhaltende Steigerung der Anwendungshäufigkeit und Patienten zu verzeichnen.

1.3 Farbenlehre

Die ursprünglich entwickelten KTs wurden ausschließlich in den Farben Cyan/Indigo, Magenta, Beige und Schwarz hergestellt. Zum einen hatte dies wohl pragmatische Gründe, da Indigo und Magenta die Basisfarben für einen Full-color-Druck sind und somit die

¹⁵ KASE 1999 [Patent, siehe Literaturverzeichnis].

¹⁶ HANCOCK O. J., S. 1.

¹⁷ Vgl. Anhang A, Abbildung A-1: Beispiel für die herkömmliche Anwendung von Kinesiotape.

¹⁸ Die therapeutischen Ziele und Wirkungen der KTM können grundsätzlich in fünf Hauptkategorien unterteilt werden: Tonusregulierung, Aktivierung des lymphatischen Systems, Aktivierung des endogenen analgetischen Systems und Unterstützung der Muskel- und Gelenkfunktionen. Vgl. KUMBRINK 2009, S. 6 – 9.

einfachste und günstigste Methode ein Material einzufärben darstellen.¹⁹ Zum anderen folgen die Farben der kinesiologicalen Farbenlehre, die jeder Farbe eine bestimmte Wirkung bzw. Art der Unterstützung im Heilungsprozess zuspricht: Rot gilt als stimulierend und wärmend, Blau als kühlend und beruhigend.²⁰ Beige und Schwarz werden gemäß Farbenlehre in ihrer Wirkung als neutral eingeordnet.²¹

Die heutige Farbpalette hat sich auf mittlerweile 16 erhältliche Tape-Farben erweitert.²² Eine tatsächliche medizinische Wirkung der Farben gemäß Farbenlehre konnte wissenschaftlich bislang nicht nachgewiesen werden. Neben dem Placebo-Effekt spielen heutzutage vermutlich auch persönliche Vorlieben, wie Mode oder (un)erwünschte Auffälligkeit der KT-Anlagen bei der Farbwahl eine entscheidende Rolle.

Da es sich bei der kinesiologicalen Farbenlehre um ein wissenschaftlich nicht bewiesenes Konzept handelt, besteht weithin die Meinung, die KTs unterschiedlicher Farbigkeit hätten identische Eigenschaften. Die bisher einzige Studie, die zum mechanischen Verhalten verschiedenfarbiger KTs veröffentlicht wurde²³, zeigt jedoch, dass zumindest minimale Unterschiede im mechanischen Verhalten der verschiedenfarbigen Tapes nachweisbar sind. Inwiefern dies eine medizinische Wirkung beeinflusst konnte noch nicht geklärt werden.

¹⁹ Bedeutung der Farben [Internetquelle, siehe Literaturverzeichnis].

²⁰ Vgl. GROTH 2008, S. 62.

²¹ KUMBRINK 2009, S. 11.

²² Bedeutung der Farben [Internetquelle, siehe Literaturverzeichnis].

²³ JÓDAR et al. 2008, o.S.

2 Kinesiologische Tapes – Haftklebeband

Grundsätzlich handelt es sich bei einem kinesiologischen Tape um ein Haftklebeband aus drei Schichten: dem elastischen Trägergewebe, der Haftklebstoffschicht und der Trennfolie, auf der das Tape angebracht ist. Ausschlaggebend für die nach DIN EN 12481 definierte Bezeichnung eines Klebebands ist die einseitig applizierte Schicht eines Haftklebstoffs. Allgemein besitzen Haftklebebänder folgende Eigenschaften:²⁴ Sie sind vorgefertigte Klebstoffsysteme, die aufgrund der Verbindung von Klebstoff und Trägermaterial relativ einfach und schnell zu applizieren sind. Die Anwendung der gebrauchsfertigen Klebebänder ermöglicht so ein schnelles, flexibles, präzises und vor allem sauberes Arbeiten.

Die industrielle Fertigung der Klebebänder hat den Vorteil, dass gleichmäßige und teils sehr dünne Klebstofffilme auf die Trägermaterialien aufgebracht werden können. Da die Dicke der Klebstoffschicht in direktem Zusammenhang zur Klebefestigkeit steht, wirkt sich auch hier eine gleichmäßige Schichtdicke positiv auf ein gleichbleibendes Ergebnis der Klebefestigkeit aus. Schwankungen der Schichtdicke werden relativ selten, da sie im industriellen Herstellungsprozess ständiger Kontrolle unterliegen.

Haftklebebänder geben keine Lösemittel ab, sodass keine zusätzlichen Schutzmaßnahmen für den Anwender getroffen werden müssen. Bei der originären Anwendung des KT in der Sportmedizin besteht somit auch keine Gefahr für den zu behandelnden Patienten.

Der viskoelastische Klebstoff auf der Unterseite erlaubt durch seine physikochemischen Eigenschaften einen Bewegungsspielraum der Substratoberfläche, behält jedoch auch aufgrund seiner Zähigkeit eine gewisse Festigkeit bei.

2.1 Qualitätsmerkmale

Trotz der grundsätzlichen Gemeinsamkeiten gibt es große Unterschiede in der Qualität der KT, die heute erhältlich sind. Bei den zahlreichen, auf dem Markt verfügbaren KT fällt auf, dass es wesentlich weniger Hersteller als Tapenamen gibt. Dies hat zur Folge, dass die wenigen Hersteller eine Vielzahl unterschiedlich benannter Tapes produzieren und dieses „markenlose Produkt in verschiedenen Verpackungen vermarkten“.²⁵ Da der Produktionsprozess ausgelagert und wenig transparent gehalten ist, kann das vertreibende Unternehmen nur noch wenig Einfluss auf die Qualität des Produkts nehmen. Aus diesem Grund sollten beim Kauf bzw. der Anwendung eines KT folgende Aspekte beachtet werden:

KT enthält keine medizinischen Wirkstoffe und trägt nur durch seine mechanische

²⁴ Vgl. KRÜGER 2012, S. 39f.

²⁵ KUMBRINK 2009, S. 4.

Beschaffenheit zum Behandlungserfolg bei. Tapes, die Pharmaka enthalten, sollten nicht verwendet werden.

Fehlt der Produktname auf der Trennfolie oder findet sich darauf eine vom Verkaufsnamen abweichende Benennung, stammt das KT vermutlich von Massenherstellern, bei denen eine Kontinuität in Zusammensetzung und Qualität der Bestandteile nicht nachzuvollziehen ist und deswegen eine gleichbleibende Qualität des Produktes nicht garantiert werden kann.

Die Fäden des Trägergewebes müssen rechtwinklig miteinander verwoben sein. Der in Längsrichtung verlaufende Faden liegt genau parallel ausgerichtet zu den seitlich abgrenzenden Außenrändern. Werden die Fäden im Produktionsprozess nicht in genauer Parallellage zugeschnitten, entsteht ein Tape mit an den Außenseiten schräg verlaufenden Fäden. Diese unregelmäßig durchtrennten Randfäden können die Spannung, die bei Ausführung einer Anlagetechnik ausgeübt wird, nicht korrekt ableiten. Die losen Fadenenden können den entstehenden Kräften beim Anlegen einer Dehnung bzw. Spannung nicht mehr Stand halten und lösen sich aus dem Gewebeverbund. So werden Spannung, mechanische Stabilität, Haftung und auch Tragedauer des KT's gemindert.

Die maximale Dehnung des KT's sollte zwischen 30 und 60% zusätzlich zur Ruhelänge betragen. Dabei ist zu beachten, dass das Tape bereits mit einer Vordehnung von 10–25% auf der Rückseitenfolie angebracht ist. Wird ein Tape von der Folie gelöst sinkt die Spannung auf 0% und schrumpft um die bereits vorgedehnte Länge. Dieser Zustand des Tapes wird als Ruhelänge bezeichnet. Der in der Fachliteratur häufig verwendete Begriff der Paper-off-Spannung ist in soweit irreführend, da er eigentlich den vorgedehnten Zustand des Tapes, also einen Spannungszustand von 10–25% beschreibt. Für die Angabe der vollständigen Spannung herrscht darüber hinaus keine einheitliche Bezeichnung. Man spricht entweder von 100% Spannung (der maximalen Dehnung des Tapes), 130–160% Spannung (Ruhelänge als Ausgangswert mit 100%), von 30–60 % Spannung (addiert zur Ruhelänge mit Ausgangswert von 0%) oder von 5–35% Spannung (addiert zur Paper-off-Spannung bzw. Vordehnung).²⁶ Alle Angaben in der vorliegenden Arbeit sollen soweit möglich einheitlich von der Ruhelänge mit 100% ausgehen. Folglich wird von einer maximalen Spannung von 130% bis 160% gesprochen. Je geringer der Prozentsatz der maximalen Dehnung dabei ist, desto näher liegen die Eigenschaften an denen eines unelastischen Tapes. Besitzt das Tape hingegen eine höhere Dehnbarkeit, verringern sich dementsprechend die Rückstellkräfte, die auf das Gewebe wirken. Die angegebenen Werte für das verwendete KT sollten die bereits genannten weder unter- noch überschreiten.

²⁶ Vgl. KOSS/MUNZ 2012, S. 145.

2.2 Auswahl eines kinesiologischen Tapes

Allgemein lässt sich sagen, dass sich für einen Einsatz in der Restaurierung vermutlich mehrere KT's namhafter und seriöser Hersteller anbieten. Entscheidend für die Anwendung eines KT's ist – unter Beachtung der genannten Qualitätsmerkmale – *ein* KT eines Herstellers auszuwählen. Sollte dieses Produkt überzeugen, sollte man als Anwender auch dabei bleiben. Um ein geeignetes KT für die nachfolgenden Untersuchungen auszuwählen, wurden unterschiedliche Aspekte, wie Produktqualität, Expertenmeinungen, Seriosität des Herstellers, Erhältlichkeit und Preis-Leistungs-Verhältnis bei der Entscheidungsfindung berücksichtigt. Es ist zu beachten, dass die detaillierten Ergebnisse der anschließenden Untersuchungen nicht ohne Weiteres auf Produkte anderer Hersteller übertragen werden können. Auch wenn sich Grundaufbau und Eigenschaften der unterschiedlichen KT-Sorten ähneln, könnte jedem Material eine andere chemische Zusammensetzung und damit auch andere Eigenschaften zu Grunde liegen. In erster Linie kann die Zusammensetzung des Haftklebstoffs im Hinblick auf Basispolymer, Reinheit, mögliche Additiva, Schichtdicke, Kohäsions- und Adhäsionseigenschaften von Hersteller zu Hersteller variieren.

Nach einer Selektion erhältlicher KT's hinsichtlich der genannten Kriterien wurden zwei KT-Marken in die engere Wahl aufgenommen: Das *CureTape*[®] und das *Elyth*[®] *S Tape Kinesiologie*. Die KT's entsprechen beide höchsten Qualitätsanforderungen.

Das entscheidende Kriterium im Hinblick auf eine Verwendung des KT's in der Restaurierung ist die Frage nach Rückständen des Haftklebstoffs auf einer Substratoberfläche. Das Tape wurde zunächst, wie für seine ursprüngliche Anwendung bestimmt, auf der Hautoberfläche getestet. Dazu wurden vier Teststreifen gleicher Länge²⁷ unter Beibehaltung der Vordehnung auf die Haut aufgeklebt. Das Tragegefühl beider Produkte auf der Haut war nahezu identisch. Nach Entfernen der Teststreifen von der Haut wurden jedoch bei dem *CureTape*[®] – vor allem an den Randbereichen des Tapes – Rückstände des Klebstoffs festgestellt. Dies bestätigte sich auch bei längerer Tragedauer des Tapes.

Aufgrund dieser leicht erhöhten Tendenz des *CureTapes*[®] Rückstände zu hinterlassen und nach Rücksprache mit Physiotherapeuten des Klinikums Großhadern in München wurde das *Elyth*[®] *S Tape Kinesiologie*²⁸ als Ausgangsmaterial für die weiteren Untersuchungen ausgewählt. Die gleichbleibend hohe Qualität des Produktes, die sorgfältige Verarbeitung und auch die gute Handhabung dieses KT's haben sich dauerhaft auf dem deutschen

²⁷ Je zwei Streifen des *Elyth*[®] *S Tapes* und des *CureTapes*[®] von je fünf Zentimetern Länge wurden im Selbstversuch in einer Reihe auf dem Unterarm befestigt. Je einer der Streifen von *Elyth*[®] *S Tape* und *CureTape*[®] wurden nach einer Stunde, die anderen nach einem Tag abgezogen.

²⁸ Vgl. Anhang A, Abbildung A-2: *Elyth*[®] *S Tape Kinesiologie*.

Markt²⁹ durchsetzen können. Für die Untersuchungen wurde eine farblich möglichst neutrale Ausführung des KT's in Beige ausgewählt.

²⁹ Elyth Produktinformation

Mehr als 98% der deutschen Physiotherapeuten behandelten deutsche Athleten während der olympischen Spiele in Peking 2008 und Vancouver 2010 mit dem *Elyth®S Tape Kinesiologie*. Die deutsche Fußballnationalmannschaft, sowie ein großer Teil der Vereine der 1. und 2. Bundesliga verwenden die Produkte von Elyth dauerhaft.

3 Die Bestandteile des kinesiologischen Tapes

3.1 Trägergewebe

3.1.1 Gewebe und Fäden

Es ist davon auszugehen, dass die elastischen Eigenschaften des KTs primär auf das eingesetzte Trägergewebe zurückzuführen sind. Dieses textile Flächengebilde besteht aus Fasern, die zu Fäden³⁰ gebündelt und in einer Leinenbindung miteinander verwoben sind (Abb. 1). Der Querfaden (vertikal), bei dem es sich um den Schussfaden handelt, liegt rechtwinklig, abwechselnd über und unter den Kett- bzw. Längsfäden (horizontal)³¹. Das textile Gewebe weist in Ruhelage auf einer Fläche von 1 cm² eine Webdichte von 14 Kettfäden und 24 Schussfäden auf. Dabei ist auffällig, dass die Längs- und Querfäden in unterschiedlicher Art in das Gewebe eingebracht sind.

Der Längsfaden wurde stark gedreht und gestaucht in das Gewebe eingearbeitet. Der gemessene Drehwinkel liegt bei 30°, sodass es sich um eine scharfe und starke Drehung handelt (Abb. 3). Der vertikal verlaufende Querfaden hingegen liegt mit einem Winkel von rund 59° flacher und unter voller Spannung über und unter den Kettfäden. Beide Fäden wurden in einer Z-Drehung eingearbeitet, was ein unebenes, textiles Flächengebilde von etwa 400 µm Dicke (Ruhelage) entstehen lässt. Mit der Überführung des Gewebes in einen gedehnten Zustand ändern sich sowohl Gewebedicke, Fadendichte/cm², als auch Drehungsstärke der Fäden. Die Dicke des Gewebes sinkt beim Einsetzen der maximalen Dehnung auf einen Wert von ca. 250 µm. Die Drehstärke des Längsfadens nimmt ebenfalls ab und nähert sich mit einem Drehwinkel von 52,6° dem des Querfadens an, der mit 59,3° nahezu unverändert bleibt (Abb. 2). Daraus kann abgeleitet werden, dass die Art der Einarbeitung der Fäden direkten Einfluss auf die unterschiedlichen Eigenschaften des Tapes in den Quer- und Längsrichtung hat.

³⁰ Unsystematische Bezeichnung für linienförmige textile Gebilde wie Garn und Zwirn (RÖMPP 1999, Stichwort Faden).

³¹ Bezeichnung übernommen gemäß Angaben bei KASE 1999.

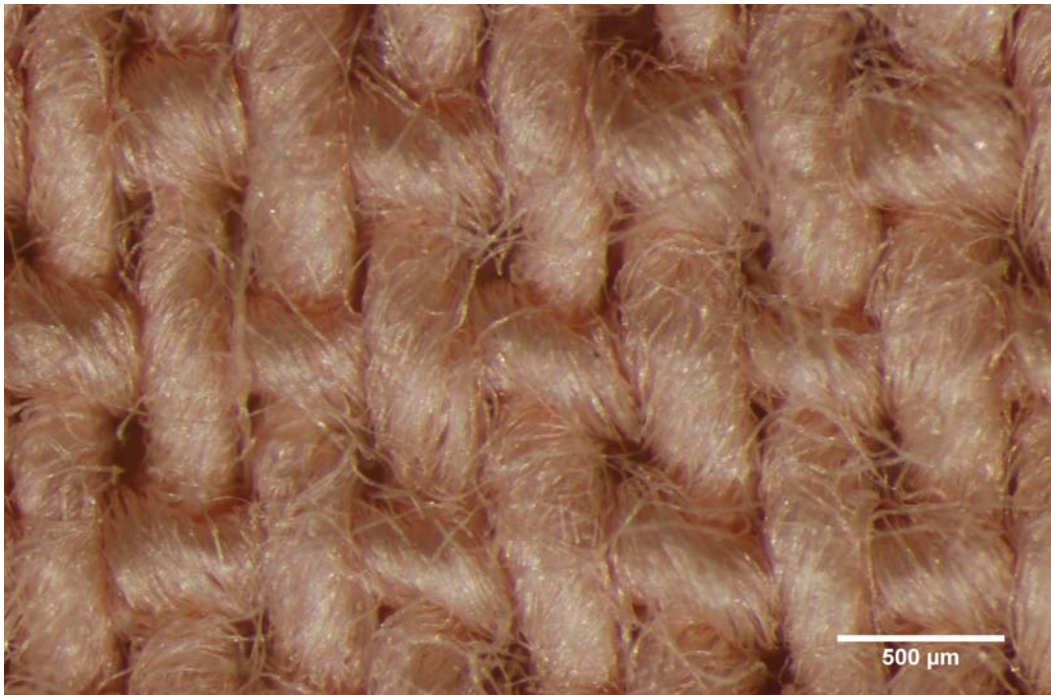


Abb. 1: Oberseite des textilen Trägergewebes (Ruhelage) zeigt die unterschiedliche Einarbeitung der Fäden [Kett- bzw. Längsfaden horizontal].

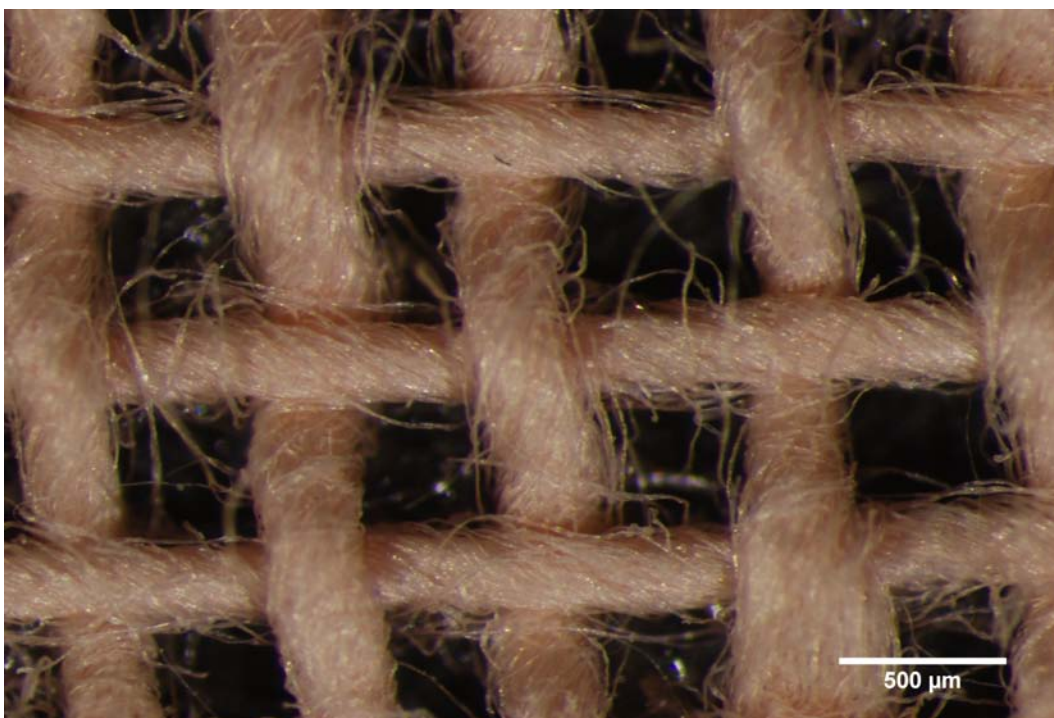


Abb. 2: Erkennbare Veränderung des Trägergewebes bei maximaler Dehnung [Kett- bzw. Längsfaden horizontal].

Der Längsfaden wird, wie an der Differenz der Drehwinkel ohne und unter maximaler Dehnung zu erkennen ist, stark gestaucht in das Gewebe eingearbeitet. Diese Stauchung begünstigt die elastischen Eigenschaften in Längsrichtung. Hingegen kommt es in

Querrichtung, in der der Schussfaden bereits in der Ruhelage unter voller Spannung eingebracht ist, zu keiner maßgeblichen Änderung des Drehwinkels (Abb.3). Das Gewebe bleibt in Querrichtung steif. Daraus ergibt sich, dass der Schussfaden bezüglich Drehwinkel, Dicke und Länge unverändert im Gewebe verbleibt.

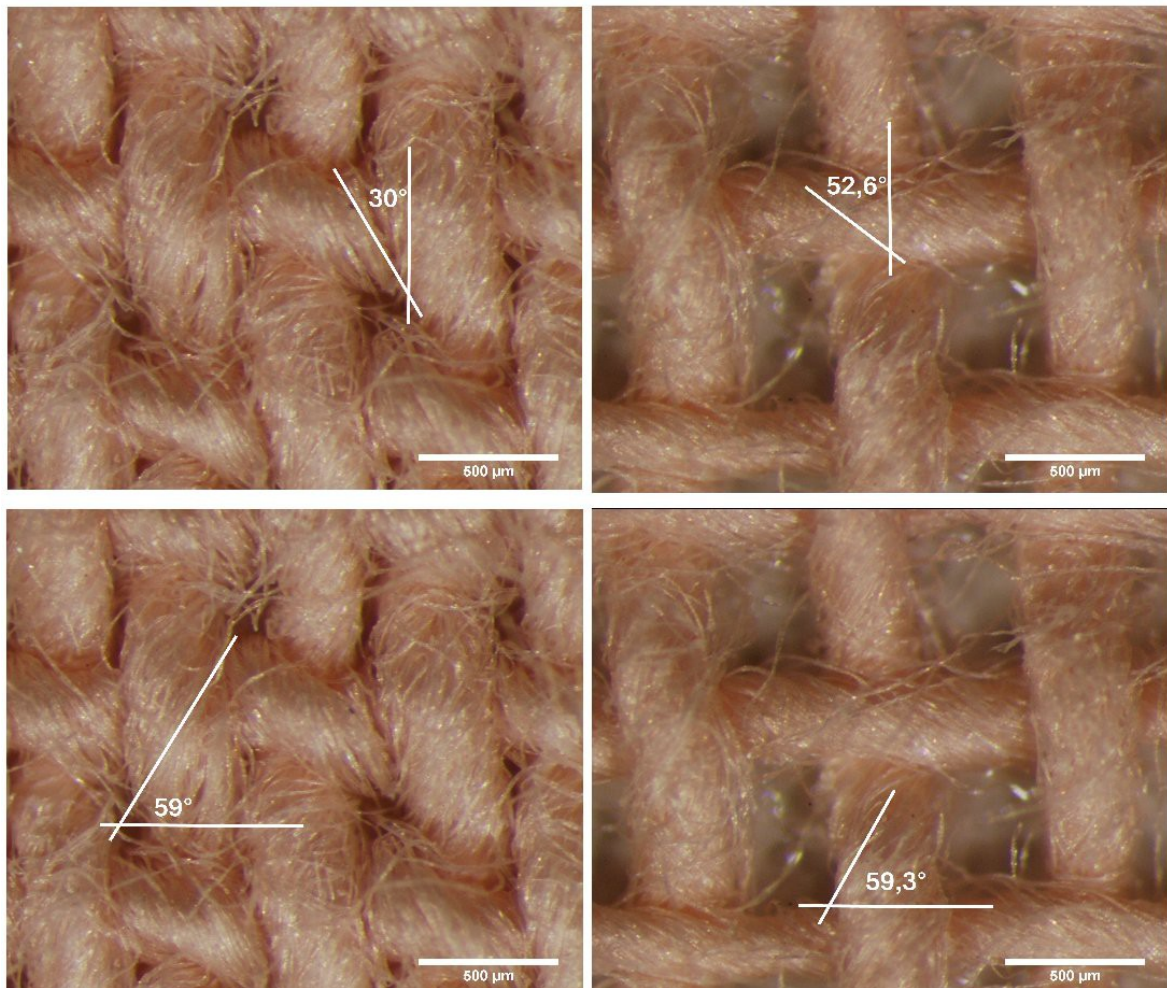


Abb. 3: Veränderungen im Drehwinkel des Längsfadens (oben) und des Querfadens (unten) bei maximaler Dehnung

Die Stauchung des Längsfadens bewirkt, dass sich der Kettfaden während des Spannvorgangs, d. h. unter Zug, aufdreht und verlängert. In Abb. 1 befindet sich das Gewebe in Ruhelage, also ohne Dehnung.³² Horizontal verlaufende Längs- und vertikal verlaufende Querfäden liegen in dieser Ruhelage dicht beieinander. Der flache Querfaden wird vom elastischen Längsfaden in gestauchter Form umschlungen. Wird das Tape maximal gedehnt³³ vergrößern sich die Abstände zwischen Längs- und Querfäden und es werden deutliche Hohlräume sichtbar (Abb. 2). Gleichzeitig dreht sich der Längsfaden auf und nimmt in seiner Längenausdehnung zu. In Querrichtung ist keine Dehnung zu

³² Nachfolgend abgekürzt: ohne Dehnung = o. D.

³³ Nachfolgend abgekürzt: maximale Dehnung = m. D.

verzeichnen. Das bedeutet, dass es beim Dehnvorgang mit Zunahme der Fadenslänge des Längsfadens zwangsläufig auch zu einer gleichzeitigen Abnahme der Fadendicke kommt. Die sichtbar werdenden Hohlräume entstehen also durch Dimensionsänderungen des Längsfadens in beiden Richtungen. Messungen wie in Abb. 4 und Abb. 5³⁴ zeigen durchschnittliche Werte der Fadendicken.

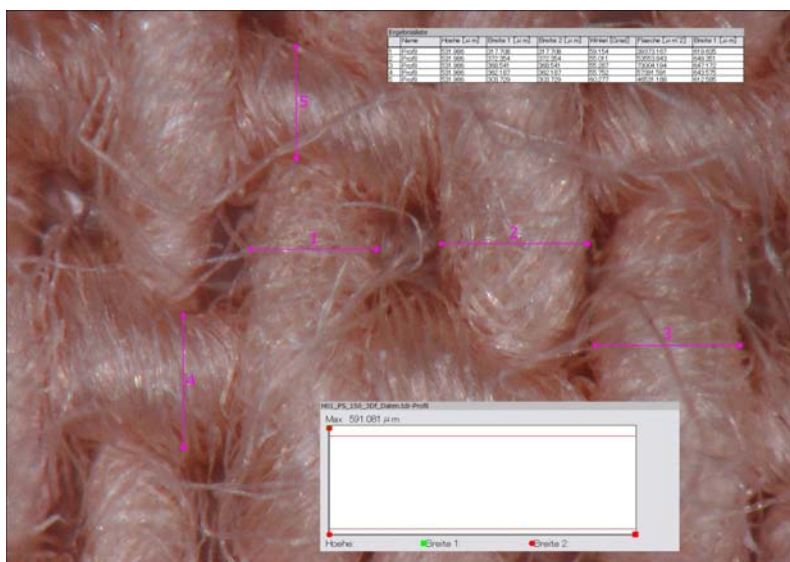


Abb. 4: Messung der Dicke der Längsfäden und Quersfäden des Gewebes ohne Dehnung.

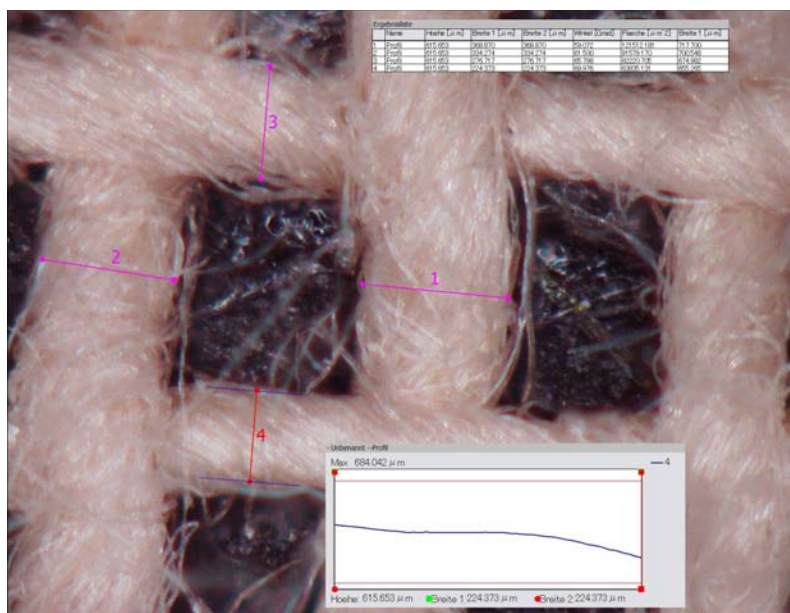


Abb. 5: Messung der Dicke der Längsfäden und Quersfäden bei maximaler Dehnung.

Aufgrund statistischer Messunsicherheiten werden für alle Messwerte arithmetische

³⁴ Die dazugehörigen, separat vergrößerten Tabellenausschnitte sind dem Anhang B. Tabelle B-1 und Tabelle B-2 beigefügt.

Mittelwerte gebildet und mit \bar{x} (1) bezeichnet. Durch die zusätzliche Berechnung der Schwankung Δx (2) kann eine vereinfachte Abschätzung dieser Unsicherheit angegeben werden.

$$(1) \quad \bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

$$(2) \quad \Delta x = \frac{x_{max} - x_{min}}{2}$$

Tabelle 1: Gesamtansicht aller Messwerte

Bezeichnung	Mittelwert \bar{x} ⁽¹⁾ $\pm \Delta x$ ⁽²⁾	Veränderung
Dicke _{Quer} (o. D.)	352,87 \pm 27,32 μm	=
Dicke _{Quer} (m. D.)	351,57 \pm 17,29 μm	
Dicke _{Längs} (o. D.)	332,96 \pm 29,23 μm	- 25 %
Dicke _{Längs} (m. D.)	250,55 \pm 26,17 μm	
Abstand in Längsrichtung (o. D.)	125,81 \pm 51,47 μm	+ 59 %
Abstand in Längsrichtung (m. D.)	311,68 \pm 93,41 μm	
Drehwinkel _{Quer} (o. D.)	59°	=
Drehwinkel _{Quer} (m. D.)	59,3°	
Drehwinkel _{Längs} (o. D.)	30°	+ 26,2°
Drehwinkel _{Längs} (m. D.)	56,2°	

Die errechnete durchschnittliche Fadendicke der Querfäden liegt ohne Dehnung (o. D.) bei ca. 352 μm und bleibt nach maximaler Dehnung mit 351 μm nahezu identisch. Der Ausgangswert für die Dicke des Längsfadens ist mit 332,9 μm (o. D.) in etwa vergleichbar mit dem Wert des Querfadens. Nach dem Einstellen der maximalen Dehnung (m. D.), sinkt der Wert auf ca. 250 μm Dicke, was eine prozentuale Abnahme der Dicke des Längsfadens um 25 % bedeutet.

Während dieser Messungen wurde sichtbar, dass sich bei einem Dehnvorgang nicht nur die Länge und Dicke der Fäden ändert, sondern sich auch große Hohlräume im Gewebe bilden. Da es beim Querfaden zu keiner Dickenänderung kommt, werden die Hohlräume durch den Längsfaden hervorgerufen. Die Abstandszunahme entsteht durch Dickenabnahme und gleichzeitiger Längszunahme des Längsfadens. Betrachtet man hierzu den

Dehnungsprozess von der Rückseite (Abb. 6 und 7)³⁵, ist eine Beeinträchtigung der Längsausdehnung des Gewebes zu detektieren. Durch die applizierten Klebstoffbahnen wird der Faden in seiner Bewegung eingeschränkt und es kommt zu einer verminderten Dehnung des Fadens und somit auch zur Bildung unregelmäßiger Hohlräume zwischen den Fäden, die durch Klebstoff miteinander verbunden sind.

In freiliegenden Bereichen erhöht sich der Abstand in Längsrichtung von 72 µm (o. D.) bis auf einen Wert von 407 µm im gespannten bzw. gedehnten Zustand. Da sich das Gewebe wie bereits festgestellt wegen der applizierten Klebstoffbahnen jedoch unregelmäßig ausdehnt, wurden für die Berechnung der Gesamtdehnung die Durchschnittswerte des Abstandes herangezogen. Diese liegen für einen Zustand o. D. bei 125,81 µm und für die Abstände m. D. bei 311,68 µm, was eine Zunahme der Abstände um 59 % ergibt. Die Gesamtdehnung vom Zustand der Ruhelage (Ruhelänge= 100%) aus auf einen Zustand maximaler Dehnung beträgt somit maximal 160 %.

³⁵ Die dazugehörigen, separat vergrößerten Tabellenausschnitte sind dem Anhang B, Tabelle B-3 und Tabelle B-4 beigelegt.

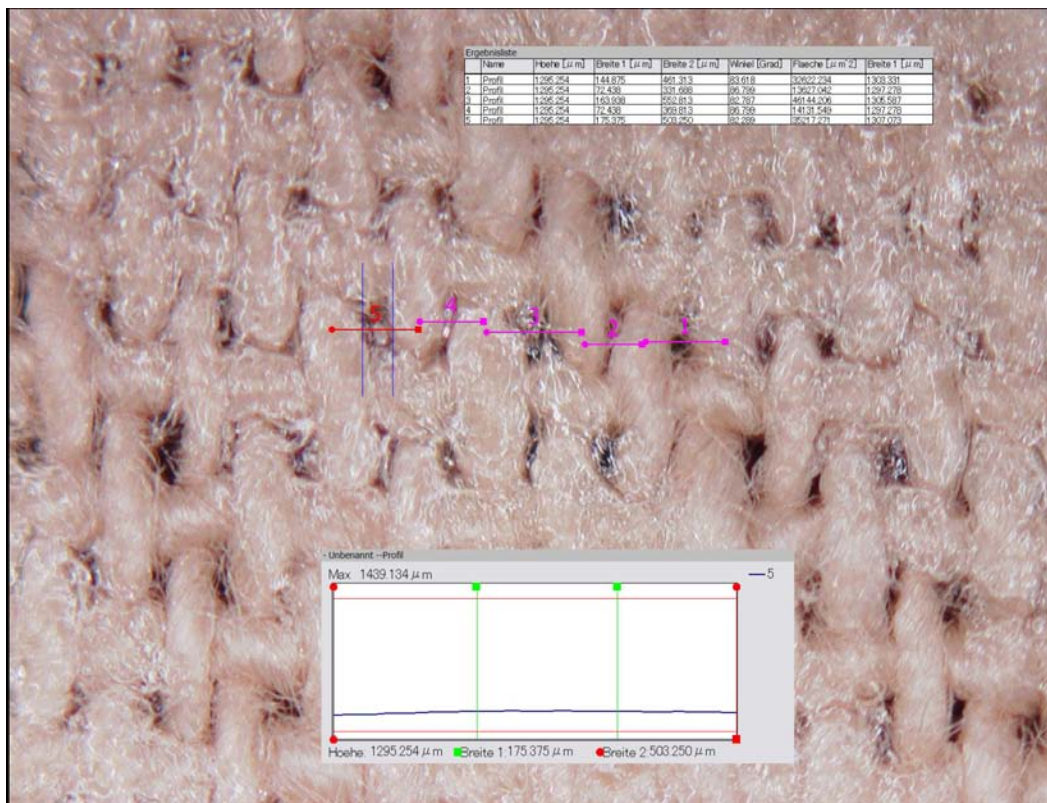


Abb. 6: Abstandsmessung in Längsrichtung (ohne Dehnung).

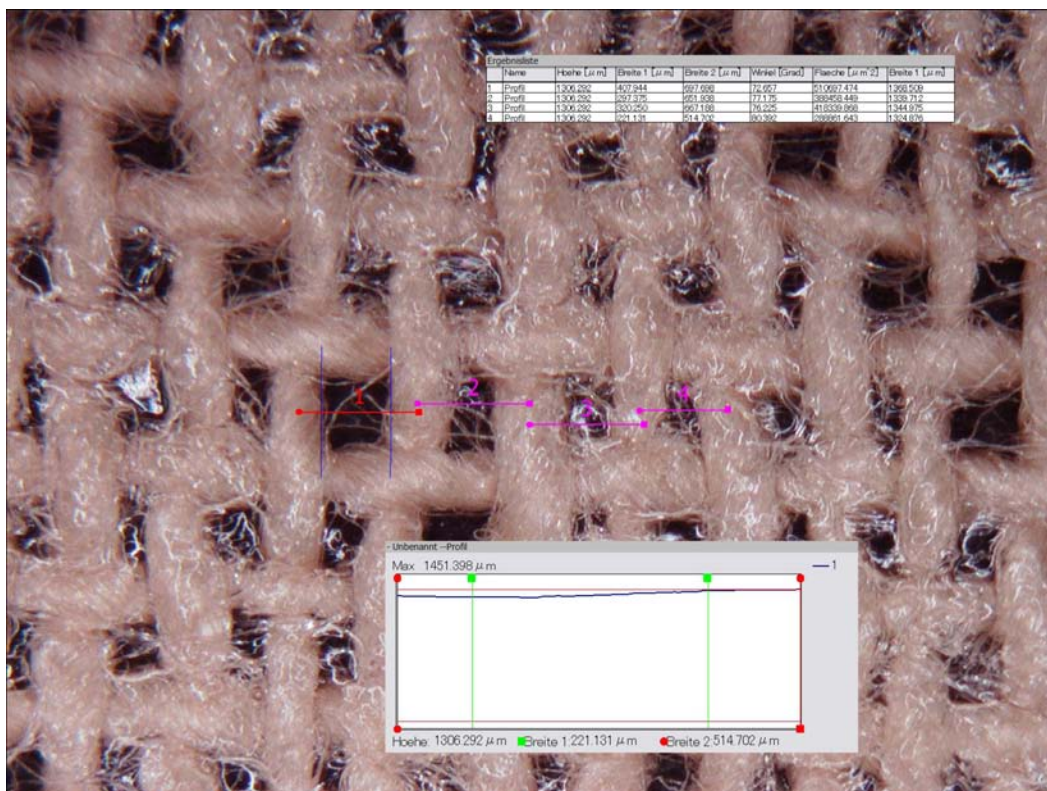


Abb. 7: Abstandsmessung in Längsrichtung (bei maximaler Dehnung).

3.1.2 Faserbestimmung

Entgegen der allgemeinen Annahme, dass das Trägergewebe lediglich aus Baumwolle bestehe, lässt sich bereits in KASES frühestem Patent von 1999 ein Faserverbund aus natürlichen und synthetischen Fasern³⁶ als Basis des Trägergewebes feststellen (Fig. 1). Dabei wird der in Längsrichtung verlaufende Faden mit einer zusätzlichen synthetischen Faser ausgestattet. Synthetische Faser und natürliche Faserbündel werden miteinander zu einem Zwirn verdreht und bilden den elastischen Längsfaden mit innenliegender synthetischer Faser und außenliegendem natürlichem Faserbündel.

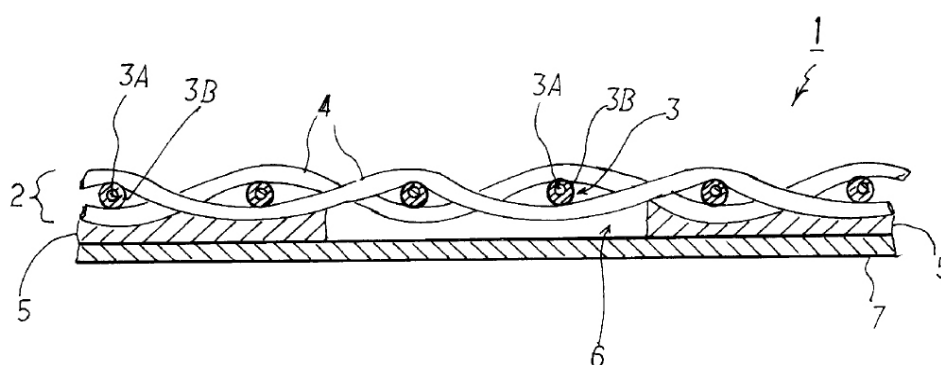


Fig. 1: Querschnitt durch das Kinesiotape.

1 Haftklebeband; 2 Trägergewebe; 3 Kettfaden; 3A Elastischer Faden; 3B Standard Faser (natürlich); 4 Schussfaden; 5 Haftklebstoffschicht; 6 Lücke; 7 Trennfolie

3.1.2.1 Natürliche Faser – Baumwolle

Der Querschnitt besteht aus nur einer Faserart. Der Längsfaden hingegen kann als Faserverbund aus zwei unterschiedlichen Faserarten angesehen werden. Zunächst wurden sowohl vom Längs-, als auch vom Querschnitt Dünnschnitte nach JOLIFF³⁷ angefertigt und anschließend unter einem Rasterelektronenmikroskop (REM) betrachtet. In Abb. 8 wird das für die Baumwollfaser typisch kollabierte Lumen³⁸ sichtbar. Die Fasern sind flach zusammengedrückt und weisen eine elliptische bis nierenförmige Gestalt auf. In der Längsansicht (Abb. 9) zeigt sich die typische helikal verdrehte Struktur der Baumwollfaser, die auf die spiralförmige Fibrillenorientierung der relativ dicken Sekundärwand zurückzuführen ist. Die relativ regelmäßige Drehung der Faser entlang ihrer Längsachse wechselt z. T. auch innerhalb einer Faser. Genau kann der Querschnitt als Stapelfasergarn aus Baumwolle bezeichnet werden.

³⁶ KASE 1999, S. 3.

³⁷ WÜLFERT 1999, S. 268f.

³⁸ WÜLFERT 1999, S. 274.

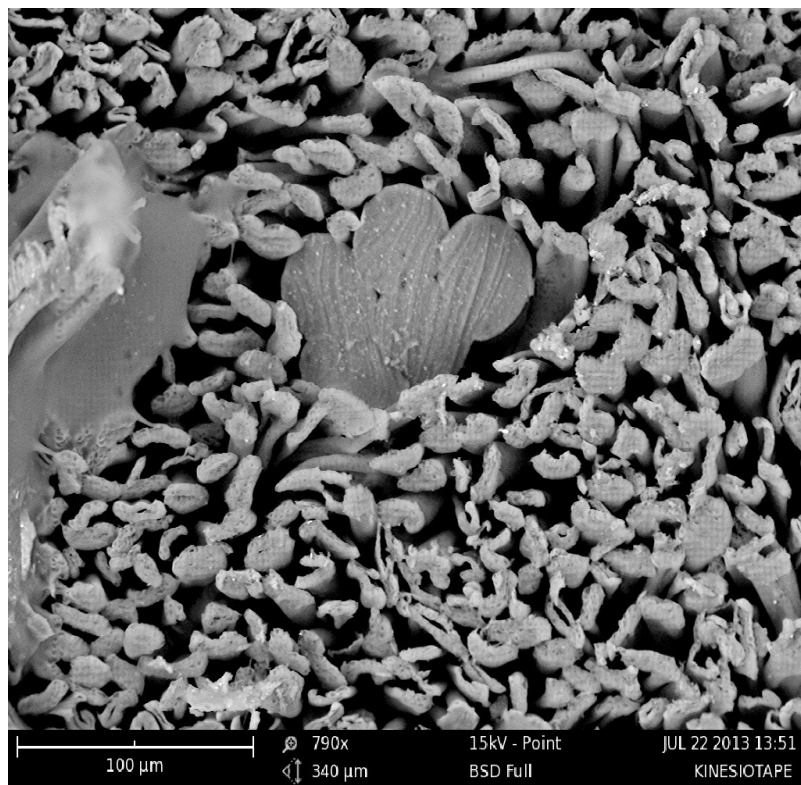


Abb. 8: Die REM-Aufnahme zeigt einen Querschnitt des Längsfadens mit synthetischer Faser im Kern und umliegenden Baumwollfasern.

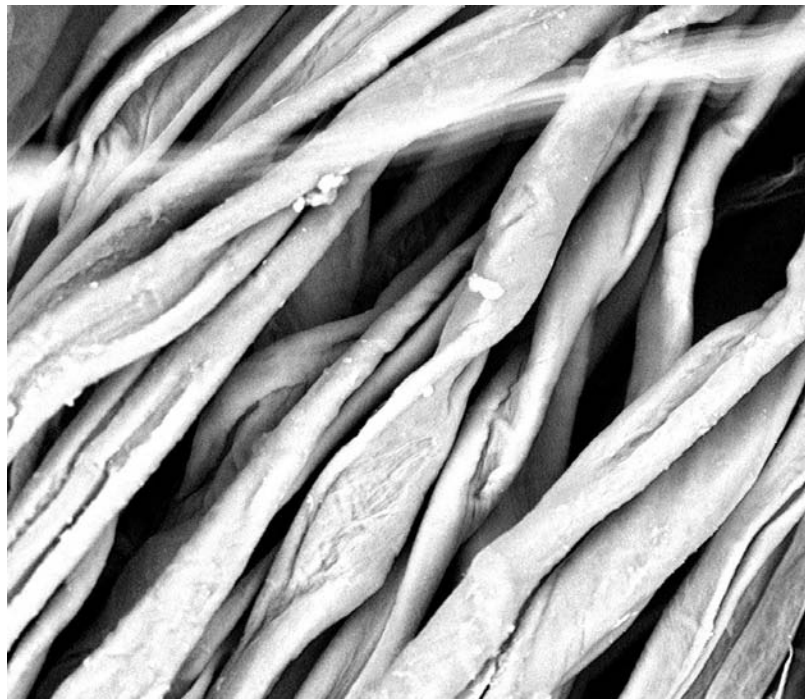


Abb. 9: REM-Aufnahme: Baumwollfaser als Bestandteil des Faserverbunds des Längsfadens.

3.1.2.2 Synthetische Faser

Abbildung 10 zeigt die synthetische Faser in einem schrägen Aufnahmewinkel. Die

synthetische Faser besteht aus einem verdrehten Strang fünf einzelner Filamente.³⁹ Die Oberfläche des Filamentgarns ist glatt und gleichmäßig. Die fünf Filamente formen zwickelartige Hohlräume, was auf einen separaten Produktionsprozess schließen lässt. Das Garn weist mit einem Drehwinkel von $75,7^\circ$ nur eine leichte Drehstärke um seine Längsachse auf.

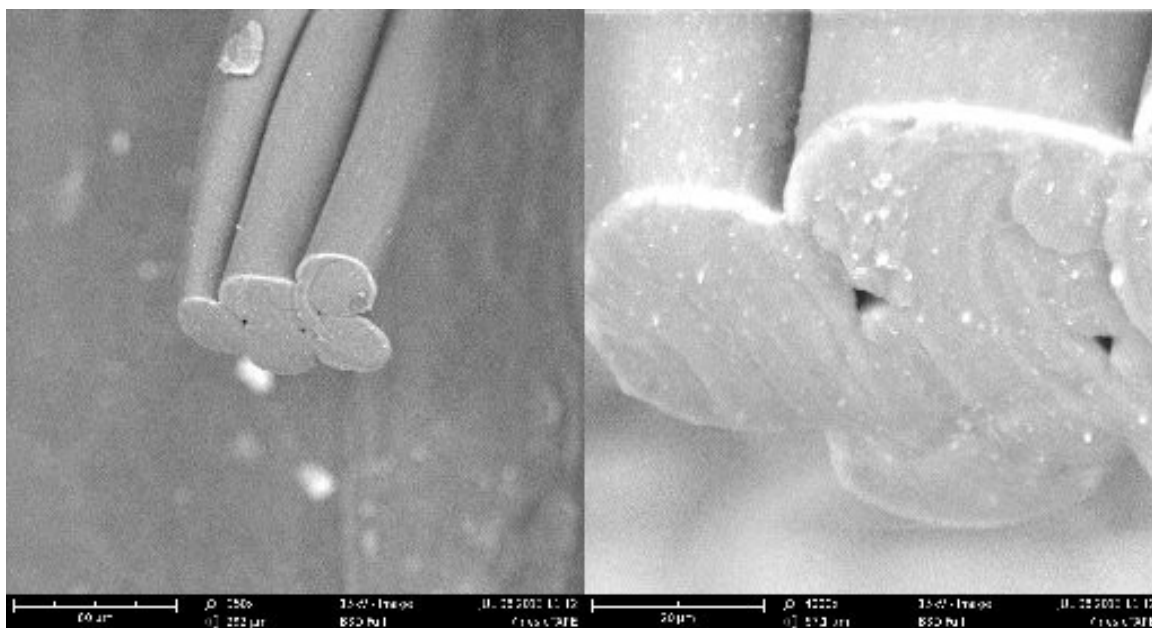


Abb. 10: REM- Aufnahme: Synthetisches Filamentgarn mit sichtbaren Zwickeln.

3.1.2.2.1 Infrarotspektroskopische Bestimmung der synthetischen Faser

Zur Identifizierung des synthetischen Polymers des Filamentgarns wurden FTIR-Spektren mittels IR-Mikroskop gemessen.⁴⁰ Als Hauptbestandteil der synthetischen Faser wurde Polyurethan (PUR) identifiziert.⁴¹ Eine in der Textilindustrie häufig verwendete, auf Polyurethan basierende synthetische Faser ist Elastan.

Elastan besteht aus folgenden funktionellen Gruppen: Polyurethangruppe ($-\text{NH}-\text{CO}-\text{O}-$), Polyethergruppe ($\text{R}-\text{O}-$) und Phenylen-Gruppe ($\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_2-$). Jede dieser funktionellen Molekülgruppen mit ihren spezifischen Schwingungen ist auch im Spektrum der synthetischen Faser zu verzeichnen. Vergleicht man Eigenschaften der Elastanfasern mit denen der Faser des KT, so lassen sich zahlreiche Übereinstimmungen erkennen. Folglich könnte es sich bei der synthetischen Faser des KT um Elastan handeln.

Elastan ist ein Block-Co-Polymer aus Polyurethan ($-\text{NH}-\text{CO}-\text{O}-$) und Polyethylenglykol ($-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O}-$) Einheiten. Elastan, besser bekannt unter Handelsnamen wie Lycra®, Dorlastan® oder Spandex (USA) ist ein Elastomer, das mindestens 85% Polyurethan

³⁹ Als Filament wird eine praktisch endlose Faser bezeichnet. Nach DIN 60001-2: 1990-10.

⁴⁰ Die Messung nachfolgender Spektren wurde von Dipl.-Chem. Dipl.-Ing. Christophe Nies durchgeführt.

⁴¹ Das IR-Spektrum und die dazugehörige tabellarische Auswertung sind dem Anhang C-1 beigelegt.

enthält. Dabei bilden die Polyurethan-Einheiten steife, unbewegliche Abschnitte,⁴² die sich längs der Faserrichtung zueinander anordnen (Fig. 2). Die gummiartigen Polyalkohol-Einheiten bilden die zusammengeknäulten, ungeordneten Bereiche. Wird die Faser in Längsrichtung beansprucht entwirren sich diese knäuelartigen Abschnitte, ordnen sich neu und es kommt zur Dehnung und Verlängerung der Faser. Wird der Krafteinfluss wieder aufgehoben, gehen die Polyalkohol-Einheiten wieder in ihren ungeordneten Ausgangszustand zurück. Daraus ergibt sich die für Elastan wichtigste Eigenschaft der stark ausgeprägten Dehnbarkeit von 420–800%.⁴³ Das ist die höchste Dehnungselastizität aller textilen Werkstoffe.⁴⁴ In der Textilindustrie finden Elastan-Fasern deshalb Verwendung bei Textilien, die passgenau, formbeständig, dehnbar und atmungsaktiv sein müssen, wie z. B Sport-Funktionsbekleidung.

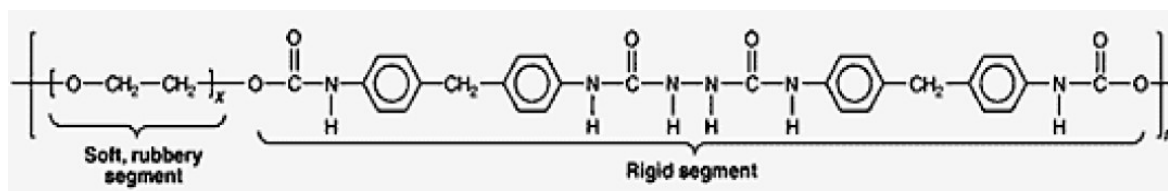


Fig. 2: Chemische Struktur einer Elastan-Faser.

3.1.3 Faserverbund aus synthetischen und natürlichen Fasern

Häufig werden, wie auch im Fall des KT, PUR-Fasern mit natürlichen Fasern wie Baumwolle in einem Garn kombiniert. Dabei wird die PUR-Faser im Kern des Garns gelagert und mit Baumwollfasern umgeben. Diese Garne werden auch als Core-Spun-Garne⁴⁵ bezeichnet. Im Fall des KT sind synthetisches Filamentgarn und natürliches Stapelfasergarn im Längsfaden in gleicher Drehrichtung miteinander verdreht.

Die synthetische Faser, die zwar elastisch, jedoch auch nur begrenzt reißfest ist, wird durch die sie umgebenden, robusten und reißfesten Baumwollfasern stabilisiert. Dadurch entsteht ein elastischer und zugleich stabiler Zwirn.⁴⁶ Da Baumwolle jedoch nur bedingt elastisch ist, werden die natürlichen Fasern mit einer verstärkten Drehung um das synthetische Garn gewickelt. So kann das natürliche Faserbündel durch die stark verdrehte Lage und seine dementsprechende Überlänge ebenfalls gedehnt werden, ohne die Dehnung des elastischen Garns zu beeinträchtigen. Die maximale Dehnfähigkeit des Längsfadens wird durch die maximale Dehnfähigkeit des Baumwollfadens limitiert.

⁴² SINGHA 2012, S.11.

⁴³ UHLIG 2001, S. 71.

⁴⁴ Industrievereinigung Chemiefaser e. V.: Elastan-Fasern [Internetquelle, siehe Literaturverzeichnis].

⁴⁵ Polyurethan-Fasern [Internetquelle, siehe Literaturverzeichnis].

⁴⁶ Linienförmiges Gebilde, das aus mehreren zusammengedrehten Garnen besteht. Nach DIN 60000: 1669-01.

3.2 Haftklebstoff

3.2.1 Funktionsweise der Haftklebstoffe

Eine Eigenschaft, die alle Haftklebstoffe besitzen, besteht darin, dass sie sofort nach dem Kontakt mit einem Substrat an diesem haften bleiben. Diese unmittelbar einsetzende Haftwirkung wird auch als „Tack“ bezeichnet⁴⁷ und kann durch anschließenden Anpressdruck eine deutliche Steigerung erfahren. Hierbei wird dann von einer dauerhaften Klebkraft gesprochen. Grundsätzlich können Haftklebebänder in Bezug auf einen Übergang zwischen Anfangsklebkraft und dauerhafter Klebkraft als „aggressiv“ oder „weniger aggressiv“ klassifiziert werden. Entscheidend bei dieser Einteilung ist der Anpressdruck, der angewendet werden muss, um eine gute Haftung zwischen Klebstoff und Substrat herzustellen. Bei aggressiven Klebstoffen kommt es bereits durch einen nur geringen Anpressdruck auf zahlreichen Substraten zu einer sofortigen Haftung. Hingegen ist bei weniger aggressiven Klebstoffschichten ein höherer Anpressdruck erforderlich, um eine gute Haftung zu erreichen.⁴⁸ Gemäß dieser Kategorisierung, kann das KT wohl zu den aggressiven Haftklebstoffen gezählt werden. Bereits beim Abtrennen der Rückseitenfolie vom Klebeband, ist ein starker Tack zwischen Klebstoff und Fingerkuppen zu verzeichnen. Durch die elastischen Eigenschaften des Trägergewebes, der Anbringung des Tapes mit einer Vordehnung auf der Trennfolie sowie der hohen Anfangsklebkraft des Klebstoffs, kann es beim unachtsamen Ablösen dazu kommen, dass das elastische Trägergewebe von seinem vorgedehnten in einen nicht gedehnten Zustand zurückschnellt und die mit Klebstoff beschichtete Unterseite wellenförmig an sich selbst haften bleibt.

Die eigentliche Haftungswirkung von Klebebändern, die mit Haftklebstoffen beschichtet sind, wird durch ihre viskoelastischen Eigenschaften bestimmt und nicht wie bei reaktiven Klebstoffen, durch die Aushärtung. Gemäß Definition handelt es sich bei Haftklebstoffen um „viskoelastische Materialien, die als Film im 'trockenen' (festen) Zustand klebrig bleiben und dadurch mehrmals als Klebstoff genutzt werden können.“⁴⁹ Von einer Spezifizierung als „trocken“ kann dabei nur im Vergleich mit anderen Klebstoffen gesprochen werden, die meist in zähflüssiger oder pastoser Form verarbeitet werden. Bei Schichten aus Haftklebstoffen handelt es sich im physikalischen Sinn um „hochviskose, plastisch und elastisch verformbare Flüssigkeiten“⁵⁰, die trotz fehlender Aushärtung eine Klebewirkung aufbauen können. Da es sich um hochviskose Flüssigkeiten handelt, geht

⁴⁷ Vgl. KRÜGER 2012, S. 29.

⁴⁸ Vgl. KRÜGER 2012, S. 30.

⁴⁹ DRESSEL 2010, S. 38 – 39 [Hervorhebung durch den Autor].

⁵⁰ KRÜGER 2012, S. 30.

man beim Wirkprinzip von Haftklebstoffen davon aus, dass es unter Druck und insbesondere beim Auftreten von Scherkräften zu einer stetigen Umlagerung bzw. Verschiebung (dem sogenannten „Fließen“) der Basispolymere in der Klebstoffschicht und somit zum Auftreten von Adhäsionskräften kommt. So lässt sich auch erklären, warum ein Anpressdruck nach Entstehung der Anfangsklebkraft entscheidend für eine verbesserte und dauerhafte Haftung ist. Durch den Anpressdruck werden Haftklebstoff und Substrat so nahe wie möglich zusammengeführt, sodass eine möglichst großflächige Grenzschicht zwischen den beiden Stoffen entsteht. Dies bedeutet, dass es, bedingt durch das Fließen der Basispolymere, durch Erhöhung des Anpressdrucks zu einer besseren Verteilung der Basispolymere entlang der entstandenen Grenzschicht und damit zu einer höheren Adhäsion kommt. Entscheidend sind hierbei die Benetzung und die Oberflächenbeschaffenheit des Substrats, die eine verstärkte, mechanische Verankerung herstellen können. Je rauer dabei die Substratoberfläche ist, desto größer ist die Fläche der entstehenden Grenzschicht, desto größer sind auch die Adhäsionskräfte sowie die Haftung. Hat sich erst einmal die Verbindung zwischen Substrat und Klebstoff eingestellt, setzt ein für Haftklebstoffe charakteristischer Prozess ein, der als „Reifezeit“ bezeichnet wird. Damit wird die Zeit beschrieben, die der Klebstoff benötigt, um seine Endfestigkeit zu erreichen. In dieser Hinsicht spricht man auch vom Aufbau der Klebkraft bei Haftklebstoffen. „Im Wesentlichen handelt es sich um eine Sättigung der Wechselwirkung funktioneller Gruppen, die aus dem Klebstoff an die Grenzschicht Substrat-Klebstoff diffundieren und so in Abhängigkeit von der Zeit die Adhäsion erhöhen.“⁵¹

Diese Prozesse laufen wie beschrieben auch beim KT ab. In einigen Beiträgen aus der Fachliteratur wird empfohlen, das Tape etwa eine Stunde⁵² vor einer „Belastung“ anzubringen, sei es vor dem Sport oder vor einer Benetzung mit Wasser. Je nach Hersteller und Umgebungsbedingungen ist also davon auszugehen, dass die Reifezeit des Klebstoffs bei hoher Anfangsklebkraft etwa eine Stunde beträgt. Der Anpressdruck, der benötigt wird, um eine gute Haftungswirkung zu erzielen, kann durch einen leichten Druck der Handfläche erfolgen. Dabei begünstigt die Handwärme die Entstehung starker Adhäsionskräfte.

⁵¹ Vgl. KRÜGER 2012, S. 37.

⁵² KUMBRINK 2009, S. 10.

3.2.2 Polyacrylat – Haftklebstoff des Kinesiotapes

Was den Haftklebstoff des KT betrifft, so sind in der Fachliteratur Angaben wie: „Acrylbeschichtung“⁵³, „Acrylkleber“⁵⁴, „hypoallergener Acrylklebstoff“⁵⁵ oder „100 % acrylic“⁵⁶ häufig zu finden. Hervorgehoben wird in nahezu allen Artikeln, dass es sich dabei nicht nur um einen auf Polyacrylat basierenden Haftklebstoff, sondern auch um einen „latexfreien“⁵⁷ Klebstoff handelt. Die Verpackungsangabe des Herstellers des KTs (*Elyth[®]S Tape Kinesiologie*) nennt einen „wellenförmiger Klebeauftrag mit hautfreundlichem Acrylat-Kleber“⁵⁸.

Zur Untersuchung der Klebstoffzusammensetzung wurden, wie bereits bei der Analyse der synthetischen Faser, Messungen mittels IR-Spektroskopie durchgeführt. Da es sich bei dem Klebstoff um ein Polymer handelt ($n > 1000$), beeinflussen sich die Schwingungen der einzelnen Moleküle gegenseitig, was zu einer Verbreiterung bzw. Überlagerung der Absorptionsbanden führte. Die funktionellen Gruppen des Polyacrylats konnten trotzdem eindeutig identifiziert werden.⁵⁹

Die Analyse des IR-Spektrums des Haftklebstoffs ergab, dass der Klebstoff einer Polyacrylat-Verbindung zuzuordnen ist.⁶⁰ Weitere Aussagen über die genaue Klebstoffzusammensetzung konnten mittels IR-Spektroskopie nicht getroffen werden. Die verschiedenen im Klebstoff enthaltenen funktionellen Gruppen der Moleküle beeinflussen die Wechselwirkungen der eintreffenden Strahlung zu stark.

Der Haftklebstoff des KTs ist in Form alternierender Sinuskurven auf der Unterseite des textilen Trägergewebes aufgetragen. Zwischen den Klebstoffbahnen liegen klebstofffreie Zonen gleicher Breite, was die Luft- und Wasserdurchlässigkeit verbessert. Der wellenartige Auftrag hat den Vorteil, die Fläche der klebstofffreien Bereiche zu vergrößern, da die Länge der Bahnen durch die wellenartige Struktur größer ist als die Länge des KTs selbst. Unter stereomikroskopischer Betrachtung (Abb. 6) wird eine homogene, trans-parente, wasserklare Schicht erkennbar. Diese Klebstoffschicht schmiegt sich oberflächlich an die Fasern des Trägergewebes und ist an den Übergängen zu den klebstofffreien Zonen scharf abgegrenzt. Sie wurde vermutlich mittels Walzen mit

⁵³ KUMBRINK 2009, S. 5.

⁵⁴ BREITENBACH 2004, S. 16

⁵⁵ KOSS/MUNZ 2012, S. 139.

⁵⁶ KASE et al. 2003, S. 12.

⁵⁷ KASE et al. 2003, S. 12.

⁵⁸ Vgl. Verpackungshinweise von *Elyth[®]S Tape Kinesiologie der S-Serie*. Stand 2013.

⁵⁹ Das IR-Spektrum und die dazugehörige tabellarische Auswertung sind dem Anhang C-2 beigefügt.

⁶⁰ Die ermittelten Spektren wurden unter Zuhilfenahme eines Bandenkatalogs ausgewertet. Vgl. SOCRATES 2001.

vorgestanztem Muster⁶¹ auf das Gewebe aufgetragen. Die Klebstoffschicht liegt in einer regelmäßigen Schichtdicke von ca. 40 µm vor und füllt die Hohlräume des Gewebes nicht vollkommen aus.

Bei einer Dehnung des Trägergewebes kann die wellenartige Klebstoffschicht flexibel auf das Trägermaterial reagieren und die Frequenz der Sinuskurven steigt. Wie in Fig. 3 zu erkennen, folgen dabei die Längszugkräfte den Acrylbögen in Dehnungsrichtung. Die unelastischen Eigenschaften in Querrichtung lassen Rückstellkräfte senkrecht zu diesen Längszugkräften entstehen, die selbigen entgegenwirken. Dieses Zusammenspiel bewirkt eine Zerlegung der Kraft F_{Res} in eine Längs- (F_H) und eine Querkomponente (F_V).⁶² Den Längszugkräften wirken dabei nicht nur die Rückstellkräfte in Querrichtung, sondern auch die Kräfte der elastischen Faser des Längsfadens entgegen. Das bedeutet, dass das Bestreben des Tapes, seinen gedehnten Zustand zu verlassen, größer ist, als in seinem gespannten Zustand zu verharren.

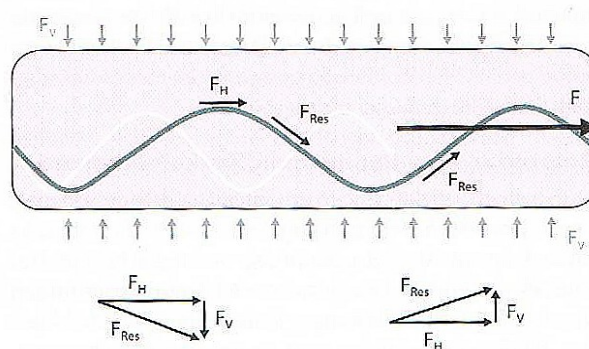


Fig. 3: Kräfteverhältnisse und -wirkungen innerhalb des Kinesiotapes.

3.1.2.1 Polyacrylate – Zusammensetzung, Modifikationen und Eigenschaften

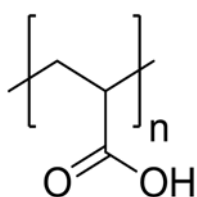


Fig. 4: Monomer-Einheit eines Polyacrylats.

Allgemein steht der Begriff Acrylat oder Acryl chemisch für alle Substanzen, die die Acrylgruppe $-\text{CH}_2-\text{C}(\text{CO}-\text{O}-)$ enthalten. Dazu zählen beispielsweise die Acrylsäure oder deren Ester. Ihre Polymere werden als Polyacrylate bezeichnet. „Je nach Auswahl der

⁶¹ KASE 1999, S. 4 [Patent, siehe Literaturverzeichnis].

⁶² Vgl. KUMBRINK 2009, S. 5.

Acrylatmonomere können Polyacrylate hart und kristallin oder weich und klebrig sein.⁶³ Typische Monomere sind dabei Ester aus Acrylsäure und Alkoholen mit vier bis zwölf Kohlenstoffatomen. Durch Mischung und Polymerisation verschiedener Monomere können die Eigenschaften eines Haftklebstoffes exakt eingestellt werden. Grundsätzlich unterscheidet man zwei Grundformen der Polyacrylate: die Reinacrylate und die modifizierten Acrylate. Modifizierte Acrylate können dabei zusätzliche Klebrigmacher enthalten, die sogenannten Tackifier. Sie erhöhen die Klebkraft des Haftklebstoffs. „Übliche Acrylat-Tackifier sind Kollophoniumharze, Terpenharze und Kohlenwasserstoffharze.“⁶⁴

Die Gruppe der Polyacrylate zeichnet sich dadurch aus, dass sie für einen „großen Molekulargewichtsbereich ohne das Beimischen von Zusatzstoffen inhärent klebrig ist“⁶⁵. Außerdem führen Eigenschaften wie eine hohe Alterungsbeständigkeit, Transparenz, Oxidationsbeständigkeit und Beständigkeit gegen Umwelteinflüsse wie UV-Strahlung, Chemikalien und Temperatur dazu, dass Haftklebstoffsysteme auf Acrylat-Basis als hochqualitativ bezeichnet werden. Im medizinischen Bereich kommen Acrylate besonders häufig zum Einsatz. Ein herkömmlicher Acrylat-Haftklebstoff für die Medizin enthält sowohl harte als auch weiche Monomere, die durch Kombinationen die für die Medizin wichtigen Anforderungen erfüllen. Dafür sind Tackifier nicht unbedingt erforderlich.⁶⁶

⁶³ KRÜGER 2012, S. 45f.

⁶⁴ KRÜGER 2012, S. 61.

⁶⁵ MAURER 2005, S. 3.

⁶⁶ LIU 2012, o. S.

3.3 Trennfolie

Die auch als Liner bezeichnete Trennfolie auf der Unterseite des KTs besteht aus einem einseitig beschichteten Papier. Die der Klebstoffschicht abgewandte Seite besitzt einen einfarbigen Aufdruck mit dem Produktnamen und horizontalen und vertikalen Linien in je einem Zentimeter Abstand. In Längsrichtung ist nach jeweils fünf Linien, also alle fünf Zentimeter, eine dick hervorgehobene Linie zu erkennen. Diese Linien tragen zu einer vereinfachten Anwendung während Abmessens und Zuschneidens des KTs bei. Die der Klebstoffschicht zugewandte Seite hingegen ist mit einer dünnen Schicht überzogen, um eine Adhäsion des Haftklebstoffs zur Gewebeoberseite auf einer Rolle zu verhindern. Es erleichtert sowohl das Auf- und Abrollen des KTs als auch ein präzises und zeitlich uneingeschränktes Zuschneiden. Würde die Trennfolie fehlen, wäre verunreinigender Kontakt mit den Fingern (Hautfett) und dem Staub der Umgebung unvermeidlich. Dadurch würde die Klebstoffschicht bereits vor der eigentlichen Applikation stark beansprucht, abgenutzt und verschmutzt werden, sodass eine optimale Haftung nicht mehr hergestellt werden könnte. Wegen der Folie können auch lange Stücke zurechtgeschnitten werden und eventuelle Reste müssen nicht umgehend entsorgt, sondern können zu einem späteren Zeitpunkt erneut verwendet werden.

Der Hauptbestandteil der Trennfolienbeschichtung ist Silikon, wie eine IR-Spektroskopie ergab. Die verschiedenen Si-C-Bindungen konnten im Fingerprintbereich eindeutig identifiziert werden.⁶⁷

⁶⁷ Das IR-Spektrum und die dazugehörige tabellarische Auswertung sind dem Anhang C-3 beigelegt.

4 Eignung in der Restaurierung

4.1 Allgemeine Eigenschaften des kinesiologischen Tapes

Allgemein lassen sich folgende Eigenschaften für das untersuchte KT festhalten:

Tabelle 2: Eigenschaften des Kinesiotapes

	Material/ -Eigenschaften	
Textiles Trägergewebe	<ul style="list-style-type: none"> - Dehnbar in Längsrichtung - Steifheit in Querrichtung - Maximale Dehnung von 150% bis 160% - Mit einer Vordehnung von 110% auf der Trennfolie aufgebracht - Dicke des Gewebes: 400 µm - Längsfaden: Zwirn aus zwei verschiedenen Faserarten, PUR und Baumwolle - Querfaden: Stapelfasergarn aus Baumwolle 	
	PUR	<ul style="list-style-type: none"> - Besteht aus aromatisch modifizierten Polyurethanfasern - Verantwortlich für Elastizität des Längsfadens - Liegt im Kern des Zwirns und ist umgeben von Baumwollfasern
	Baumwolle	<ul style="list-style-type: none"> - Eigenschaften: Reißfestigkeit, Schmiegsamkeit, Widerstandsfähigkeit, Weichheit, gute Luftdurchlässigkeit und Wasseraufnahmefähigkeit
Haftklebstoff	<ul style="list-style-type: none"> - thermoplastisches Polyacrylat - Schichtdicke: ca. 40 µm - Aufgetragen in Klebstoffbahnen in Form einer alternierenden, parallel verschobenen Sinuskurve: Unterstützung der Elastizität des Trägergewebes - Klebstofffreie Bereiche zwischen den Klebstoffbahnen: Reduktion der Klebefläche und Verbesserung der Durchlässigkeit von Luft und Feuchtigkeit - Rückstandslose Entfernung von der Hautoberfläche⁶⁸ 	
Trennfolie	<ul style="list-style-type: none"> - Silikonisiert - Erleichterte Handhabung und Oberseitenschutz des textilen Trägergewebes vor dem Haftklebstoff 	

4.2 Auswahlkriterien

Mit den oben genannten Eigenschaften bietet das KT gute Voraussetzungen für einen Einsatz in der Restaurierung von Kunst- und Kulturgütern. Das Tape könnte vor allem aufgrund seiner einfachen Handhabung und seiner elastischen Eigenschaften Konservierungs- und Restaurierungsmaßnahmen erleichtern bzw. eine gute Alternative zu

⁶⁸ KASE et al. 2003, S. 12.

bisher verwendeten Klebebänder bieten. Prinzipiell wäre der Einsatz des KT's vor allem im Rahmen von temporären Sicherungsmaßnahmen vorstellbar. Vorerst müssen jedoch Überlegungen zu grundsätzlichen Auswahlkriterien angestellt werden, die für die Eignung des KT's in der Restaurierung relevant sind. Die Kriterien umfassen (a) Gesundheits- und Umweltverträglichkeit, (b) Widerstandsfähigkeit gegen Mikroorganismen, (c) Klebefestigkeit, (d) Verträglichkeit zwischen Klebstoff und Substrat sowie (e) Reversibilität.

(a) Gesundheits- und Umweltverträglichkeit

Die KT's sind als gesundheitlich unbedenklich einzuordnen. Vor dem Einsatz der Tapes muss der Restaurator grundsätzlich keine besonderen Sicherheitsvorkehrungen treffen. Sowohl Trägergewebe als auch Klebstoff entsprechen durch das originär medizinische Anwendungsgebiet hohen Qualitätsansprüchen. In dem für die Medizin bestimmten Anwendungszeitraum von bis zu 14 Tagen pro KT ist keine Veränderung der Materialbeschaffenheit des KT's festzustellen. Durch den kurzzeitigen Einsatz auf der menschlichen Haut, die täglicher Bewegung, Verschmutzung und Feuchtigkeit ausgesetzt ist, sind im herkömmlichen Anwendungsgebiet – soweit bekannt – keine Langzeittests hinsichtlich einer gesundheitsschädlichen Wirkung durchgeführt worden. Nach Beenden der Anwendung kann das KT ohne Berücksichtigung besonderer Vorschriften im Hausmüll entsorgt werden.

(b) Widerstandsfähigkeit gegen Mikroorganismen

Generell besitzt die Baumwollfaser eine gute Widerstandsfähigkeit gegenüber Motten und Insekten. Ein Befall kann jedoch bei lang andauernden Anwendungen oder Lagerungen nicht ausgeschlossen werden. Durch die erhöhte Wasseraufnahmekapazität der Faser von bis zu 65% ihres Eigengewichts können hohe Materialfeuchten erreicht werden. Bei der Entwicklung von KT's wurde versucht, dieser negativen Eigenschaft der Baumwollfaser durch Modifikationen in der Tape-Konstruktion so weit als möglich entgegenzuwirken. Durch die Elastizität des Gewebes und den nur locker eingewobenen Längsfäden entstehen bei Dehnungen und Bewegungen des Gewebes regelmäßig Zustände mit geweiteten Hohlräumen. Durch Vergrößerung der Abstände zwischen den Fäden bilden sich luftgefüllte Bereiche, die einen raschen Trocknungsvorgang begünstigen. Der lückenhafte Auftrag des Klebstoffs auf der Unterseite des Tapes verhindert gleichzeitig das Entstehen einer kompakten Diffusionssperre.

(c) Klebefestigkeit

Bei dem transparenten Acrylat handelt es sich um eine hochviskose, thermoplastisch und elastisch verformbare Flüssigkeit, die ihre Klebewirkung nicht durch eine Aushärtung, sondern durch das sogenannte „Fließen“ aufbaut.⁶⁹ Über die genaue Glasübergangstemperatur T_g des Klebstoffs kann aufgrund der verschiedenen Klebstoffkomponenten keine eindeutige Aussage getroffen werden. Sie liegt jedoch klar unter Raumtemperatur, da es sich wie bereits erwähnt bei der Verarbeitung bzw. Anwendung (bei Raumtemp.) physikalisch um eine Flüssigkeit handelt. Der bereits starke Tack zu Beginn entwickelt sich durch leichten Anpressdruck und in Kombination mit Handwärme zu einer dauerhaften Klebkraft. Die Klebkraft entsteht durch das „Fließen“ der Basispolymere und die damit größer werdende Grenzschicht zwischen Substrat und Klebstoff. Es kommt so zu einer Art mechanischen Verzahnung an der Grenzschicht und zur Ausbildung von Adhäsionskräften. Entscheidend für die Entstehung der Adhäsionskräfte ist die Fläche der entstehenden Grenzschicht, die durch die Benetzung an der Substratoberfläche bedingt wird. Dabei muss beachtet werden, dass Verschmutzungen und ölige bzw. fettige Oberflächen den Aufbau einer guten und ausreichenden Haftungswirkung stark beeinträchtigen.⁷⁰ Prinzipiell kommt es beim KT bereits bei mäßig rauen Oberflächen zu einer guten Haftung. Werden die Flächen zunehmend rauer, entscheiden die im Klebstoff herrschenden Kohäsionskräfte und die Ausprägung der Fließeigenschaften über die Benetzung. Der Acrylat-Klebstoff des KT weist hohe Kohäsionskräfte auf und neigt nur in eingeschränktem Maße zum Fließen. Unterschiede in der Oberflächenbeschaffenheit von mehr als $38 \mu\text{m}$ ⁷¹ können selbst durch die physikochemischen Eigenschaften des Klebstoffs nicht überbrückt werden. Weist die Oberfläche eine darüber hinausreichende Rauheit auf, so kommt es zu einer verminderten Benetzung, damit auch zur Ausbildung einer kleineren Grenzfläche und folglich zu einer eingeschränkten Adhäsion. Die Haftungswirkung wird sich dennoch einstellen. Problematisch wird dieser Sachverhalt, sobald das KT unter Spannung auf einer Substratoberfläche aufgebracht wird. Dabei müssen die Adhäsionskräfte dem Bestreben der elastischen Fäden wieder in eine entspannte Position zurück-zukehren, entgegenwirken. Je größer dabei die Benetzung, desto größer sind die entstandenen Adhäsionskräfte, desto besser ist die Haftungswirkung und desto länger kann eine Haftung der angelegten Spannung des Trägergewebes stand halten.

⁶⁹ Siehe Ausführungen in Kapitel 3.2 Haftklebstoff.

⁷⁰ KASE et al. 2003, S. 13.

⁷¹ Entspricht der Dicke der Klebstoffschicht.

(d) Verträglichkeit zwischen Klebstoff und Substrat

Von Vorteil ist die geminderte Verzahnung bzw. Verbindung von Klebstoff und Substrat bei einer erneuten Ablösung des KT's. Dabei kommt es bei einer Lösung der Verbindung Substrat-Klebstoff vermehrt zu einem Adhäsionsbruch⁷² an der Grenzschicht zwischen Substrat und Klebstoff. Dafür sind die starken Kohäsionskräfte innerhalb der Klebstoffschicht und die gute Adhäsion zwischen Klebstoffschicht und Trägergewebe verantwortlich. Die dünne Klebstoffschicht kann sowohl einer Bewegung des Substrats als auch des Trägergewebes flexibel folgen. Der Auftrag des Klebstoffs in Sinuswellen mit klebstofffreien Zwischenräumen trägt zu dieser Elastizität der Klebstoffschicht bei. Indem vermieden wird, dass eine kompakte Schicht aus Haftklebstoff entsteht, wird sowohl die Klebefläche verringert als auch eine gute Luft- und Wasserdurchlässigkeit garantiert.

(e) Reversibilität

Haftklebstoffsysteme auf Acrylat-Basis werden von der Industrie weitestgehend mit Eigenschaften wie hoher Alterungsbeständigkeit, Transparenz, Oxidationsbeständigkeit und Beständigkeit gegen Umwelteinflüsse wie UV-Strahlung, Chemikalien und Temperatur klassifiziert.⁷³ Für eine zeitlich befristete Restaurierungsmaßnahme nehmen Fragen nach Alterungsbeständigkeit sowie optischen Eigenschaften einen niedrigen Stellenwert ein. Die Reversibilitätsproblematik hingegen wird zunehmend zum stärksten Auswahlkriterium für eine Anwendung in der Restaurierung. Denn sowohl bei zeitlich begrenzten als auch bei längerfristigen Maßnahmen muss das KT entfernbare bleiben und im Idealfall keine Rückstände hinterlassen. Sollten dennoch Rückstände auf der Objektoberfläche zurückbleiben, müssen Umfang und Löslichkeit dieser Rückstände berücksichtigt werden.

4.3 Anwendungsgebiete und -möglichkeiten

Grundsätzlich beschränkt sich die vorliegende Arbeit auf eine temporäre Anwendung des KT's von bis zu sieben Tagen, vor allem für Sicherungsmaßnahmen. Dazu zählen u. a. Sicherungen vor bzw. während einer Konservierungs- oder Restaurierungsmaßnahme sowie Transportsicherungen. Dauerhafte Sicherungsmaßnahmen sind vorstellbar, doch müssten entsprechende weitergehende Untersuchungen hinsichtlich Alterungsbeständigkeit und anschließender Reversibilität des Haftklebebands durchgeführt werden.

⁷² Beim Adhäsionsbruch handelt es sich um einen Idealfall, der nur theoretisch formuliert werden kann. In der Realität kommt es stets zu einer Kombination aus Kohäsions- und Adhäsionsbruch. In diesem Fall wird vereinfachend von einem Adhäsionsbruch gesprochen, da die Anteile eines Kohäsionsbruchs nur gering ausgeprägt zu sein scheinen.

⁷³ KRÜGER 2012, S. 46.

In der Restaurierung von *Glas, Keramik und Porzellan* kommen Klebebänder besonders häufig zum Einsatz. Hier werden Haftklebebänder vor allem zur temporären Sicherung und Stabilisierung während einer Rissverklebung verwendet. Bruchstücke und Scherben werden zusammengefügt und durch Klebebänder in der vorgesehenen Position gehalten. Darüber hinaus werden die Bruchstücke durch das Anbringen der Klebebandstreifen so nah wie möglich zusammengebracht und Rissfugen so dicht wie möglich geschlossen. Die Streifen fungieren in diesem Fall als Art Zwinge, die einen möglichst hohen und stabilen Anpressdruck aufbauen und diesen während der gesamten Trocknungsphase des eingebrachten Klebemittels beibehalten sollen. Gelingt dies, entsteht eine passgenaue Verbindung der Bruchstücke und somit eine möglichst kleine, mit Klebemittel gefüllte Fuge. Nach erfolgter Klebung und Trocknung werden die Streifen entfernt und hinterlassen im Idealfall keine Rückstände auf den beklebten Bruchstücken. Solche Anwendungen könnten auch mit dem KT durchgeführt werden. Das KT kann in beliebige Formen geschnitten werden und zeichnet sich durch eine gute Haftung aus. Je nach Bedarf können seine elastischen Eigenschaften in Längsrichtung oder auch die nicht elastischen Eigenschaften in Querrichtung eingesetzt werden. In Kombination mit dem besonders widerstandsfähigen Trägergewebe wird so ein optimaler Anpressdruck erreicht.

Auch beim Stabilisieren *dreidimensionaler Objekte* während einer Verklebungsmaßnahme wäre das Ausüben eines Anpressdrucks mittels KT hilfreich. Bei diesen dreidimensionalen Objekten bzw. Elementen könnte es sich beispielsweise um Zierrahmenornamente aus Holz oder Gips handeln. Ihre Oberfläche kann grundiert, mit Metallfolien gefasst, gefärbt, gebeizt oder lackiert sein.⁷⁴ Abgebrochene oder ergänzte Teilstücke könnten, wie bereits im vorigen Beispiel erklärt, während des Klebevorgangs stabilisiert werden. Durch Anbringen des KTs wird ein Anpressdruck während der Trocknungsphase des eingebrachten Klebemittels aufrecht erhalten. Zum einen kann dies durch einzelne zurechtgeschnittene Streifen des KTs erreicht werden, zum anderen durch die Anbringung längerer KT-Stücke, die um die zu behandelnden Bereiche, ähnlich dem Mechanismus einer Zwinge, gewickelt werden. Bei dieser zweiten Technik kann das KT so angebracht werden, dass die Klebe-fläche des Haftklebebandes nicht mit der Oberfläche des Objekts in Berührung kommt. Dazu kann das Klebeband mit der Seite des textilen Trägergewebes auf die Substrat-oberfläche aufgelegt und um den betreffenden Bereich gewickelt werden. Dabei wird das elastische Trägergewebe gespannt und an geeigneten Stellen verkeilt. Das KT kann abschließend an der eigenen Klebefläche angehaftet werden. Durch die

⁷⁴ Haftungseigenschaften und „Verträglichkeit“ von Haftklebeband und gefasster Oberfläche muss vor einer Anwendung getestet werden.

elastischen Eigenschaften des Tapes und das Bestreben des Gewebes, in seinen entspannten Zustand zurückzukehren, entsteht eine gerichtete Kraft, die als Anpressdruck auf das Substrat abgeleitet wird. Dimension und Gewicht der einzelnen Bruchstücke müssen vor einer Anwendung bei Skulpturen und großen Zierrahmenornamenten unbedingt in Betracht gezogen werden.

Die Restaurierung von *Gemälden auf textilem Bildträger* bietet eine weitere Einsatzmöglichkeit für KT. Sind Risse im Trägergewebe entstanden und womöglich bereits auseinandergeklafft, kann das KT sowohl bei der Risszusammenführung als auch während der Rissverklebung oder -vernähung eingesetzt werden. Der Erfolg einer Risszusammenführung ist stark von Alter, Art und Zustand des Trägergewebes, den Umgebungsbedingungen und der Flexibilität der vorderseitigen Malschicht abhängig. Die Verwendung von KT kann bei der Risszusammenführung eine kostengünstige und einfach zu handhabende Alternative zu den heutzutage gebräuchlichen Treckern bieten. Dazu wird das KT in Streifen zurechtgeschnitten und auf der Gemälderückseite unter Spannung senkrecht über den Riss geführt. Das Wirkprinzip wird, wie bereits erwähnt, durch das Bestreben des Gewebes bestimmt, den erzwungenen Zustand der Spannung zu verlassen und in einen physikalisch entspannten Zustand zurückzukehren. Dieses Kräftezusammenspiel führt dazu, dass sich das KT von den Enden zur Mitte hin zusammenzieht. Ist der zu behandelnde textile Bildträger dabei flexibel genug, leiten sich die Kräfte auf die Fäden ab und bewirken eine Dehnung und Verlängerung der Fäden zur Rissmitte. Dieses Prinzip kann man sich während einer Rissverklebung zu Nutze machen. Eine Rissverklebung ist umso stabiler, je größer die Kontakt- bzw. Klebefläche zwischen den gerissenen Fadenenden ist. Dabei werden die Tapes, ebenfalls in Streifen, senkrecht zum Riss angebracht. Durch die richtige Applikation der Tapes und einer vorausgesetzten Flexibilität der Fäden des Bildträgers kann eine Überlappung der losen Fadenenden erzeugt werden. Nach Entstehung eines Risses sind die Spannungsverhältnisse innerhalb des Bildträgers gestört. Die losen Fadenenden können die Spannung nicht mehr übertragen, sodass die umliegenden, noch intakten Bereiche diese Spannungsdefizite ausgleichen müssen. Daraus folgt wiederum, dass auf diesen intakten und gespannten Fäden eine übermäßige Spannung liegt. Durch Anbringen der Tapes wird die übermäßige Spannung an den Enden eines Risses verringert und erneut eine gleichmäßigere Spannungsverteilung hergestellt. In diesem Zustand ausgeglichener Spannungsverhältnisse können die Fadenenden dann mit dem entsprechenden Klebemittel verklebt werden. Bei der Ablösung der KT-Streifen, d. h. bei Aufhebung der Kräfte, die das elastische Band auf

die Fadenenden ausgeübt hat, verteilen sich die Spannungs- und Kräfteverhältnisse der Leinwand wieder gleichmäßig auf alle Fäden des Gewebes. Die in einer zweiten Ebene erzeugte Spannung der KT-Streifen wird somit wieder auf die Ebene des Bildträgers abgegeben.

Werden Gemälde mit Rissen transportiert, kann diese ungleichmäßige Verteilung der Spannungsverhältnisse in Verbindung mit Schwingbewegungen des Bildträgers – hervorgerufen durch den Transport – zu einer Vergrößerung des Risses führen. In solchen Fällen soll der Riss lediglich nach erfolgtem Transport in seiner vorherigen Form vorliegen. Dazu wird das KT in der unelastischen Querrichtung zugeschnitten. Dies bewirkt einen Spannungsausgleich im textilen Bildträger. Die Schwingungen bzw. Bewegungen, die durch den Transport hervorgerufen werden, werden so durch das KT abgefangen. Die Bewegung des Bildträgers in dem bereits geschwächten Bereich wird unterdrückt und der Bildträger gleichzeitig stabilisiert. Diese Transportsicherungen könnten entweder umgehend nach erfolgtem Transport abgenommen oder auf der Bildträgerrückseite belassen werden. Zur Verstärkung einer Signalwirkung bei zeitlich limitierten Sicherungsmaßnahmen wäre die Anbringung von KT-Streifen in stärkerer Farbigkeit⁷⁵ denkbar.

4.4 Testreihe

4.4.1 Versuchsaufbau

Aufgrund der Überlegungen zu grundsätzlichen Anwendungsgebieten des KTs in der Restaurierung wurde eine Testreihe mit dem Schwerpunkt Reversibilität durchgeführt. Die Palette der zu testenden Substratoberflächen beschränkte sich dabei auf die Materialien der bereits genannten Einsatzgebiete. Dabei sollte die Testreihe klären, ob sich überhaupt eine Klebekraft auf den unterschiedlichen Substratoberflächen einstellt und ob sichtbare Rückstände des Klebstoffs auf dem Substrat zurückbleiben. Faktoren wie die Beschaffenheit der Substratoberfläche und die Benetzung von Haftklebstoff und Substrat üben direkten Einfluss auf die Haftungswirkung aus. Unterschiedliche Substratoberflächen und damit einhergehend unterschiedlich starke Haftungswirkungen beeinflussen wahrscheinlich wiederum den Umfang der Klebstoffrückstände. Die ausgewählten Substratoberflächen beschränken sich auf die in Tabelle 3 aufgeführten Materialien.

⁷⁵ Nach vorangehender Prüfung des Farbstoffs und seiner Löslichkeit.

Tabelle 3: Getestete Substratoberflächen

Nr.	Material	Beschreibung
1.1-1.6	Textiles Gewebe	Flachfasern, Leinenbindung, Webdichte: 14x14 Fäden/cm ²
2.1-2.6	Glas	Objektträger
3.1-3.6	Porzellan	Matt glasiert
4.1-4.6	Keramik	Grobkeramik: Ziegel
5.1-5.6	Malschicht	Textiler Bildträger: Baumwollfasern, Leinenbindung Bindemittel: Öl, Farbmittel: Zinkweiß

Die Testreihe wurde in einem zeitlichen Rahmen von einem Tag (24 Stunden) und einer Woche (ca. 168 Stunden) durchgeführt. Dafür wurden zwei Durchgänge mit je drei gleichen Versuchsaufbauten angelegt und zum selben Zeitpunkt gestartet.⁷⁶

Bei der Versuchsanordnung wurden alle Probestücke auf einer horizontalen Ebene nebeneinander in einer Reihe platziert (vgl. Abb. 11 und 12). Vor Beginn wurde bei allen Probestücken eine Abnahme des losen Oberflächenstaubs vorgenommen, um die KT-Streifen auf eine möglichst staubarme Oberfläche aufzukleben. Um sicherzustellen, dass sich die Streifen während der Versuchsdurchführung nicht vom Substrat lösen und eine durchgehend gleichmäßige Auflagefläche beibehalten, wurden die KT-Streifen ohne Spannung auf die Substratoberflächen appliziert. Bei Applikation der Streifen wurde nach Einsetzen einer ersten Haftungswirkung ein zusätzlicher Anpressdruck auf die Klebefläche ausgeübt. Dazu wurde mit der Hand einmal von oben nach unten auf jeder Klebefläche über die KT-Streifen gestrichen.

Sowohl vor und während der Applikation als auch nach Entfernung des KTs wurden die verschiedenen Zustände fotografisch dokumentiert. Da die Polyacrylat-Klebstoffschicht unter Anregung ultravioletter Strahlung eine ausgeprägte Primärfluoreszenz (Abb. 13) zeigt, ließ sich antizipieren, dass eventuell zurückbleibende Rückstände ebenfalls mittels UV-Anregung sichtbar gemacht werden können. Dazu wurden von allen Substratoberflächen zusätzliche Aufnahmen unter ultravioletter Strahlung angefertigt. Diese wurden vor Applikation und nach Entfernung des KTs aufgenommen.

⁷⁶ Umgebungsbedingungen: Raumtemperatur 24°C, relative Feuchte 55%.

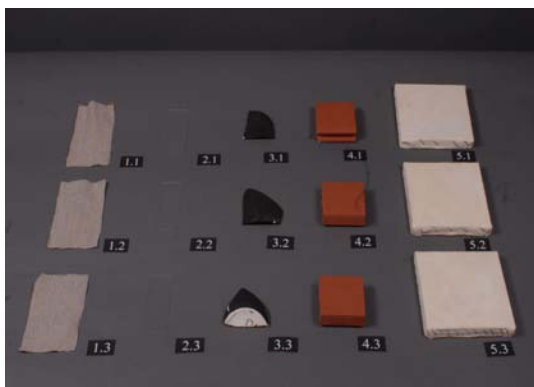


Abb. 11: Versuchsanordnung (24 Stunden), Vorzustand.

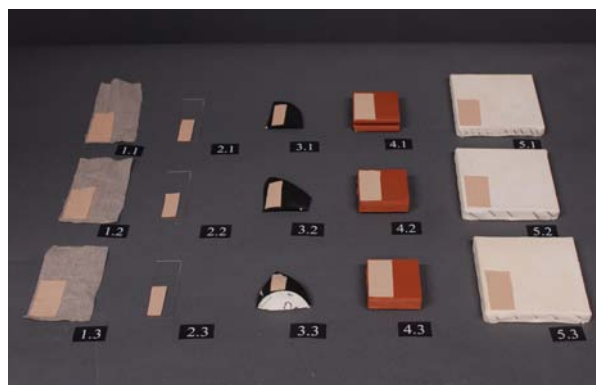


Abb. 12: Versuchsanordnung (24 Stunden) mit applizierten KT-Streifen.

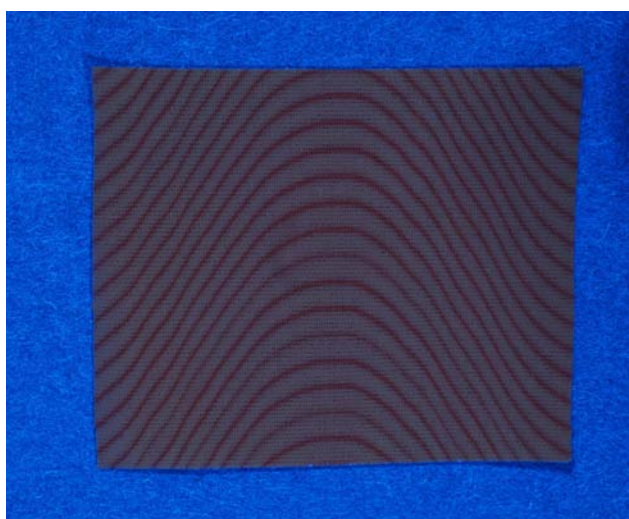


Abb. 13: Fluoreszenz des Polyacrylats unter UV-Strahlung.

4.4.2 Auswertung

Auf allen Substratoberflächen ließ sich eine gute Haftungswirkung bei Applikation der KT-Streifen feststellen. Der guten Anfangsklebrigkeit folgte eine gute dauerhafte Klebkraft. Beim Entfernen wurden sämtliche Streifen in einem möglichst flachen Winkel von unten nach oben von der Substratoberfläche abgezogen. Selbst bei Materialien wie dem textilen Gewebe und der Malschicht befanden sich auf der Klebstoffseite des KTs keine Bestandteile des jeweiligen Substrats. Insgesamt entstand der Eindruck, dass das KT keine Rückstände hinterlassen hatte. Auf nahezu allen Substratoberflächen waren auch bei Betrachtung unter UV-Strahlung keine sichtbaren Rückstände festzustellen. Ausnahmen bildeten dabei die getesteten Keramikoberflächen, auf der das Tape größere Rückstände hinterließ. Bei beiden Testreihen (ein Tag und sieben Tage) bildeten sich die sinusförmig angeordneten Klebstoffbahnen auf der Keramikoberfläche ab (vgl. Abb. 14 und 15). Der Umfang der Rückstände könnte auf die Beschaffenheit der Keramik zurückzuführen sein.

Die Keramik besitzt eine relativ poröse Oberfläche. Vielleicht bedingen auch die bei der Keramik ausgeprägten Kapillarkräfte den Umfang der Rückstände. Bei einer glatten und kompakten Oberfläche wie Glas konnten derartige Rückstände nicht beobachtet werden. Die Rückstände des Tapes ließen sich durch mechanischen Abrieb mit dem Finger oder durch Ethanol sehr leicht ablösen.

Tabelle 4 sind die zusammengefassten Beobachtungen der Testreihen zu entnehmen.

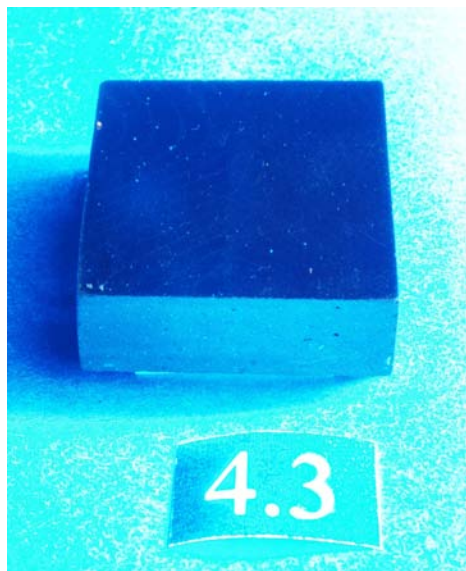


Abb. 14: Keramikoberfläche mit sichtbaren, fluoreszierenden Rückständen unter UV-Strahlung (links).

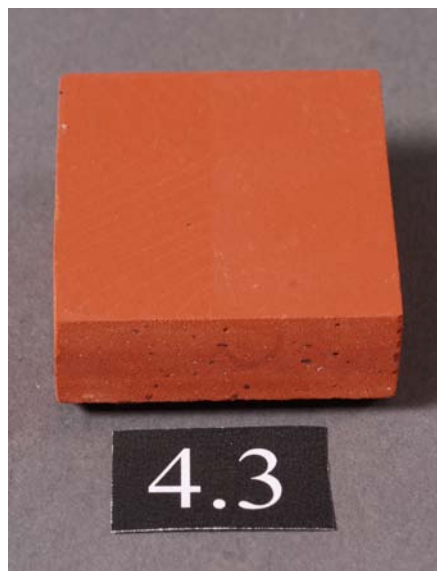


Abb. 15: Keramikoberfläche nach Entfernung des KT-Streifens mit erkennbaren Rückständen in Form der Sinuskurven des Klebstoffs (links).

Tabelle 4: Beobachtungen der Testreihen

Nr.	Dauer der Testreihe	Material	Rückstände
1.1-1.3	24 Stunden (1 Tag)	Textiles Gewebe	Keine sichtbar
2.1-2.3	24 Stunden (1 Tag)	Glas	Keine sichtbar
3.1-3.3	24 Stunden (1 Tag)	Porzellan	Keine sichtbar
4.1-4.3	24 Stunden (1 Tag)	Keramik	Gesamte Klebefläche bildet sich in Form der Sinuskurven des Klebstoffs ab
5.1-5.3	24 Stunden (1 Tag)	Malschicht	Keine sichtbar
1.4-1.6	168 Stunden (7 Tage)	Textiles Gewebe	Keine sichtbar
2.4-2.6	168 Stunden (7 Tage)	Glas	Keine sichtbar
3.4-3.6	168 Stunden (7 Tage)	Porzellan	Keine sichtbar
4.4-4.6	168 Stunden (7 Tage)	Keramik	Gesamte Klebefläche bildet sich in Form der Sinuskurven des Klebstoffs ab
5.4-5.6	168 Stunden (7 Tage)	Malschicht	Keine sichtbar

5 Konkrete Anwendung

5.1 Vorbereitung und Vorgehen bei der Applikation und Entfernung des Tapes

Konkrete Anwendungsbeispiele wurden in der Konservierung und Restaurierung von Gemälden auf textilen Bildträgern durchgeführt. Während der Restaurierungsmaßnahmen ließ sich feststellen, dass bereits die richtige Vorbereitung und Anbringung des KTs entscheidend für den erfolgreichen Verlauf der Maßnahme war. Deshalb soll einleitend erörtert werden, wie das KT anzubringen ist.

Das in 2,5, 5 und 7,5 cm Breite erhältliche KT kann sowohl in Längs- als auch in Querrichtung in unterschiedlich breite Streifen geschnitten werden. Dabei sollte in Längsrichtung eine Mindestbreite von etwa 3 bis 4 mm, was in etwa vier Kettfäden entspricht, nicht unterschritten werden. Die durch den Dehnvorgang hervorgerufenen großen Hohlräume lassen ein offenporiges Gewebe entstehen, das unterhalb von 3 mm Breite in den Randbereichen stark ausfranst. In Querrichtung weist das Gewebe aufgrund der erhöhten Anzahl von etwa sieben Schussfäden auf 2 bis 3 mm Breite eine höhere Stabilität auf. Obwohl es in dieser Richtung zu keiner Dehnung kommt, sollten die Streifen eine Breite von 2 bis 3 mm nicht unterschreiten. Die miteinander verwobenen Fäden werden lediglich von dem auf der Unterseite des Gewebes befindlichen Klebstoff zusammengehalten. Da der Klebstoff nicht vollflächig aufgetragen ist, liegen in einem Streifen von ca. 3 mm Breite zahlreiche Bereiche ohne Klebstoffauftrag vor. Diese Bereiche verringern die Stabilität der zurechtgeschnittenen Streifen, da sich die Fäden des offenporigen Gewebes bewegen und aus dem Verband losbrechen können. Der Zuschnitt muss dabei genau fadengerade erfolgen. Folgen eines schrägen Zuschnitts wurden bereits bei den Qualitätsmerkmalen des KTs erörtert.

Ist das KT erst einmal zugeschnitten, sollten vor der Anbringung auf die Substratoberfläche alle Ecken der Streifen abgerundet werden. Dadurch werden die in Längsrichtung wirkenden Kräfte umgeleitet (Fig. 5). Diese Kraftumleitung verhindert ein durch Kräfte und Spannungen verursachtes Abheben der Enden der KT-Streifen. Somit erhöht sich die Haltbarkeit des aufgeklebten Tapes auf der Klebefläche. Sowohl der Zuschnitt als auch das Abrunden der Ecken geschieht noch, während das KT auf der Trennfolie aufliegt. So wird eine Abnutzung der Klebefläche durch übermäßigen Kontakt mit der Haut oder möglichen Schmutzpartikeln verhindert.

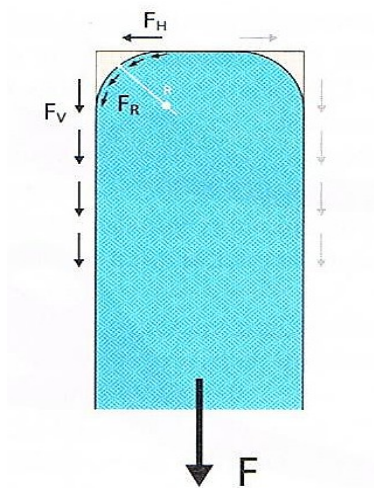


Fig. 5: Kraftumleitung durch Abrunden der Ecken.

Liegen die vorbereiteten KT-Streifen vor, kann mit der Applikation auf die Substratoberfläche begonnen werden. Dazu wird die Trennfolie nur partiell von dem jeweiligen KT-Streifen entfernt. Da das KT reißfest ist, kann bei einem zweiten Vorgehen an einer beliebigen Stelle des zugeschnittenen KT-Streifens eine Art Reißvorgang durchgeführt werden, bei dem nur das Papier, jedoch nicht das KT gerissen wird. Wird der KT-Streifen anschließend leicht gefaltet, stellt sich das mit Silikon beschichtete Papier mangels Haftung nach oben und kann so leicht abgelöst werden. Bei beiden Methoden kann auf diese Weise eine partielle Ablösung der Trennfolie erreicht werden, die eine kontrollierte Anlage des KTs ermöglicht. Somit wird nur ein Teil der Klebefläche freigelegt, während der Rest des KT-Streifens weiter geschützt in die richtige Position geführt werden kann.

Das freie Ende des KT-Streifens kann sodann auf das Substrat, in diesem Fall die Gemälderückseite, aufgebracht werden. Dabei ist entscheidend das freie Ende, auch „Basis“ genannt, ohne Spannung am Untergrund zu befestigen. Diese spannungsfreie Basis sollte mindestens der Breite des KT-Streifens, idealerweise der doppelten Breite entsprechen. Das andere Ende des KT-Streifens wird bei Abschluss der Anbringung ebenfalls ohne Spannung aufgeklebt.⁷⁷ Diese spannungsfreien Enden verhindern ein vorzeitiges Ablösen des gedehnten KT-Streifens. Sie fungieren als eine Art Anker für die in Längsrichtung wirkenden Kräfte. Werden die Enden hingegen unter Spannung aufgeklebt, lösen sich die Streifen rascher vom Untergrund ab. Nach Befestigung der spannungsfreien Basis kann der KT-Streifen gedehnt und das andere Ende wieder spannungsfrei abgesetzt werden. Nach erfolgter Applikation der KT-Streifen wird durch

⁷⁷ KASE et al. 2003, S. 14.

Handwärme und mäßigen Druck eine verbesserte Haftung zwischen Substrat und Haftklebeband erzeugt. Die Streifen können nach der Anbringung bei Bedarf ein bis zwei Mal repositioniert werden.

Beim Entfernen der KT-Streifen können beide Enden leicht gelöst und anschließend zur Mitte hin aufgerollt werden. Möglich ist auch ein Abziehen beider Enden in einem möglichst flachen Winkel. Nach dem Entfernen können die gebrauchten Streifen im Hausmüll entsorgt werden. Sie können nicht erneut verwendet werden.

5.2 Konservierungsmaßnahmen am textilen Bildträger

Die für diese Arbeit relevanten Konservierungsmaßnahmen wurden an verschiedenen Gemälden aus den Sammlungsbeständen des Kunsthistorischen Museums in Wien durchgeführt. Im Rahmen dieser Kooperation konnten unterschiedliche Gemälde mit unterschiedlichen Problemstellungen und Anforderungen an das KT behandelt werden.

5.2.1 Sicherungsmaßnahmen an Spannkanten

Allgemeine Angaben zum Gemälde GG 2475

Künstler: Jan van den Hoecke

Titel: Überwindung des Geizes

Inventarnr.: GG 2475

Datierung: 1637

Format: 299 x 224,2 cm

Bildträger: originales Trägergewebe: Flachsfasern, Leinenbindung; doubliert

Problemstellung

An den Spannkanten des doublierten Gemäldes haben sich Doubliergewebe und originaler Bildträger voneinander gelöst. Diese Bereiche unterliegen vor allem beim Einsetzen in den Zierrahmen einer zunehmenden Belastung. Dadurch kann es in diesen Partien zu Falten oder Rissen bzw. Brüchen des Trägergewebes kommen. Sowohl die intakte Aufspannung als auch das gesamte Spannungsverhältnis des Gemäldes können so beeinträchtigt werden.

Durchführung der Maßnahmen

Nach einer Festigung der in den Bereichen der Spannkanten befindlichen Grundier- und Malschichten wurden KT-Streifen angebracht. Dazu wurden etwa 5 mm breite Streifen fadengerade zugeschnitten. Anschließend konnte das Konsolidierungsmedium zwischen

Doubliergewebe und originale Trägergewebe aufgetragen werden. Um einen gleichmäßigen Anpressdruck zu erzeugen und diesen während der Trocknungszeit des Konsolidierungsmediums aufrecht zu erhalten, wurden die beiden Gewebe zunächst zusammengefügt. Die Streifen wurden am Bildträger – partiell auch auf der Malschicht – angebracht, gedehnt und am Doubliergewebe befestigt. So wurde Streifen für Streifen entlang der Spannkante appliziert. Nach erfolgter Trocknung des Konsolidierungsmediums konnten die Streifen durch Aufrollen an beiden Enden leicht wieder entfernt werden.



Abb. 16: Sicherungsmaßnahme während der Verklebung von Doubliergewebe und originale Trägergewebe.

5.2.2 Risszusammenführung

Allgemeine Angaben zum Gemälde GG 7120

Künstler: Heinrich Stegmeyer
 Titel: Kaiser Franz I. in Marschallsuniform
 Inventarnr.: GG 7120
 Datierung: 1819
 Format: 225 x 157,5 cm
 Bildträger: Flachfasern, Leinenbindung, Webdichte: 10 x 10 Fäden/cm², zwei originale Webkanten, originale Aufspannung, nicht doubliert

Problemstellung

Im textilen Bildträger befanden sich zwei Risse. Ein Winkelriss mit einer maximalen Ausdehnung von 6 cm in der Höhe und 4,3 cm in der Breite ließ sich im rechten unteren Bildbereich lokalisieren. Der Riss war vermutlich durch einen Durchstoß mit einem stumpfen Gegenstand von der Vorderseite verursacht worden. So kam es zu einer Überdehnung des Gewebes nach hinten und anschließend zum Reißen der Fäden. Die offenliegenden Fadenenden hatten sich durch klimatische Einflüsse zunehmend verkürzt. Dadurch kam es zu einem klaffenden Riss von ca. 2 mm.

Der zweite, lineare Riss war ca. 9,3 cm lang und befand sich mittig im rechten Bildbereich. Auch hier war die Ursache wohl ein Durchstoß von der Vorderseite, der zu einer Deformierung des Gewebes zur Rückseite hin geführt hat. Der Riss verlief parallel zum Kettfaden, was heißt, dass vermehrt Schussfäden gerissen waren. Zudem waren die stark versprödeten Fadenenden ausgefranst und durch die offenliegende Oberfläche stark verschmutzt. Bereits in diesem Zustand war zu erkennen, dass der Riss unten zwickelförmig auseinander gealtert war. Trotz Überdehnung beider Risse zur Rückseite des Gemäldes wurde durch die großen Abstände zwischen den einzelnen Fadenenden klar, dass es keinen Überschuss an Leinwand geben kann, sondern durch Schrumpfung der Fäden eine Dehnung der Fäden in Rissumgebung und somit eine Risszusammenführung notwendig wurde.

Durchführung der Maßnahmen

Zunächst erfolgte eine mechanische Abnahme des losen Oberflächenschmutzes und die Konsolidierung der Grundier- und Malschichten. Das Gemälde wurde auf einer horizontalen Arbeitsfläche abgelegt, sodass die Rissumgebung rückseitig indirekt mit Mikrofasertüchern befeuchtet werden konnte. Diese Befeuchtung auf der Gemälderückseite wurde ca. 20 bis 30 Minuten durchgeführt. Anschließend wurde versucht, die auf diese Weise flexibilisierte Leinwand mit Sandsäckchen zum Riss hin zusammenzuschieben. Zum Schutz der losen Fadenenden wurde vor Anbringung der KT-Streifen eine passgenau zugeschnittene, silikonisierte Folie als Zwischenschicht aufgelegt. Das KT wurde in Längsrichtung in ca. 7 bis 10 mm breite Streifen geschnitten. Die Länge der Streifen variierte je nach erforderlicher Länge für den jeweiligen Arbeitsdurchgang. Die KT-Streifen wurden dann ohne Spannung in unmittelbarer Rissumgebung auf die Leinwand aufgeklebt und konnten bei Erreichen der Silikonfolie unter Spannung gesetzt, über den Riss geführt und dort wieder unter Spannung angebracht werden. Entscheidend

war, auch das zweite Ende des Streifens ohne Spannung auf der Leinwand anzubringen und auslaufen zu lassen. Durch das Bestreben des Tapes wieder in seinen ursprünglichen, spannungsärmeren Zustand zurückzukehren, baut sich in den Bereichen, die unter diesem spannungsreichen Abschnitt des Tapes liegen eine nach „innen“ gerichtete Kraft auf. Da sich in diesen Bereichen durch die Zugkraft innerhalb des Tapes eine wellenförmige Spannungsveränderung (Vgl. Abb. 17) innerhalb der Leinwand hätte ausbilden können, wurde darauf geachtet das Tape nicht auf intakten bzw. planen Flächen über eine größere Länge unter maximaler Spannung aufzukleben. Das hätte zur Folge, dass sich die Fäden nicht zum Riss hin dehnen würden, sondern sich genau in die entgegengesetzte Richtung zusammenzögen. Deshalb wurde der Zusammenführungsprozess in zwei Ebenen durchgeführt (Abb. 18). Zum einen sollte die maximale Dehnung der KT-Streifen eingesetzt, zum anderen gleichzeitig eine möglichst kleine Klebefläche aufgebaut werden. Um den erforderlichen Raumgewinn an Leinwand möglichst gleichmäßig auch aus weiterer Rissumgebung einzuholen wurde in direkter Rissumgebung eine erste Ebene erstellt um dann aus der weiteren Rissumgebung, je nach Verformung und Flexibilisierung der Leinwand, eine zweite Ebene zu schaffen. In dem beschriebenen Schema wurden nach und nach die verschiedenen Streifen über den Riss geführt und aufgeklebt. Nach abgeschlossener Anbringung der KT-Streifen auf der ersten Ebene wurde der deformierte Bereich wiederum mit einer passgenau zugeschnittenen, transparenten Silikonfolie abgedeckt, um dann wie bereits erklärt die KT-Streifen auf der zweiten Ebene zu befestigen. Ein weiterer Vorteil der elastischen KT-Streifen war die flexible Wahl der Richtung beim Aufkleben, d. h. selbst bei diagonalem Verzug der Leinwand, wie es bei dem Winkelriss tatsächlich der Fall war, konnte der Winkel in Zugrichtung individuell bestimmt werden. Anschließend wurden sowohl der Riss selbst als auch die Rissumgebung großflächig mit Sandsäckchen beschwert. Dieser Vorgang wurde dann einige Male wiederholt, bis sich ein zufriedenstellendes Ergebnis eingestellt hatte. Die KT-Streifen konnten nach Bedarf auch bis zu drei Mal nachgezogen werden.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sich der Winkelriss mit einem partiellen Klaffen von 2 mm wieder gänzlich schließen ließ. Auch die Korrektur eines diagonalen Verzugs der Leinwand konnte so herbeigeführt werden. Bei dem linearen Riss konnte sich durch die Risszusammenführung eine zunächst etwa 4 bis 5 mm breiter Spalt auf nahezu 1 mm zusammenziehen lassen. Der fehlende Millimeter geht vermutlich auf durch mechanische Beanspruchung abgebrochene Fadenenden zurück.⁷⁸

⁷⁸ Zusätzliche Abbildungen sind dem Anhang A beigelegt.

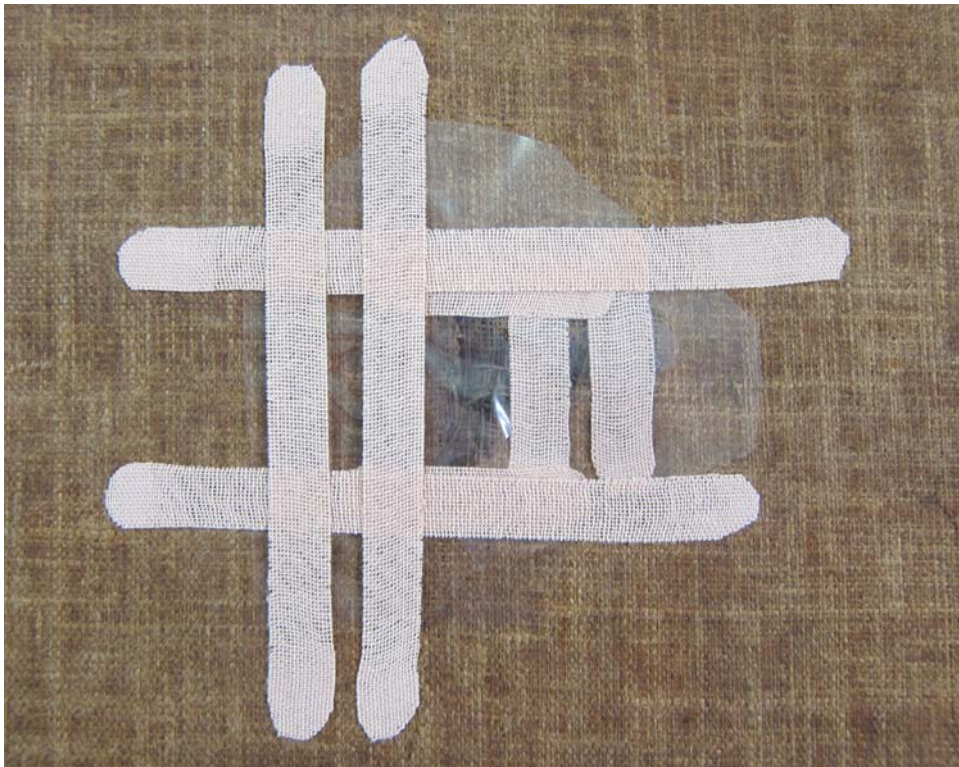


Abb. 17: Anlegen der KT-Streifen in zwei Ebenen (Winkelriss).



Abb. 18: An der wellenartigen Verformung der silikonisierten Folie werden die Kräftewirkungen des KT's erkennbar.

5.2.3 Einsatz während der Rissverklebung

Problemstellung – GG 7120

Nach der bereits erläuterten Risszusammenführung sollte eine Verklebung beider Risse durchgeführt werden. Beide Risse lagen relativ zentral auf der Mittelachse des Bildes, was ein präzises und länger andauerndes Arbeiten am Tisch stark erschwerte. Für die Rissverklebung wurde das Bild deshalb vertikal auf eine Staffelei gestellt. Größe und Eigengewicht der Leinwand beeinträchtigten in der vertikalen Position jedoch die Stabilität der bereits zusammengeführten Risse. Um den Abstand zwischen den Risskanten so klein wie möglich zu halten, wurden erneut KT-Streifen aufgeklebt. Unter Anbringung der KT-Streifen unter maximaler Spannung konnte zumindest bei dem Winkelriss eine ausreichende Überlappungsfläche der losen Fadenenden und somit auch eine stabilere Klebung erreicht werden.

Durchführung der Maßnahmen

Vor der eigentlichen Rissverklebung wurden die losen Fadenenden mithilfe von Zahnarztsonden sortiert und in ihre vorgesehene Position für die Verklebung gebracht. Anschließend wurden beide Risse durch die Anbringung kleiner KT-Streifen fixiert, sodass das Bild aufgerichtet werden konnte. Dabei wurden die Streifen unter maximaler Dehnung und erneut mit einer silikonisierten Folie als Zwischenschicht appliziert.

Zunächst wurde zum Schutz der Malschicht ein passgenau zugeschnittener Wellkarton zwischen Gemäldevorderseite und Staffelei eingelegt. Der Karton verteilte den Anpressdruck gleichmäßig auf die gesamte Auflagefläche des Bildes und schützte das Gemälde vor Abdruckstellen durch die Staffelei. Im Rissbereich wurde eine mit Silikonfolie ummantelte Metallplatte zwischen Bildvorderseite und Karton gehängt. Dazu wurde die Platte mit Schlitzern ausgestattet, durch welche ein reißfestes Baumwollband durchgefädelt, um den Karton herumgeführt und an der Staffeleirückseite befestigt werden konnte. Damit die Metallplatte so nah wie möglich an der Gemäldevorderseite heranreichte, wurde sie von der Gemälderückseite, der Arbeitsfläche, mit vier Magneten in Position gehalten. Das Stereomikroskop konnte anschließend für die Arbeiten eingerichtet werden. Als Klebemittel wurde ein Gemisch aus Störleim (20%) und japanischem Weizenstärkekleister (13%) nach einem Rezept von HEIBER⁷⁹ verwendet.

Durch Abziehen einiger KT-Streifen konnte ein Arbeitsbereich geschaffen werden. Die flankierenden, noch intakten Streifen rahmten den Arbeitsbereich und verteilten die

⁷⁹ HEIBER 1996, S. 117-146.

Spannungen innerhalb der Leinwand gleichmäßig (Abb. 19 und 20). So konnte nach und nach Streifen für Streifen entfernt werden, bis der Riss geschlossen war. In großen Bereichen des Winkelrisses konnte eine ausreichende Überlappung der Fäden erzeugt werden. In Bereichen, in denen keine Überlappung herbeigeführt werden konnte, wurden Fadenbrücken mit ein bis zwei Fadenbreiten Überlappung angesetzt, im Gewebe verwoben und an der gegenüberliegenden Seite wieder angeklebt. Durch die Anwendung der KT-Streifen konnte die Rissverklebung ohne störende Hindernisse auf der Leinwandrückseite durchgeführt werden. Abgeschrägte Gewichte, wie sie bei einem horizontalen Arbeiten angewendet werden, müssen oftmals so nah am Riss angebracht werden, dass eine Bewegung der Hände und Werkzeuge unter dem Stereomikroskop stark beeinträchtigt ist. Magneten, die ebenfalls beim Zusammenschieben des Gewebes eingesetzt werden können, haben ebenfalls den Nachteil, nah am Riss angebracht werden zu müssen. Da meist metallisches Werkzeug verwendet wird, wird auch hier eine angenehme Handhabung erschwert. In vorliegendem Fall wurden die Magneten ausschließlich zur Fixierung der Metallplatte auf der Gemäldevorderseite verwendet. Sie wurden in großen Abständen zum Riss angebracht.⁸⁰



Abb. 19: Sicherungsmaßnahmen während der Rissverklebung (linearer Riss).



Abb. 20: Detailansicht der Sicherungsmaßnahme mit gespanntem KT-Streifen an der rechten Seite.

⁸⁰ Zusätzliche Abbildungen sind dem Anhang A beigelegt.

5.2.4 Rissstabilisierung und anschließende Rissverklebung

Allgemeine Angaben zum Gemälde GG 2002

Künstler:	Niederländisch
Titel:	Die Versuchung des hl. Antonius
Inventarnr.:	GG 2002
Datierung:	um 1600
Format:	109 x 146 cm
Bildträger:	Leinenbindung, vermutlich Flachsfasern, Webdichte: 15 x 15 Fäden/cm ² , nicht doubliert, bis 2011 Rollenlagerung, zahlreiche Knicke, Falten und Risse, keine Spannblätter vorhanden

Problemstellung

Durch Knicke und Falten im Bildträger und die Lagerung des Gemäldes auf einer Rolle wurden vor allem seine Randbereiche stark strapaziert. Einige dieser Partien waren zudem mehrfach gerissen und umgeklappt. Das Gemälde sollte seiner ursprünglichen Intention entsprechend wieder auf einen Keilrahmen aufgespannt werden. Das Fehlen von Spannblättern erforderte für eine erneute Aufspannung des Gemäldes eine Anränderung aller Seitenkanten. Die strapazierten, gefalteten und labilen Randbereiche mussten dafür erst wieder stabilisiert werden. Erschwerend kam die stark verschmutzte Gemälderückseite hinzu. Durch verschiedene Lagerungssysteme in der Vergangenheit entstand auf der Gemälderückseite eine Staubschicht, die bis in die Tiefen des Gewebes vordrang. Eine trockene und mechanische Oberflächenreinigung wurde vor allem durch die Risse im Bildträger beeinträchtigt. Da sich die Risse entlang der Falten gebildet hatten, bestand ein großes Risiko, dass sich die Risse bei mechanischer Belastung entlang dieser Falten weiter vergrößern würden.

Durchführung der Maßnahmen

Zu Beginn der Maßnahmen mussten mittels indirekter Befeuchtung zunächst alle umgefalteten Bildträgerbereiche flexibilisiert werden. Anschließend konnten diese Bereiche entfaltet und über einer Lage dicken Löschkartons beschwert werden. Bereits bei diesem Arbeitsschritt musste auf die korrekte Anordnung verschiedener Rissbereiche geachtet werden. Durch Anbringung der KT-Streifen wurden vor allem die Risse in den Randbereichen für die folgenden Reinigungsmaßnahmen vorbereitet (Abb. 21 bis 24). Dazu wurden die KT-Streifen jedoch nicht parallel zum Längsfaden, sondern senkrecht zur

elastischen Längsrichtung zugeschnitten. Der Riss sollte während der Reinigungsmaßnahmen möglichst starr zusammengehalten werden, um ein weiteres Ausreißen des geschwächten Bildträgers entlang der strapazierten Knickkanten zu verhindern. Durch Verwendung der steifen Eigenschaften der Querausrichtung des KTs blieben die abgeklebten Bereiche während der mechanischen Beanspruchung der Oberflächenreinigung stabil. Die Reinigung erfolgte mit einem groben Mikrofasertuch. Die in den Rissbereichen bereits angebrachten KT-Streifen stabilisierten den Riss insoweit, als die entfalteten Bereiche in ihrer vorgesehen Position blieben und verklebt werden konnten. Als Klebemittel wurde eine verdünnte Lösung der Acrylemulsion HV 498 von Lascaux verwendet. Die KT-Streifen konnten nach und nach umpositioniert oder entfernt werden. Nach abgeschlossener Verklebung aller Risse konnte die Anränderung der Seitenkanten erfolgen.



Abb. 21: Mehrfacher Riss im Randbereich, deformiert.



Abb. 22: Sicherung und Stabilisierung der Risspartien während der Oberflächenreinigung und der Rissverklebung.

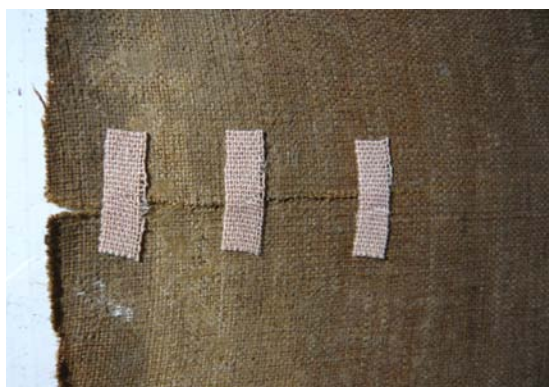


Abb. 23: Rissicherung während der Oberflächenreinigung und der Verklebung.



Abb. 24: Rissicherung bei diagonalem Verlauf in der Leinwand.

6 Schluss

In den inzwischen 40 Jahren seit seiner Entstehung wurde das Kinesiotape als Produkt so weit perfektioniert, dass alle enthaltenen Komponenten ein genau aufeinander abgestimmtes System bilden. Die drei Grundbausteine dieses Systems sind textiles Trägergewebe, Haftklebstoffschicht und Trennfolie. Das Gewebe als Träger des Haftklebstoffs besteht aus einer Verbindung natürlicher Pflanzenfasern und synthetischer Filamente. Die Elastizität und gleichzeitige Reißfestigkeit des Gewebes resultieren aus einer komplexen Verflechtung dieser beiden Faserarten und ihren verschiedenen Eigenschaften. Die nur in Längsrichtung des Tapes gegebene Dehnbarkeit ist vor allem auf das in dieser Richtung des Gewebes verarbeitete Garn, welches mit synthetischen PUR-Fasern ausgestattet ist, zurückzuführen. Durch die unterschiedlichen Rohstoffe und deren unterschiedliche Verarbeitung im Gewebe entsteht ein diffiziles System, welches die mechanische Funktionsweise des kinesiologicalen Tapes von derjenigen anderer Tapes abhebt. Der in alternierenden Sinuskurven aufgetragene Haftklebstoff besteht aus einer Mischung verschiedener Polyacrylat-Basispolymere. Dieser spezielle Auftrag des Klebstoffs in Wellenform unterstützt die durch das Gewebe bereits vorgegebenen Eigenschaften und schließt das Gesamtsystem ab.

Das KT wurde mit dem Schwerpunkt temporärer Sicherungsmaßnahmen nach Kriterien wie optische Eigenschaften, Gesundheits-/ Umweltverträglichkeit, Widerstandsfähigkeit gegen Mikroorganismen, Verträglichkeit zwischen Klebstoff und Substrat sowie Reversibilität eingeschätzt. Vor allem auf das Kriterium der Reversibilität wurde im Rahmen durchgeführter Testreihen mit verschiedenen Substratoberflächen besonderes Augenmerk gelegt. Durch das optische Erscheinungsbild unter herkömmlichen Lichtquellen und ultravioletter Strahlung konnten bei den geprüften Substraten keine Rückstände erkannt werden. Ausschließlich die offenporige Keramik zeigte umfangreiche Klebstoffrückstände nach Entfernung des KT.

Mit seinen spezifischen Eigenschaften, wie etwa Elastizität, Reißfestigkeit, gute Luft- und Wasserdurchlässigkeit und Reversibilität ist das KT ein geeignetes Werkzeug für die Anwendung in verschiedenen Restaurierungsgebieten. Zu diesen Fachgebieten zählen die Restaurierung von Porzellan, Glas, Skulpturen, Zierrahmen und Gemälden auf textilem Bildträger. Die durchgeführten Anwendungsbeispiele an verschiedenen Gemälden mit textilen Bildträgern zeigten, dass das KT erfolgreich eingesetzt werden kann. Seine einfache Handhabbarkeit, verschiedene Eigenschaften wie Elastizität in Längsrichtung, Steifheit in Querrichtung, gute Reversibilität von geprüften Substratoberflächen

(Ausnahme: Keramik) und sein gutes Preis-Leistungs-Verhältnis machen das KT für einen Einsatz in verschiedenen Restaurierungsgebieten attraktiv. Dabei sollte beachtet werden, dass im Rahmen dieser Bachelor-Thesis lediglich das Produkt eines Tape-Herstellers getestet wurde. Die Funktionsweise, jedoch nicht die genaue Materialzusammensetzung kann auf Tapes anderer Hersteller übertragen werden. Vor der Verwendung kinesiologischer Tapes anderer Herstellerfirmen muss eine kritische Auseinandersetzung mit dem Material des Tapes erfolgen.

Während der intensiven Auseinandersetzung mit dem KT, seinem Material und seinen Eigenschaften haben sich Fragen ergeben, deren erfolgreiche Beantwortung auf weitere Erkenntnisse für die Restaurierung hoffen lässt. Können die einzelnen Bestandteile des Klebstoffes weiter analysiert werden? Welche Alterungsprozesse spielen sich beim KT ab? Wie altert insbesondere der Haftklebstoff des KT? Welchen Einfluss hat eine Alterung des Materials auf den enthaltenen Farbstoff und woraus besteht dieser Farbstoff eigentlich? Ziel dieser Bachelor-Thesis war es zu zeigen, ob das KT aufgrund seiner Zusammensetzung und seiner Eigenschaften für einen Einsatz in der Restaurierung geeignet ist. Das Universalheilmittel der Sportmedizin soll jedoch nicht zum Universalheilmittel in der Restaurierung werden. Es soll viel mehr eine Erweiterung der Werkzeugpalette eines Restaurators darstellen. Mit der begonnenen Erforschung des KT ist der Grundstein für das Verständnis und den Einsatz eines neuen Hilfsmittels zum Ausbau dieser Palette gelegt worden.

7 Anhang

A Abbildungen



Abbildung A-1: Beispiel für die herkömmliche Anwendung von Kinesiotape.



Abbildung A-2: Elyth® S Tape Kinesiologie.



Abbildung A-3: GG 7120, Winkelriss, Vorzustand.



Abbildung A-4: GG 7120, Linearer Riss, Vorzustand.



Abbildung A-5: GG 7120, Linearer Riss während der Risszusammenführung. Spannungsdifferenzen innerhalb des Tapes sind an den unregelmäßig ausgebildeten Hohlräumen erkennbar.



Abbildung A-6: GG 7120, Linearer Riss während der Risszusammenführung. KT-Streifen wurden aufgrund eines diagonalen Verzugs schräg auf dem Bildträger appliziert.



Abbildung A-7: GG 7120, Linearer Riss, nach erfolgter Rissverklebung, Vorderseite.



Abbildung A-8: GG 7120, Linearer Riss, nach erfolgter Rissverklebung, Rückseite.



Abbildung A-9: GG 7120, Winkelriss, nach erfolgter Rissverklebung, Vorderseite.



Abbildung A-10: GG 7120, Winkelriss, nach erfolgter Rissverklebung, Rückseite.

B Tabellen

Tabelle B-1: Detailansicht aus Abb. 4 Messung der Fadendicken ohne Gewebedehnung

Die für weitere Berechnungen relevanten Messwerte der Längs- und Querfäden sind rot markiert. Die blaue Markierung hebt die Messwerte der Querfäden separat hervor.

	Name	Hohe [μm]	Breite 1 [μm]	Breite 2 [μm]	Winkel [Grad]	Fläche [μm^2]	Breite 1 [μm]
1	Profil	531,986	317,708	317,708	59,154	39373,167	619,635
2	Profil	531,986	372,354	372,354	55,011	53553,843	649,351
3	Profil	531,986	363,541	363,541	55,287	73004,194	647,172
4	Profil	531,986	362,187	362,187	55,752	57391,591	643,575
5	Profil	531,986	303,729	303,729	60,277	46531,188	612,585

Tabelle B-2: Detailansicht aus Abb. 5 Messung der Fadendicken unter maximaler Gewebedehnung

Die für weitere Berechnungen relevanten Messwerte der Längs- und Querfäden sind rot markiert. Die blaue Markierung hebt die Messwerte der Querfäden separat hervor.

	Name	Hohe [μm]	Breite 1 [μm]	Breite 2 [μm]	Winkel [Grad]	Fläche [μm^2]	Breite 1 [μm]
1	Profil	615,653	368,870	368,870	59,072	121512,181	717,700
2	Profil	615,653	334,274	334,274	61,500	91579,170	700,548
3	Profil	615,653	276,717	276,717	65,798	82220,705	674,982
4	Profil	615,653	224,373	224,373	69,976	63835,131	655,265

Tabelle B-3: Detailansicht aus Abb. 6 Abstandsmessung in Längsrichtung ohne Gewebedehnung

Die für weitere Berechnungen relevanten Messwerte sind rot markiert.

	Name	Hohe [μm]	Breite 1 [μm]	Breite 2 [μm]	Winkel [Grad]	Fläche [μm^2]	Breite 1 [μm]
1	Profil	1295,254	144,875	461,313	63,618	32622,234	1303,331
2	Profil	1295,254	72,438	331,688	66,799	13627,042	1297,278
3	Profil	1295,254	163,938	552,813	62,787	46144,206	1305,587
4	Profil	1295,254	72,438	369,813	66,799	14131,549	1297,278
5	Profil	1295,254	175,375	503,250	62,289	35217,271	1307,073

Tabelle B-4: Detailansicht aus Abb. 7 Abstandsmessung in Längsrichtung unter maximaler Gewebedehnung

Die für weitere Berechnungen relevanten Messwerte sind rot markiert.

	Name	Hohe [μm]	Breite 1 [μm]	Breite 2 [μm]	Winkel [Grad]	Fläche [μm^2]	Breite 1 [μm]
1	Profil	1306,292	407,944	697,698	72,657	510697,474	1368,509
2	Profil	1306,292	297,375	651,938	77,175	388458,449	1339,712
3	Profil	1306,292	320,250	667,188	76,225	418339,868	1344,875
4	Profil	1306,292	221,131	514,702	80,392	288861,643	1324,876

C IR-Spektren/ Messprotokolle

Die Messungen wurden durchgeführt von Dipl.-Chem Dipl.-Ing. Christophe Nies am Lehrstuhl für Adhäsion und Interphasen in Polymeren an der Universität des Saarlandes. Detaillierte Geräteparameter zum Messinstrument (IR-Mikroskop) sind dem Anhang D-1 zu entnehmen. Die tabellarische Auswertung der Spektren erfolgte durch die Autorin und Dipl.-Chem. Julia Krez.

Ausführungen zu Messablauf und Interpretation der Spektren:

Das Funktionsprinzip einer infrarot-spektroskopischen Untersuchung beruht auf der Anregung von Energiezuständen in Molekülen durch die Absorption von elektromagnetischer Strahlung im infraroten Bereich. Durch die Schwingungsanregung der Molekülbindungen bilden sich im IR-Spektrum für die jeweiligen Atomgruppen charakteristische Schwingungsbanden, die zur Identifizierung funktioneller Gruppen genutzt werden können.

Bei der IR-Mikroskopie wird ein Germanium-Kristall mit hohem Brechungsindex auf die Probe aufgesetzt und Wechselwirkungen infraroter Strahlung mittlerer Wellenlänge (MIR) an der Phasengrenze von Kristall und Probe gemessen.⁸¹ Der Detektor erfasst so die in „Abhängigkeit von der optischen Wellenlängendifferenz unterschiedlich interferierende Strahlung“⁸² in abgeschwächter Totalreflexion (ATR). Dieses resultierende Interferogramm wird anschließend mittels Fouriertransformation in ein Spektrum umgewandelt.

Ein komplexes Molekül besitzt eine Vielzahl von Schwingungsmöglichkeiten, wie Valenz- (ν), Deformations- (δ) und Gerüstschwingungen (ν). Das IR-Schwingungsspektrum einer Substanz kann somit in charakteristische Schwingungen und molekülspezifische Schwingungen aufgeteilt werden. Oberhalb von $\nu = 1500 \text{ cm}^{-1}$ befinden sich die Absorptionsbanden, die funktionellen Gruppen zugeordnet werden können. Unterhalb von $\nu = 1500 \text{ cm}^{-1}$ treten Absorptionsbanden der Gerüstschwingungen auf. Es handelt sich dabei um gekoppelte Schwingungen die stark vom Molekülrest abhängen. Dieser Schwingungsbereich wird daher auch als „Fingerabdruck“ des Moleküls (Fingerprintbereich) bezeichnet und ist substanzspezifisch.⁸³

C-1 IR-Schwingungsspektren der synthetischen Faser

Fig. C-1.1 zeigt das gemessene Spektrum der synthetischen Faser. Eine Detailansicht Fig. C-1.2 des sogenannten Fingerprintbereichs des Spektrums zeigt charakteristische Schwingungen verschiedener funktioneller Gruppen des Moleküls.

⁸¹ GÜNZLER/GREMLICH 2003, S. 123.

⁸² Fourier-Transform-IR-Spektroskopie [Internetquelle, siehe Literaturverzeichnis].

⁸³ Vgl. GÜNZLER/GREMLICH 2003, S. 158ff.

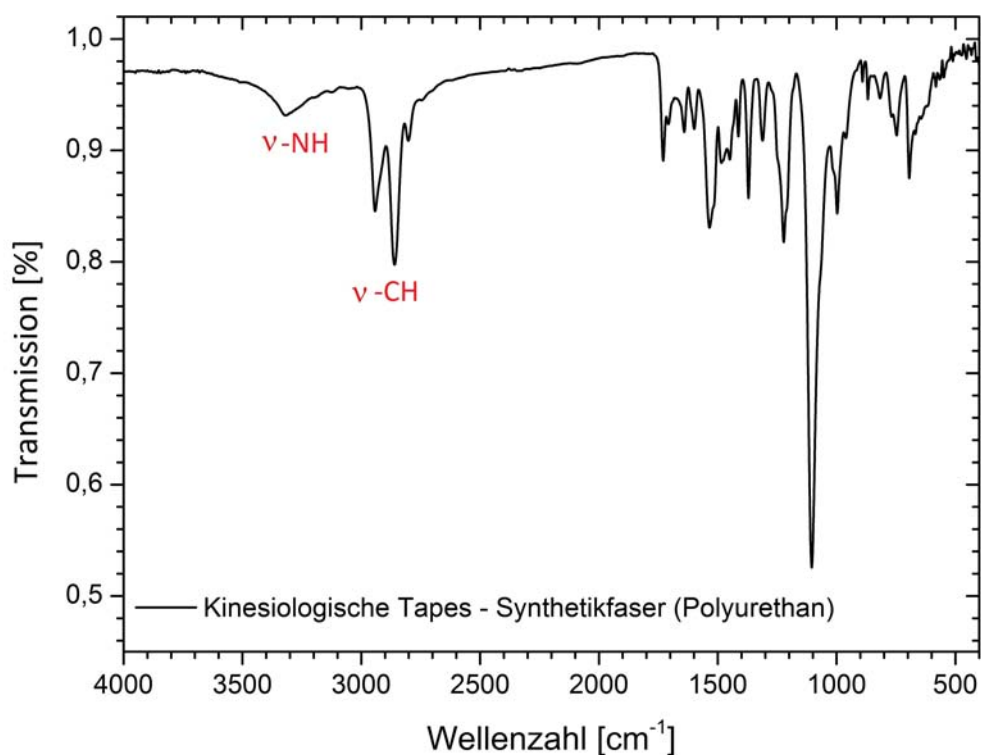


Fig. C-1.1: IR-Schwingungsspektrum der synthetische Faser im Bereich 4000-500 cm^{-1} .

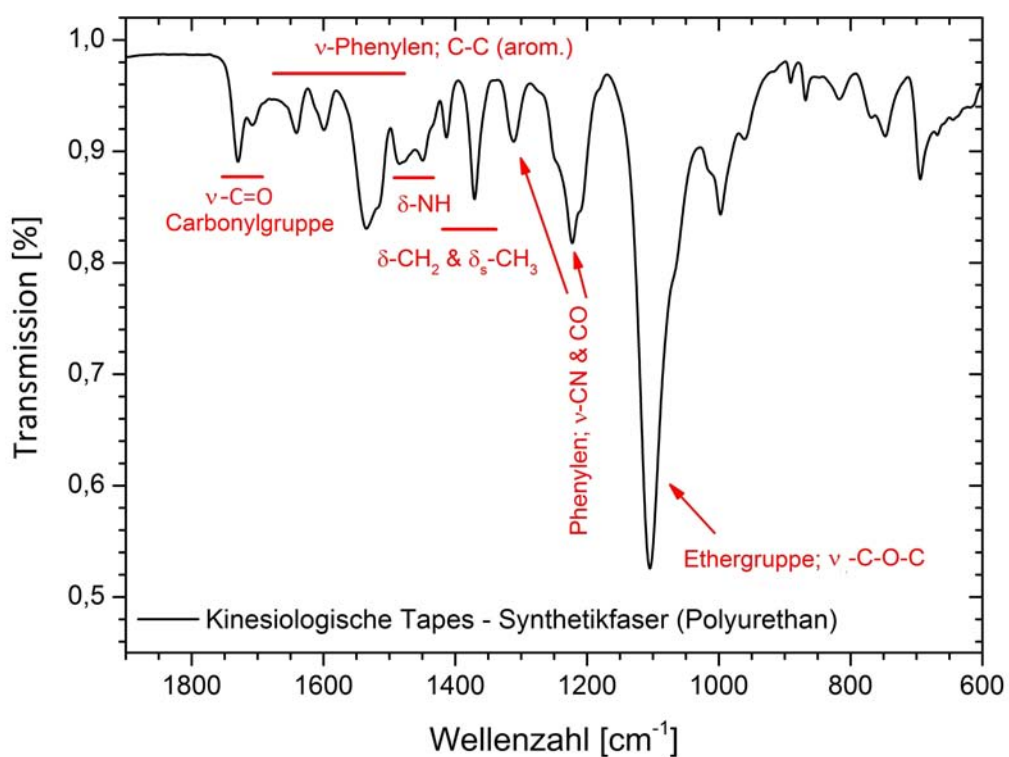


Fig. C-1.2: IR-Schwingungsspektrum: synthetische Faser im Bereich von 1800-500 cm^{-1} (Fingerprintbereich).

Tabelle C-1: Schwingungsbanden der synthetischen Faser

Wellenzahl [cm^{-1}]	Funktionelle Gruppe	Schwingungstyp
3500 – 3300	$\nu(\text{-N-H})$	Valenzschwingungen Amin-Gruppe
3000 – 2800	$\nu(\text{-C-H})$	Valenzschwingungen gesättigte Kohlenwasserstoffe
1850 – 1600	$\nu(\text{-C=O})$	Valenzschwingungen Carbonyl-Gruppe
1610 – 1590 1500 – 1480	$\nu(\text{-C=C-})$	Gerüstschwingungen Aromaten
1650 – 1550	$\delta(\text{-N-H})$	Deformationsschwingungen Amin-Gruppe
1470 – 1400	$\delta(\text{-C-H})$	Deformationsschwingungen gesättigte Kohlenwasserstoffe
1360 – 1030	$\nu(\text{-C-N-})$	Valenzschwingungen Amid-Gruppe
1270 – 1020	$\nu(\text{-C-O-C})$	Valenzschwingungen Ether-Gruppe

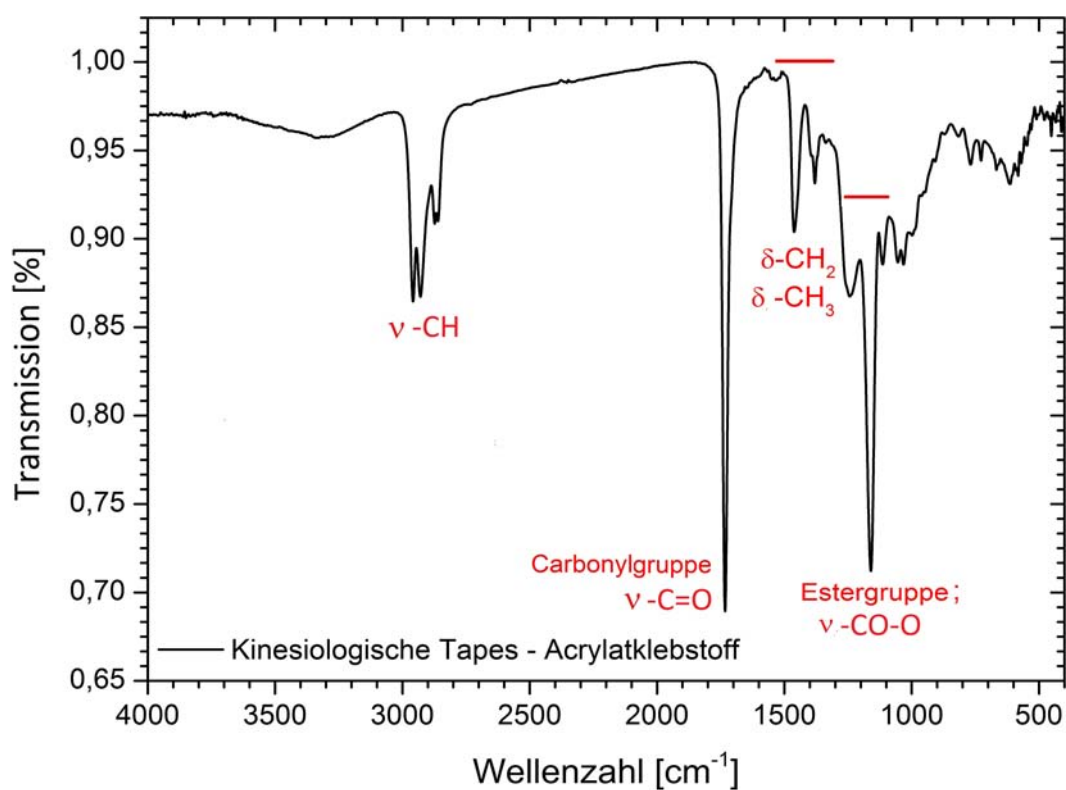
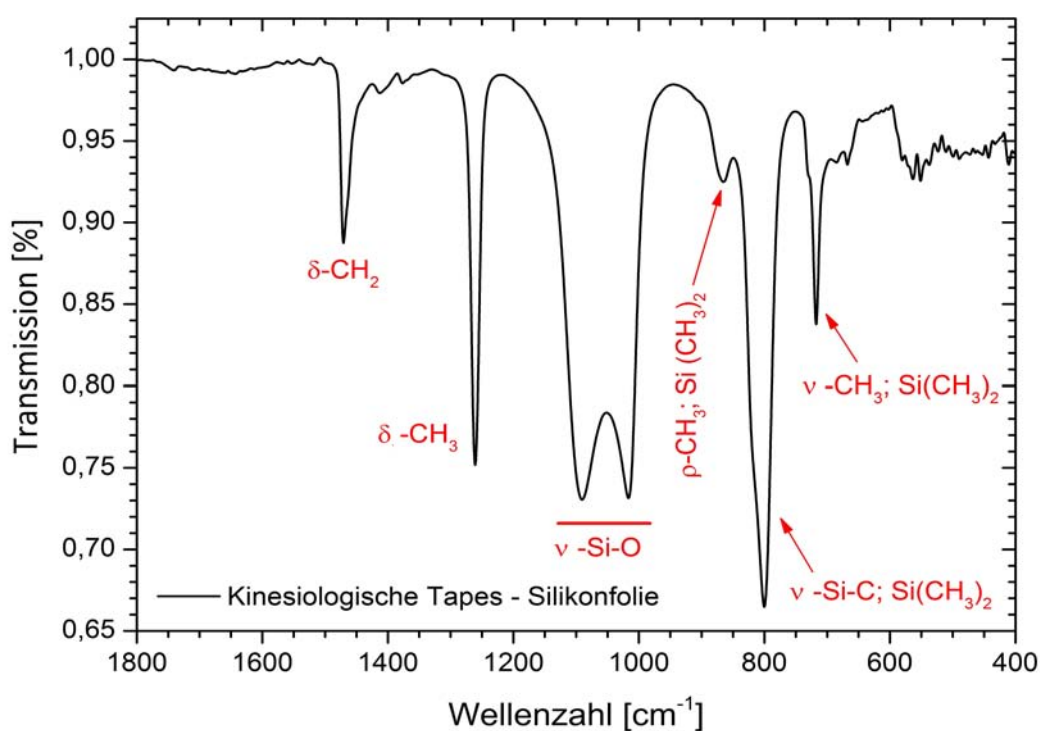
C-2 IR-Schwingungsspektrum des Haftklebstoffs**Fig. C-2:** IR-Schwingungsspektrum des Haftklebstoffs im Bereich von 4000 – 500 cm^{-1} .

Tabelle C-2: Schwingungsbanden des Haftklebstoffs

Wellenzahl [cm ⁻¹]	Funktionelle Gruppe	Schwingungstyp
3000 – 2800	v(-C-H)	Valenzschwingungen gesättigte Kohlenwasserstoffe
1850 – 1600	v(-C=O)	Valenzschwingungen Carbonyl-Gruppe
1470 – 1400	δ(-C-H)	Deformationsschwingungen gesättigte Kohlenwasserstoffe
1300 – 1020	v(-CO-O-)	Valenzschwingungen Ester-Gruppe

C-3 IR-Schwingungsspektrum der Trennfolienbeschichtung**Fig. C-3:** IR-Schwingungsspektrum der Trennfolienbeschichtung im Bereich von 1800 – 400cm⁻¹.**Tabelle C-3:** Schwingungsbanden der Trennfolienbeschichtung

Wellenzahl [cm ⁻¹]	Funktionelle Gruppe	Schwingungstyp
1500 – 1300	δ(-C-H)	Valenzschwingungen gesättigte Kohlenwasserstoffe
1100 – 950	v(-Si-O)	Valenzschwingungen Siloxan-Gruppe
1000 – 650	v(-Si-CH ₃) ₂	Valenzschwingungen Silyl-Gruppe

D Geräteparameter

D-1 IR-Spektroskop (IR-Mikroskop)

Messgerät: Bruker IFS 66v/s FTIR

<i>Parameter</i>	<i>FTIR-μ-ATR</i>
Messung in	ATR (attenuated total reflectance = Abgeschwächte Totalreflexion)
Mikroskopiereinheit	Bruker Hyperion 2000
Anpressdruck	12 N
Software	OPUS 6.5
Polarisation des IR-Lichts	p-polarisiert
Einfallswinkel	19°-37°
Strahlenteiler	KBr
Objektiv	20x ATR-Kristall
ATR-Kristall	Ge
Detektor	MCT (Mercury Cadmium Tellurid)
Scanzahl	500
Spiegelgeschwindigkeit	20 kHz
Apertur	6mm
Auflösung	4 cm ⁻¹
Wellenzahlbereich	MIR (4000-400 cm ⁻¹)
Phasenauflösung	32
Phasenkorrekturmodus	Mertz
Apodisation	Blackman-Harris 3-Term
Zero Filling Factor	8
Probenumgebung	Trockene Luft
Temperatur	RT (~23°C)

D-2 Digitales 3D-Mikroskop

HIROX KH-7700

<i>Parameter</i>	
Sensor	2.11 MegaPixel CCD
Lichtquelle	60 W
Linse	MX-MacroZ VI

8 Literaturverzeichnis

- BREITENBACH, S. (2004): Kinesio-Taping – eine neue, revolutionäre Technik!. In: Physikalische Therapie 01, S. 16 – 20.
- DIN 60001-2: 1990 Textil, Textile Faserstoffe, Faserformen.
- DRESSEL, M. (2010): Ohne Ende flexibel. In: Adhäsion, Bd. 54, Nr. 4 – 5, S. 38 – 39.
- EIBL-EIBESFELDT, B./KESSLER, S. (1997): Verbandlehre.
- GROTH, K. (2008): Kleb den Schmerz einfach weg. 3. überarb. Aufl., München.
- GÜNZLER, H./GREMLICH, H. (2003): IR-Spektroskopie – Eine Einführung. Weinheim.
- HANCOCK, D. (O. J.): Scientific explanation of Kinesio Tex Tape
http://hitechtherapy.ipcoweb.com/user_images/kinesiotex/scientific_explanation_kinesiotex.pdf vom 20.06.2013.
- HEIBER, W. (1996): Die Rissverklebung. In: Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung Nr.1, S. 117 – 146.
- JÓDAR et al. (2008): Mechanical behaviour of functional tape: implications for functional taping preparation.
http://www.tapingbase.de/sites/default/files/mechanical_behaviour_of_functional_tape_0.pdf vom 17.07.2013
- KASE et al. (2003): Clinical Therapeutic Applications of the Kinesio Taping Method. Tokyo.
- KOSS, J./MUNZ, J. (2012): Wie ist der aktuelle Stand der Evidenz und des Wissens über die Effektivität des Medical Tapings in Bezug auf Kreislauf, Muskelfunktion, Korrektur, Schmerzen und Propriozeption. In: Manuelle Therapie Nr. 16, S 138 – 149.
- KRÜGER, G. (2012): Haftklebebänder, selbstklebende Folien und Etiketten - Entwicklung, Verarbeitung und industrieller Einsatz. München.
- KUMBRINK, B. (2009): K-Taping – Ein Praxishandbuch. Heidelberg.
- LIU, J. (2012): Medical Adhesives and Skin Adhesion. In: PSTC TECH 35, Mai 2012.
<http://www.pstc.org/files/public/Liu,%20Jacob2012.pdf>
- MAURER, E (2005): Strukturuntersuchungen an Haftklebstoffen beim mechanischen Tack-Test auf makroskopischer und mikroskopischer Längenskala (Diss.)
- SINGHA, K. (2012): Analysis of Spandex/Cotton Elastomeric Properties – Spinning and Applications. In: International Journal of Composite Materials, Bd. 2, Nr. 2, S. 11 – 16.
- SOCRATES, G. (2001): Infrared and Raman Characteristics Group Frequencies – Tables and Charts.
- UHLIG, K. (2001): POLYURETHAN TASCHENBUCH. 2. ÜBERARB. AUF., MÜNCHEN.
- WÜLFERT, S. (1999): Der Blick ins Bild – Lichtmikroskopische Methoden zur Untersuchung von Bildaufbau, Fasern und Pigmenten. Freiburg.

Internetquellen

Geschichte von Kinesio Tex® Tape

<http://www.kinesiotaping.co.uk/history.jsp> vom 17.06.2013.

Kinesio Taping Association

<http://www.kinesiotaping.com/global/association/about.html> vom 18.06.2013.

Bedeutung der Farben

<http://www.tapingbase.nl/de/node/499> vom 17.06.2013.

Elyth Produktinformation

<http://www.elyth.de/index.php?page=de/s-linie/index> vom 1.07.2013.

FU Berlin: Elastan

<http://www.chemie.fu-berlin.de/chemistry/kunststoffe/elastan.htm> vom 18.07.2013.

Fourier-Transform-IR-Spektroskopie

http://www.chemgapedia.de/vsengine/tra/vsc/de/ch/3/anc/ir_raman_spektroskopie1.tra/Vlu/vsc/de/ch/3/anc/ir_spek/ir_geraete.vlu/Page/vsc/de/ch/3/anc/ir_spek/ir_spektroskopie/ir_geraetetechnik/ir_8_5/ftirspektr_mzu0703.vscml.html vom 24.07.2013.

Industrievereinigung Chemiefaser e. V.: Elastan-Fasern

http://www.ivic-ev.de/live/index.php?page_id=10 vom 18.07.2013.

Polyurethan-Fasern

<http://www.chemgapedia.de/vsengine/tra/vsc/de/ch/9/mac/stufen/stufenreaktionen.tra/Vlu/vsc/de/ch/9/mac/stufen/polyaddition/polyurethane/puandere.vlu/Page/vsc/de/ch/9/mac/stufen/polyaddition/polyurethane/purfaser.vscml.html> vom 18.07.2013.

Patente

HOEY, R. (1971): Conformable elastic adhesive tape. United States Patent 3,618,754.

Eingereicht: 11.02.1969, bewilligt: 09.11.1971.

<http://www.google.com.ai/patents/US3618754> vom 20.06.2013.

KASE, K. (1999): Body-adhesive Tape. United States Patent 5,861,348. Eingereicht: 19.07.1996, bewilligt: 19.01.1999.

[http://www.google.com.ai/patents/US5861348?](http://www.google.com.ai/patents/US5861348?dq=Kase+United+States+Patent+5,861,348.&hl=de&sa=X&ei=CvsBUvfaJMrSsgaewIDwDg&ved=0CDUQ6AEwAA)

[dq=Kase+United+States+Patent+5,861,348.&hl=de&sa=X&ei=CvsBUvfaJMrSsgaewIDwDg&ved=0CDUQ6AEwAA](http://www.google.com.ai/patents/US5861348?dq=Kase+United+States+Patent+5,861,348.&hl=de&sa=X&ei=CvsBUvfaJMrSsgaewIDwDg&ved=0CDUQ6AEwAA) vom 20.06.2013.

KOMP, J. (1970): Adhesive Tape products. United States Patent 3,523,859. Eingereicht: 08.03.1965, bewilligt: 11.08.1970.

<http://www.google.com/patents/US3523859> vom 20.06.2013.

MAZZA, R. et al. (1995): Elastic bandaging material. United States Patent 5,397,298. Eingereicht: 09.09.1992, bewilligt: 14.03.1995.

[http://www.google.com.ai/patents/US5397298?pg=PA1&dq=Mazza+Elastic+bandaging+material.](http://www.google.com.ai/patents/US5397298?pg=PA1&dq=Mazza+Elastic+bandaging+material.+United+States+Patent+5,397,298.&hl=de&sa=X&ei=avsBUvHnD9HOswbwwYH4Bw&ved=0CDUQ6AEwAA)

[+United+States+Patent+5,397,298.&hl=de&sa=X&ei=avsBUvHnD9HOswbwwYH4Bw&ved=0CDUQ6AEwAA](http://www.google.com.ai/patents/US5397298?pg=PA1&dq=Mazza+Elastic+bandaging+material.+United+States+Patent+5,397,298.&hl=de&sa=X&ei=avsBUvHnD9HOswbwwYH4Bw&ved=0CDUQ6AEwAA) vom 20.06.2013.

Abbildungsnachweis

Sofern nicht anders angegeben wurden die Aufnahmen von der Autorin angefertigt.

Abb. 4 – 7: Kunsthistorisches Museum Wien

Abb. 16 – 24: Aufnahmen entstanden in Kooperation mit dem Kunsthistorischen Museum Wien

Fig. 1: Entnommen aus: KASE 1999

Fig. 2: Entnommen aus: SINGHA 2012, S. 11.

Fig. 3 und Fig. 5: Entnommen aus: KUMBRINK 2009, S. 5 und S. 10.

Fig. 4: Dipl.-Chem. Dominic Becker

Fig. C-1.1 – Fig. C-3: Dipl.-Chem. Dipl.-Ing. Christophe Nies, weiter bearbeitet durch Dipl.-Chem. Julia Krez

Abbildung A-3 – A-10: Aufnahmen entstanden in Kooperation mit dem Kunsthistorischen Museum Wien

9 Eidesstattliche Erklärung

Hiermit versichere ich eidesstattlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Veröffentlichungen entnommen sind, wurden als solche kenntlich gemacht.

Die Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

München, den 20.08.2013

Unterschrift