

Grundlegende Aspekte der Reibechtheit von reaktivgefärbten Cellulosematerialien

Von der Fakultät Chemie der Universität Stuttgart
zur Erlangung der Würde eines
Doktors der Naturwissenschaften (Dr. rer. nat.)
genehmigte Dissertation

vorgelegt von
Dipl.-Chem. Frank Strauß
aus Plochingen

Hauptberichter:	Prof. Dr. K. Bredereck
Mitberichter:	Prof. Dr. W. Oppermann
Tag der mündlichen Prüfung:	25. Juli 2000

Institut für Textil- und Faserchemie
der Universität Stuttgart
2000

Die vorliegende Arbeit wurde am Institut für Textil- und Faserchemie der Universität Stuttgart angefertigt.

Mein herzlicher Dank gilt:

- Herrn Prof. Dr. K. Brederick für die Überlassung des Themas sowie die vielen Anregungen und hilfreichen Diskussionen während der Anfertigung dieser Arbeit
- Herrn J. Bernhardt und Herrn B. Carle für die redaktionelle Unterstützung
- allen Kolleginnen und Kollegen am Institut für Textil- und Faserchemie für die gute Zusammenarbeit und Hilfsbereitschaft

Für meine Eltern und Ariane

I. Einleitung und Problemstellung	1
II. Allgemeiner Teil	4
1. Cellulosische Fasermaterialien	4
1.1 Aufbau der Cellulose.....	4
1.2 Baumwolle.....	6
1.3 Celluloseregeneratfasern.....	8
1.3.1 Viskose.....	8
1.3.2 Modal.....	8
1.3.3 Cupro.....	8
1.3.4 Lyocell.....	9
2. Textile Veredlungsschritte	11
2.1 Allgemeines.....	11
2.2 Vorbehandlung.....	11
2.2.1 Mercerisieren.....	12
2.2.2 Ammoniakbehandlung.....	13
2.3 Farbgebung.....	14
2.4 Mechanische Oberflächenbehandlung.....	14
2.5 Appretur.....	15
2.5.1 Füll- und Griffappreturen.....	15
2.5.2 Hochveredlung.....	16
3. Reaktivfarbstoffe	17
3.1 Chemische Konstitution.....	17
3.2 Reaktion von Farbstoff und Cellulosefaser.....	18
3.3 Stabilität der Farbstoff-Faser-Bindung.....	19
3.4 Chromophorsysteme.....	20
3.5 Reaktivgruppen.....	21
3.6 Reaktivität der Reaktivgruppen.....	22
3.7 Wichtige Reaktivgruppen und ihre Handelsnamen.....	23
3.8 Färben mit Reaktivfarbstoffen.....	25
3.8.1 Kenngrößen einer Reaktivfärbung.....	25
3.8.2 Ausziehverfahren.....	31
3.8.3 Klotz-Kaltverweil-Verfahren (KKV).....	32

4. Farbmatrik.....	33
4.1 Grundlagen.....	33
4.2 Farbmeßsysteme.....	37
4.3 Remission.....	38
4.4 Richttyptiefe.....	38
4.5 Lambert-Beer'sches Gesetz.....	38
4.6 Kubelka-Munk-Funktion.....	39
5. Licht- und Rasterelektronenmikroskopie.....	40
III. Spezieller Teil.....	42
6. Reibechtheit.....	42
6.1 Allgemeines.....	42
6.2 Ursachen der Reibechtheit.....	43
6.3 Ansätze zur Verbesserung von Reib(un)echtheiten.....	47
6.4 Bestimmung von Reibechtheiten.....	49
6.4.1 Das Crockmeter.....	50
6.4.2 Das Reibgerät nach Ruf.....	50
7. Reibungskraft.....	52
7.1 Allgemeines.....	52
7.2 Messung von Reibungskräften.....	52
7.2.1 Das Kawabata Evaluation System.....	52
7.2.2 Modifiziertes Crockmeter.....	54
7.2.3 Meßmethoden zur Ermittlung der Haarigkeit und Rauigkeit von Gewebe.....	54
8. Auswahl der Materialien.....	55
8.1 Farbstoff.....	55
8.2 Gewebe.....	56
9. Reibechtheitsprüfung.....	57
9.1 Verwendete DIN-Normen.....	57
9.2 Praktische Durchführung von Reibechtheitsprüfungen.....	59
9.2.1 Das Crockmeter.....	59
9.2.2 Vergleich unterschiedlicher Crockmetertypen.....	60
9.2.3 Das Reibgewebe.....	61
9.2.4 Befestigung des Reibgewebes beim Crockmeter.....	61
9.2.5 Befestigung des Prüfgewebes beim Crockmeter.....	62

9.3	Trockenreibechtheit.....	63
9.4	Naßreibechtheitsprüfung	63
9.4.1	Reibechtheit in Abhängigkeit von der Reibgewebefeuchte.....	65
9.4.2	Verschiedene Arten der Feuchtaufnahme beim Reibgewebe.....	66
9.4.3	Feuchteabnahme des Reibgewebes beim Reiben von verschiedenen Materialien....	68
9.5	Das Ruf-Reibgerät	73
9.5.1	Anpreßdruck beim Ruf-Reibgerät.....	73
9.6	Bewertung der Reibechtheitsprüfung.....	75
9.6.1	Vorbereitung.....	75
9.6.2	Visuelle Bewertung	76
9.6.3	Instrumentelle Bewertung	78
9.6.4	Vergleich von visueller und instrumenteller Bewertung	80
10.	Grundlegende Versuche	81
10.1	Vergleichswerte der Ausgangsfärbungen	81
10.1.1	Färbungen nach dem KKV-Verfahren	81
10.1.2	Färbungen nach dem Ausziehverfahren.....	84
10.2	Einfluß des Faserabriebs auf die Bewertung von Reibechtheiten.....	86
10.2.1	Faserabrieb auf dem Reibgewebe.....	86
10.2.2	Faserfragmente auf dem Reibgewebe.....	89
10.2.3	Entstehung von Faserfragmenten aus der Prüfgewebefaser.....	93
10.3	Vergleich von Crockmeter und Ruf-Reibgerät.....	94
10.3.2	Reibechtheitswerte von Crockmeter und Ruf-Reibgerät	107
10.4	Unterschiedliche Anzahl an Reibbewegungen	112
10.5	Unterschiedliche Anzahl an Reibbewegungen	
	- Vergleich von Crockmeter und Ruf-Reibgerät.....	114
10.6	Unterschiedliche Anzahl an Reibbewegungen bei verschiedenen Gewebefarbtiefen	116
10.7	Einführung von Reibechtheitskennwerten	118
11.	Färbenachbehandlung durch Extraktion oder Nachwäsche	120
11.1	Grundversuch	120
11.2	Färbenachbehandlung durch Extraktion mit DMF/Wasser.....	122
11.3	Vergleich einer Extraktion mit DMF/Wasser und einer Nachwäsche mit Wasser	132
12.	Färbenachbehandlung durch kationische Verbindung	133
12.1	Kationische Behandlung in unmittelbarem Anschluß an den Färbeprozess	133
12.2	Kationische Behandlung bei gelagerten Färbungen	135

13. Färbungen auf unterschiedlichen Substraten.....	137
13.1 Färbungen von Schwarz 2b auf unterschiedlichen Substraten.....	137
13.2 Färbungen von Schwarz 2b auf Lyocell und Lyocell LF.....	145
13.3 Färbungen von Schwarz 2b auf Tencel und Tencel A100.....	151
14. Färbungen mit Reaktivfarbstoffen unterschiedlicher Funktionalität.....	153
14.1 Färbungen mit einem mono- und einem bifunktionellen Farbstoff.....	153
14.2 Färbungen mit einem bi- und einem trifunktionellen Farbstoff.....	158
15. Textile Veredlungsschritte.....	159
15.1 Mercerisierung.....	159
15.2 Flüssigammoniak-Behandlung.....	160
15.3 Hochveredlung.....	166
15.3.1 Appreturen.....	166
15.4 Faserschädigung bei Veredlungsschritten.....	171
16. Reibechtheiten in Gegenwart verschiedener organischer Lösungsmittel.....	174
16.1 Grundlagen.....	174
16.2 Reibechtheitswerte.....	174
17. Tribologische Untersuchungen zur Ermittlung der Reibungskräfte.....	178
17.1 Untersuchungen mit dem Kawabata Evaluation System (KES-F-4).....	178
17.2 Reibungskraftermittlung mit einem modifizierten Crockmeter.....	180
17.2.1 Versuchsaufbau.....	180
17.2.2 Meßprinzip.....	181
17.3 Verschiedene Materialien.....	183
17.4 Änderung der Reibungskräfte bei einer hohen Zahl an Reibbewegungen.....	186
17.5 Unterschiedliche Reibgeschwindigkeiten.....	187
17.6 Reibgewebe.....	188
17.6.1 Ausrichtung des Reibgewebes auf dem Zapfen.....	188
17.6.2 Trockenes Reibgewebe.....	189
17.7 Reibgewebefeuchte.....	193
17.7.1 Verschiedene Arten der Feuchtaufnahme beim Reibgewebe.....	193
17.7.2 Unterschiedliche Gewebefeuchte beim Reibgewebe.....	194
17.8 Textile Veredlungsschritte.....	196
17.8.1 Mercerisierung.....	196
17.8.2 Flüssigammoniak-Behandlung.....	197
17.8.3 Hochveredlung.....	198
17.8.4 Verschiedene Lösungsmittel.....	206
17.9 Zusammenfassende Betrachtung.....	207

IV. Zusammenfassung	208
V. Summary.....	212
VI. Experimenteller Teil.....	215
18. Verwendete Materialien.....	215
18.1 Farbstoffe	215
18.2 Gewebe	215
18.3 Gefärbte Gewebe.....	216
19. Färbeverfahren	216
19.1 KKV-WG-Verfahren.....	216
19.2 Auszieh-Verfahren	217
20. UV/Vis-Messungen	218
21. Nachbehandlungen	219
21.1 Färbenachbehandlung durch Nachwäsche und Extraktion.....	219
21.2 Färbenachbehandlung durch kationische Verbindung.....	219
21.3 Flüssigammoniak-Behandlung	219
21.4 Appreturen.....	219
21.5 Faserschädigung.....	220
22. Reißkraftermittlung	223
23. Reibechtheitsprüfung.....	224
23.1 Reibgewebe.....	224
23.2 Reibechtheitsprüfung mit dem Crockmeter	224
23.3 Reibechtheitsprüfung mit dem Ruf-Reibgerät	225
24. Remissionsmessungen.....	225
24.1 Gewebefarbtiefe.....	226
24.2 Instrumentelle Reibechtheitsbewertung bei Crockmeter und Ruf-Reibgerät	226
25. Mikroskopische Untersuchungen	227
25.1 Lichtmikroskopie	227
25.2 Rasterelektronenmikroskopie	227
26. Reibungskraftermittlung	227
26.1 Kawabata Evaluation System (KES-F-4)	227
26.2 Modifiziertes Crockmeter.....	227
VII. Anhang.....	228
VIII. Literatur.....	229

I. Einleitung und Problemstellung

Die Weltbevölkerung hat einen momentanen Stand von ca. 6 Mrd. und steigt weiter beständig an. Mit diesem Wachstum nimmt auch – besonders in den Industrieländern – der Bedarf an Rohstoffen für neue Textilien zu. Einer Prognose zufolge beträgt dieser Textilfaserbedarf im Jahre 2000 etwa 46,8 Mill. Tonnen, während 1990 eine Menge von 38,2 Mill. Tonnen verbraucht wurde. Der Anteil von synthetischen Materialien wie Polyamid oder Polyester stieg in dieser Zeit überproportional stark von 14,9 auf 22,6 Mill. Tonnen an, was nicht zuletzt durch den Boom von Funktionskleidung im Freizeitsektor und dem Einsatz als technische Textilien zurückzuführen ist [1].

Nach wie vor den höchsten Anteil an der Gesamtmenge hat jedoch – als Einzelfaser betrachtet – die Baumwolle. Die Mengenprognose betrug 19,8 Mill. Tonnen für das Jahr 2000, was einen geringen Anstieg gegenüber 1990 von 18,6 Mill. Tonnen bedeutet. Durch Einsatz bestimmter Anbau- und Züchtungsmethoden kann diese Menge bis zum Jahr 2005 auf 22,3 Mill. Tonnen gesteigert werden [2]. Besonders aufgrund ihres hohen Tragekomforts, resultierend aus den positiven Eigenschaften wie Hautfreundlichkeit, hohe Saugkraft und hohe Luftdurchlässigkeit, sind Textilien aus Baumwolle sehr beliebt.

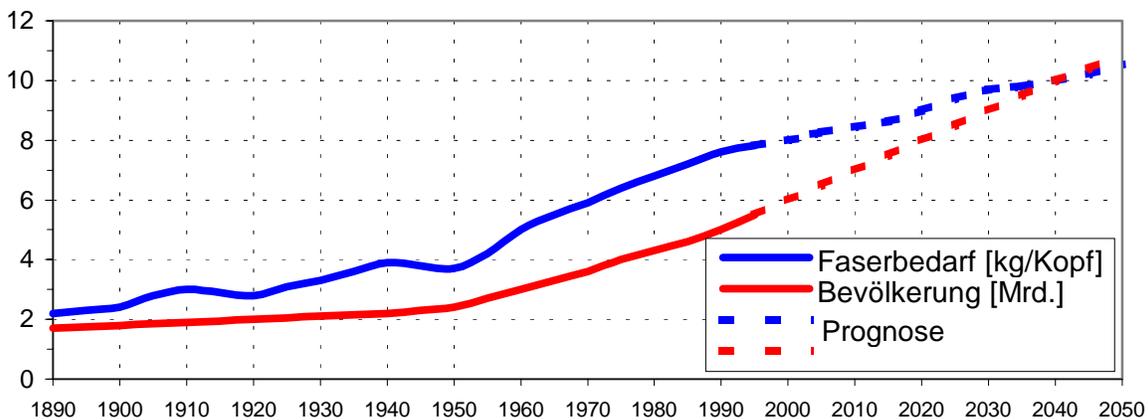


Abb. 1: Weltfaserverbrauch und Bevölkerungswachstum [3]

Analog zum Wachstum des Textilfaserbedarfs steigt auch die Nachfrage nach Farbstoffen, mit denen die Textilien gefärbt werden können. Allein in Europa betragen die Farbstoffmengen 80.300 t im Jahr 1997, mit einer prognostizierten Steigerung auf 85.900 t im Jahr 2004. Die Reaktivfarbstoffe nehmen darin einen Anteil von ca. 25% ein (Abb. 2) [4].

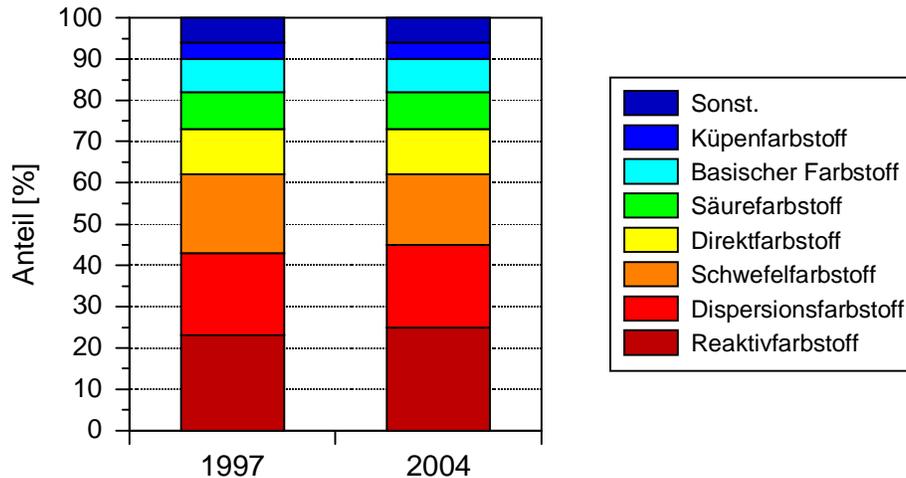


Abb. 2: Anteile verschiedener Farbstoffklassen in Europa [4]

Die heutige Mode lebt davon, dem Kunden immer neu entworfene Bekleidung vorzustellen. Ein wesentliches Gestaltungsmerkmal für eine neue Kollektion ist die Farbe, wobei die Modifarben von Winter- und Sommerkollektionen immer wieder wechseln. Neben diesen kurzen Wechselphasen der zumeist eher hellen, pastellen Farben, gibt es eine sehr beständige Nachfrage nach Artikeln in gedeckten und dunklen Farbnuancen.

Bereits seit den Anfängen des Färbens von Textilien vor ca. 3500-5000 Jahren – über den genauen Beginn ist sich die Wissenschaft uneinig – dürfte sich der Mensch beim Färben mit den Problemen konfrontiert gesehen haben, echte Färbungen herzustellen [5][6][7]. Das Färben der Textilien aus Baumwolle, Flachs und Wolle erfolgte lange Zeit mit Naturfarbstoffen wie Indigo, Krapp oder Kermes. Diese Naturfarbstoffe weisen neben der teilweise sehr geringen Wasch- und Lichtechtheit auch ein Defizit in den Reibechtheitseigenschaften auf.

Doch auch mit Einführung der synthetisch hergestellten Farbstoffe Mitte des 19. Jahrhunderts, die seit diesem Zeitpunkt sozusagen "maßgeschneidert" für die verschiedensten Anforderungen zur Verfügung stehen, ist die Frage der Echtheiten von Färbungen ein nach wie vor aktuelles und teilweise problematisches Gebiet. So existieren für gefärbte Textilien eine Vielzahl an Echtheitsanforderungen, die in einer umfangreichen Sammlung an Prüfungsvorschriften in Normen niedergelegt sind.

Eine Definition der Reibechtheit gibt die entsprechende Reibechtheits-Prüfnorm DIN EN ISO 105-X12 an. So handelt es sich bei der Reibechtheit, um die "Widerstandsfähigkeit der Farbe von Textilien, ... gegen das Abreiben und Anbluten anderer Textilien beim Gebrauch." Teilweise ein durchaus gewünschter Effekt – z.B. bei den mit Indigo gefärbten Blue-Jeans, bei denen oft ein „wear look“ bevorzugt wird – stellt die Reibechtheit besonders bei dunkelgefärbten Artikeln ein Problem dar.

Als guter Stand der Technik können die Reibechtheitsnoten von 2-3 (naß) und 4 (trocken) gelten, die in den Anforderungen des Öko-Tex Standard 100 [8] festgelegt sind. Trotzdem treten bei manchen Farbstoffen (z.B. Schwefelfarbstoffe) oder auch hochprozentigen, dunklen Färbungen teilweise erheblich schlechtere Noten auf.

Ausgehend von dem in der färberischen Praxis häufig anzutreffenden Problem schlechter Reibechtheiten bei dunklen Färbungen, sollten in dieser Arbeit die grundlegenden Aspekte und Ursachen von Reibechtheiten untersucht und zusammenfassend gewertet werden. Als Basis für diese Untersuchungen wurde die Baumwollfaser gewählt, die einen sehr großen Anteil im Textilsektor besitzt, und bei der die Problematik der mangelnden Reibechtheiten dunkler Färbungen im Vergleich zu synthetisch Fasern besonders stark zum Tragen kommt. Darüber hinaus wurden auch noch andere cellulosische Materialien wie Modal oder die neuen Fasern der Lyocellgattung in die Untersuchungen mit einbezogen.

Ein besonderes Augenmerk wurde darauf gelegt, wie sich die Reibechtheiten gefärbter Baumwolle im Verlauf der textilen Veredlungskette – Mercerisation, Flüssigammoniak-Behandlung und verschiedene Hochveredlungen – verändert.

Die zur Färbung verwendete Farbstoffklasse war die der Reaktivfarbstoffe, da einerseits diese Farbstoffe in hohem Maße zum Einsatz kommen, andererseits man sich aufgrund der kovalenten, teilweise vernetzenden Farbstoff-Faser-Bindung interessante Struktur-Eigenschafts-Beziehungen bezüglich der Reibechtheit erhoffen konnte. Dazu sollten Färbungen unterschiedlicher Reaktivankersysteme in unterschiedlichen Farbstoffkonzentrationen auf verschiedenen Substraten gefärbt und deren Reibechtheiten untersucht werden.

Ein weiteres Ziel dieser Arbeit war, die gefundenen Einflußfaktoren und Parameter miteinander zu korrelieren und so Lösungsansätze zu finden, Reibechtheiten durch gezielte Verwendung von Behandlungskemikalien und Verfahren systematisch zu verbessern. Durch Einsatz verschiedener textiltechnologischer Prüfverfahren und Untersuchungsmethoden sollte ein möglichst umfassendes Bild der die Reibechtheit beeinflussenden Faktoren erstellt werden. Zu diesem Zweck wurden daher neben der Reibechtheit noch die auftretenden Reibungskräfte beim Reiben, die Festigkeit der Materialien sowie deren Fasermorphologien eingehender untersucht.

II. Allgemeiner Teil

1. Cellulosische Fasermaterialien

1.1 Aufbau der Cellulose

Die Cellulose ist ein lineares Polysaccharid, dessen D-Anhydroglucose-Monomereinheiten über 1,4- β -D-glycosidische Bindungen miteinander verknüpft sind. Das Cellulosemolekül liegt in der energiearmen 4C_1 -Sesselkonformation vor, wobei sich die Hydroxylgruppen in der Ringebene (äquatorial) befinden und die Wasserstoff-Atome vertikal (axial) angeordnet sind.

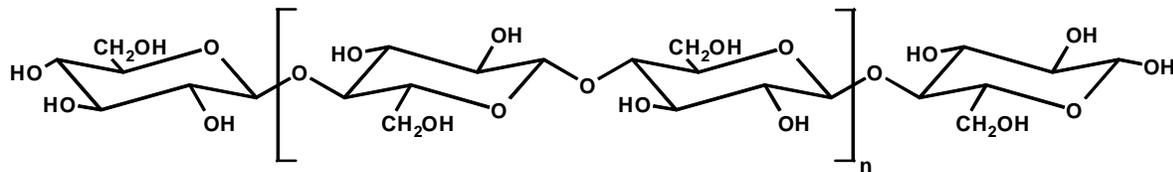


Abb. 3: Chemischer Aufbau der Cellulose

Der durchschnittliche Polymerisationsgrad (DP) von nativer Baumwolle liegt zwischen 7000 und 14000 [9]. Bei Baumwolle sind in der Regel Reinigungsschritte notwendig, welche zur Entfernung von pflanzlichen Ölen, Fetten und Samenresten dienen. Dies geschieht im allgemeinen durch das alkalische Abkochen, wodurch der DP auf einen Wert von etwa 2500 sinkt [10]. Bei Regeneratcellulosen findet man je nach Art des Herstellungsverfahrens und Qualität der Ursprungscellulose Werte von 250-600.

Intramolekulare Wasserstoffbrücken existieren zwischen O-3-H und O-5' sowie zwischen O-2-H und O-6'. Intermolekulare Wasserstoffbrücken werden zwischen zwei Ketten bei O-6-H und O-3 ausgebildet. Durch die intermolekularen Wasserstoffbrücken bilden sich leicht kristalline Bereiche in nativer Baumwolle. Der durchschnittliche kristalline Anteil beträgt ca. 70-80% [11]. Cellulose existiert in unterschiedlichen Kristallmodifikationen, die sich in den Dimensionen der Einheitszelle unterscheiden. *Tab. 1* nennt einige relevante Kristalldaten, die durch Röntgenuntersuchungen bestimmt werden konnten.

Tab. 1: Kristalldaten von verschiedenen Cellulose-Kristallmodifikationen [12]

Modifikation	Gitterkonstanten			
	A-Achse [Å]	B-Achse [Å]	C-Achse [Å]	γ [°]
Cellulose I	7,85	8,17	10,34	69,4
Cellulose II	9,08	7,92	10,34	117,3
Cellulose III	9,90	7,74	10,30	122,0
Cellulose IV	7,90	8,11	10,30	90,0

Native Cellulose liegt als Cellulose I vor. Bei der Behandlung mit Natronlauge, was bei der Mercerisation der Fall ist, tritt eine irreversible Änderung des Kristallgitters ein, wobei Cellulose I in Cellulose II übergeht. Bei diesem Vorgang verschieben sich die Kantenlängen und die Winkel der Elementarzelle, während sich das Volumen kaum ändert. Jedoch besteht mercerisierte Cellulose nicht ausschließlich aus Cellulose II. Abhängig von der Verfahrensführung und äußeren Bedingungen liegen mehr oder weniger große Anteile von nicht umgewandelter Cellulose I vor. Auch Regeneratfasern bestehen aus Cellulose II.

Lässt man flüssigen Ammoniak oder aliphatische Amine auf Cellulose einwirken und entfernt das Quellmedium wasserfrei, erhält man die metastabile Cellulose III [13] [14]. *Abb. 4* zeigt die Umwandlung verschiedener Cellulosemodifikationen.

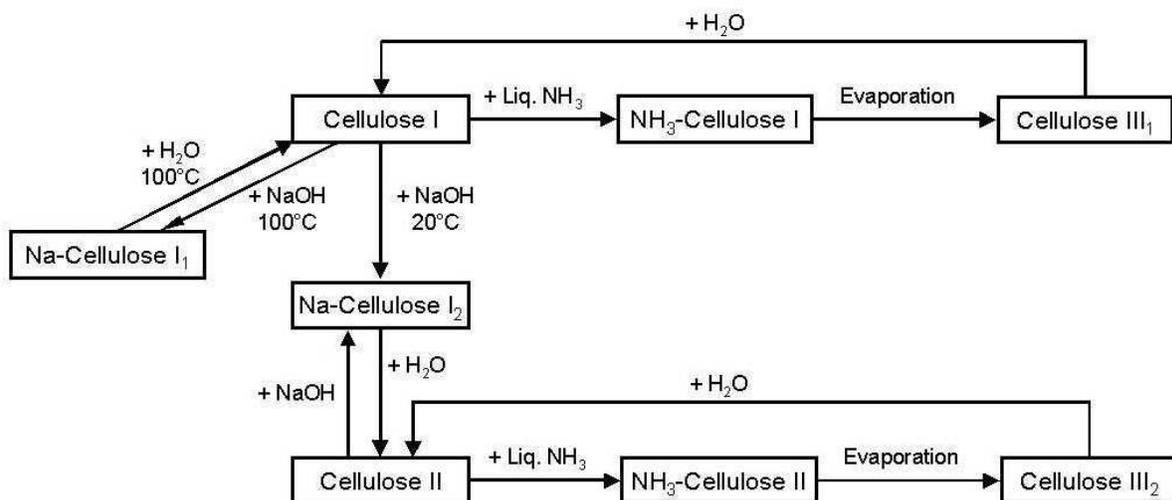


Abb. 4: Darstellung der Umwandlung verschiedener Cellulosemodifikationen (nach [15])

1.2 Baumwolle

Unter Baumwolle versteht man das Samenhaar der Pflanze *Gossypium*, die zur Familie der Malvengewächse zählt. Nach der Blüte entwickelt sich aus dem Fruchtknoten der Pflanze eine längliche Kapsel, welche die Baumwolle enthält. In jeder Baumwollkapsel sind etwa 30 Samen enthalten, die jeweils 2000 - 7000 Samenhaare besitzen. Haupterzeuger für Baumwolle sind die USA, die GUS, die VR China und Pakistan.

Die Baumwollpflanzen wachsen baum- oder strauchartig und erreichen abhängig von Art, Boden, Klima und Anbaumethode eine Höhe von 25 cm bis 2 m. Etwa 7-9 Monate nach der Anpflanzung springen die etwa walnußgroßen Blüten auf, aus denen die Samen (Baumwolle) herausquellen [16]. Es gibt Fasern mit bis zu 60 mm Länge. Für die Baumwollverarbeitung ist eine mehrstufige Klassierung von Kurzstapelfasern (<20,6 mm) bis zu Langstapelfasern (>34,9 mm) gebräuchlich. Während der Aussaat benötigt die Pflanze viel Feuchtigkeit und während der Reife viel Wärme.

Das Wachstum der Fasern gliedert sich je zur Hälfte in ein Längen- und ein Dickenwachstum. Während des Längenwachstums bildet sich die Faser zunächst als dünnwandiger, mit Protoplasma gefüllter Schlauch aus, der von einer Membran umhüllt ist. Diese Membran wird Primärwand genannt.

Die Sekundärwand wird beim anschließenden Dickenwachstum gebildet. Dabei erfolgt die Bildung schichtweise von der Primärwand ins Faserinnere. Durch Ablagerung von Cellulose im Tag-Nacht-Zyklus entstehen Wachstumsschichten. Infolge der Austrocknung kollabiert die bis dahin zylindrische Faser und erhält so ihren typischen nierenförmigen Querschnitt. Im Innern der Faser entsteht dadurch das sogenannte Lumen. Die charakteristischen Baumwollfaserwindungen entstehen während des Austrocknens durch Spannungszustände, welche von den Schichten der Sekundärwand herrühren.

Die Struktur der Baumwollfasern besteht aus Mikrofibrillen, welche die Primärwand und die drei Schichten der Sekundärwand aufbauen. Die Schichten unterscheiden sich auch hinsichtlich ihrer chemischen Beständigkeit sowie ihrem Quellverhalten [17].

Betrachtet man die Baumwollfaser von außen nach innen, folgt auf die ca. 0,1 μm dicke Primärwand die Übergangslamelle (0,1 μm). Es schließt sich die aus mehreren Unterschichten (S1, S2, S3) bestehende Sekundärschicht (2 - 4 μm) an, welche gegen das Lumen durch eine Tertiärschicht abgegrenzt ist [18]. Diese Tertiärschicht scheint jedoch nur bei voll ausgereiften Fasern vorzukommen. Der durchschnittliche Reifegrad der geernteten Baumwollfasern beträgt etwa 75-85% [19].

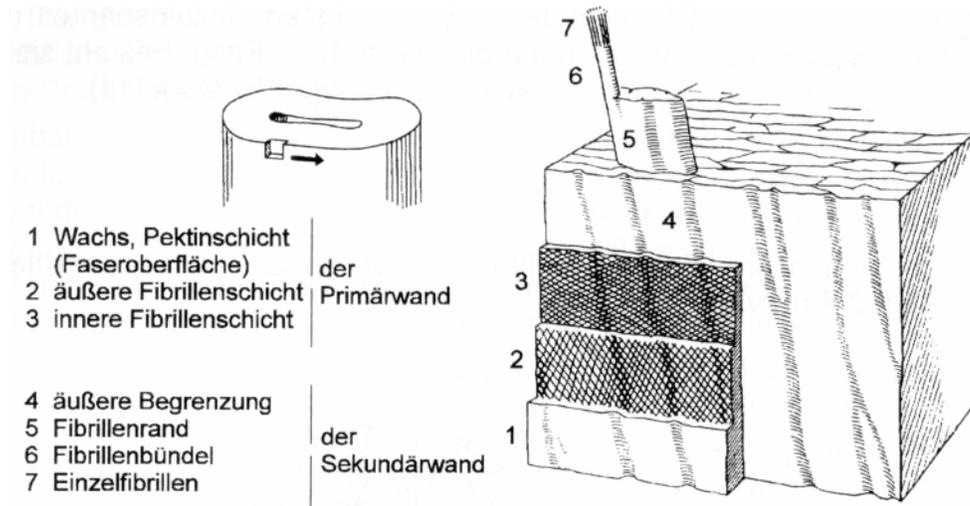


Abb. 5: Modell einer Baumwollfaser [20]

Durch inter- und intramolekulare Wasserstoffbrücken bilden die Cellulosemoleküle einen räumlichen Verbund, die Elementarfibrillen. Diese Elementarfibrillen wiederum organisieren sich zu Mikrofibrillen. *Tab. 2* zeigt Größenordnung und Aufbau der Grundelemente einer Baumwollfaser.

Tab. 2: Morphologischer Aufbau der Baumwollfaser [21]

Bauelement	Bauelement bestehend aus ...
Baumwollfaser	15 000 Mikrofibrillen
Mikrofibrille	400 Elementarfibrillen (kristallographisch aggregiert)
Elementarfibrille	ca. 100 Celluloseketten in 6-8 Paketen angeordnet
Ø Makrofibrille:	400 nm
Ø Mikrofibrille:	200-300 nm
Ø Elementarfibrille:	3,5 nm

1.3 Celluloseregeneratfasern

Bei den Celluloseregeneratfasern wird die Cellulose in einem Lösungsmittel gelöst. Daraus werden dann die regenerierten Cellulosefasern ersponnen. Zu der Klasse der Regeneratfasern zählt neben Viskose auch Modal. Acetatfasern gehören nicht dazu, da sie aus einem Celluloseester bestehen.

Im folgenden soll kurz auf die Herstellung und die Eigenschaften der einzelnen Regeneratfasern eingegangen werden [22][23][24].

1.3.1 Viskose

Viskose wird nach dem Viskosespinnverfahren hergestellt. Ausgangsmaterial von Viskose ist Zellstoff, der mit Natronlauge zur Alkalicellulose reagiert. Nach Reaktion mit Schwefelkohlenstoff zu Natriumcellulosexanthogenat ist dieses in weiterer Natronlauge löslich. Aus der so erhaltenen Viskosespinnlösung werden im wässrigen, Salz und Schwefelsäure enthaltenden Fällbad, die Viskosefilamente ersponnen. Nach dem Spinnen müssen die Filamente verstreckt werden, wodurch man eine höhere Orientierung der Kettenmoleküle erhält. Die durchschnittliche Kristallinität von Viskose (Cellulose II) beträgt ca. 35%.

1.3.2 Modal

Modalfasern sind strukturmodifizierte Viskosespinnfasern. Sowohl Polynosic- (*Polymere non synthétique*), als auch Hochnaßmodulfasern (HWM = *high wet modulus*) basieren auf Viskosen höherer Qualität. Die Modifizierung erfolgt durch Viskose- und Fällbadzusammensetzung, Modifiern, Spinnengeschwindigkeit und Verstreckung. Die durchschnittliche Kristallinität von Modal (Cellulose II) beträgt ca. 40%, die Cellulosekettenorientierung ist jedoch wesentlich höher als bei Normalviskosefasern.

1.3.3 Cupro

Die Produktion von Cuprofasern erfolgt nach dem *Kupferoxidammoniakverfahren* (Cuoxam-Prozeß), wobei Zellstoff in ca. 1%iger Cuoxamlösung (wässrige Lösung von Tetraamminkupfer(II)-hydroxid, $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) gelöst und die Spinnlösung in ein wässriges Fällbad gepreßt wird.

1.3.4 Lyocell [25]

Im Gegensatz zu den herkömmlichen cellulosischen Chemiefasern, erfolgt die Herstellung von Fasern des Lyocelltyps nicht über die Cellulosederivatbildung.

Sie zählt daher im eigentlichen Sinne – wie auch Cupro – nicht zu den Regeneratfasern, sondern zu den Cellulosespinnfasern [26][22].

Das seit 1993 kommerziell eingesetzte Verfahren zur Produktion von Lyocellfasern ist das NMMO-Verfahren. Die Lyocellspinnlösung wird aus Zellstoff, Wasser und dem eigentlichen Lösungsmittel N-Methyl-Morpholin-N-Oxid-Monohydrat (NMMO) hergestellt. Sie wird bei knapp über 100°C durch Spinn Düsen gedrückt und durchläuft einen Luftspalt. Die Regenerierung erfolgt im wässrigen Fällbad. Lyocell (Cellulose II) weist eine durchschnittliche Kristallinität von ca. 60% auf. Eine hohe Orientierung in der Spinnlösung, der weitgehende Erhalt dieser Orientierung bei der Koagulation sowie die rasche Phasentrennung führen zu langgestreckten stab- oder lamellenförmigen Cellulosephasen, welche durch ähnlich geformte, mit Flüssigkeit gefüllte Hohlräume getrennt, teilweise aber auch miteinander verbunden sind. Die Orientierung sowohl der Kristallite als auch der amorphen Bereiche in Faserlängsrichtung ist laut SCHURZ ET AL. [27] sehr hoch und wesentlich ausgeprägter als beispielsweise bei Modalfasern. Die scharfe Phasentrennung ist auch als Ursache für die ausgeprägte fibrilläre Struktur der Lyocellfasern anzusehen [28].

Diese fibrilläre Struktur ist auch für die Fibrillierung verantwortlich, die bei mechanischer Beanspruchung quer zur Faserrichtung im nassen Zustand auftritt. Es spalten sich feinste Härchen längs zur Faserrichtung ab, die als eine Art Pelz um die Faser herum abstehen. Durch Einsatz von Enzymen und gezielter Verfahrensführung – Primär- und Sekundärfibrillation – kann Art und Ausprägung dieser Fibrillen beeinflusst werden. So erzielt man beispielsweise den als „peach-skin“ bezeichneten Oberflächeneffekt bei Stoffen aus Lyocell [29].

Neben der als positiv angesehenen Möglichkeit der Oberflächengestaltung von Textilien, bringt die Fibrillierung auch Nachteile mit sich [30]. So kommt es bei der Haushaltswäsche dieser Textilien zur sog. Waschvergrauung, welche aus einer verstärkten, unkontrollierten Fibrillierung resultiert. Man versucht dem entgegenzuwirken, indem die Faserstruktur stabilisiert wird. Dies kann beim Färben mit polyfunktionellen Reaktivfarbstoffen geschehen, wobei eine intermolekulare Vernetzung erzielt wird [31]. Eine andere, weitaus effektivere Möglichkeit, besteht im Einsatz von Vernetzern im Anschluß an den Spinnprozeß. Zum Einsatz kommt beispielsweise das 1,3,5-Trisacryloyl-hexahydro-1,3,5-triazin (Tencel A100). Solche Fasern, Tencel A100 und Lenzing Lyocell LF, sind seit kurzem auf dem Markt.

Eine Übersicht verschiedener textilphysikalischer Eigenschaften unterschiedlicher Cellulosefasern ist in *Tab. 3* aufgelistet.

Tab. 3: Textilphysikalische Eigenschaften von Normalviskose, Modal, Lyocell und Baumwolle [26] [32]

Parameter	Dim.	Normalviskose	Modal HWM	Lyocellfasern	Baumwolle
Reißkraft	cN	3-4	5-6	6-8	4-6
Dehnung kond.	%	18-23	14-16	10-15	8-10
Dehnung, naß	%	22-28	15-18	10-18	12-14
Reißkraft	cN/tex	20-24	34-36	40-44	20-24
Naßreißkraft	cN/tex	10-15	19-21	34-38	25-30
Reißkraftverhältnis naß/trocken	%	40-70	70-80	80-85	100-110
Cellulose	DP	290-320	400-450	550-600	2000-3000
Wasseraufnahme- vermögen	%	90-100	75-80	65-70	45-55

Die hohe Festigkeit und vergleichsweise niedrige Dehnung von Lyocell beruht auf der hohen Kristallinität und Orientierung der Moleküle. Dies resultiert aus dem Verhältnis der kristallinen zu den amorphen Bereichen von ca. 9:1, während diese Werte für Normalviskose bei ca. 6:1 liegen [33]. Ein Grund der hohen Orientierung der Lyocellfaser ist die bereits in der Spinnlösung beginnende und sich über die Düse und die Verstreckung fortsetzende Ausrichtung der Moleküle.

Diese Orientierung erfolgt bei der Viskosefaser erst beim Verzug der gefällten Faser. Eine weitere Besonderheit der Lyocellfasern besteht darin, daß sie aus einer homogenen, dichten Querschnittsmorphologie bestehen. Die herkömmlichen Fasern aus Cellulose regenerat sind dagegen durch eine Kern-Mantel-Struktur gekennzeichnet, was durch die unterschiedliche Verfahrensführung zu erklären ist.

2. Textile Veredlungsschritte

2.1 Allgemeines

Die Herstellung eines Baumwolltextils vom Rohstoff bis zum fertigen Textilgut erfordert eine Vielzahl an unterschiedlichen Veredlungsschritten, welche sich aus den unten genannten Bereichen kombinieren lassen [17]:

Rohwarenvorbereitung, Vorbehandlung, Farbgebung, mechanische Oberflächenbehandlung, Appretur, Beschichtung und Fertigschau bzw. Aufmachung.

Jeder dieser Bereiche umfaßt eine Anzahl verschiedener Arbeitsprozesse, die je nach Anforderung an das fertige Textilgut durchlaufen werden. Auf einige dieser Behandlungsprozesse soll im folgenden näher eingegangen werden.

2.2 Vorbehandlung

Nach der Vorbereitung der Ware wird diese einer Vorbehandlung unterzogen. Diese gliedert sich in Trockenverfahren und Naßverfahren, was auch *Abb. 6* zu entnehmen ist. Bleichen und Optisches Aufhellen sind dabei an sich Verfahren der Farbgebung, werden aber im klassischen Sinne zur Vorbehandlung gezählt.

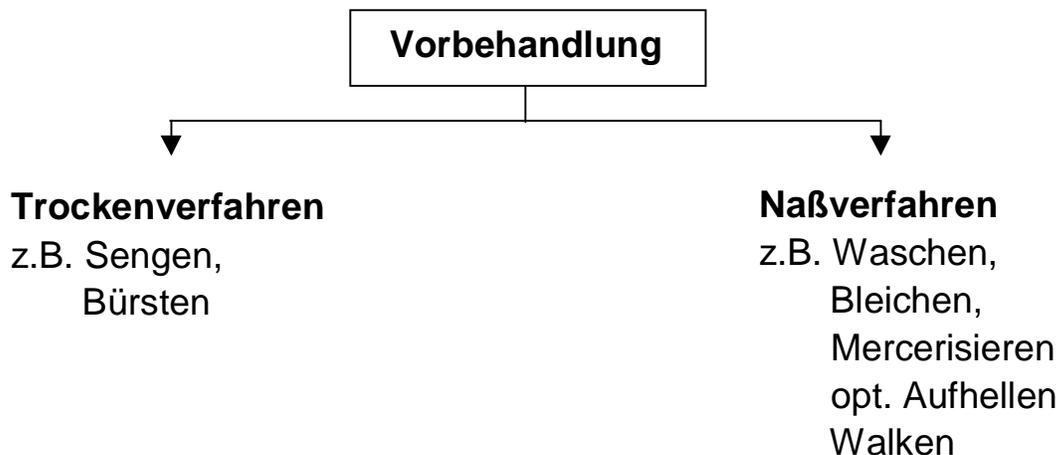


Abb. 6: Gliederung der Vorbehandlung

2.2.1 Mercerisieren

Die Behandlung von Baumwollgarnen, -gewebe oder -maschenware mit starker Natronlauge unter Spannung wird Mercerisieren genannt. Abhängig von der Prozeßführung werden dabei unterschiedliche Effekte beobachtet. Zum einen schrumpft Baumwolle unter Einwirkung von Lauge, wobei Dichte und Festigkeit zunehmen. Neben der Erzielung eines beständigen Seidenglanzes und eines guten Griffs, zeigt sich zum anderen auch eine erhöhte Farbstoffaufnahme.

Einfluß auf das Endresultat haben vor allem Laugenkonzentration, -temperatur und -zeit sowie die Gewebespannung. In der Regel wird Natronlauge von 28-32°Bé d.h. 270-330 g/l Natriumhydroxid verwendet. Bei Temperaturen von 12-15°C quillt die Faser am stärksten, wobei die Randschichten stärker als innenliegende Schichten quellen. Die Heißmercerisation bei 50-60°C bringt geringere Quellung bei besserer Durchdringung des Garns und liefert im allgemeinen bessere Mercerisierereffekte. Übliche Behandlungszeiten liegen bei 30-60 s. Um maximale Effekte zu erreichen, muß das Auswaschen der Lauge unter Spannung durchgeführt werden.

Abhängig von der Laugenkonzentration und der Temperatur kommt es zu unterschiedlichen Reaktionen in der Baumwollfaser. Aus der nativen Baumwolle mit Cellulose I bildet sich irreversibel Cellulose II (vgl. *Abb. 4*).

Durch das Mercerisieren erhält man eine erhöhte „Zugänglichkeit“, da im Vergleich zur unbehandelten Baumwolle eine größere Anzahl von kleineren Kristalliten vorliegt (bei gleicher röntgenographischer Kristallinität). Aus dieser größeren Zugänglichkeit resultiert die erhöhte Farbstoffaufnahme. Gleichzeitig wird durch den runden Querschnitt der Baumwollfaser das Licht weniger diffus reflektiert, was zusätzlich optisch als Farbvertiefung wirkt [17].

2.2.2 Ammoniakbehandlung

Eine weitere Möglichkeit Cellulosefasern interkristallin quellen zu lassen, ist die Behandlung mit flüssigem Ammoniak bei -33 bis -35°C (vgl. *Abb. 4*). Die Quellreaktion verläuft dabei wesentlich rascher als beim Mercerisieren, wohingegen der Quellungsgrad, d.h. die Faserdickenzunahme, deutlich geringer ausfällt. Die Quellwirkung des flüssigen Ammoniaks beschränkt sich dabei nicht nur auf die weniger geordneten amorphen Bereiche, sondern umfaßt auch die kristallinen Faserbereiche weitgehend vollständig, wobei die Quellreaktion nach ca. 10 Sekunden weitgehend abgeschlossen ist. Die Faserdickenzunahme geht einher mit einem gewissen Faserschumpf von 5-10% bei spannungsloser Gewebebehandlung, wobei ein Kettenschumpf von etwa 14-21% auftritt. Ähnlich wie bei der Mercerisation, wenngleich nicht so ausgeprägt, erhält man so Einfluß auf Glanz, Farbtiefenwirkung und Griff.

Zur kontinuierlichen Flüssigammoniak-Behandlung cellulosischer Fasern unter Normaldruck, gibt es grundsätzlich zwei Verfahrensvarianten, die sich insbesondere in der Art der Ammoniakentfernung nach dem Quellprozeß unterscheiden [34].

Sanfor-Set-Verfahren (Martini/Deutschland)

Nach der Imprägnierung mit flüssigem Ammoniak für 4-8 Sekunden erfolgt die Ammoniakentfernung weitgehend trocken mit Hilfe von Trockentrommeln ($130 - 145^{\circ}\text{C}$) und Ausblasen mit überhitztem Dampf. Nach der Ammoniakbehandlung bildet sich zunächst eine übermolekulare Faserstruktur von überwiegend Cellulose III bei verkleinerten Kristallitdimensionen, die jedoch nicht stabil ist. Nach der Ammoniakentfernung ist der Kristallinitätsgrad der Cellulose deutlich verringert. Es kann zu einer Rückbildung in Cellulose I bei hoher Temperatur und Feuchtigkeit unter teilweiser Rekristallisation kommen. Die Cellulose liegt dann in einem Mischkristallgitter von überwiegend Cellulose I neben wenig Cellulose III vor.

Beau-Fixe-Verfahren (Veramtex/Belgien)

Nach der Ammoniakimprägnierung für 10-20 Sekunden wird zunächst ein Teil des Ammoniaks mit NH_3 -Gas auf ca. 50-80% Restammoniakgehalt ausgeblasen. Es schließt sich ein Auswaschen mit 70°C warmem Wasser und eine Trocknung auf der Siebtrommel bei $100-120^{\circ}\text{C}$ an. Hier erhält man infolge der Wasserbehandlung fast vollständig das Cellulose I-Gitter zurück.

Eine Neuentwicklung ist die diskontinuierliche Ammoniakbehandlung von Baumwollgewebe bei Normaltemperatur unter Druck (High Pressure Ammonia-Verfahren).

HPA-Verfahren (Kleinewefers/Deutschland)

Bei diesem, für kleine und mittlere Produktionsmengen gedachten Verfahren, erfolgt die Ammoniakbehandlung bei Normaltemperatur und einem Druck von ca. 5-8 bar. Auch hierbei entsteht ein Cellulose III-Gitter nach der trockenen NH_3 -Entfernung [35].

Einer der Vorteile der Flüssigammoniak-Behandlung ist besonders der angenehm weiche Warengriff, welcher waschpermanent ist und auch nach einer vernetzenden Hochveredlung voll erhalten bleibt. Auch weitere textilmechanische Eigenschaften, wie Einreißfestigkeit und Scheuverluste, können optimiert werden. Dies resultiert aus den eintretenden Strukturveränderungen bei der Ammoniakbehandlung, wobei unter Abbau größerer Poren, die fibrilläre Struktur vergleichmäßigt wird, und so Druckspannungs- und Reibungskräfte im Gewebe besser abgebaut werden können. Insbesondere hat sich die NH_3 -Behandlung als ideale Vorbehandlung für eine nachfolgende quervernetzende Pflegeleichtausrüstung erwiesen.

2.3 Farbgebung

Die Farbgebung eines Textils kann einerseits durch Färben mit kontinuierlichen oder diskontinuierlichen Färbeprozessen, andererseits mittels Farbstoffauftrag durch Drucken erfolgen. Auf das Färben mit Reaktivfarbstoffen, wird in *Kap. 3* eingegangen.

2.4 Mechanische Oberflächenbehandlung

Zur Oberflächengestaltung eines Textilguts können verschiedene mechanische Behandlungen durchgeführt werden, die das äußere Erscheinungsbild und den Griff eines Textils verändern können. Als Beispiel für diese auch als mechanische Appreturverfahren bezeichneten Prozesse seien das Rauhen, Satinieren, Kalandern, Dekatieren, Moirieren oder Prägen genannt.

2.5 Appretur

Die Appretur umfaßt die mechanischen und chemischen Appreturverfahren.

Abb. 7 gibt einen Überblick über diese unterschiedlichen Verfahren, wobei die chemischen Appreturverfahren in Füll- bzw. Griffappreturen und in die Hochveredlung eingeteilt sind.

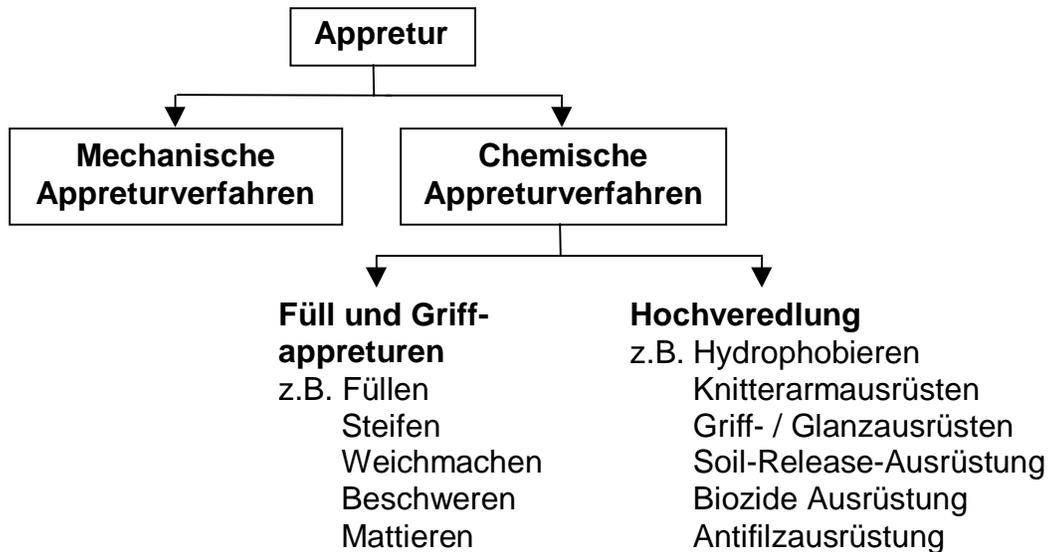


Abb. 7: Gliederung der Appretur

2.5.1 Füll- und Griffappreturen

Zu den Füll- und Griffappreturen zählen das Füllen, Steifen, Weichmachen, Beschweren und Mattieren. Weichmacher bzw. Weichgriffmittel gehören zu den Griffvariatoren. Sie sollen durch Erzeugung eines glatteren, weicheren, geschmeidigeren Griffs die Griffcharakteristik eines Textils positiv beeinflussen. Als textile Weichmacher werden zahlreiche Verbindungen mit unterschiedlicher Konstitution verwendet. Man unterscheidet nichtionogene Produkte, anionenaktive, kationische und amphotere Weichmacher. Oft bestehen sie aus einem hydrophilen und hydrophoben Molekülteil. Der hydrophobe Teil ist in der Regel ein Alkylrest mit einer Kohlenstoffanzahl von 16-18, welcher die weichmachende Wirkung bedingt. Zu den Weichmachern zählen auch Weichmacherdispersionen, die im Gegensatz zu den vorangegangenen grenzflächenaktiven Produkten keine hydrophilen Gruppen enthalten. Durch Emulgiermittel können sie jedoch auch wäßrigen Appreturflotten zugesetzt werden. Ausgangsprodukte für Weichmachereulsionen sind Wachse, Paraffine, Fettsäuren oder andere Fettkörper sowie Silicone.

2.5.2 Hochveredlung

Durch die Hochveredlung lassen sich dem Textilgut eine Menge zusätzlicher positiver Eigenschaften – je nach Anforderungsprofil – hinzufügen. In *Abb. 7* ist eine Vielzahl dieser Ausrüstungen genannt.

Die Nachfrage nach einfach zu pflegenden Textilien – besonders im Hemden und DOB-Bereich – steigt beständig an. Eigenschaften wie „Pflegeleicht“, „Dimensionsstabil“, „Bügelarm“ oder sogar „Bügelfrei“ sollen dem Verbraucher die Arbeit erleichtern. Diese Eigenschaften lassen sich bei Synthesefasern relativ leicht erzielen (z.B. durch Thermofixierung). Handelt es sich jedoch um Textilien aus nativer Cellulose, muß die oben genannte Hochveredlung durchlaufen werden.

Der Hauptgrund, warum überhaupt gebügelt werden muß, ist die Falten- und Knitterbildung, welche durch das Tragen und natürlich bei der Haushaltswäsche verursacht wird. Die Ursache für die Knitterneigung der Baumwolle liegt in ihrem chemischen und übermolekularen Aufbau begründet. Durch Abbiegen oder Abknicken einer Baumwollfaser treten an der Außenseite des Bogens eine Zugspannung und an der Innenseite Druckkräfte auf. Es kommt zum Abgleiten der äußeren Strukturelemente und zum Stauchen der im Innenbogen befindlichen Strukturelemente. Nach Entlastung bleibt die nicht ausgerüstete Faser in dieser deformierten Form erhalten. Zur Verringerung der Knitterneigung gibt es nun zwei Möglichkeiten: Das Prinzip der Harzbildner beruht auf dem Ausfüllen der zugänglichen, amorphen Bereiche der Baumwolle mit einem elastischen Kunstharz. Dadurch erfolgt eine Versteifung der Faser; das Abgleiten der Strukturelemente wird verhindert. Als Verbindungen kommen Harzbildner auf Basis von Methylolverbindungen des Harnstoffs oder Melamins zum Einsatz. Eine Reaktion erfolgt durch Selbstvernetzung. Bei Reaktantvernetzern reagieren die häufig eingesetzten cyclischen Harnstoffderivate (N-Methylolfunktionalisiert) bevorzugt mit den Hydroxylgruppen der Cellulose. Es kommt zur Ausbildung von Quervernetzung und dadurch zur Stabilisierung der Strukturelemente untereinander. Es werden drei Arten der Vernetzung (Trocken-, Feucht-, Naßvernetzung) unterschieden, die abhängig von ihrer Durchführung unterschiedliche Eigenschaften aufweisen. Darüber hinaus zählen zu der Hochveredlung auch die in der Abbildung genannte antimikrobielle Ausrüstung, die Filzfreieiausrüstung von Wolle und die Soil-Release-Ausrüstung mit Fluorcarbonen, um nur einige weitere zu nennen [36].

3. Reaktivfarbstoffe

Mit einem Marktanteil in Europa von ca. 25% stellen die Reaktivfarbstoffe eine wichtige Farbstoffklasse zum Färben von Cellulosematerialien dar (vgl. *Abb. 2*) [4]. Die große Attraktivität der Reaktivfarbstoffe beruht zum einen auf der Brillanz der Farbtöne – resultierend aus den vor allem gegenüber Direktfarbstoffen kleineren Farbstoffmoleküle – sowie auf der breiten Farbpalette, welche auch gedeckte Töne wie Braun, Schwarz und Marineblau enthält .

Auf Grund der chemischen Bindung zwischen Farbstoff und Faser erhält man hohe Naßechtheiten. Zudem zeichnen sich die Reaktivfarbstoffe durch gutes Egalisiervermögen, einer einwandfreien Durchfärbung, einem guten Deckvermögen sowie guter Löslichkeit und Reproduzierbarkeit der Färbungen aus [37]. Da es sich bei der Klasse der Reaktivfarbstoffe zu 80% um Azofarbstoffe handelt, ist auch die Produktionstechnik in der Regel relativ einfach [38].

3.1 Chemische Konstitution

Reaktivfarbstoffe sind aufgebaut aus einem farbgebenden Molekülteil (Chromophor) mit einer oder mehreren Reaktivgruppen, welche zur kovalenten Bindung mit dem Fasermaterial dienen. Die Reaktivgruppe RG kann direkt oder über ein Brückenglied B mit dem Chromophor verknüpft sein (*Abb. 8*). Der eigentliche Farbstoff F besteht häufig aus Monoazofarbstoffen, jedoch sind auch Disazo- Anthrachinon- und Phthalocyaninfarbstoffe vertreten. Damit sich der Farbstoff im Wasser löst, enthält er außerdem wasserlöslichmachende Gruppen W, z.B. Sulfo- oder Carboxylatgruppen.



- RG = Reaktivgruppe
- B = Brückenglied
- F = Chromophor
- W = wasserlöslichmachende Gruppe

Abb. 8: Schematischer Aufbau von Reaktivfarbstoffen

Als Unterscheidungskriterium für Reaktivfarbstoffe kann man neben Chromophor und Reaktivgruppe auch die Anzahl und Verknüpfung der reaktiven Gruppen heranziehen.

Enthält ein Farbstoffmolekül zwei Reaktivgruppen, so können diese entweder in konjugierter Anordnung auf der gleichen Seite stehen oder sie sind isoliert auf verschiedenen Seiten (*Abb. 9*).

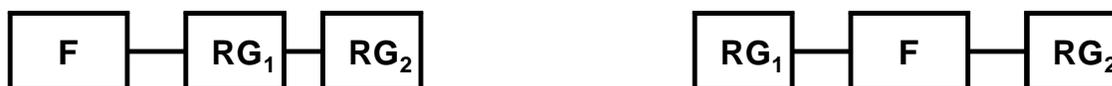


Abb. 9: Reaktivanker in konjugierter und isolierter Anordnung

3.2 Reaktion von Farbstoff und Cellulosefaser

Reaktivfarbstoffe bilden mit den Hydroxylgruppen der Cellulose kovalente Bindungen. Am reaktivsten sind die C2-OH-Gruppen der Anhydroglucose-Einheiten. Kommt es durch räumlich ausgedehnte Reaktivgruppen zu einer sterischen Hinderung, findet die Reaktion hauptsächlich an den primären C6-OH-Gruppen statt [39][40][41].

Für eine Faser-Farbstoffreaktion stehen theoretisch drei Hydroxylgruppen pro Anhydroglucoseeinheit zur Verfügung. Dabei ist jedoch nur ein Bruchteil der prinzipiell verfügbaren OH-Gruppen für eine Reaktion zugänglich (ca. 14% bei wassergequollener Cellulose) [42]. Das Färbeergebnis hängt sehr stark von der Cellulosefaserstruktur ab, was sich beispielsweise an der unterschiedlichen Anfärbbarkeit der Cellulosefaserregeneratfasern sehen läßt. Bei Baumwolle selbst sind die Provenienz, der Reifegrad und die Art der Vorbehandlung wichtige Einflußgrößen.

Der Färbevorgang bei Cellulosefasern läßt sich durch das Porenmodell beschreiben. Dabei geht man von der Modellvorstellung aus, daß in den Cellulosefasern die Farbstoffdiffusion in wassergefüllten Poren erfolgt. Die Adsorption und chemische Reaktion findet an den über Poren zugänglichen Cellulosekettenmolekülen statt.

Der für den Färbevorgang wichtige sog. Übergangsporenbereich (Durchmesser ca. 20-60 Å) befindet sich zwischen den Mikrofibrillen [43][44][45].

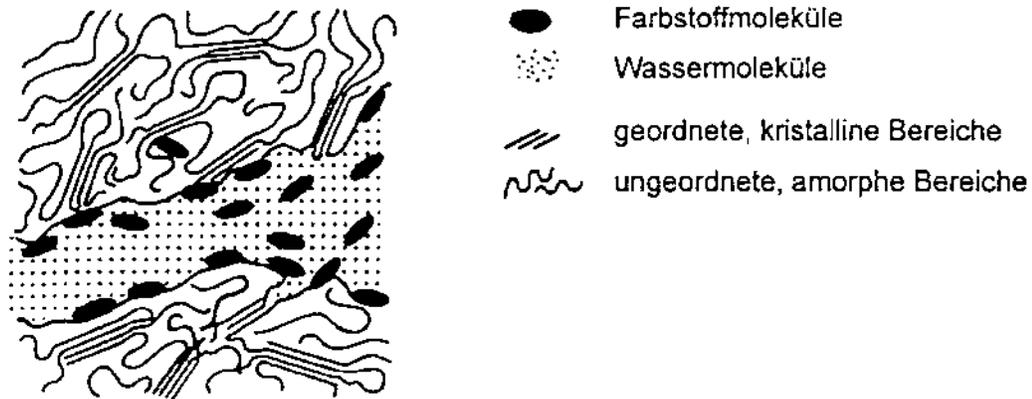


Abb. 10: Das Porenmodell der Farbstoffdiffusion

Die Größe der Poren bestimmt maßgeblich die Diffusionsgeschwindigkeit der Farbstoffmoleküle in der Faser [46]. Im Porensystem ist die Beweglichkeit der Farbstoffmoleküle sterisch eingeschränkt. Durch adsorptive Anlagerung der Farbstoffmoleküle an die Porenwände kommt es zu deren Fixierung und gleichzeitiger Verengung des Porensystems.

Abhängig von der Art und der Anzahl der Reaktivanker sowie vom Färbeprozess erhält man Fixiergrade von ca. 60-90% [21].

3.3 Stabilität der Farbstoff-Faser-Bindung

Bei bifunktionellen Reaktivfarbstoffen kann eine Reaktion der Reaktivanker innerhalb einer Cellulosekette erfolgen (intrachenar) oder es kommt zu einer interfibrillären Quervernetzung. Eine Unterscheidung beider Fälle aufgrund von Fixierungsquoten und Beständigkeiten der Farbstoff-Faser-Bindung ist nicht möglich. Jedoch führt eine Quervernetzung im allgemeinen zu einer starken Abnahme der Löslichkeit der Cellulose in einem Lösungsmittel [47]. Bei Cellulose können nur weniger als 1/100 der vorhandenen Hydroxylgruppen besetzt werden. Dadurch unterscheiden sich die chemischen Eigenschaften reaktivgefärbter Baumwolle von denjenigen ungefärbter Baumwolle nicht [21].

3.4 Chromophorsysteme

Ein herausragender Vorteil von Reaktivfarbstoffen gegenüber anderen Farbstoffklassen beruht auf der sehr breiten Palette an reinen und brillanten Farbtönen [37]. Neben diesen brillanten Tönen lassen sich aber auch gedeckte Kombinationen, die sogenannten "natural colors" mit Reaktivfarbstoffen färben bzw. drucken. *Abb. 11* gibt einen Überblick der prozentualen Verteilung der Farbtöne in der Reaktivfärberei, wobei die Nuance "Marine" mit deutlichem Abstand vor einem "klaren Rot" an der Spitze steht.

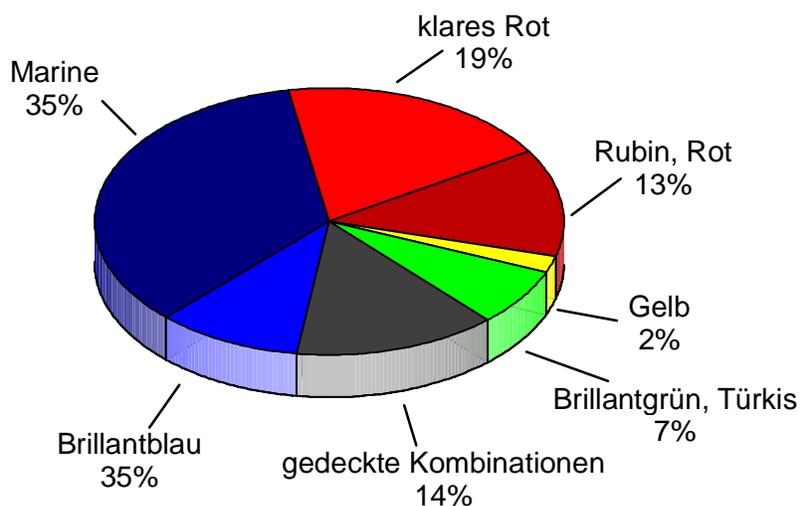


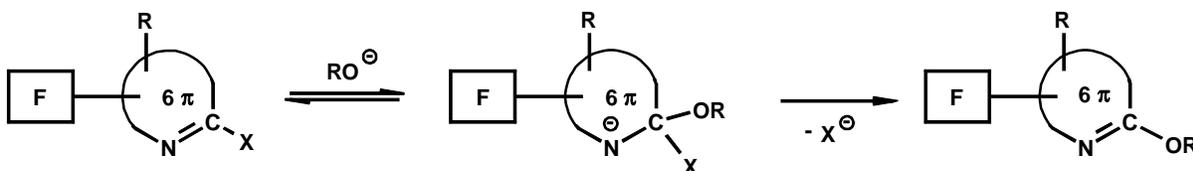
Abb. 11: Nuancenverteilung in der Reaktivfärberei [48]

Der Aufbau der Farbstoffchromophore ist vielfältig. Neben Mono- oder Bisazofarbstoffen auf Basis der sog. Buchstabensäuren (v.a. H-, I- und γ -Säure), gibt es auch noch Farbstoffe mit Aminoanthrachinon-, Triphendioxazin- oder Phthalocyaninstruktur [48][49].

3.5 Reaktivgruppen

Reaktivgruppen lassen sich gemäß ihrem reaktionsmechanistischen Verhalten folgendermaßen einteilen [38]:

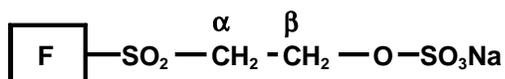
- π -Mangel-Heterocyclen, die nach einem nucleophilen, bimolekularen (heteroaromatischen) Substitutionsmechanismus (S_N2) reagieren:



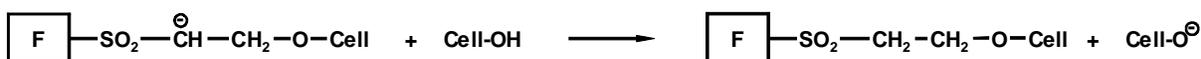
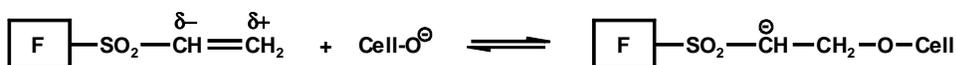
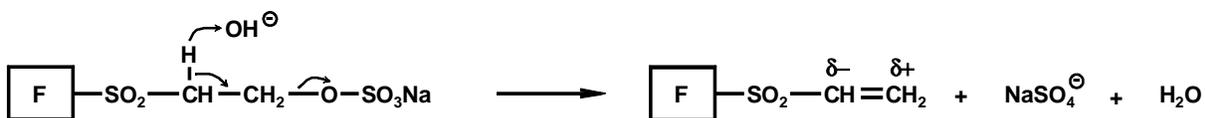
F = Farbstoffrest

Anker dieses Typs sind Dichlortriazin (DCT), Difluorchlorpyrimidin (DFCP), Monofluortriazin (MFT), Dichlorchinoxalin (DCC), Monochlortriazin (MCT) und Trichlorpyrimidin (TCP). Reaktivanker und Faser sind nach der Reaktivfärbung über eine esterartige Bindung verknüpft [50].

- Gruppen, die nach einem nucleophilen Additionsmechanismus reagieren, wobei häufig eine Eliminierung dem Additionsschritt vorausgeht. Ein Beispiel sind die Vinylsulfon-Farbstoffe, die im allgemeinen als Sulfatoethylsulfon-(SES)-Farbstoffe vorliegen.



In diesem Falle handelt es sich um eine 1,2-Eliminierungsreaktion, der einer 1,2-Addition folgt [51]:



3.6 Reaktivität der Reaktivgruppen

Reaktivgruppen sind maßgeblich für die Art und die Geschwindigkeit der Reaktion zwischen Faser und Farbstoff verantwortlich [52][53]. Bei konstanter Temperatur und Hydroxydionen-Konzentration unterscheiden sich die Reaktionsgeschwindigkeiten der einzelnen Reaktivgruppen um mehrere Zehnerpotenzen.

Durch die handelsüblichen Reaktivsysteme wird – abgestimmt auf die verschiedensten Anforderungsprofile – ein breites Spektrum an Reaktivgruppen angeboten. In *Abb.12* sind die für das Auszieh färben günstigsten Temperaturintervalle der verschiedenen Reaktivgruppen dargestellt.

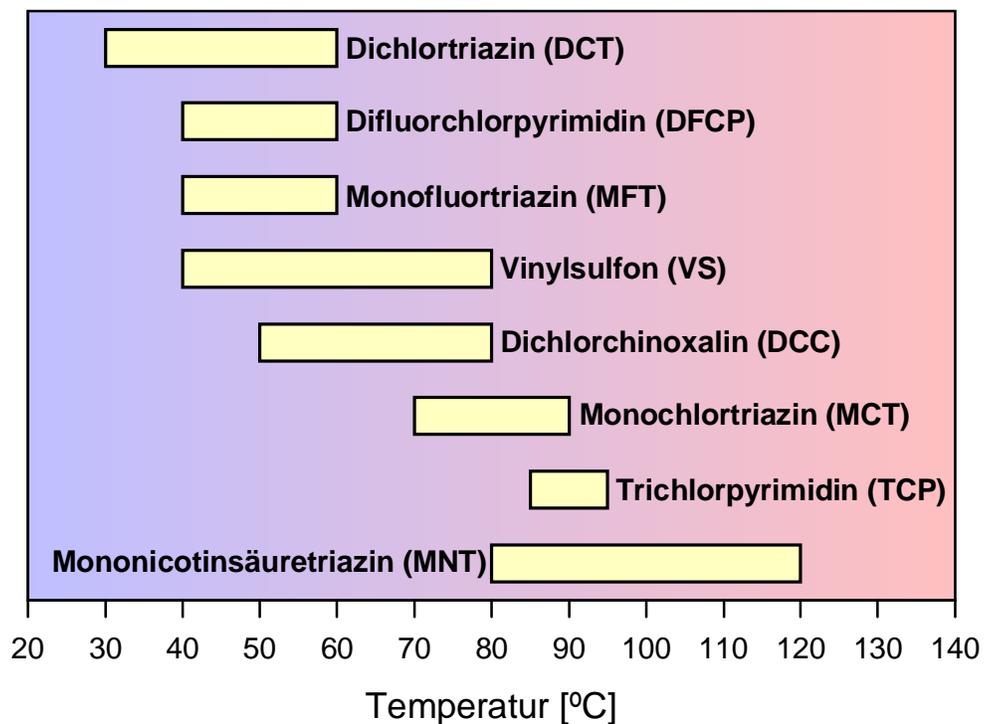
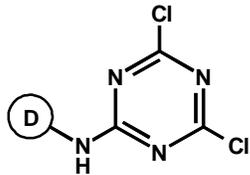
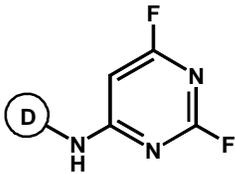
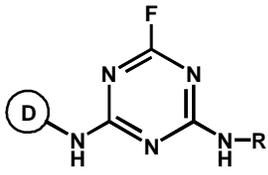
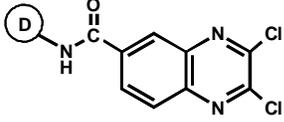
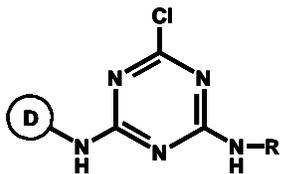
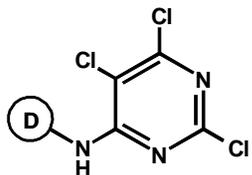
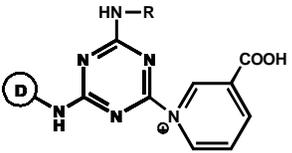


Abb.12: Temperaturintervalle der wichtigsten Reaktivgruppen in der Auszieh färberei

3.7 Wichtige Reaktivgruppen und ihre Handelsnamen

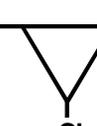
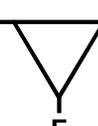
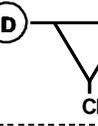
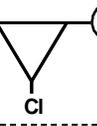
Die folgenden Tabellen (Tab. 4; Tab. 5) zeigen die wichtigsten, im Handel befindlichen Reaktivgruppen (Mono-, Bi- und Triankersysteme) mit den Namen der Sortimente, die überwiegend Farbstoffe mit diesen Reaktivgruppen enthalten.

Tab. 4: Übersicht über verschiedene Monoanker-Reaktivgruppen

Struktur	Reaktivgruppe	Färbetemperatur	Handelsnamen
	Dichlorotriazin (DCT)	30-60°C	Procion MX
	Difluorpyrimidin (DFP)	40-60°C	Drimaren R und K Levafix E-A und P-A
	Monofluortriazin (MFT)	40-60°C	Cibacron F
	Dichlorochinoxalin (DCC)	50-80°C	Levafix E
	Monochlorotriazin (MCT)	70-90°C	Cibacron, Procion H
	Trichloropyrimidin (TCP)	85-95°C	Drimaren X und Z
	Mononicotinsäure- triazin (MNT)	80-120°C	Kayacelon React

 = Chromophor

Tab. 5: Übersicht über verschiedene Bi- und Trianker-Reaktivfarbstoffen

Anker-anordnung	Reaktivgruppen	Struktur	Handelsnamen
<i>isoliert</i>	VS-VS	VS—(D)—VS	Remazol
	VS-MCT	VS—(D)—  —NH—Ar	Remazol
	VS-DFP	VS—(D)—DFP	Levafix-EA
	VS-MCT	VS—(D)—  —NH—R	Diamara SN
<hr style="border-top: 1px dashed black;"/>			
<i>konjugiert</i>	MCT/VS	(D)—  —NH—Ar—VS	Sumifix Supra, Remazol
	MFT/VS	(D)—  —NH—Aliph—VS	Cibacron C
	MCT/MCT	(D)—  —NH—R—NH—  —(D)	Procion Supra Procion H-EXL
<hr style="border-top: 1px dashed black;"/>			
<i>gemischt</i>	VS/MCT/VS	VS—(D)—  —NH—Ar—VS	Remazol
	MNT/MNT	(D)—MNT—NH—Ar—NH—MNT—(D)	Kayacelon React

Ar = aromatischer Rest Aliph. = aliphatischer Rest  = Triazinring (D) = Chromophor

3.8 Färben mit Reaktivfarbstoffen

3.8.1 Kenngrößen einer Reaktivfärbung

Der Ablauf einer Reaktivfärbung gliedert sich unabhängig von dem verwendeten Färbeverfahren in drei Teilschritte:

- 1) Aufbringen des Farbstoffs auf die Faser
- 2) Chemische Reaktion des Farbstoffs mit der Faser
- 3) Auswaschen von chemisch nicht an die Faser gebundenem Farbstoff aus der Faser

Folgende vier Faktoren sind zur physikochemischen Beschreibung einer Reaktivfärbung ausreichend:

- 1) Löslichkeit
- 2) Substantivität
- 3) Diffusion
- 4) Reaktivität

Im folgenden soll auf die oben angeführten Kenngrößen eingegangen werden [54].

Löslichkeit

Die Löslichkeit der Farbstoffe ist von verschiedenen Faktoren abhängig, wie: Temperatur, Flottenvolumen, Elektrolytmenge und Hilfsmittelzusätzen. Über Variation dieser Parameter kann eine Färbung gezielt beeinflusst werden.

Hohe Löslichkeiten werden beispielsweise beim Klotzverfahren benötigt, bei dem mit hohen Farbstoffkonzentrationen gearbeitet wird. Betrachtet man das Ausziehverfahren, so spielt hier die sog. Elektrolyt-Löslichkeit eine große Rolle. Dies bedeutet, daß der Farbstoff bei hohen Salzmengen – die zur Erhöhung der Affinität des Farbstoffs zur Cellulose benötigt werden – noch eine ausreichende Löslichkeit aufweisen muß.

Eine besondere Bedeutung kommt der Löslichkeit bei Reaktivfarbstoffen zu, bei denen nach der Fixierung nicht an die Faser gebundener Farbstoff vollständig ausgewaschen werden muß. So übersteigen beispielsweise die Energiekosten für einen Waschgang zum Auswaschen von nicht fixiertem Farbstoff, die Kosten für den Färbeprozess um das Fünffache [55].

Ein Zurückbleiben von Farbstoff auf der Faser kann auch zu einer schlechteren Reibechtheit beitragen, worauf später noch näher eingegangen wird.

Substantivität

Für die Substantivität werden in der Literatur mehrere Definitionen angeführt. Zusammengefaßt kann man jedoch sagen, daß es sich bei der Substantivität um ein Verhältnis zwischen Farbstoff auf der Faser und Farbstoff im Färbebad handelt [52][56][57].

$$S = \frac{D_F}{D_B}$$

S: Substantivität

D_F: Farbstoffgehalt auf der Faser

D_B: Farbstoffgehalt in der Flotte

Folgende Faktoren haben Einfluß auf die Substantivität [52][56][58][59][60][61][62]:

- Konstitution des Chromophors
Abhängig von Größe, Sterik sowie Substituenten des Chromophors wird die Substantivität beeinflusst.
- pH-Wert
Eine Erhöhung des pH-Wertes im Färbebad verstärkt die Dissoziation der Cellulose. Durch die Bildung von Cellosatgruppen (Cell-O⁻) erhöht sich das negative Potential der Cellulose. Es kommt zu einer elektrostatischen Abstoßung zwischen Farbstoff und Substrat, woraus eine Abnahme der Substantivität resultiert.
- Elektrolyt-Konzentration
Zur Erniedrigung der elektrostatischen Abstoßung können der Färbeflotte Neutral-elektrolyte, z.B. Koch- oder Glaubersalz, zugesetzt werden. In diesem Fall werden die Cellosatgruppen durch Natrium-Ionen partiell abgesättigt. Dies führt zu einer – teilweise deutlichen – Erhöhung der Substantivität.
- Farbstoff-Konzentration
Eine Abnahme der Farbstoffkonzentration bewirkt – bei konstanten Färbebedingungen – eine Zunahme der Substantivität. Abhängig vom Farbstoff kann diese Konzentrationsabhängigkeit jedoch variieren.
- Temperatur
Zunehmende Temperatur bewirkt eine abnehmende Substantivität.

Die Bestimmung der Substantivität

Die Bestimmung der Substantivität bzw. des Ausziehvermögens eines Reaktivfarbstoffs erfolgt unter Bedingungen, bei denen die Reversibilität des Färbvorgangs gewährleistet ist, d.h. es darf keine chemische Fixierung mit der Faser eintreten.

Alternativ kann hier entweder im Neutralen gefärbt werden oder man färbt im Alkalischen, wobei mit dem hydrolysierten Farbstoff als Näherung gerechnet wird.

$$S = \frac{D_F}{D_B} = \frac{A}{L(100 - A)} = \frac{XA}{(100 - A)}$$

S: Substantivität

D_F: Farbstoffgehalt auf der Faser

D_B: Farbstoffgehalt in der Flotte

A: Ausziehgrad

L: Flottenverhältnis

X: 1/L

Der Ausziehgrad gibt an, welcher Anteil des von der Färbeflotte angebotenen Farbstoffs auf die Faser aufgezogen ist. Da das Flottenverhältnis eine bekannte Größe ist, lässt sich dieser Ausziehgrad aus Extinktionsmessungen der Färbebäder ermitteln:

$$A[\%] = \frac{(E_0 - E_t) \cdot 100}{E_0}$$

A: Ausziehgrad zur Zeit t

E₀: Extinktion der Flotte zu Beginn der Färbung (t=0)

E_t: Extinktion der Flotte zur Zeit t

Diffusion [63]

Physikalisch betrachtet stellt die Diffusion einen Massetransport dar. Bei einer Färbung entspricht dieser Massetransport dem Vorgang des Eindringens von Farbstoff aus dem Färbebad in die Faser, d.h. in deren Poren- und Kapillarsystem.

Die Beschreibung der Diffusionsvorgänge erfolgt durch die Fick'schen Gesetze. Das erste Fick'sche Gesetz beschreibt den eindimensionalen, stationären, zeitunabhängigen Massetransport in einem Medium. Das zweite Fick'sche Gesetz behandelt die Zeitabhängigkeit des Konzentrationsgradienten.

$$\begin{aligned} 1. \text{ Fick'sches Gesetz:} & \quad \frac{dn}{dt} = -D \cdot A \frac{dc}{dx} \\ 2. \text{ Fick'sches Gesetz:} & \quad \frac{dc}{dt} = D \cdot \frac{d^2c}{dx^2} \end{aligned}$$

Die Diffusion ist von folgenden Einflußgrößen abhängig [56][64]:

- Größe des Chromophors
Kleine Farbstoffmoleküle diffundieren schneller als große.
- Affinität
Je höher die Affinität, also die substantive Bindung des Farbstoffs an die Faseroberfläche, desto langsamer erfolgt der Transport ins Faserinnere.
- Elektrolytmenge
Bei Zusatz bis 5 g/l Elektrolyt kommt es zu einer Beschleunigung der Diffusion, resultierend aus einer Erniedrigung der elektrostatischen Abstoßung. Höhere Elektrolytkonzentrationen führen zu einer Aggregation und dadurch zu einer Verlangsamung der Diffusion.
- Temperatur
Eine Erhöhung der Temperatur um 10°C bewirkt eine Verdoppelung bis Verdreifachung des Diffusionskoeffizienten.

Die Fick'schen Gesetze berücksichtigen jedoch nicht, daß sich die Farbstoffkonzentration durch Fixierung – und damit auch der Diffusionskoeffizient – ständig ändert.

Die Farbstoffdiffusion in verschiedenen Fasern kann auf Basis von zwei einfachen Modellen betrachtet werden: das Poren- und das freie Volumenmodell, die – abhängig vom betrachteten textilen Substrat – zur Erklärung von experimentellen Beobachtungen herangezogen werden können (Abb. 13).

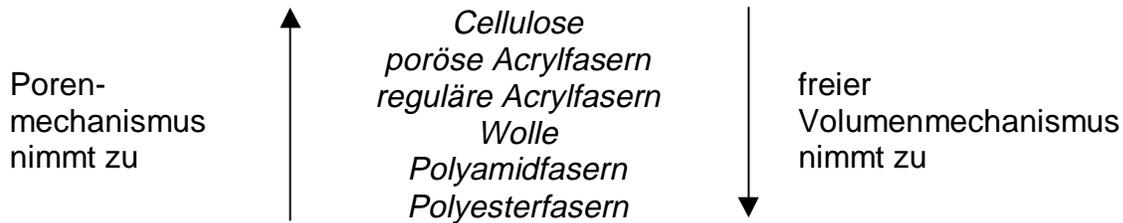


Abb. 13: Diffusionsmodelle für Textilfasern [65]

Das Porendiffusionsmodell [66][67][68][69][70][71]

Im Porendiffusionsmodell wird die Cellulosefaser als ein von miteinander verbundenen, wassergefüllten Poren durchzogener Körper angesehen. In diesen Poren können die Farbstoffmoleküle diffundieren, andererseits können sie auch an der inneren Porenoberfläche adsorbiert werden. Die Porengröße wird durch Quellung in Wasser beeinflusst und beträgt zwischen 25 und 45 Å. Abhängig von der Entfernung zur Polymeroberfläche existieren unterschiedlich starke Dipol-Wechselwirkungen. Je näher das Farbstoffmolekül der inneren Oberfläche kommt, desto geringer wird die Diffusionsgeschwindigkeit, da die attraktive Wechselwirkung ansteigt. Bei direktem Kontakt erfolgt praktisch keine Diffusionsbewegung mehr.

Das Freie Volumenmodell [72]

Beim freien Volumenmodell geht man davon aus, daß oberhalb der Glasumwandlungstemperatur T_g die Polymerketten beweglich werden und zu schwingen beginnen. Durch diese Bewegung entstehen kurzfristig Löcher, wodurch dem Farbstoff die Diffusion durch diese Strukturen ermöglicht wird.

Die Temperaturabhängigkeit des viskoelastischen Zustands und damit der Farbstoffdiffusion wird quantitativ durch die sogenannte WLF-Gleichung, benannt nach WILLIAMS, LANDEL und FERRY, ausgedrückt:

$$\lg \frac{D_T}{D_{T_g}} = \frac{A \cdot (T - T_g)}{B + (T - T_g)}$$

D_T : Diffusionskoeffizient bei der Temperatur T
 D_{T_g} : Diffusionskoeffizient am Glasumwandlungspunkt T_g ($T_g < T$)

Eine Differenzierung zwischen Porendiffusions- und freiem Volumenmodell kann durch die Temperaturabhängigkeit der Diffusionsgeschwindigkeit entsprechend der Arrhenius-Beziehung für Aktivierungsenergien erfolgen.

Durch Auftragung von $\ln D$ gegen $1/T$ (Abb. 14) erhält man eine Gerade, aus der sich E_d berechnen lässt.

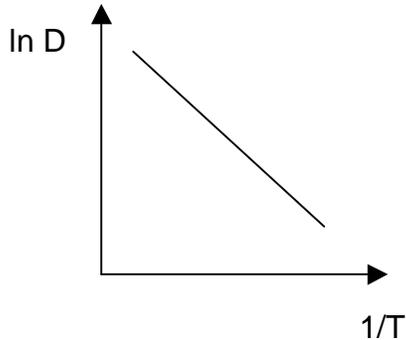


Abb. 14: Temperaturabhängigkeit der Diffusion beim Porendiffusionsmodell

Beim freien Volumenmodell ist die Farbstoffdiffusion eine Funktion der Kettenbeweglichkeit. Hierbei resultiert aus der WLF-Beziehung eine andere Temperaturabhängigkeit. Wird $\ln D$ gegen $1/T$ aufgetragen, ergibt sich oberhalb des Glasumwandlungspunktes T_g eine Kurve mit konkaver Krümmung (Abb. 15).

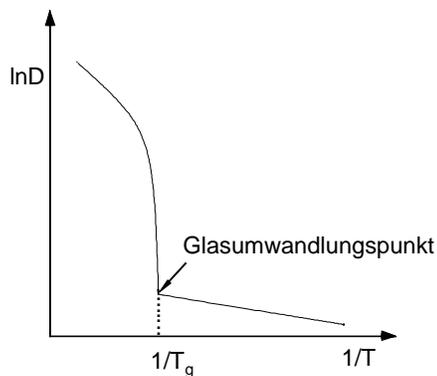


Abb. 15: Temperaturabhängigkeit der Diffusion beim freien Volumenmodell

Bestimmung des Diffusionsverhaltens von Farbstoffen in Cellulose

Eine Bestimmung des Diffusionsverhaltens von Farbstoffen kann mit Hilfe des „Sekido-Tests“ an Cellulosefolienwickeln erfolgen [73]. Das Prinzip des Verfahrens beruht darauf, daß Folienwickel unter neutralen, aber sonst färbegleichen Bedingungen (Reaktivfärbung, 60°C, 50 g/l Glaubersalz) gefärbt werden. Die Intensität der verschiedenen Folienlagen wird spektralphotometrisch erfaßt und die relative Extinktion gegen die Lagenzahl aufgetragen. Unter Kenntnis der Folienschichtdicke ergibt sich die Eindringtiefe x bei einer Abnahme der Extinktion auf den Wert $1/e$. Daraus läßt sich dann ein relativer Diffusionskoeffizient mit Hilfe der Einstein-Smoluchowsky-Gleichung berechnen:

$$D_{rel} = \frac{x^2}{2t}$$

x : Eindringtiefe in cm

t : Färbezeit in s

D_{rel} : relativer Diffusionskoeffizient in cm^2/s

Der Sekido-Test eignet sich, um in relativ kurzer Zeit eine Aussage über das Diffusionsverhalten der eingesetzten Farbstoffe zu erhalten.

3.8.2 Ausziehverfahren

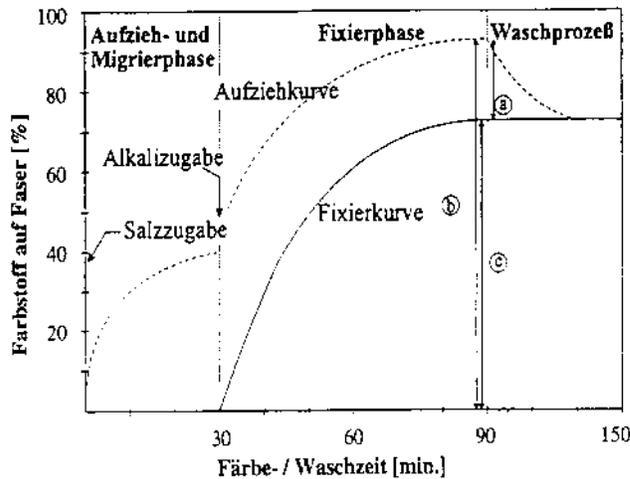
Die Färbung von Stück-, Maschen- und vorkonfektionierter Ware wird hauptsächlich nach dem Ausziehverfahren durchgeführt. Farbstoffe für das Ausziehverfahren müssen ausreichend hohe Substantivität aufweisen, um einen möglichst quantitativen Badauszug zu gewährleisten. Im allgemeinen wird aus verdünnter Färbelösung unter variablen Flottenverhältnissen unter Einsatz von Elektrolytsalzzusatz gefärbt.

Eine Ausziehfärbung gliedert sich in verschiedene Phasen (*Abb. 16*):

- Aufzieh- und Migrierphase: der Farbstoff zieht substantiv auf die Faser, ohne mit ihr zu reagieren
- Fixierphase: durch Zusatz von Alkali erfolgt die Fixierreaktion mit der Faser
- Waschprozeß nicht fixierter Farbstoff wird von der Faser entfernt

Als Fixieralkali kommen Soda, Natriumhydrogencarbonat, Trinatriumphosphat oder Natronlauge zur Anwendung.

Nach der Fixierphase muß nicht fixierter Farbstoff durch Waschen entfernt werden.



- a: Nicht fixierter Farbstoff
- b: Maximaler Anteil des Farbstoffes auf Faser (Badauszug)
- c: Fixierter Anteil des Farbstoffes auf Faser (Fixierausbeute)

Abb. 16: Ausziehverfahren in drei Stufen

3.8.3 Klotz-Kaltverweil-Verfahren (KKV)

Sollen größere Metragen in Kontinue-Prozessen gefärbt werden, kommt das Klotzkaltverweilverfahren (KKV) zum Einsatz. Ökonomisch ist dieses gegenüber dem Ausziehverfahren im Vorteil; unter anderem wegen kurzen Flottenverhältnissen. Beim KKV-Verfahren erfolgt das Aufbringen des Farbstoffs auf das Textilgut innerhalb weniger Sekunden. Durch Abquetschen zwischen zwei Walzen wird die gewünschte Flottenaufnahme eingestellt. Im Gegensatz zu den beim Ausziehverfahren verwendeten Farbstoffe, sollten die beim KKV-Verfahren benutzen Farbstoffe eine nicht zu hohe Substantivität aufweisen. Es kann sonst zu unegal und endenungleichen Färbungen kommen [56][74].

Da Klotzflotten mit hohen Farbstoffkonzentrationen verwendet werden, müssen die verwendeten Farbstoffe hohe Löslichkeiten besitzen. Durch Zusatz von Hilfsmitteln wie Harnstoff (~ 50-150 g/l) können höhere Löslichkeiten erreicht werden. Für die Fixierung des Farbstoffs wird das Gewebe kantengleich aufgerollt und bei Raumtemperatur für mehrere Stunden (8-24 h) gelagert. Auch hier schließt sich wieder ein Waschprozeß an.

Eine Variation des KKV ist das Wasserglasverfahren (WG). Es wird bei Reaktivfärbungen mit hydrolyseempfindlichen oder schlecht löslichen Farbstoffen eingesetzt. Das Wasserglas wirkt als Puffer, das Nebenreaktionen wie Hydrolyse verringert. Die benötigte Menge an Wasserglas variiert abhängig von der Farbstoffkonzentration und der Wasserglasart. Ein Elektrolyt-Zusatz kann bei der KKV-WG-Methode entfallen.

4. Farbmeterik

4.1 Grundlagen

Ein Großteil aller textilen Stoffe ist heutzutage gefärbt. Dies bedeutet, daß Farbe als Gestaltungselement in der Textil- und Bekleidungsindustrie eine große Rolle spielt. Da Farbe ein sehr subjektiver Sinneseindruck ist, kann es vorkommen, daß verschiedene Personen einen Farbton ganz unterschiedlich beschreiben. Durch die Vielzahl an Farbnuancen ist man somit bei der Beurteilung von Farben auf erfahrene Coloristen angewiesen. Mit Hilfe der Farbmessungen können dagegen Farbeindrücke objektiv in Zahlen erfaßt und ausgedrückt werden. Gleichzeitig ist es auch möglich, Berechnungen und Vergleiche durchzuführen [75].

Fällt Licht auf ein Objekt, wird ein Teil des Lichts von diesem absorbiert und ein anderer Teil reflektiert. Dieser reflektierte Teil des Lichts erscheint dem Auge als Farbe. Farbe als Sinneseindruck entsteht, wenn Strahlung auf die Zäpfchen der Netzhaut fällt. Die auftreffende Strahlung wird in einen Blau-, Grün- und Rotanteil zerlegt, wobei die spektrale Empfindlichkeit der drei Zäpfchen durch die Normspektralwertkurven \bar{x} , \bar{y} , \bar{z} gekennzeichnet ist (Abb. 17).

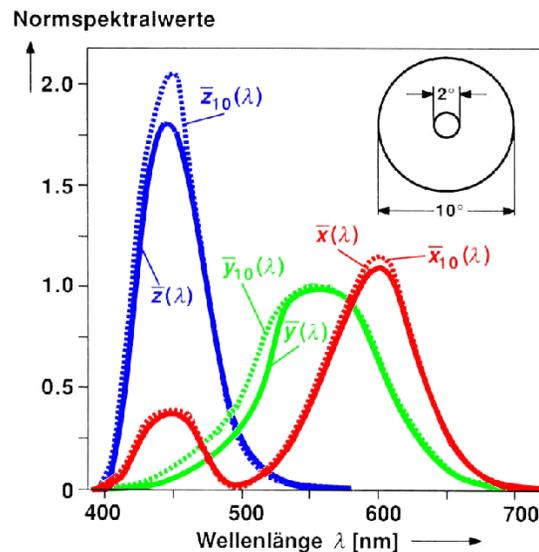


Abb. 17: Die Normspektralwertkurven bei Normalbetrachter 2° und 10° [76]

Eine Zerlegung der Strahlung in drei Anteile ist auch mit drei Farbfiltern (Blau/Grün/Rot) möglich. Die spektrale Durchlässigkeit entspricht dabei der Empfindlichkeit der drei Reizzentren des Auges.

Die von einer Oberfläche zurückgeworfene Strahlung wird durch diese drei Filter aufgetrennt und die jeweils durchgelassene Strahlung von einer Fozelle registriert. Durch die drei Signale von der Fozelle, ist somit die Farbe eindeutig definiert. Diese mit Hilfe der Farbfiler ermittelten Werte werden als Normfarbwerte X,Y,Z bezeichnet. In *Abb. 18* ist der schematische Ablauf des Farbsehens bzw. Farbmessens dargestellt.

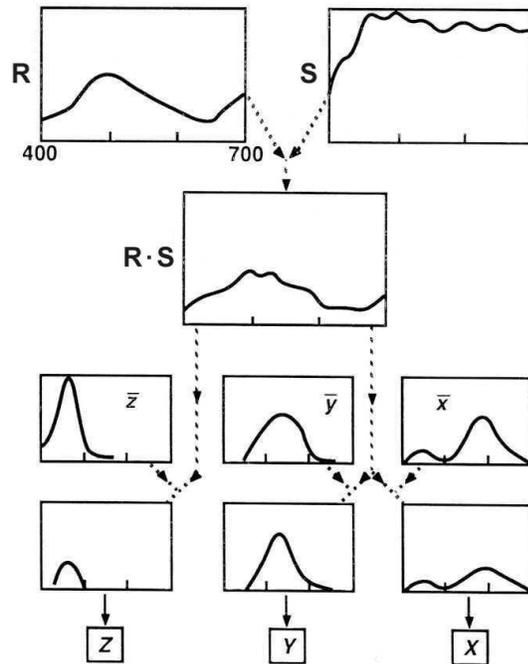


Abb. 18: Flußschema für das Farbsehen

Die Normfarbwerte lassen sich auch nach folgenden Gleichungen berechnen:

$$X = k \int_{380}^{780} R(\lambda) \cdot S(\lambda) \cdot \bar{x}(\lambda) \cdot d\lambda$$

$$Y = k \int_{380}^{780} R(\lambda) \cdot S(\lambda) \cdot \bar{y}(\lambda) \cdot d\lambda$$

$$Z = k \int_{380}^{780} R(\lambda) \cdot S(\lambda) \cdot \bar{z}(\lambda) \cdot d\lambda$$

$$k = 100 / \int_{380}^{780} S(\lambda) \cdot \bar{y}(\lambda) \cdot d\lambda$$

$R(\lambda)$ = Reflexionsfaktor

$S(\lambda)$ = Lichtintensität

k = Normierungsfaktor

Aus den Normfarbwerten X,Y,Z kann man die Normfarbwertanteile x, y und z bilden:
Die Summe aus x, y und z ist 1.

$$x = \frac{X}{X+Y+Z} \quad y = \frac{Y}{X+Y+Z}$$

Die sichtbaren Farben sind in der CIE-Normfarbtafel dargestellt (Abb. 19).
Man definiert dabei Farbton (Bunton, Lage auf der Außenlinie), Sättigung (Entfernung zum Unbuntpunkt) und die Helligkeit (Ebene im Farbkörper).
Durch die Koordinaten x und y wird die Farbart im zweidimensionalen Farbraum definiert. Die Farbtöne (Spektralfarben) mit dem höchsten Sättigungsgrad liegen am Rand der CIE-Normfarbtafel. Zur Mitte hin nimmt dabei die Sättigung ab.
Der Weißpunkt mit $x=y=0,333$ wird als Unbuntpunkt bezeichnet und hat die geringste Farbsättigung.

Den Abstand zweier Farben im Farbraum nennt man Farbabstand ΔE (bzw. dE).
Er errechnet sich aus den Koordinaten zweier Farborte.

Ein Nachteil des reizmetrischen Systems ist nun, daß verschiedene Farbabstände mit gleich großem dE dem Betrachter nicht immer gleich groß erscheinen. Der Amerikaner MACADAMS untersuchte dieses Phänomen und definierte die nach ihm benannten Mac-Adams-Ellipsen. Diese Ellipsen definieren dabei die Farbbereiche, bei denen visuell kein Farbunterschied erkennbar ist (Abb. 20).

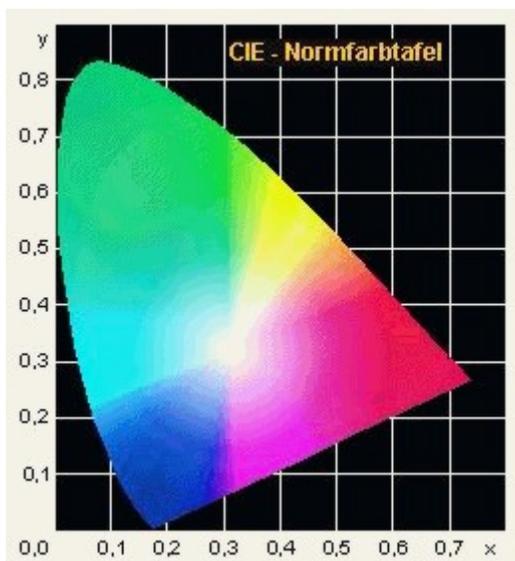


Abb. 19: CIE-Farbraum [77]

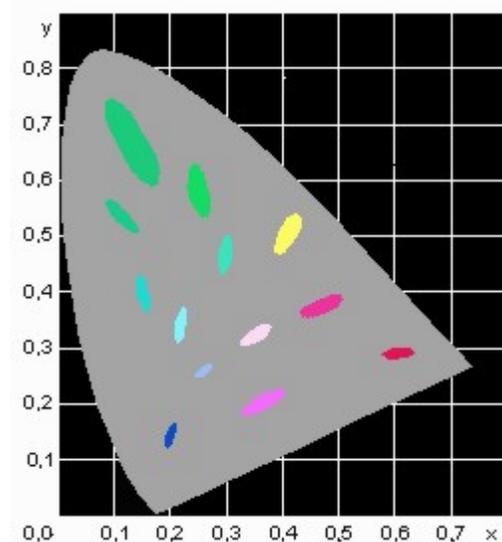


Abb. 20: MacAdams-Ellipsen [77]

1976 wurde von der CIE das CIE-L*a*b*-System eingeführt (Abb. 21). Dabei entsprechen gleiche geometrische Abstände den gleichen Empfindungsabständen. Die L*a*b*-Koordinaten können aus den Normfarbwerten X, Y, Z nach folgenden Gleichungen berechnet werden:

$$L^* = 116 Y^* - 16$$

$$a^* = 500 (X^* - Y^*)$$

$$b^* = 200 (Y^* - Z^*)$$

L* ist die Helligkeitsachse (0=Schwarz → 100=Weiß)

a* und b* sind die Farbmaßzahlen, sie stellen den Farbkreis dar.

(-a* – +a*: Rot-Grün-Achse; -b* – +b*: Gelb-Blau-Achse)

Der Farbabstand ΔE errechnet sich nach: $\Delta E = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}}$

Dabei ist für einen Betrachter bereits ab einer Differenz von <1 kein Unterschied der Farbe mehr ersichtlich [78][79].

Das CIE-L*a*b*-System läßt sich sehr leicht durch mathematische Operationen in das sogenannte CIE-L*C*h°-System übertragen. Die C* Komponente ist die Farbsättigung, h° der Farbwinkel (Farbton). Sie berechnen sich folgendermaßen:

$$C^* = \sqrt{(a^{*2} + b^{*2})}$$

$$h^\circ = \arctan (b^*/a^*)$$

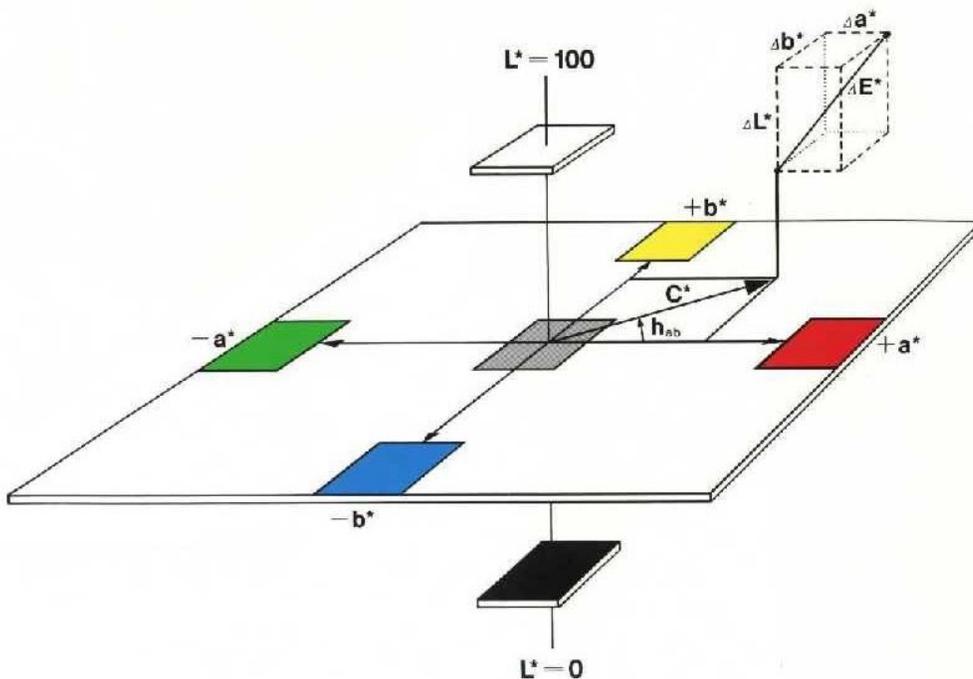


Abb. 21: Das CIE-L*a*b* und das CIE-L*C*h°-System [80]

4.2 Farbmeßsysteme

Die objektive Methode der Farbmessung beruht auf den physikalischen Meßverfahren der Spektrometer. Grundsätzlich aufgebaut sind sie aus: Lichtquelle, Probenansatz, Monochromator (Filter, Prisma, Gitter) und lichtelektrischem Empfänger.

Man unterscheidet Drei(bereichs)filterphotometer, bei denen das von der Probe kommende Licht nacheinander durch Filter gemessen wird, welche die Empfindlichkeit des menschlichen Auges repräsentieren. Aus den so erhaltenen Werten lassen sich die Normfarbwerte X,Y und Z erhalten.

Die zweite Möglichkeit besteht in der Farbmessung auf Grundlage des Spektralverfahrens. Diese Methode ist genauer als die oben angeführte und erfolgt durch spektralphotometrische Messung des vom Untersuchungsobjekt zurückgestrahlten Lichts.

Zum Bestrahlen der Probe kommen verschiedene Lichtarten zum Einsatz.

Normlicht A (Farbtemperatur: 2856 K) entspricht der Strahlungscharakteristik einer Glühlampenbeleuchtung. Normlicht D 65 (Farbtemperatur: 6500 K) besitzt eine, dem Tageslicht entsprechende gleichmäßige Strahlungsverteilung.

Auch die Meßgeometrie, d.h. Beleuchtungs- und Beobachtungswinkel, haben Einfluß auf die Ergebnisse.

Man unterscheidet:

- a) $45^{\circ}/0^{\circ}$ Die Probe wird unter 45° beleuchtet und unter 0° beobachtet
- b) $0^{\circ}/45^{\circ}$ Die Probe wird unter 0° beleuchtet und unter 45° beobachtet
- c) diffus/ 0° Die Probe wird diffus beleuchtet und unter 0° beobachtet
- d) 0° /diffus Umkehrung zu c)

In der Farbmatrik ist auch die Charakteristik eines Beobachters festgelegt.

Bei einem Normalbeobachter handelt es sich um einen Beobachter, dessen Spektralwertfunktionen den von der CIE festgelegten entsprechen. Bei technischen Farbmessungen wird entweder der farbmtrische 2° -Normalbeobachter (1931 von der CIE festgelegt) oder der farbmtrische 10° -(Großfeld-)Normalbeobachter (1964 von der CIE ergänzt) benutzt. In DIN 5033 [81] sind diese Normalbetrachter genauer definiert. Beide Systeme lassen sich nicht ineinander umrechnen. Aus *Abb. 17* ersichtlich, daß man leicht abweichende Spektralwertfunktionen mit z.T. merklichen Farbortverschiebungen der Wellenlängen erhält.

4.3 Remission

Jeder Körper absorbiert einen Teil des auf ihn fallenden Lichts und remittiert den restlichen Teil. Die so remittierte Strahlung setzt sich aus den verschiedenen Wellenlängen zusammen, die man als Ganzes gesehen auch als Remission bezeichnet. Mit Hilfe von Farbmeßgeräten läßt sich die Remission ermitteln und als Remissionskurve darstellen. Dabei wird der Remissionsgrad (Quotient aus zurückgeworfener und eingestrahelter Strahlungsintensität) – bezogen auf Normalweiß = 100% – in Abhängigkeit von der Wellenlänge des Lichts (meist 400 - 700 nm) bezeichnet. Eine solch ermittelte Remissionskurve charakterisiert somit physikalisch eine bestimmte Farbe [17].

4.4 Richttyptiefe

Bei vergleichenden Echtheitsprüfungen ist es notwendig, daß man sich bei Färbungen auf Nuancen gleicher Farbtiefe bezieht. Das hat die Bewandnis, daß beispielsweise bei Lichtechtheitsprüfungen hellere Färbungen schneller verschießen als dunklere. Für diesen Zweck werden standardisierte Färbungen – sog. Richttyptiefen (RT) – hergestellt [82][83][84]. Entsprechend DIN EN ISO 105-A01 [85] bzw. DIN 54000 handelt es sich dabei um 18 verschiedene Färbungen in verschiedenen Farben, welche dem normalsichtigen Auge als gleich tief erscheinen. Eine solche Farbe wird als 1/1 RT bezeichnet. Diese Farbmustersammlung der 18 Farben, also die Hilfstypen 1/1 Richttyptiefe, werden volkstümlich auch als „Handorgel“ bezeichnet.

4.5 Lambert-Beer'sches Gesetz

In verdünnten wäßrigen Farbstofflösungen gilt das Lambert-Beer'sche Gesetz.

$$E = \log \frac{I_0}{I} = \varepsilon_{\lambda} \cdot c \cdot d$$

- E: Extinktion
- I_0 : Intensität des Vergleichsstrahls
- I: Intensität des Probenstrahls
- ε_{λ} : Extinktionskoeffizient
- c: Farbstoffkonzentration
- d: Schichtdicke

Setzt man das Produkt von Extinktionskoeffizient und Schichtdicke als konstant an, so erhält man eine lineare Beziehung zwischen Extinktion und Farbstoffkonzentration. Durch Messung von ε kann so die Konzentration eines gelösten Stoffes bestimmt werden.

4.6 Kubelka-Munk-Funktion

Möchte man die Farbstoffkonzentration auf gefärbtem Gewebe bestimmen, kommt die Kubelka-Munk-Gleichung zur Anwendung [86].

$$\frac{K}{S} = \frac{(1 - R_{\infty})^2}{2 \cdot R_{\infty}} = A \cdot c$$

K: Absorption

S: Streuung

R_{∞} : Remission (bei lichtundurchlässiger Probe)

A: Proportionalitätskonstante

c: Farbmittelkonzentration

K und S sind zwei optische Kenngrößen. K ist ein Maß für die Lichtabsorption und hängt vom Farbstoff ab. S ist ein Maß für die Lichtstreuung und wird vom Gewebe bestimmt.

Bei A handelt es sich um einen vom Material und den Färbebedingungen unabhängigen Faktor. Er wird empirisch bestimmt. Durch Messung des Remissionsgrades ist es somit möglich, die Farbstoffkonzentration c auf dem Gewebe zu bestimmen.

5. Licht- und Rasterelektronenmikroskopie

Die Mikroskopie, als Spezialgebiet der Textilprüfung, besitzt bei der Untersuchung von Textilien einen hohen Stellenwert. So lassen sich durch unterschiedlichste Präparationstechniken und computergestützte Bildanalysen Aufschlüsse über den Feinbau und die Morphologie von textilen Fasern und Flächengebilden jeglicher Art erhalten [87].

Man unterscheidet zwischen Lichtmikroskopen und Mikroskopen, welche mit beschleunigten Elektronen arbeiten. Bei einem Lichtmikroskop (LM) erfolgt die Bilddarstellung über Licht, bei einem Rasterelektronenmikroskop (REM) über beschleunigte Elektronen. Vergleicht man Lichtmikroskop und Rasterelektronenmikroskop, so bietet letzteres einige Vorteile, wie erhöhte Vergrößerung und höhere Schärfentiefe. Dadurch ist es auch möglich, die Oberflächen von räumlich strukturierten Objekten zu untersuchen [88][89].

Tab. 6: Vergleich der optischen Parameter eines Lichtmikroskops (LM) im Vergleich zum Rasterelektronenmikroskop (REM)

Optische Parameter		LM	REM
Schärfentiefe	(μm)	0,1 bei 1000 x	30 bei 1000 x 10 bei 10 000 x
Vergrößerung (max.)	(M = 1:)	ca. 1300	ca. 100 000
Auflösungsvermögen	(nm)	ca. 200-400	ca. 4-100

Zu den oben erwähnten Präparationstechniken gehört vor allem die Herstellung von Quer- und Längsschnitten von Fasern. Dazu wird zunächst die Faser stabilisiert (Eingießen in Wachs oder Kunstharz) und anschließend der Querschnitt mit Hilfe eines Mikrotoms oder nach Schleiftechnik erstellt. Die so erhaltenen Querschnitte liefern Informationen über Form und mikroskopischen Faseraufbau [90][91]. Außerdem lässt sich in vielen Fällen erkennen, ob bei gefärbten Textilien eine vollständige Durchfärbung der Fasern gewährleistet ist, oder ob es zu Rand- oder Ringfärbungen gekommen ist. Abhängig von Substrat und Farbstoff ist es jedoch nicht immer ganz leicht, differenzierte Aussagen bezüglich der Durchfärbung zu treffen, da hierbei das Lichtmikroskop an seine Auflösungsgrenzen stoßen kann. Für die spezielle Fragestellung der Durchfärbung existiert auch noch die Möglichkeit, eine sog. Fluoreszenzmikroskopie durchzuführen.

Objekte, die im Rasterelektronenmikroskop betrachtet werden sollen, müssen zunächst mit einem dünnen Goldfilm überzogen werden. Durch dieses sog. "Sputtern" kann die zur Betrachtung nötige Sekundärelektronenrate gesteigert werden. Außerdem können in der Probenkammer elektrische Ströme abgeleitet werden.

Tab. 7 nennt die Hauptbestandteile eines Rasterelektronenmikroskops und erläutert kurz deren Zweck. Der schematische Aufbau eines REM ist in Abb. 22 gezeigt.

Tab. 7: Hauptbestandteile eines REM und deren Aufgabe

<i>Elektronenquelle:</i>	zur Erzeugung des Elektronenstrahls (1-40 kV)
<i>Elektronenoptik (Magnetlinsen):</i>	zur feinen Bündelungen des Elektronenstrahls, welcher über eine Elektronik gesteuert, zeilenweise das Objekt abrastert
<i>Probenkammer mit Probentisch:</i>	der mit dem darauf befestigten Objekt in verschiedene Richtungen verschoben und gedreht werden kann
<i>SE-Detektor:</i>	sammelt die beim Beschuß des Objekts entstehenden sog. Sekundärelektronen (SE), die aus der Objektoberfläche herausgeschlagen werden
<i>Vakuum-Einheit:</i>	liefert ein Vakuum ($>10^{-5}$ bar)
<i>Elektronikeinheit:</i>	dient zur Verstärkung der Ströme, zur Erzeugung der Bildinformationen
<i>Bildröhre:</i>	zeigt die Bildinformationen an

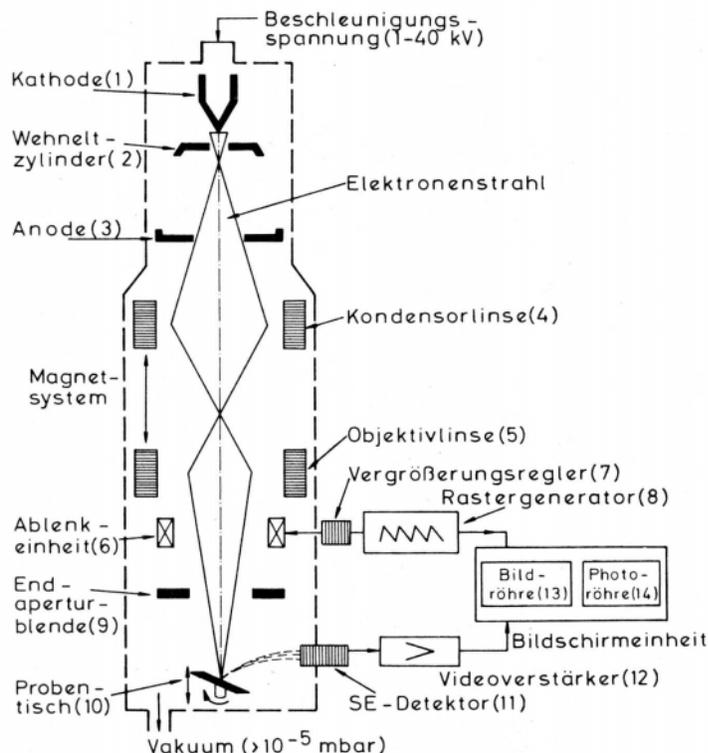


Abb. 22: Schematischer Aufbau eines Rasterelektronenmikroskops

III. Spezieller Teil

6. Reibechtheit

6.1 Allgemeines

Der Wunsch, echte Färbungen auf Textilien herzustellen, dürfte seit den Anfängen der Färberei bestehen. Der Einsatz von Naturfarbstoffen in der „alten Färberei“ machte anscheinend schon Probleme, so daß BISCHOFF [92] in dem Buch „Versuch einer Geschichte der Färberkunst“ 1780 schrieb: „Denn, wenn gleich ein Zeug noch so feurig und glänzend gefärbt ist, aber diese schöne Farbe sich in ein schmutziges Gelb oder Grau verwandelt, oder gänzlich verschiesst, so ist die ganze Kunst des Färbers umsonst und der Zeug hat seinen vorzüglichen Werth verloren.“

Das angeführte Beispiel soll verdeutlichen, daß an eine Färbung – damals wie heute – eine Vielzahl von Einzelanforderungen bezüglich ihrer Echtheit gestellt wird. Neben der Licht- und Waschechtheit ist auch die Reibechtheit ein wichtiges Kriterium zur Beurteilung der Qualität einer Färbung. Darüber hinaus gibt es aber auch noch eine Vielzahl an anderen Echtheitsanforderungen, die sich in den entsprechenden Prüfnormen niedergeschlagen haben.

Was kann man sich nun unter dem Echtheitsbegriff "Reibechtheit" vorstellen?

Unter der Reibechtheit versteht man die Widerstandsfähigkeit der Farbe von Textilien jeder Art gegen das Abreiben und Anfärben anderer Textilien beim Gebrauch.

Die englische Übersetzung der "Reibechtheit von Färbungen" lautet "Colour fastness to rubbing" [93]. In den USA wird auch gelegentlich noch zwischen den Begriffen „crocking“ und „rubbing fastness“ unterschieden. „Crocking“ bedeutet dabei den Farbtransfer von der Oberfläche einer gefärbten Ware zu einer benachbarten der gleichen Art oder zu einer anderen Oberfläche durch Reiben. Unter „Rubbing fastness“ versteht man die Farbtonänderung der Färbung [94].

Nach diesen kurzen Begriffsdefinitionen soll nun auf die Ursachen der Reibechtheit näher eingegangen werden.

6.2 Ursachen der Reibechtheit

Die Ursache der Reibechtheit liegt in dem mechanischen Phänomen der Reibung begründet. Erst durch den innigen Kontakt zweier Gewebe, die gegeneinander gerieben werden, kommt der Effekt der Reibechtheit zustande.

Allgemein wird Reibung definiert als eine Kraft, die der Relativbewegung sich berührender fester Körper oder der Strömung flüssiger und gasförmiger Medien entgegenwirkt. Die Reibung in der Kontaktfläche sich berührender Körper wird gelegentlich auch als äußere Reibung bezeichnet, um sie von der inneren Reibung (Viskosität) zu unterscheiden, die bei der Relativbewegung von Volumenelementen innerhalb von festen, flüssigen oder gasförmigen Stoffen auftritt [95].

Reibung ist insgesamt gesehen ein sehr komplexer Vorgang, zu dessen Auftreten verschiedene Faktoren beitragen [94]:

- Einfluß der äußeren und der molekularen Struktur
- Verschleiß durch Reibung
- Gleitgeschwindigkeit (Relativgeschwindigkeit)
- Einwirkung von Fremdkörpern (z.B. Schmiermittel)
- Elektrostatische Erscheinungen

Diese umfangreiche Beschreibung der Reibung bedurfte einer Menge an Vorarbeit.

Der französische Physiker COULOMB versuchte im 18. Jahrhundert als erster, quantitative Aussagen über die Reibung zu treffen. Mit Hilfe einer von ihm entwickelten Vorrichtung – dem Tribometer – gelang es ihm die Kraft zu messen, welche nötig ist, um einen festen Körper auf einer Unterlage zum Gleiten zu bringen (*Abb. 23*). Durch diese Untersuchungen fand COULOMB das nach ihm benannte Coulomb'sche Reibungsgesetz:

$$R = \mu_0 \cdot N$$

R: Reibungskraft

N: Normalkraft

μ_0 : Haftreibungskoeffizient

In Worten ausgedrückt bedeutet dies: Die Kraft R, bei der das Gleiten gerade beginnt, ist unabhängig von der Auflagefläche und wächst proportional mit der, auf die Unterlage wirkende Normalkraft. Sobald die Haftung überwunden ist, beginnt der Körper zu gleiten.

Um diese Bewegung aufrecht zu erhalten ist eine Kraft R' nötig, die in der Regel $1/3$ geringer als R ist.

$$R' = \mu'_0 \cdot N$$

R' : Reibungskraft

N : Normalkraft

μ'_0 : Gleit- oder Bewegungskoeffizient

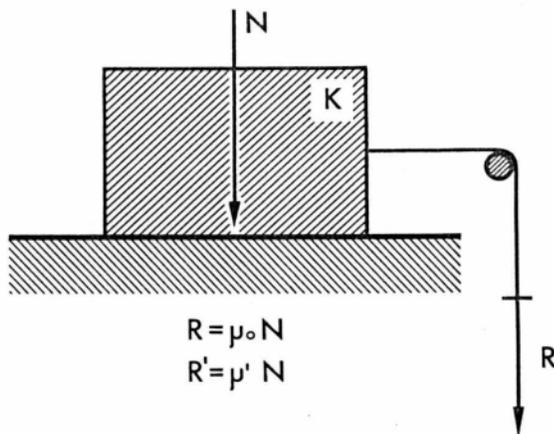
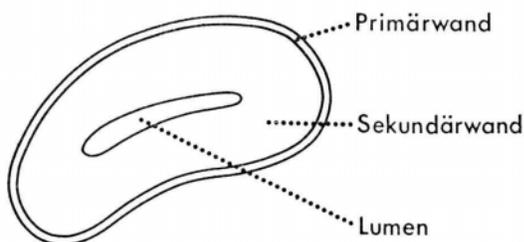


Abb. 23: Schematische Darstellung eines Tribometers

Grundlegende Untersuchungen bezüglich der Abhängigkeiten von Reibungskräften während der Reibechtheitsprüfung wurden bereits 1969 von BIGLER [96] veröffentlicht. Das von ihm verwendete Meßgerät ist in *Kap. 7.2.2* beschrieben.

Umfangreiche Studien haben gezeigt, daß der Verschleiß, d.h. die Schädigung der gegeneinander reibenden Gewebe, Ursache für die auftretenden Reibechtheiten ist. Auf den grundlegenden Aufbau der Baumwolle wurde bereits in *Kap. 1.2* eingegangen. Eine genauere morphologische Betrachtung soll verstehen helfen, was bei einer Baumwollfaser durch die mechanische Einwirkung zerstört werden kann [97]. *Abb. 24* zeigt nochmals die drei wichtigsten morphologischen Strukturelemente einer voll entwickelten Baumwollfaser:



- Primärwand, die beim Längenwachstum gebildet wird
- Sekundärwand, die beim Dickenwachstum gebildet wird
- Lumen

Abb. 24: Die morphologischen Elemente der Baumwolle

Bei der Primärwand handelt es sich um ein dünnes Häutchen aus Cellulose, das mit Wachs und Pektin durchsetzt ist. Es verleiht der rohen Baumwolle den wasserabstoßenden Charakter. Die Primärwand wird nahezu vollständig durch Beuch- und Bleichbehandlungen beseitigt, so daß dann die S1-Schicht der Sekundärwand (auch als "Übergangslamelle" bezeichnet) die Oberfläche bildet. Diese S1-Schicht besteht aus grobfibrillären schraubenförmigen Lamellen, die gegenläufig zu den feineren Fibrillen der S2-Schicht verlaufen [98]. Insgesamt besteht die Sekundärwand aus ca. 25-30 Schichten.

Durch verschiedene Quellreaktionen in Cuoxam lassen sich die Strukturelemente nachweisen. *Abb. 25* zeigt ein Modell des schichtartigen Lamellenaufbaus einer Baumwollfaser.

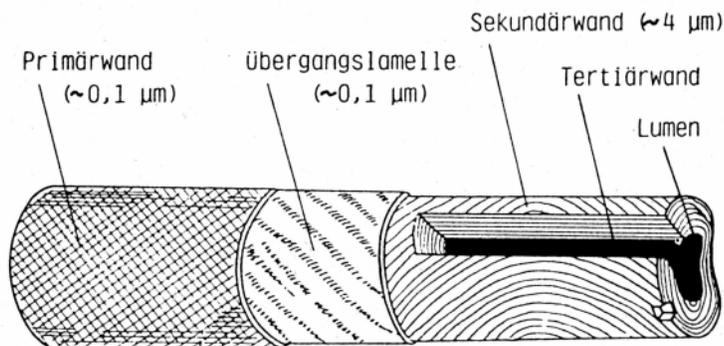


Abb. 25: Modell der Lamellenstruktur einer Baumwollfaser

Die Übergangslamellen bilden eine Art Verpackung der innen liegenden Schichten und bieten so einen guten Schutz gegen mechanische Einwirkungen.

BIGLER [96] führt aus, daß bei der Scheuerung nasser Baumwolle erst dann eine Aufsplitterung der Faser in Fibrillen eintritt, wenn die Übergangslamelle – die sich in zusammenhängenden Fetzen vom Faserstamm ablöst – durch die scheuernden Kräfte zerstört worden ist. BIGLER [99] äußert in diesem Zusammenhang, daß die erreichbare Reibecktheit durch die Stabilität der Baumwolle begrenzt ist.

Die beim Reiben mit unterschiedlichen Gewebematerialien auftretenden Schädigungen am Reibgewebe wurden von ihm durch Gelatineabdrücke unter dem Lichtmikroskop untersucht. Die Reibkräfte wurden mit dem umgebauten Crockmeter ermittelt. Es ergaben sich unterschiedliche Streuungen der Messungen abhängig vom Material des Probegewebes. Bei Baumwollgewebe – ob fein oder grob – ist die Streuung erheblich, bei wollenen Textilien geringer und bei Textilien aus Chemiefasern unbedeutend klein. Als Grund wird angegeben, daß die harten Chemiefasern Ungleichmäßigkeiten durch Deformationsarbeit ausgleichen können.

Bei Durchführung einer Naßreibprobe ist – unabhängig vom Fasermaterial – mehr, in der Regel eine fast doppelt so große Reibarbeit aufzuwenden. BIGLER erklärt dies dadurch, daß der Hauptteil der Arbeit zur Lösung von Wasserstoffbrücken aufgewendet wird, die sich zwischen dem feuchten Reibgewebe und der Probe ausbilden. Gleichzeitig bedeutet eine Quellung stets eine Aufhebung von zwischenmolekularen Bindungen. Dies ist auch der Grund für die bei der Naßprüfung außerordentlich starke Schädigung der Baumwollfaser.

Die Streuung der "nassen" Meßergebnisse ist im Vergleich zu den trocken erhaltenen auffallend gering, wobei wiederum baumwollene Textilien die größte, Textilien aus Chemiefasern die geringste Streuung aufweisen.

Während das Reiben des Baumwollgewebes auf Baumwolle oder Wolle eine geringe Zerstörung der Faser bewirkt, wird der Baumwoll-Lappen durch das Reiben auf Chemiefasern so stark angegriffen, daß sogar die Bindeköpfe flach gescheuert werden.

Sowohl bei der Baumwolle als auch bei der Schafwolle ist der Abbau der Faser bei der Trockenreibechtheit geringer als bei einer Naßreibechtheitsprüfung.

Nach KEHREN und BRANDT [100] ist es aufgrund der beschriebenen Eigenschaften der Baumwolle nicht möglich, auf baumwollenen Textilien tiefe und zugleich naßreibechte Färbungen herzustellen. Die Autoren stellen fest, daß selbst bei guten Trockenreibechtheiten von 4, die Naßreibechtheit in der Mehrzahl der Fälle bei 2 liegt.

6.3 Ansätze zur Verbesserung von Reib(un)echtheiten

In *Kap. 6.2* wurden Faktoren wie Struktur, Verschleiß, Gleitgeschwindigkeit, Einwirkung von Fremdkörpern und elektrostatische Erscheinungen aufgezählt, welche die auftretenden Reibungskräfte beeinflussen. Es wurde beschrieben, daß durch die Reibungskräfte eine Schädigung der Gewebe eintritt, was durch den damit verbundenen Faserübertrag zu der beobachteten Reibanschmutzung führt.

Es sollte also so sein, daß alle Faktoren, die geeignet sind Reibungskräfte zu vermindern, auch eine Verbesserung der Reibechtheiten bewirken.

HEID [94] und BIGLER [96] stellen in ihren Aufsätzen ausführlich die Chronologie von Arbeiten dar, welche sich mit Untersuchungen zum Thema Reibechtheit beschäftigt haben. Im Folgenden soll kurz zusammengefaßt werden, wie die Autoren verschiedene, die Reibechtheiten beeinflussende Faktoren und Behandlungen darstellen und bewerten. Dadurch ergibt sich auch eine gute Übersicht, wie bisher versucht wurde, um die Reibechtheiten zu verbessern.

Bei Untersuchungen von Naphthol-Färbungen auf Baumwolle ergibt sich durch folgende Maßnahmen eine Verbesserung der Reibechtheit: Kuppeln nach dem Trocknen, effektives Entfernen von lose an der Oberfläche haftender Farbstoffpigmenten durch Seifen und gezielte Auswahl der Entwickler. Eine Anwendung verschiedener Appreturen (Harze, Weichmacher, wasserabstoßende Produkte und Avivageöle) führte in der Mehrzahl der Fälle sogar zu einer Verschlechterung der Reibechtheit. Leider wird keine Erklärung für diese Befunde geliefert, da nach der oben gemachten Aussage, sämtliche Appreturen zu geringeren Reibungskräften führen und somit eine Verbesserung der Reibechtheiten resultieren müßte.

Als weitere Ursache für eine mangelnde Reibechtheit wird der nicht fixierte, auf der Faseroberfläche befindliche Farbstoff angeführt. Durch ein möglichst starkes Eindringen des Farbstoffs in die Faser soll dieser Effekt vermindert werden. Je nach verwendeter Farbstoffklasse äußert sich dieser Effekt unterschiedlich stark [101].

Bei Färbungen von Wolle wurde von MILSON [102] die Aussage gemacht, daß die Güte der Reibechtheit nicht von der Farbstoffklasse abhängig ist, sondern nur von der Menge des auf der Faseroberfläche befindlichen Farbstoffes abhängt. Eine Verbesserung der Reibechtheit wird daher erreicht, wenn der Farbstoff durch Anwendung verschiedener (Färbe-)Verfahren in die Faser gelangen kann.

Auch bei Wolle wurde festgestellt, daß beim Scheren von Tuchen eine Verschlechterung der Reibechtheiten resultiert. Dies folgt aus dem vom Scheren bedingten feinen Faserstaub, der nicht oder sehr schlecht wieder aus dem Gewebe zu entfernen ist. Weder Ausblasen, Dämpfen oder andere mechanische Operationen vermögen den Staub zu entfernen. Gleichzeitig werden einzelne Fasern durch das Scheren angeschnitten und beschädigt, was bei einer mechanischen Belastung zu einer leichteren Schädigung dieser Fasern führt [96].

Bei Untersuchungen der Trocken- und Naßreibechtheiten einer Reaktiv-Schwarz-Färbung auf Baumwolle mit einer Melamin-Harz-Nachbehandlung wurde die Reibechtheit mit unterschiedlichen Reibgewebematerialien geprüft. Während bei Reibgewebe aus Baumwolle wie erwartet die Naßreibechtheit schlechter als die Trockenreibechtheit ausfällt, ist dies bei synthetischen Fasern und Wolle genau anders herum. Erklärt wird dies durch die, von der Ausrüstung herrührende Versprödung und Verhärtung des Materials, welche durch die Feuchtigkeit aufgehoben werden [96].

Alle aufgeführten Punkte lassen sich zumeist auf andere Materialien und Farbstoffklassen übertragen. Dadurch wird die Vielzahl, der die Reibechtheit beeinflussenden Einzelfaktoren deutlich [103]. Die jeweiligen oben genannten Untersuchungen sowie eine Vielzahl weiterer Aufsätze lassen sich durch die genannten Literaturstellen von HEID [94] und BIGLER [96] vertiefen.

Zusammengefaßt hängt die Reibechtheit von folgenden Faktoren ab [94]:

- Substrat (Prüfling und Reibgewebe)
- Gewebestruktur (Prüfling und Reibgewebe)
- Farbstoffklasse und Farbtiefe
- Färbeverfahren
- Nachbehandlung
- Ausrüstung
- Feuchtigkeit beim Reiben
(allgemeiner Zustand und Umstände bei der reibenden Belastung)

6.4 Bestimmung von Reibechtheiten

Alle Testmethoden können das Reiben von Textilien beim täglichen Gebrauch kaum vollständig nachahmen, da dieser Vorgang äußerst kompliziert ist. Die Anforderung an solche Meßmethoden ist jedoch die möglichst gute Reproduzierbarkeit.

In der Literatur taucht der Begriff der Reibechtheit erst relativ spät auf. Licht- und Waschechtheiten dagegen scheinen schon immer eine große Rolle gespielt zu haben. Die Qualität von Färbungen – besonders wenn tiefe Nuancen gefärbt werden – hängt jedoch auch in nicht unerheblichem Maße von der Reibechtheit ab.

1903 wird die Prüfung der Reibechtheit von Baumwollfärbungen durch HEERMANN [104] folgendermaßen beschrieben: „Die Reibechtheit der Baumwollfärbungen wird beurteilt nach dem Effekt, der durch kräftiges Reiben (etwa 10 bis 20 mal hin und her) der trockenen Färbung auf weißem Baumwollstoff (umgekehrt ist die Wirkung eine viel stärkere) entsteht.

Die Grade der Reib- oder Rußechtheit werden bezeichnet mit:

- I reibt in satten Tönen nicht ab
- II reibt in satten Tönen wenig ab
- III reibt in satten Tönen merklich ab
- IV reibt in mittleren Tönen merklich ab
- V reibt in mittleren Tönen sehr stark ab“

Eine weitere einfache Möglichkeit zur Bestimmung der Reibechtheit einer Färbung ist die sogenannte Handprobe. Sie ist im Jahre 1939 eine in der 8. Auflage der „Verfahren, Normen und Typen“ – herausgegeben von der Echtheitskommission des Vereins Deutscher Chemiker [105] – vorgeschlagene Methode: „Man reibt mit einem über die Zeigefinger gespannten trockenen, unappretierten, weißen Baumwoll-Lappen auf der lufttrockenen Färbung zehnmal kräftig hin und her. Die Reiblänge beträgt etwa 10 cm. Dann wird beobachtet, ob die Färbung stark (I), etwas (III) oder fast nicht abreißt.“ Es ist offensichtlich, daß diese Methode nicht sehr objektiv sein kann.

Eine von P. KRAIS und W. LÜDICKE [106] entwickelte Vorrichtung wurde 1933 in der Monatszeitung für Textilindustrie beschrieben und basiert auf einem Schlitten (bespannt mit Probefärbung), der unter einem 1 kg Belastungsstempel mit 1 cm² Auflagefläche (mit Baumwoll-Lappen überzogen) hin und her bewegt wird.

6.4.1 Das Crockmeter

Das heutzutage zur Untersuchung von Reibechtheiten am meisten genutzte Gerät ist das sog. „Crockmeter“. Es geht auf einen Prototyp von DURFEE zurück, der 1936 im American Dyestuff Reporter erstmals beschrieben wurde [107]. Im selben Jahr, 1936, wurde das Gerät auch von der AATCC (American Association of Textile Chemists and Colorists) als Prüfgerät anerkannt.

Das Crockmeter zeichnet sich durch seinen einfachen Aufbau aus und wird heute sowohl nach DIN (vgl. *Kap 9.1*), als auch in Amerika nach AATCC-Standard benutzt. Im Gegensatz zu dem von KRAIS entwickelten Gerät, wird beim Crockmeter nicht der gefärbte Prüfling, sondern das Probegewebe (Reibgewebe) bewegt (vgl. auch *Abb. 28*). Das Crockmeter dient zur Bestimmung der Reibechtheiten von flächenhaften Textilien wie Gewebe, Gewirke oder Filze [108]. Sollen Garne untersucht werden, so muß in diesem Fall ein Strickstück zur Prüfung hergestellt werden. Über eine Modifikation von TROMMER [109] wurde 1956 versucht, das Prüfen von Garnen zu vereinfachen. Dazu wird ein einseitig abgeflachter Zylinder von 2 Inch Durchmesser quer auf den regulären Zapfen gesteckt und mit einem Reibgewebe überzogen. Zur Prüfung besonders von kleinformatischen Drucken existiert eine weitere Modifikation des Crockmeters, welches 1966 im AATCC Technical Manual [110] unter der Nummer 116-1966 T beschrieben wird (vgl. *Kap. 9.2.2*).

6.4.2 Das Reibgerät nach Ruf

Eine andere Apparatur zur Bestimmung der Reibechtheit ist das Gerät nach RUF [111][112] (*Abb. 26*). Dieses pneumatische Reibechtheitsprüfgerät wurde unter anderem entwickelt, um loses Prüfgut wie Flocke oder Kammzug überhaupt prüfen zu können.

Das Funktionsprinzip des Ruf-Reibgerätes beruht auf zwei übereinanderliegenden Druckkammern, wovon die untere beweglich ist und motorgetrieben 75 mal pro Minute hin und her gleitet. Die Reibstrecke beträgt dabei jeweils 6 cm. Zur Prüfung wird der Prüfling und das Reibgewebe jeweils auf die Membranen der aufgeklappten Druckkammern aufgelegt. Diese werden mit einer Lochblende versehen und es wird leichter Überdruck angelegt. Dadurch wölbt sich die Gummimembran unter dem Prüfgut und fixiert dieses so gegen Verrutschen. Nach Schließen der Druckkammern, welche nun übereinander positioniert sind, werden Prüfling und Reibgewebe mit dem endgültigen Prüfdruck gegeneinander gepreßt. Nach der entsprechenden Anzahl Reibbewegungen wird das Prüfgut wieder entnommen.

Der Reibweg beträgt von der Mittelstellung aus gesehen, bei der beide Gewebe exakt aufeinander zu liegen kommen, nach jeder Seite hin 30 mm. Sowohl Anpreßdruck als auch Tourenzahl können je nach Prüfungsanforderungen variieren (vgl. Kap. 9.5).

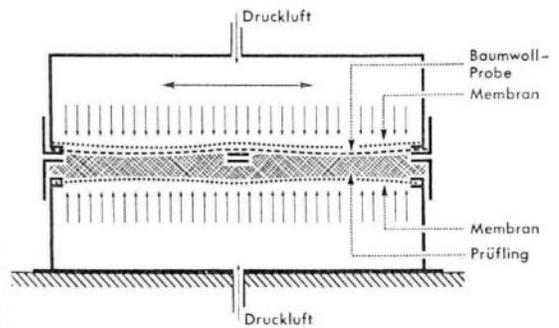


Abb. 26: li: Darstellung eines pneumatischen Reibechtheitsprüfgerätes nach RUF mit aufgeklappten Druckkammern
re: Schematische Darstellung der Druckkammern

7. Reibungskraft

7.1 Allgemeines

In *Kap. 6.2* wurde der Effekt der Reibung genannt, welcher für das Auftreten von Reibechtheiten verantwortlich ist.

Die Reibung wird dabei von einer Vielzahl unterschiedlichster Gewebefaktoren beeinflusst wie: Material, Garndicke und -drehung, Webart und -dichte, um nur einige zu nennen. Auch die Oberflächenbeschaffenheit von Textilien, wie: glatt, aufgeraut oder flauschig kann einen Einfluß haben.

Sollen nun die beim Reiben auftretenden Reibungskräfte mit den Reibechtheiten in Beziehung gesetzt werden, müssen diese Kräfte ermittelt werden.

7.2 Messung von Reibungskräften

Eine Messung von Reibungskräften bzw. von Reibungskennwerten kann in der textiltechnologischen Prüfung neben dem Kawabata Evaluation System mit dem sog. FAST erfolgen. Beide Meßsysteme dienen zur Charakterisierung von Griffeigenschaften von Stoffgeweben und sind relativ komplexe Meßsysteme [113].

7.2.1 Das Kawabata Evaluation System

Das von S. Kawabata entwickelte KES-F-System (Kawabata Evaluation System-Fabrics) dient zur objektiven Griffbeurteilung von textilen Flächengebilden. Dazu werden 16 verschiedene, für den Griff wichtige mechanisch-technologische Gewebeeigenschaften gemessen. Aus diesen Werten wird über mehrere Zwischenschritte eine "Griffendnote" berechnet, die einen textilen Stoff charakterisiert [114][115]. Das KES-F-System besteht aus 4 Komponenten, die jeweils unterschiedliche Eigenschaften prüfen. *Tab. 8* gibt die Komponenten und die geprüften Eigenschaften an:

Tab. 8: Gerätekomponenten eines KES-F-Systems

Gerät	geprüfte Eigenschaften
KES-F-1	Zug- und scherelastische Eigenschaften
KES-F-2	Reine Biegungseigenschaften
KES-F-3	Kompressionseigenschaften
KES-F-4	Oberflächeneigenschaften

Die mit der Komponente KES-F-4 meßbaren Oberflächeneigenschaften sind die Reibung und das Profil der Probe. Dazu wird eine Gewebeprobe (150 x 150 mm) unter zwei Meßköpfen, mit einer Geschwindigkeit von 1 mm pro Sekunde, über einen Gesamtweg von 60 mm (jeweils 30 mm Hin- und Herweg) bewegt. Ein Meßkopf dient zur Ermittlung der (Gleit-)Reibungskoeffizienten $\bar{\mu} = \bar{R} / N$ und besteht aus zehn U-förmig gebogenen Klavierdrähten mit einem Einzeldurchmesser von je 0,5 mm, die nebeneinander befestigt sind. Dieser Meßkopf hat eine Auflagefläche von 25 mm² und wird mit einer Masse von 50 g belastet. Die vom Meßkopf aufgenommenen Reibungskräfte werden von einem angeschlossenen Rechner ausgewertet und als mittlerer Reibungskoeffizient $\bar{\mu}$ (=MIU) und dessen Standardabweichung $\sigma(\bar{\mu})$ (=MMD) ausgegeben. Die Aufnahme des Profils erfolgt mit einem Meßkopf, der aus einem U-förmig gebogenen Klavierdraht besteht und mit 10 g beschwert wird. Auch hier erfolgt die Auswertung über den angeschlossenen Rechner. Als profilbedingtes Merkmal wird die Standardabweichung $\sigma(\bar{d})$ (=SMD) von der mittleren Gewebedicke \bar{d} angegeben.

Abb. 27 zeigt die Meßköpfe des KES-F-4, mit denen der Reibungskoeffizient und das Profil aufgenommen werden.

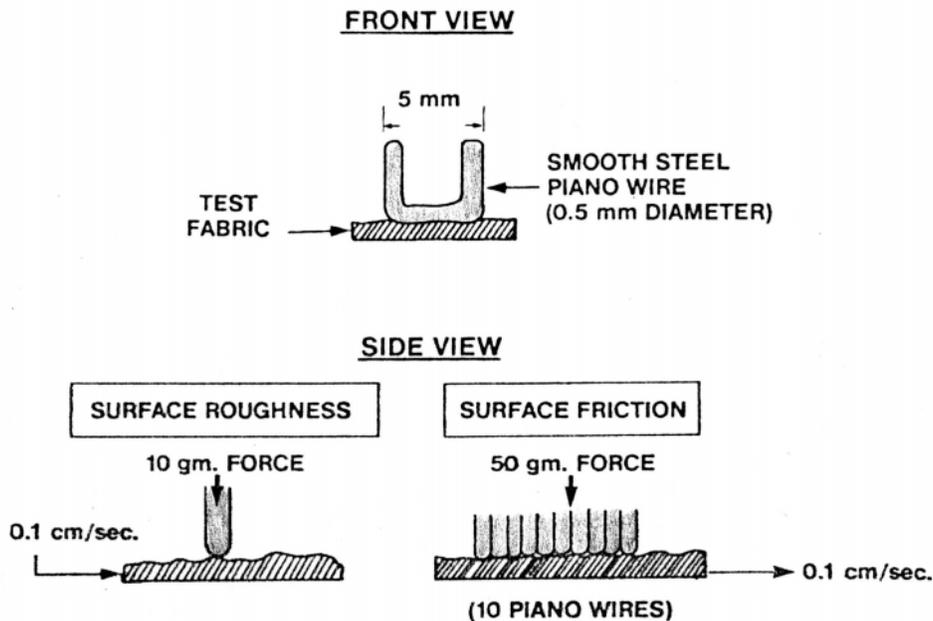


Abb. 27: Meßköpfe beim KES-F-4

7.2.2 Modifiziertes Crockmeter

Zur Messung dieser Reibungskräfte verwendete BIGLER [96] ein normales Crockmeter, bei dem statt der Verbindungsstange eine Federwaage eingebaut ist (vgl. *Abb. 99*).

Die zur Bewegung des Reibzapfens über die Probe aufgewendete Kraft konnte so durch Ablesen an der Federwaage ermittelt werden. Konstruktionsbedingt ließ sich die Kraft beim Reiben jedoch nur entweder in Hin- oder Herrichtung ermitteln. Durch Abtragung der Reibungskräfte gegen die Anzahl der Reibbewegungen, konnte BIGLER deren Verlauf während einer Reibprüfung nachvollziehen. Die von ihm mit dieser Versuchsanordnung erhaltenen Ergebnisse wurden bereits in *Kap. 6.2* erläutert.

7.2.3 Meßmethoden zur Ermittlung der Haarigkeit und Rauigkeit von Gewebe

Besonders bei der Reibechtheitsprüfung von Teppichböden können deren Oberflächeneigenschaften Einfluß auf die Reibechtheiten nehmen. Dies kann besonders beim Vergleich von langflorigen mit kurzflorigen Teppichen von Belang sein. Eine Charakteristik solcher Teppichböden, aber auch von Geweben, ist die Rauigkeit bzw. die Haarigkeit. Eine Möglichkeit zur Bestimmung solcher Rauigkeiten wurde bereits mit dem KES-F-4 genannt. Neben solchen Kontaktmessungen gibt es auch noch die Möglichkeit, berührungslos mit Hilfe optischer (Laser-) Vermessungen zu arbeiten [116][117][118]. In dieser Arbeit wurde allerdings auf eine Betrachtung dieses Gesichtspunktes verzichtet, da alle vermessenen Gewebe sehr glatt waren und ähnliche Gewebeparameter aufwiesen.

8. Auswahl der Materialien

8.1 Farbstoff

In der vorliegenden Arbeit sollte besonders auch der Einfluß verschiedener Reaktivfarbstoffe auf die Reibecktheit untersucht werden. Zu diesem Zweck kamen Reaktivfarbstoffe der unterschiedlichsten Konstitution sowie unterschiedlicher Art und Anzahl an Reaktivanker zum Einsatz. Besonderen Wert wurde auch darauf gelegt, daß diese Farbstoffe durch unterschiedliche Färbeverfahren (KKV bzw. Ausziehverfahren) zu applizieren waren. Die Auswahl erfolgte nach dem Kriterium, daß Reibecktheiten besonders bei dunklen Nuancen zu Problemen führen können. Da bei dunklen Nuancen neben dunklen Blau- und Rottönen auch Schwarz eine große Rolle spielt, wurde neben Schwarz 1a und Schwarz 2a besonders Schwarz 2b gewählt. Die Rotfarbstoffe wurden unter der Maßgabe ausgewählt, Farbstoffe zur Verfügung zu haben, die in nahezu gleiche Farbnuancen färben, sich aber in Art und Anzahl der Reaktivgruppen unterscheiden.

Eine Bezeichnung der Farbstoffe erfolgte entsprechend ihrer Farbe und ihrer Funktionalität (Bsp. monofunktionell: 1, bifunktionell: 2, ...); die weitere Durchnummerierung durch Indizierung mit a, b, c.

Zur Untersuchung kamen folgende Reaktivfarbstoffe:

- Schwarz 1a: Schwarzer monofunktioneller VS-Reaktivfarbstoff mit der gleichen Chromophorgrundstruktur wie Schwarz 2a
- Schwarz 2a: Schwarzer Bifunktioneller VS/Vs-Reaktivfarbstoff (C.I. Reactive Black 5)
- Schwarz 2b: Schwarzer Reaktivfarbstoff aus den Komponenten C.I. Black 5, einem bifunktionellen VS/Vs-Reaktivfarbstoff und C.I. Orange 78
- Rot 1a: Roter monofunktioneller Reaktivfarbstoff mit einem VS-Anker
- Rot 1b: Roter monofunktioneller Reaktivfarbstoff mit einem MFT-Anker (C.I. Reactive Red 242)
- Rot 1c: Roter monofunktioneller Reaktivfarbstoff mit einem DFCP-Anker (C.I. Reactive Red 158)
- Rot 2a: Roter bifunktioneller Reaktivfarbstoff mit VS/MCT-Anker (C.I. Reactive Red 198)
- Rot 2b: Roter bifunktioneller Reaktivfarbstoff mit MCT/MCT-Anker (C.I. Reactive Red 120)
- Rot 3a: Roter trifunktioneller Reaktivfarbstoff mit VS/MCT/Vs-Anker
- Rot 3b: Roter trifunktioneller Reaktivfarbstoff mit VS/MCT/aliph.Vs-Anker

Alle diese Farbstoffe zeichnen sich durch hohe Fixiergrade und eine sehr gute Auswaschbarkeit aus.

Es muß jedoch bemerkt werden, daß die Reibechtheitswerte der Rot- und der Schwarzfarbstoffe nicht direkt miteinander verglichen werden können, da die entsprechenden Richttyptiefen in den Versuchen nicht berücksichtigt wurden.

Zum Vergleich wurde auch noch ein schwarzer Schwefelfarbstoff (Schwarz (S)) eingesetzt, dessen nicht fixierte Farbpigmente die Reibechtheit negativ beeinflussen können, da diese im Gegensatz zu den Farbstoff-Faser-Bindungen der Reaktivfarbstoffe nicht kovalent an die Fasern gebunden sind und so leichter abgerieben werden können.

8.2 Gewebe

Die Hauptuntersuchungen dieser Arbeit erfolgten auf Baumwollgewebe. Dabei handelte es sich um ein normal vorbehandeltes, gebleichtes Baumwollgewebe in Leinwandbindung; in der vorliegenden Arbeit als "normales Baumwollgewebe" bezeichnet. Das als "mercerisiertes Baumwollgewebe" bezeichnete Gewebe entspricht dem normalen Baumwollgewebe nach einer Mercerisation. Diese beiden Gewebe wurden vornehmlich dazu eingesetzt, die unterschiedlichen Einflußfaktoren auf die Reibechtheit an normalem und mercerisiertem Baumwollgewebe mit nahezu identischen Gewebespezifikationen bezüglich Fadenzahl und Gewicht zu untersuchen. Darüber hinaus erfolgten Untersuchungen an Baumwoll- (Baumwolle-2), Modal- und Lyocell-Gewebe, die über identische Gewebeparameter verfügten. Diese Gewebe wurden für vergleichende Versuche herangezogen, um eine größere Spannbreite der untersuchten Gewebe zu erhalten. Ebenso wurden Untersuchungen an Lenzing Lyocell-Gewebe und Lenzing Lyocell LF-Gewebe durchgeführt sowie an Tencel und Tencel A100. Lyocell LF und Tencel A100 sind modifizierte Lyocellfasern, bei denen die Fibrillierung durch entsprechende Vernetzer vermindert werden.

Eine Untersuchung mit der relativ neuen Gattung der Lyocellfasern sollte einen Beitrag dazu leisten, deren entsprechende textilen Eigenschaften zu untersuchen und – besonders durch Vergleich der unterschiedlichen Fibrillationsneigungen – beobachtbare Eigenschaften mit strukturell/morphologischen Eigenschaften in Beziehung zu setzen.

Neben diesen cellulosischen Materialien kamen für Vergleichszwecke auch noch Wollgewebe sowie Polyester und Polyamidgewebe der unterschiedlichsten Art zum Einsatz. Die Gewebeparameter dieser Materialien sind im Experimentellen Teil näher aufgeführt.

Generell erfolgte bei den verwendeten Geweben die Prüfung der Reibechtheit in Kettrichtung, da aufgrund der regelmäßigen Leinwandbindung keine Unterschiede zur Schußrichtung zu erwarten waren. Falls nicht anders angegeben, wurden die Reibechtheitsuntersuchungen mit feuchtem, also auf 100% eingestelltem Reibgewebe durchgeführt.

9. Reibechtheitsprüfung

9.1 Verwendete DIN-Normen

Das grundlegende Vorgehen zur Prüfung der Reibechtheit von Färbungen ist in der DIN EN ISO 105 – X12 „Farbechtheitsprüfungen - Teil X12: Reibechtheit von Färbungen“ [93] nachzulesen.

In Kapitel 1 von DIN EN ISO 105 - Teil X12 wird der Anwendungsbereich definiert. So handelt es sich bei dieser Norm um „ ... ein Prüfverfahren zur Bestimmung der Widerstandsfähigkeit der Farbe von Textilien jeder Art, eingeschlossen textile Bodenbeläge und Polgewebe, gegen das Abreiben und Anbluten anderer Textilien beim Gebrauch.“

Es folgen normative Verweisungen und die Festlegung von Arbeitsgrundsätzen, die in den folgenden Kapiteln: Geräte und Reagenzien, Herstellung der Probe und Durchführung näher ausgeführt werden.

Zur Prüfung ist ein „geeignetes Prüfgerät“ vorgeschrieben, das durch einige Erläuterungen näher beschrieben wird. Für Polgewebe – einschließlich textiler Bodenbeläge – ist ein Reibzapfen mit einer rechteckigen Reibfläche von 19 mm x 25 mm erforderlich. Bei allen anderen Textilien ist ein zylindrischer Reibzapfen mit 16 mm Durchmesser zu verwenden. In beiden Fällen wird der Zapfen „ ... mit einem Gewichtsstück entsprechend einer Gewichtskraft von 9 N belastet und geradlinig über eine Strecke von 100 mm hin- und herbewegt.“ In einer Anmerkung wird auf eine Literaturstelle verwiesen, die den Aufbau eines entsprechenden Prüfgerätes beschreibt [119][120].

Das darin verwendete Gerät entspricht im Aufbau dem, in dieser Arbeit in *Kap. 6.4* vorgestellten Crockmeter nach DURFEE. Ausdrücklich zur Prüfung von Reibechtheiten erlaubt sind in der Norm jedoch auch andere Geräte, wenn diese die gleichen Resultate erbringen, wie die oben beschriebenen.

Das Reibgewebe soll – entsprechend ISO 105-F09 [121] – ein ungefärbter, gebleichter Baumwollnessel von 50 mm x 50 mm Größe sein, der frei von Schlichte und Appretur ist.

Die Herstellung der Probe erfolgt für flächige Textilien oder Bodenbeläge durch Entnahme von Proben – entsprechend der Kett- und Schußrichtung bzw. Längs- und Querrichtung – in einer Größe von 50 mm x 140 mm. Sollen Garne geprüft werden, muß aus diesen ein Trikot in einer Größe von ebenfalls 50 mm x 140 mm hergestellt oder die Garne parallel auf einen Karton entsprechender Größe gewickelt werden.

Für die Durchführung der Prüfung wird der Prüfling auf dem Prüfgerät befestigt und eine 10malige Hin- und Herbewegung, entsprechend oben beschrieben, ausgeführt.

Für eine Bewertung der Reibechtheit wird „... nur das Anbluten [des Reibgewebes] durch Farbstoff bewertet. Wenn notwendig, ist abgeriebenes Fasermaterial vor der Bewertung zu entfernen.“

Die Reibechtheitsprüfung kann trocken (vgl. *Kap. 9.3*) oder naß (vgl. *Kap. 9.4*) durchgeführt werden. Das nasse Reibgewebe wird nach dem Reibvorgang bei Raumtemperatur getrocknet.

Sowohl bei Reibechtheit trocken als auch bei Reibechtheit naß wird das Anbluten optisch durch Vergleich mit einem Graumaßstab bewertet. Dieser Graumaßstab zur Bewertung des Anblutens entspricht ISO 105-A03. Man erhält eine Abstufung der Reibechtheit in Noten, wobei die Notenskala von 1 (sehr schlecht) in Halb- bzw. Ganznotenschritten bis 5 (sehr gut) reicht.

Die ISO 105-X12 schließt damit, welche Angaben im Prüfbericht aufgeführt werden müssen, z.B. Angaben zur Identifizierung der Proben oder Angabe der Echtheitszahl für das entsprechende Anbluten. Außerdem ist ein normativer Anhang enthalten, der auf internationale Publikationen verweist.

9.2 Praktische Durchführung von Reibechtheitsprüfungen

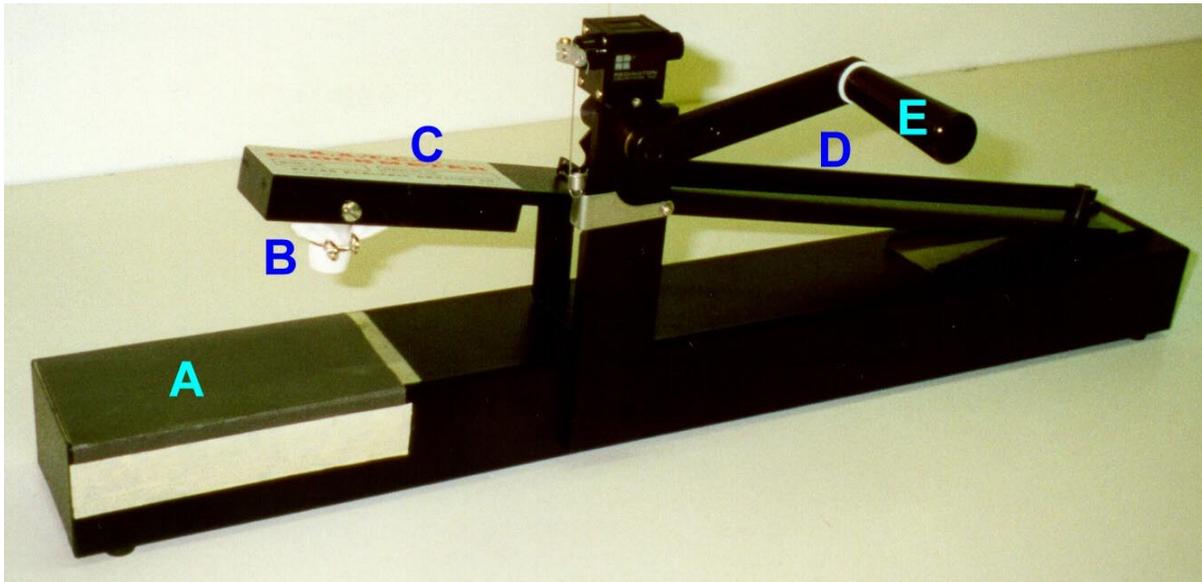
Im Folgenden soll die Durchführung einer Reibechtheitsprüfung dargestellt werden. Schrittweise werden die verwendeten Materialien und Begriffe erläutert, und es werden allgemeine Probleme und Fehlermöglichkeiten sowie die jeweiligen Problemlösungen besprochen. Auf viele dieser Praxisprobleme geht auch SCHILLER [122] in einem Übersichtsbericht ein.

Es wird ebenfalls auf die, in dieser Arbeit angewandte Vorgehensweise bei der Reibechtheitsprüfung mit dem Crockmeter bzw. dem Ruf-Reibgerät und die anschließende Bewertung eingegangen.

9.2.1 Das Crockmeter

Entsprechend DIN EN ISO 105-X12 wird für die Reibechtheitsprüfungen ein Crockmeter verwendet, das in Aufbau und Funktionsweise dem von DURFEE konstruierten sehr ähnlich ist. (vgl. *Kap. 6.4.1*)

Abb. 28 zeigt das verwendete Crockmeter und erläutert die Teile



- | | |
|---------------------------------------|-----------------------|
| A = Grundplatte (mit Schmirgelpapier) | D = Verbindungsstange |
| zum Auflegen des Prüfgewebes | E = Kurbel |
| B = Reibzapfen mit Reibgewebe | |
| C = beweglicher Balken | |

Abb. 28: Schematischer Aufbau eines Crockmeters

9.2.2 Vergleich unterschiedlicher Crockmetertypen [122]

Neben dem handbetriebenen Crockmeter existieren auch noch Crockmeter, die motorbetrieben funktionieren. Als Reibstrecke wird durch die Norm eine Strecke von exakt 100 mm vorgegeben. Beim handbetriebenen Crockmeter beträgt diese Reibstrecke ca. 9,8 cm, beim motorbetriebenen Crockmeter kann die Strecke auch 10,8 cm betragen. Es erscheint einsichtig, daß – abhängig von der Anzahl der Reibbewegungen – die teils erhebliche Streckendifferenz (bis zu 10%) beider Crockmetertypen eine Vergleichbarkeit der Reibergebnisse erschwert. Beim motorbetriebenen Crockmeter ergibt sich ein weiterer Nachteil. Stoppt der Reibarm nach einer – am einstellbaren Zählwerk – vorgewählten Anzahl an Hieben, so kommt es konstruktionsbedingt noch zusätzlich zu einer "Auslaufstrecke" von wenigen Zentimetern, die der normalen Reibstrecke hinzu addiert wird.

In der Norm wird auch der Durchmesser des Reibzapfens mit 16 mm genau definiert. Beim motorbetriebenen Crockmeter besitzt dieser einen Durchmesser von 15 mm und bewirkt dadurch eine geringfügig höhere Auflagekraft des Reibarms.

Sowohl das hand- als auch das motorbetriebene Crockmeter verfügen an der Exzenterstange über 3 Bohrungen, durch welche die Wegstrecke des Reibzapfens auf 8 cm bzw. 5 cm reduziert werden kann. In der Praxis führt dies bei kleinformatigen Proben zu einer Verkürzung der Reibstrecke bei gleichzeitiger Erhöhung der Reibanzahl – statt 10 mal 10 cm werden also 20 mal 5 cm gerieben.

Alle diese oben beschriebenen Variationsmöglichkeiten im Versuchsablauf, können bei empfindlichen Färbungen zu unterschiedlichen, nicht vergleichbaren Ergebnissen führen.

Als dritter Crockmetertyp soll auch noch das "Rotary Crockmeter" beschrieben werden, welches in den USA schon seit einigen Jahren zur Prüfung kleinformatiger Gewebeproben und Drucken im Einsatz ist. Bei diesem Gerät wird nicht über die Probe hin- und her gerieben. Das Funktionsprinzip basiert vielmehr darauf, daß ein Reibzapfen 20 mal auf der Stelle um 180° dreht. Als Auflagekraft werden 11,1 Newton verwendet. Vorteil dieses Gerätes ist, daß damit kleinformatige Proben untersucht werden können. Ein Nachteil besteht allerdings durch das Meßprinzip. Der Reibzapfen rotiert über der Färbung, was zu unterschiedlichen radialen Umdrehungsgeschwindigkeiten führt. Aus diesen unterschiedlichen Geschwindigkeiten zwischen Innen- und Außendurchmesser kann wiederum eine unterschiedliche Anschmutzung zwischen Innen- und Außendurchmesser resultieren.

Eine anschließende Bewertung mit dem Graumaßstab soll angeblich problemlos möglich sein.

9.2.3 Das Reibgewebe [122]

Ein wichtiges Augenmerk ist auf das Reibgewebe zu legen, welches den Anforderungen in ISO 105-F09 [123] entsprechen sollte (vgl. DIN EN ISO 105-X12 Abschnitt 4.2). Gefordert ist ein ungefärbter, gebleichter Baumwollnessel von 50 mm x 50 mm Größe, frei von Schlichte und Appretur.

In der täglichen Prüfpraxis scheint es jedoch trotz dieser eindeutigen Definition noch Unsicherheiten zu geben [124]. So wird teilweise dieses Gewebe mit dem in ISO 105-F02 [125] beschriebenen Baumwoll-Begleitgewebe gleichgesetzt. Jedoch gibt es zwischen diesen beiden Geweben einige Unterschiede. Das normale Baumwoll-Begleitgewebe besitzt ein Flächengewicht von $115 \pm 6 \text{ g/m}^2$, das Reibgewebe eines von $110 \pm 5 \text{ g/m}^2$. Auch Feinheit und Drehung der Einzelgarne, aus denen die Gewebe gefertigt sind, unterscheiden sich. Zusätzlich wird beim Reibgewebe durch Sengen eine glattere Oberfläche – im Gegensatz zum normalen Baumwollgewebe – erzeugt. Alle diese aufgezählten Unterschiede können dazu beitragen, daß bei Verwendung des falschen Reibgewebes, andere Reibecktheitswerte entstehen.

Das in dieser Arbeit verwendete Reibgewebe entsprach den in DIN EN ISO 105-X12 festgelegten Anforderungen.

9.2.4 Befestigung des Reibgewebes beim Crockmeter

Die Norm ISO 105-X12 beschreibt die Befestigung des Reibgewebes auf dem Reibzapfen des Crockmeters nicht näher. Grundsätzlich sind drei verschiedene Vorgehensweisen der Ausrichtung des Reibgewebes möglich. Zum einen kann das Reibgewebe mit der Kett- bzw. der Schußrichtung parallel zur Reibrichtung festgespannt werden. Diese beiden Möglichkeiten bewirken keinen meßbaren Unterschied; zumal eine Differenzierung der entsprechenden Kett- bzw. Schußrichtung aufgrund fehlender Kennzeichnung am Reibgewebe nicht möglich ist. Bei der dritten Möglichkeit kann das Reibgewebe im Extremfall mit einer der beiden Fadenrichtungen diagonal zur Reibrichtung eingespannt sein. So wird aufgrund der höheren Elastizität des Gewebes in Diagonalrichtung beim Reiben statt des runden Abdrucks eine Ellipse erhalten. Dies hat zur Folge, daß aufgrund dieser elliptischen Form eine fotometrische Auswertung mit runden Blenden nicht möglich ist. Auch die optische Bewertung wird dadurch erheblich erschwert.

In *Kap. 17.6.1* wurden die Reibungskräfte verschiedener Reibgewebeausrichtungen gemessen.

Neben der richtigen Ausrichtung des Reibgewebes muß eine ausreichend feste Fixierung auf dem Reibzapfen gewährleistet sein. Bei dem Crockmeter wird dies dadurch erreicht, daß ein Spannring aus Federstahl über Reibgewebe und –zapfen gelegt wird. Bei der Befestigung des Federrings muß beachtet werden, daß dieser weit genug über den Zapfen gestreift wird, damit die zur Handhabung vorhandenen Drahtschlaufen während des Reibvorgangs nicht auf der Auflagefläche reiben. Wird dagegen der Ring zu weit oben befestigt, kann es aufgrund der Elastizität des Gewebes und der resultierenden Lockerheit des Gewebes zur Verschiebung und zur Ausbildung von ellipsenförmigen Abdrücken kommen.

Durch sorgfältiges Befestigen der Reibgewebe wurde versucht, die oben beschriebenen Fehlerquellen in den Experimenten dieser Arbeit auszuschließen.

9.2.5 Befestigung des Prüfgewebes beim Crockmeter

Während des Reibvorgangs sollte das Prüfgewebe plan und verrutschungsfrei unter dem Prüfzapfen positioniert bleiben. Für diesen Zweck wird es – abhängig von der Art des Crockmeters – durch Klammern oder durch eine Klemmvorrichtung befestigt. Zusätzlich befindet sich unter der Auflagefläche des Prüfgewebes noch Schmirgelpapier, das für ausreichende Haftung während des Reibvorgangs sorgen soll. Bei mangelndem Griff kann es beim Reiben zur Ausbildung einer kleinen „Geweberolle“ kommen, die – ähnlich einer Bugwelle beim Schiff – vor dem Zapfen hin- und hergeschoben wird. Das Resultat ist eine ungleichmäßige Anfärbung des Abdrucks, was sich in der Ausbildung eines „Hofs“ äußert. Ein rechtzeitiges Auswechseln des Schmirgelpapiers wirkt diesem Problem entgegen.

Eine andere Möglichkeit – ohne Schmirgelpapier – ist das Fixieren des Prüfgewebes mittels eines Nadelrahmens. In diesem Fall kann auf das Schmirgelpapier verzichtet werden. Diese Methode bedarf allerdings einen geübten Umgang, da die Nadeln durch das leicht gespannte Gewebe gedrückt werden müssen.

In dieser Arbeit wurden die zugeschnittenen Prüfgewebe an dem Basisbalken linksseitig mit einem starken Magneten gehalten. Das rechte Ende der Prüfgewebe wurde mit der linken Hand fixiert, während mit der rechten Hand die Kurbel gedreht wurde. Dadurch konnte auf dem Schmirgelpapier eine plane, verrutschungsfreie Lage gewährleistet werden.

9.3 Trockenreibechtheit

Bei der Trockenreibechtheitsprüfung wird über den – mit 9 N beschwerten – Reibzapfen ein trockenes Reibgewebe gezogen. Der Zapfen wird dann auf der trockenen Probe innerhalb von 10 Sekunden über eine Strecke von 100 mm 10 mal hin- und herbewegt.

Wird eine Trockenreibechtheitsprüfung durchgeführt, kann es zu ungleichmäßigem Abrieb des Prüfgewebes auf das Reibgewebe kommen.

In *Kap. 17.6.2* wird auf dieses Phänomen näher eingegangen. Es werden dort die auftretenden Reibungskräfte mit den erhaltenen Reibflecken verglichen.

9.4 Naßreibechtheitsprüfung

Bei der Durchführung der Naßreibechtheitsprüfung wird ein nasses, auf 100% Feuchtigkeitsaufnahme gebrachtes Reibgewebe verwendet. Für diesen Zweck wird das Reibgewebe auf ein Drahtnetz – bestehend aus nichtrostendem Stahl mit 1 mm Durchmesser und 20 mm Maschenweite – gebracht und „... mit einer dem Gewicht des Reibgewebes gleichen Wassermenge genetzt.“ Der amerikanische Standard enthält einen Passus, nach dem auch andere Feuchtegehalte als 100% vereinbart werden können. Üblicherweise werden $65\% \pm 5\%$ vereinbart. Derartig präparierte Reibgewebe werden über den Reibzapfen gezogen und der Reibvorgang entsprechend wie bei trockener Prüfung durchgeführt.

Eine weitere Möglichkeit Gewebe auf 100% Feuchte zu bringen, wird in EN ISO 105-A01 "Farbechtheitsprüfungen – Teil A01: Allgemeine Prüfgrundlagen" [85] unter Abschnitt 11.6 "Netzen auf 100% Feuchtigkeitsaufnahme" beschrieben. Dazu werden die Gewebeproben " ... nach dem Durchtränken entweder zwischen zwei Gummiwalzen durchgezogen, auf einer Glasplatte mit einem Gummiroller ausgequetscht oder zentrifugiert." Als Zusatz wird ausgeführt, daß beim Ausdrücken mit der Hand keine gleichmäßige Feuchtigkeitsverteilung erhalten wird. Trotzdem wird diese "Hand"-Methode noch ab und zu in der Praxis angewandt. Die dadurch erzielte Feuchtigkeitsaufnahme des Reibgewebes kann in weiten Grenzen variieren. So sind Wasseraufnahmen von 75% bei oberflächlichem Befeuchten und 145% beim Einlegen in Wasser zu beobachten [122].

Eine praktisch angewandte Möglichkeit Reibgewebe auf 100% Feuchteaufnahme zu bringen besteht darin, daß das Reibgewebe in Wasser eingelegt und überschüssiges Wasser kurz vor der Prüfung abgepreßt wird.

In der vorliegenden Arbeit wurde so vorgegangen, daß jedes Reibgewebe für exakt eine Minute in Wasser eingelegt und anschließend zwischen zwei Gummiwalzen im Foulard abgequetscht wurde. Durch entsprechende Vorversuche mit unterschiedlichen Wasserquellzeiten und Walzenpressungen, konnte so eine gleichbleibende Reibgewebefeuchte von 100% ($\pm 2\%$) gewährleistet werden.

Auf die Abhängigkeit der Echtheitszahl vom Wassergehalt wird auch noch in *Kap. 9.4.1* eingegangen.

Wird eine Reibechtheitsprüfung naß durchgeführt, erhält man teilweise erheblich schlechtere Echtheitsnoten als bei der Trockenprüfung. Dies liegt daran, daß durch das Wasser eine erhöhte Reibkraft während des Reibvorgangs auftritt und dadurch sowohl Reib- wie auch Prüfgewebe stärker mechanisch belastet werden. Dies zeigt sich durch erhöhte Schädigung und entsprechend schlechte Reibechtheiten (vgl. *Kap. 6.2*). Außerdem kann es bei wasserlöslichen Farbstoffen noch zu einem zusätzlichen Ausbluten aus dem Prüfgewebe in das Reibgewebe kommen, was wiederum zur Verschlechterung in der Benotung führt. *Abb. 29* zeigt ein Modellbild zur Naßreibechtheit.

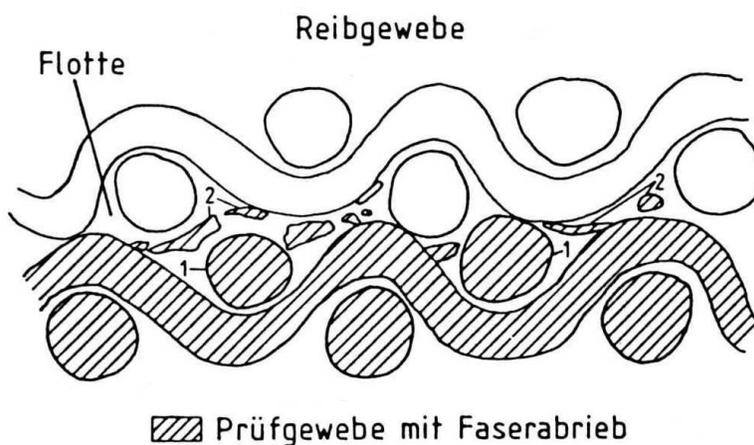


Abb. 29: Möglichkeiten der Farbstoffextraktion bei der Naßreibung [126]:
1 aus dem geschädigten Gewebe; 2 aus abgeriebenen Faserfragmenten

Laut DIN EN ISO 105-A01 Abschnitt 13.3 beruht das Anbluten auf der Farbstoffaufnahme der ungefärbten Begleitgewebe

Wenn nicht gesondert darauf hingewiesen wird, wurden in dieser Arbeit die Reibechtheiten mit feuchtem Reibgewebe bestimmt, da insbesondere hier die in der Praxis zu beobachtenden Reibechtheitsprobleme auftreten.

9.4.1 Reibechtheit in Abhängigkeit von der Reibgewebefeuchte

In der Literatur wird auf die Wichtigkeit einer exakten Einhaltung der Reibgewebefeuchte eingegangen. So geben HERLINGER und SCHULZ [126] an, daß sich die Reibechtheit um ca. eine Echtheitsnote (von etwa 2-3 auf 3-4) ändert, wenn von ca. 102 bis 75% Gewebefeuchte gemessen wird. Im Bereich von 102 bis 90% ist immerhin noch eine halbe Echtheitsnote Unterschied zu verzeichnen.

Mit Hilfe des folgenden Versuchs sollte der Zusammenhang der Reibgewebefeuchte mit der Reibechtheit überprüft werden. Dazu wurde Schwarz 2b (KKV) gefärbtes mercerisiertes Baumwollgewebe mit Reibgewebe unterschiedlicher Feuchte – mit dem Crockmeter 10 mal (*Abb. 30 li.*) und mit dem Ruf-Reibgerät (*Abb. 30 re.*) 50 Touren – gerieben. Die ermittelten Reibechtheitswerte, die nicht als Note sondern als Farbabstand dE zwischen Farbfleck auf dem Reibgewebe und seinem weißen Rand angegeben sind, sind in den Diagrammen gegen die Reibgewebefeuchte aufgetragen (vgl. *Kap. 9.6.3*).

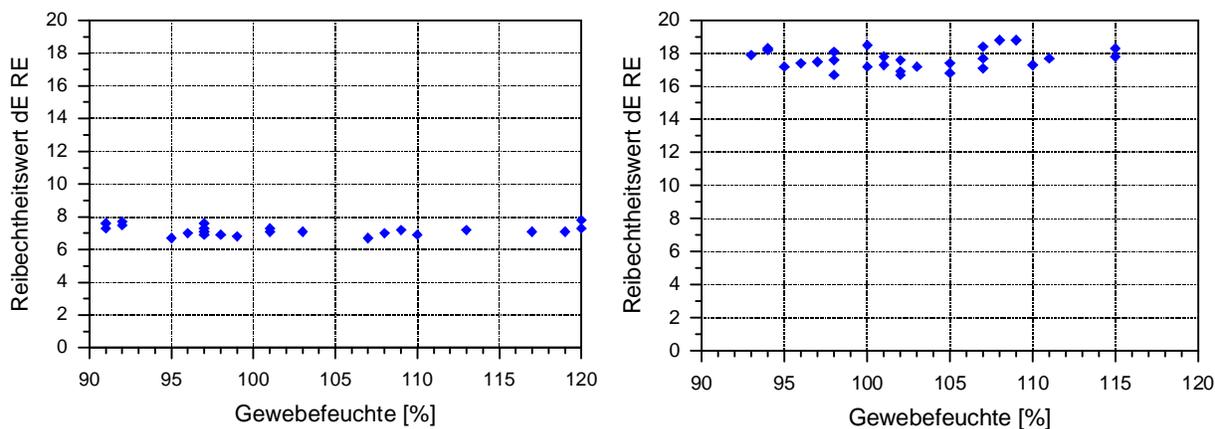


Abb. 30: Abhängigkeit der Reibechtheit von der Reibgewebefeuchte

li: Crockmeter 10x; re: Ruf-Reibgerät, 50 x

In beiden Abbildungen zeigt sich für die Reibechtheit über den weiten Gewebefeuchtebereich von etwa 90 bis 120% keine eindeutige Reibechtheits-Feuchte-Beziehung. Bei der Crockmetermessung erhält man für den tiefsten ermittelten Feuchtwert bei 91% eine Reibechtheit von 7,3 (Ruf-Reibgerät: 94% Feuchte; dE RE: 18,3). Beim höchsten Feuchtwert von 120% ergibt sich eine Reibechtheit von 7,8 (Ruf-Reibgerät: 115% Feuchte; dE RE: 18,3). Insgesamt schwanken die Reibechtheitswerte beim Crockmeter innerhalb des Feuchtebereiches von 6,7 bis 7,8 mit einem Mittelwert bei 7,2 (Ruf-Reibgerät: 16,7 bis 18,8; Mittelwert: 17,7).

Es läßt sich also feststellen, daß im vorliegenden Fall eine lineare Abhängigkeit zwischen den Reibgewebefeuchten und den ermittelten Reibechtheiten – innerhalb des untersuchten Feuchtebereiches von ca. 90 bis 120% – nicht zu erkennen ist. Dieses Ergebnis zeigt auch, daß sich geringe Abweichungen von der "idealen" Gewebefeuchte von 100% während des Prüfablaufs, nicht negativ auf die Reibechtheitsergebnisse auswirken. Auch weitere, diesbezüglich gemachte Untersuchungen in *Kap. 17.7.2* bestätigen diese Aussage.

9.4.2 Verschiedene Arten der Feuchteaufnahme beim Reibgewebe

Nach DIN EN ISO 105 – X12 wird das Reibgewebe über Benetzen mit einer entsprechenden Menge Wasser auf 100% Feuchtegehalt gebracht. Bei der in dieser Arbeit angewendeten Methode, wird das Reibgewebe vor dem Abquetschen für eine Minute in destilliertes Wasser gelegt. Innerhalb dieser Zeit sollte der vom Wasser hervorgerufene Quellprozeß weitgehend abgeschlossen sein. Es folgt dann ein exaktes Abquetschen von überschüssigem Wasser im Foulard auf genau 100% Gewebefeuchte. Nach diesem Vorgehen wird also das Reibgewebe unmittelbar vor der Naß-Reibechtheitsprüfung präpariert. In der Praxis ist für die schnelle Prüfung von vielen Reibechtheiten eine solche Methode zu aufwendig. Vielmehr wird dort häufig so vorgegangen, daß eine große Anzahl von Reibgeweben in Wasser eingelegt werden und darin teilweise vor dem Abquetschen für mehrere Stunden verweilen.

Um die Frage zu klären, inwieweit sich die unterschiedlichen Quellzeiten der Reibgewebe auf die Reibechtheit auswirken, wurden Reibgewebe für unterschiedliche Zeiten in Wasser gelegt. Als zwei Extreme wurden 24 Stunden und 1 Minute Quellzeit gewählt. Bei der langen Zeit von 24 Stunden kann auf jeden Fall von einer vollständigen – in Wasser möglichen – Quellung der Baumwollfasern ausgegangen werden. *Tab. 9* zeigt die – aus mehreren Einzelmessungen gemittelten – Reibechtheitswerte, welche an mercerisiertem Baumwollgewebe, gefärbt nach dem KKV-Verfahren mit Schwarz 2b, ermittelt wurden.

Tab. 9: Reibechtheiten von Schwarz 2b (KKV) gefärbtem mercerisiertem Baumwollgewebe bei 1 Minute und 24 Stunden gequollenem Reibgewebe

		Reibechtheit dE RE	
		1 Min gequollen	24 h gequollen
Crockmeter	10 x	7,1	6,7
	20 x	9,3	9,4
Ruf-Reibgerät	25 x	9,6	9,1
	50 x	14,6	14,2

Vergleicht man die Reibechtheiten von 1 Minute und 24 Stunden gequollenem Reibgewebe, so lassen sich signifikante Unterschiede bei den erhaltenen Werten von Crockmeter und Ruf-Reibgerät aber nicht feststellen. Die Abweichungen von maximal $dE RE=0,5$ (Ruf-Reibgerät, 25x) liegen trotz Mittelwertbildung mehrerer Einzelwerte durchaus noch in der Meßungenauigkeit bei diesen Reibprüfungen.

Es kann festgestellt werden, daß das in der Praxis geübte Vorgehen einer mehreren Stunden dauernden Quellzeit der Reibgewebe, keinen signifikanten Unterschied bezüglich der Reibechtheiten gegenüber dem von einer Minute gequollenen Reibgewebe zeigt. In *Kap. 17.7.1* wird außerdem auf die Reibungskräfte von 1 Minute und 24 Stunden gequollenem Reibgewebe eingegangen.

9.4.3 Feuchteabnahme des Reibgewebes beim Reiben von verschiedenen Materialien

Setzt man beim Crockmeter für die Reibechtheitsprüfung das feuchte (100%) Reibgewebe auf das Prüfgewebe (hier: mercerisierte Baumwolle), so wird aufgrund der Kapillarität des Prüfgewebes am Aufsetzpunkt eine gewisse Menge an Wasser aus dem Reibgewebe herausgesogen. Erkennen kann man dies an der feuchten Stelle, die sich am Aufsetzpunkt auf dem Prüfgewebe bildet. Dies geschieht in der kurzen Zeit – etwa 1 Sekunde – zwischen Aufsetzen des Reibzapfens und Beginn der Kurbel- bzw. Reibbewegung. Auch während des Reibvorgangs von insgesamt 10 Hin- und Herbewegungen – entsprechend 10 Sekunden – erfolgt ein ungleichmäßiger Feuchteübertrag vom Reibgewebe auf das Prüfgewebe. In den folgenden Abbildungen ist anhand ungefärbtem mercerisiertem Baumwollgewebe dargestellt, wie sich das Wasser aus dem Reibgewebe auf dem Prüfgewebe verteilt. Zur besseren Verdeutlichung wurde das Wasser mit einem roten Farbstoff angefärbt, der die Wasserfront exakt anzeigt. Dargestellt ist die Feuchteverteilung jeweils kurz nach Beginn der Reibbewegung (*Abb. 31*), nach einer Hinbewegung (*Abb. 32*) und nach 10 Reibbewegungen (*Abb. 33*).



Abb. 31: Prüf- und Reibgewebe kurz nach Beginn der Reibbewegung



Abb. 32: Prüf- und Reibgewebe kurz nach einer Hinbewegung (1/2 Reibbewegung)

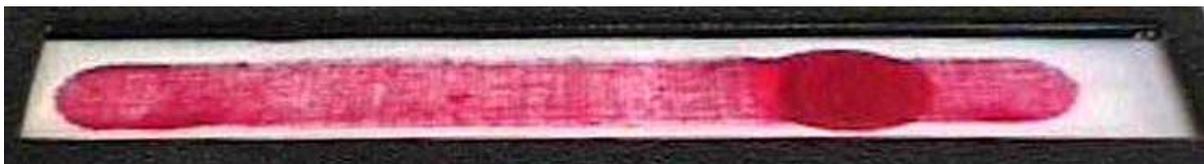


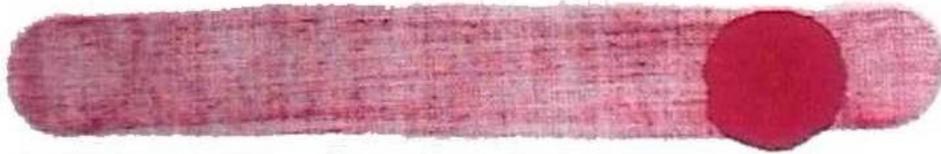
Abb. 33: Prüf- und Reibgewebe nach 10 Reibbewegungen

Es ist deutlich zu sehen, daß sich bei der mercerisierten Baumwolle ein "Aufsetzfleck" gebildet hat, der von dem Wasser herrührt, das aus dem Reibgewebe herausgesogen wird. Schon bei der ersten Hin- und Herbewegung wird weitere Feuchtigkeit vom Reibgewebe über die Reiblänge auf das Prüfgewebe übertragen.

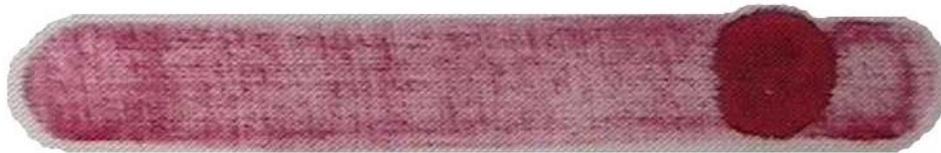
Abhängig vom Material des Prüfgewebes ergeben sich nach 10 Reibvorgängen unterschiedliche "Feuchtebilder" (Tab. 10).

Tab. 10: Feuchtebilder verschiedener Gewebematerialien nach 10 Reibvorgängen

merc. BW



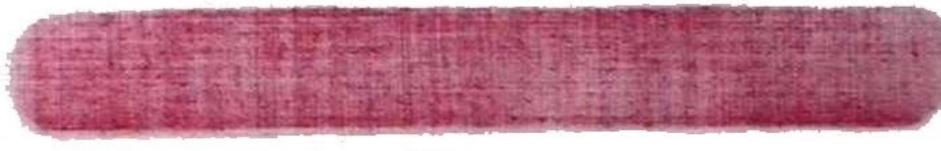
Lyocell



Viskose



merc. BW mit Fluorpolymer ausgerüstet



Polyamid (PA 1)



Wolle



Die Tabelle zeigt, daß unterschiedliche Materialien eine unterschiedliche Saugfähigkeit aufweisen. Cellulosische Materialien zeigen generell eine sehr gute Saugfähigkeit (entsprechend gute Anfärbung) mit einem deutlichen Aufsetzfleck, wobei allerdings die Geschwindigkeit, mit der das Wasser aus dem Reibgewebe herausgesogen wird, abhängig vom Substrat geringfügig differiert. Das mit Fluorpolymer behandelte Prüfgewebe zeigt aufgrund seines hydrophoben Charakters keinen Aufsetzfleck. Bemerkenswert ist allerdings, daß sich für die übrige Reibstrecke nach zehnmalem Reiben ein fast identisches Bild ergibt, wie für unbehandelte Baumwolle. Erwartet hätte man wegen der hydrophoben Eigenschaften eine weit geringere Anfärbung (Saugfähigkeit). Sowohl bei Polyamid als auch bei Wolle fehlen die Aufsetzflecke. Bei Wolle erhält man ein sehr geringes Anfeuchten des Gewebes.

Durch die gemachten Beobachtungen an verschiedenen Geweben fiel auf, daß unterschiedliche Gewebematerialien eine unterschiedliche Saugfähigkeit aufweisen und damit eine unterschiedliche Feuchteabnahme des Reibgewebes bedingen müssen. Es sollte daher geklärt werden, ob diese differierenden Saugfähigkeiten der Prüfgewebe einen großen Einfluß auf die Reibgewebefeuchten haben und somit die Reibechtheiten von gefärbten Prüfgeweben beeinflussen können.

Zu diesem Zweck wurden verschiedene cellulosische Gewebe (mercerisiertes Baumwollgewebe, Viskose, Lyocell, Lyocell LF) ebenso untersucht, wie Wolle und Gewebe aus Polyester (PES 1, PES 2) und Polyamid (PES 1, PES 2). Außerdem wurde untersucht, ob verschiedene Ausrüstungen (hydrophob wirkendes Fluorpolymer (FP), vernetzend wirkendes Polysiloxan (PS)) bei der mercerisierten Baumwolle einen Einfluß auf die Saugfähigkeit ausüben.

Für die Messungen wurden alle Reibgewebe exakt auf 100% Feuchte gebracht. Dann wurden sie auf dem Reibzapfen befestigt und für eine Sekunde auf dem jeweiligen Gewebe aufgesetzt. Dies entspricht in der Praxis der Zeit, die zwischen Aufsetzen des Reibgewebes auf dem Prüfgewebe und Beginn der Reibbewegung verstreicht. Aus der anschließenden sofortigen Wägung des Reibgewebes ließ sich dann die Feuchteabnahme (in % ausgehend von 100%) nach einer Sekunde berechnen, die durch die Saugfähigkeit des Probegewebes verursacht wird (als "Feuchteabnahme Aufsetzen" in *Tab. 11* bezeichnet). Ein eventuell durch Verdunsten des Wassers während dieser Prozedur verursachter Feuchteverlust kann dagegen vernachlässigt werden. Analog wurde vorgegangen, als die Feuchteabnahme nach Aufsetzen und anschließendem 10maligem Reiben bestimmt wurde (als "Gesamtfeuchteabnahme" bezeichnet).

Aus der Differenzbildung dieser beiden Ergebnisse läßt sich der Feuchteverlust des Reibgewebes berechnen, der während des Reibvorganges, d.h. auf der Reibstrecke von 10 cm, entsteht. (als "Feuchteabnahme Reibstrecke" bezeichnet). Je höher die Prozentangaben der Feuchteabnahme des Reibgewebes, desto saugfähiger war das Prüfgewebe.

Tab. 11: Feuchteabnahme der Reibgewebe (Erklärung s. Text);
jeweils Abnahme in % ausgehend von 100% Feuchte des Reibgewebes;
zusätzlich: Restfeuchte des Reibgewebes

	Feuchteabnahme "Aufsetzen"	Feuchteabnahme "Reibstrecke"	Gesamtfeuchte- abnahme	Restfeuchte des Reibgewebes
	[%]	[%]	[%]	[%]
merc. BW	3,7	2,8	6,5	93,5
merc. BW + FP	0,5	4,9	5,4	94,6
merc. BW + PS	0,8	4,8	5,6	94,4
Viskose	4,0	2,7	6,7	93,3
Lyocell	3,5	3,9	7,4	92,6
Lyocell LF	3,0	3,4	6,4	93,6
Wolle	0,8	1,2	2,0	98,0
PES 1	1,6	4,5	6,1	93,9
PES 2	0,6	2,9	3,5	96,5
PA 1	0,2	4,8	5,0	95,0
PA 2	1,1	3,6	4,7	95,3

In *Abb. 34* sind die in *Tab. 11* aufgeführten Werte verdeutlicht. Von der jeweiligen 100% Ausgangsfeuchte werden die Feuchten abgezogen, die das Reibgewebe an das Gewebe während einer Sekunde Aufsetzen (Orange) sowie während der 10 Reibvorgänge (Gelb) abgibt. Der Blau gezeichnete Balken kennzeichnet die Restfeuchte des Reibgewebes.

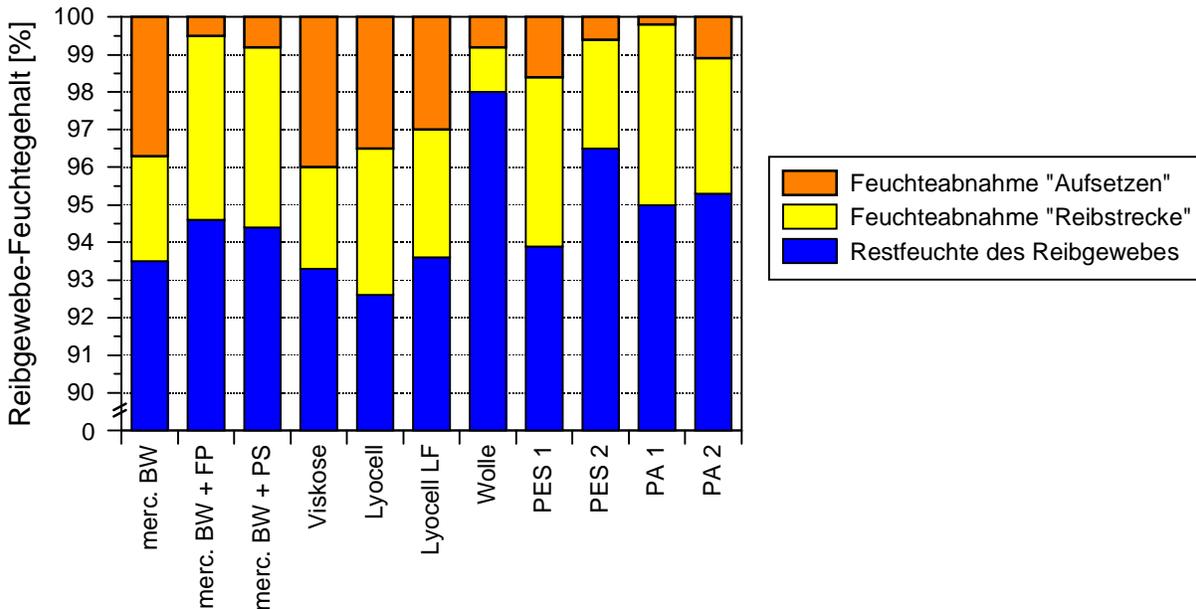


Abb. 34: Feuchtegehalt des Reibgewebes (Blau) bei verschiedenen Materialien mit Anteilen der Feuchteabnahme (Ausgangswert jeweils 100%) beim Aufsetzen (Orange) und Feuchteabnahme auf der Reibstrecke (Gelb) (s. *Tab. 11*)

Es kann festgestellt werden, daß sich die Restfeuchten der Reibgewebe bei den geriebenen Gewebematerialien in einem Bereich von 92,6% bis 98,0% bewegen. Die Polyester- und Polyamidgewebe zeigen auf Grund ihres hydrophoben Charakters erwartungsgemäß eine – teilweise wesentlich – geringere Saugfähigkeit als Baumwolle und verursachen dadurch eine höhere Restfeuchte. Das mercerisierte Gewebe, Viskose, Lyocell und Lyocell LF zeigen annähernd die gleiche Saugfähigkeit. Eine Ausrüstung des mercerisierten Gewebes mit Polysiloxan (PS) zeigt ebenso wie bei der hydrophob (FP) ausgerüsteten Baumwolle eine merkliche Abnahme der Saugfähigkeit.

Die Feuchteabnahme von mercerisiertem Gewebe liegt mit 6,5%, entsprechend einer Restfeuchte von 93,5% innerhalb des in *Kap. 9.4.1* untersuchten Bereiches, bei dem sich die Reibechtheiten nicht signifikant ändern.

Somit haben die unterschiedlichen Saugfähigkeiten der Prüfgewebe keinen Einfluß auf die Reibechtheiten.

9.5 Das Ruf-Reibgerät

9.5.1 Anpreßdruck beim Ruf-Reibgerät

Die Literatur zitiert bei der Verwendung des Ruf-Reibgerätes eine Vielzahl von Anpreßdrucken und Reibtouren. Die Angaben variieren dabei von 0,4 bar bei 20 Touren [127], 0,5 bar bei 25 Touren [126] sowie 0,6 bar bei bis zu 60 Touren [128].

Werden leichte, feine oder glatte (oft synthetische) Gewebe gerieben, kann ein etwas höher gewählter Anpreßdruck verhindern, daß sich Prüf- und Reibgewebe während des Reibvorgangs gegeneinander verschieben.

Um ein Bild vom Einfluß unterschiedlicher Anpreßdrucke auf die Reibechtheiten zu erhalten, wurde die Abhängigkeit der Reibechtheit von Anpreßdrucken von 0,1 bis 1 bar untersucht. Als Untersuchungsgewebe wurde Schwarz 2b und Rot 3a gefärbtes mercerisiertes Gewebe sowie Rot 2a auf normalem Baumwollgewebe verwendet. Der Versuch wurde mit 25 Reibbewegungen durchgeführt. Die Werte sind in *Tab. 12* bzw. *Abb. 35* aufgeführt.

Tab. 12: Anpreßdrucke und resultierende Reibechtheiten verschieden gefärbter Gewebe beim Ruf-Reibgerät (25 Reibbewegungen)

Anpreßdruck [bar]	Reibechtheiten dE RE		
	merc. BW Schwarz 2b	merc. BW Rot 3a	norm. BW Rot 2a
0,1	-	-	-
0,2	6,4	8,45	15
0,3	8,1	10,3	20,3
0,4	10,2	12,7	22,9
0,5	12,1	15,8	25,8
0,6	13,2	17,8	28,2
0,7	14,5	20,4	30,5
0,8	16,3	22,7	33,5
0,9	16,5	24,2	-
1,0	17,8	-	-

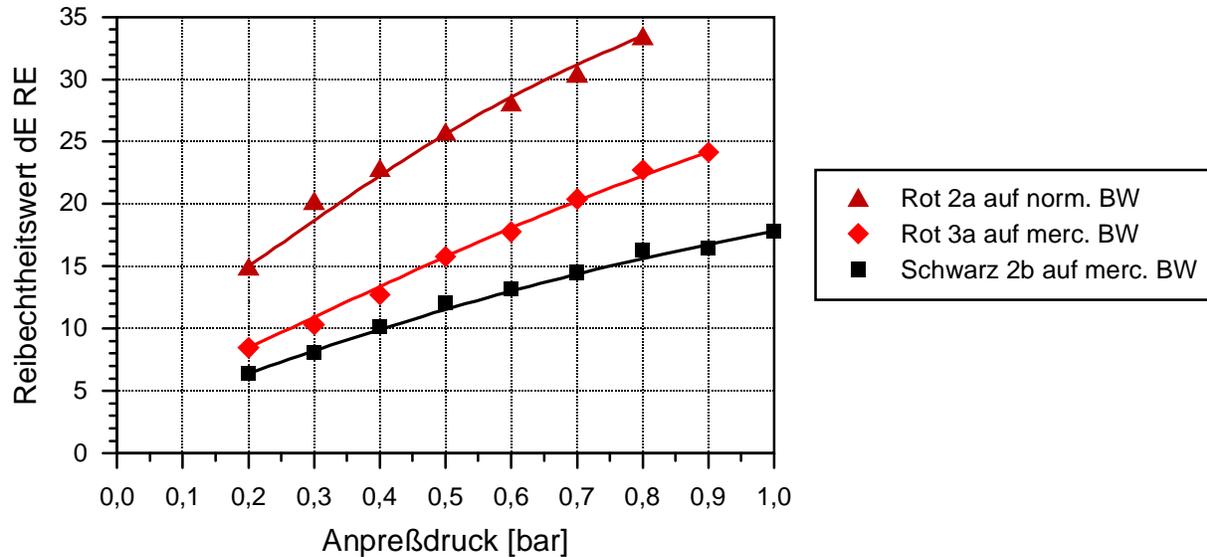


Abb. 35: Reibechtheiten in Abhängigkeit vom Anpreßdruck beim Ruf-Reibgerät (25 Reibbewegungen); (s. Tab 12)

Abb. 35 zeigt die Abhängigkeit der Reibechtheitswerte von unterschiedlichen Anpreßdrücken. Die Werte von 0,1 bar konnten nicht verwertet werden, da aufgrund des geringen Anpreßdrucks Reib- und Probegewebe während der Prüfung gegeneinander verschoben wurden und somit kein definierter Abrieb erzeugt werden konnte. Im Bereich von 0,2 bis 0,8 bar ergibt sich für alle Färbungen ein annähernd linearer Verlauf der Reibechtheitswerte, d.h. eine direkte lineare Abhängigkeit der Reibechtheit vom Anpreßdruck. Lediglich die Schwarzfärbung zeigt bei höheren Anpreßdrücken eine leicht Abweichung.

Für bestimmte Fälle (Substrat, Färbung) können die Ergebnisse des Ruf-Reibgerätes denen des Crockmeters empirisch angeglichen werden. Die Kenntnis der linearen Abhängigkeit von Reibechtheit und Anpreßdruck hilft dabei, eine solche Angleichung durchzuführen (vgl. auch Kap. 10.3).

Für die Versuche mit dem Ruf-Reibgerät wurde in dieser Arbeit ein Anpreßdruck von 0,5 bar gewählt, da bei diesem Druck ein Verschieben von Prüf- und Reibgewebe minimiert ist. Darüber hinaus ist dieser Druck von 0,5 bar auch ähnlich dem des Crockmeters mit ca. 0,46 bar, der sich aus dem Anpreßdruck von 9 N und der Auflagefläche des Reibzapfens berechnen läßt.

9.6 Bewertung der Reibechtheitsprüfung

9.6.1 Vorbereitung

Nach dem Reibvorgang kann es dazu kommen, daß sich auf dem Reibgewebe außer dem Farbabdruck noch zusätzlich größere und kleinere Faserreste (Faserfragmente) befinden, die vom Prüfgewebe stammen. Dies ist besonders bei der Naßprüfung der Fall, da hier eine erhöhte Friktion – und damit Schädigung der Prüfgewebefaser – während des Reibvorgangs auftritt.

Da unter der Reibechtheit nach Definition nur der Übergang von Farbe auf das Reibgewebe verstanden wird und nicht der zusätzliche Faserabrieb, müssen diese Faserreste entfernt werden. Ansonsten kann es zu einer Verfälschung der Bewertung kommen. Auf die Art und Weise der Faserentfernung wird jedoch nicht eingegangen.

Eine Möglichkeit besteht darin, daß der Faserstaub durch vorsichtiges Abbürsten entfernt wird. Trotz aller Umsicht kann jedoch auch zusätzlich an den Fasern anhaftender Farbstoff mit abgebürstet werden, was ebenfalls eine Bewertung verfälschen kann.

Ein anderer Weg wurde in dieser Arbeit besprochen. Die Faserreste bei der Crockmeterprüfung wurden mit durchsichtigem Klebeband (TESA-Film) entfernt. Dabei wurde der Klebestreifen gleichmäßig auf dem Reibfleck angedrückt und mit den Faserfragmenten vorsichtig wieder abgezogen. Diese Prozedur erfolgte nur einmal. Eventuell noch zurückbleibende größere Faserreste wurden mit einer Pinzette entfernt. Für den im Durchmesser etwas größeren Reibfleck, den man beim Ruf-Reibgerät erhält, wurden Selbstklebeetiketten passender Größe zur Faserentfernung verwendet. Diese wurden im Foulard gleichmäßig auf das Reibgewebe angedrückt.

Es ist zu bemerken, daß weder durch Abbürsten, noch durch Verwendung von Klebeband bzw. -etiketten ein hundertprozentiges Entfernen von auch kleinsten Faserresten gewährleistet werden kann. Beim anschließenden optischen Bewerten, können die sich dadurch ergebenden leichten Unregelmäßigkeiten des Farbabdrucks, durch ein geschultes Auge ausgeglichen werden, zumal die Notenvergabe in ganzen bzw. halben Noten erfolgt. Bei der farbmetrischen Beurteilung können zurückgebliebene Faserreste zu einer geringfügig schlechteren Bewertung führen. Dies kommt daher, daß der Meßalgorithmus des Auswertegerätes über den gesamten Meßfleck mittelt und somit die leicht dunkler gefärbten Faserfragmente in die Bewertung mit einbezogen werden.

9.6.2 Visuelle Bewertung

Eine Bewertung der Reibechtheiten erfolgt normalerweise mit dem Graumaßstab zur "Bewertung des Anblutens" nach DIN EN 20105-A03 bzw. ISO 105-A03 [123]. Die Einteilung der Reibechtheit erfolgt in Noten von 1 (sehr schlecht) bis 5 (sehr gut), wobei neben ganzen Noten (fünfstufiger Graumaßstab) auch eine Skala mit ½-Notenschritten (neunstufiger Graumaßstab) eingesetzt werden kann. *Abb. 36* zeigt einen solchen Graumaßstab.

Ein neunstufiger Graumaßstab besteht aus 9 Paaren matter weißer oder grauer Farbplättchen. Diese veranschaulichen die Farbabstände, die den Echtheitszahlen 1, 1-2, 2, 2-3, 3, 3-4, 4, 4-5, 5 zugeordnet sind. Bei dem Paar mit der Echtheitsnote 5 sind beide Abschnitte weiß. Bei den übrigen Paaren ist der eine Abschnitt weiß und der zweite Abschnitt zeigt zunehmend dunklere Graustufen. Für eine Bewertung des Anblutens wird der Graumaßstab neben das zu bewertende Begleitgewebe (Reibgewebe) gelegt. Der Farbabstand zwischen dem ursprünglichen Begleitgewebe (Reibgewebe) und dem behandelten Gewebe, der einer Stufe des Graumaßstabs am nächsten liegt, wird als Echtheitszahl (Note) angegeben. In *Tab. 13* sind die Echtheitszahlen sowie die zugehörigen CIE-LAB-Farbabstände (dE) des Graumaßstabs aufgeführt.

Als Beleuchtung kann neben einer normierten künstlichen Lichtquelle auch von Norden einfallendes Tageslicht verwendet werden.

In DIN EN ISO 105 – A01 Abschnitt 13: "Bewertung der Farbechtheit" und Abschnitt 14: "Bedingungen für das Bewerten von Echtheitsproben" wird ergänzend auf die visuelle Abmusterung und deren Bedingungen eingegangen.

Den aufgezählten Anforderungen werden spezielle Prüfkabinen gerecht, welche eine normgerechte Abmusterung bei neutralgrauer Umgebung und entsprechender Beleuchtung ermöglichen.

Tab. 13: Echtheitszahlen und CIE-LAB-Farbabstände des neunstufigen Graumaßstabs

Echtheitszahlen	CIE-LAB-Farbabstände
5	0
4-5	2,2
4	4,3
3-4	6,0
3	8,5
2-3	12,0
2	16,9
1-2	24,0
1	34,1

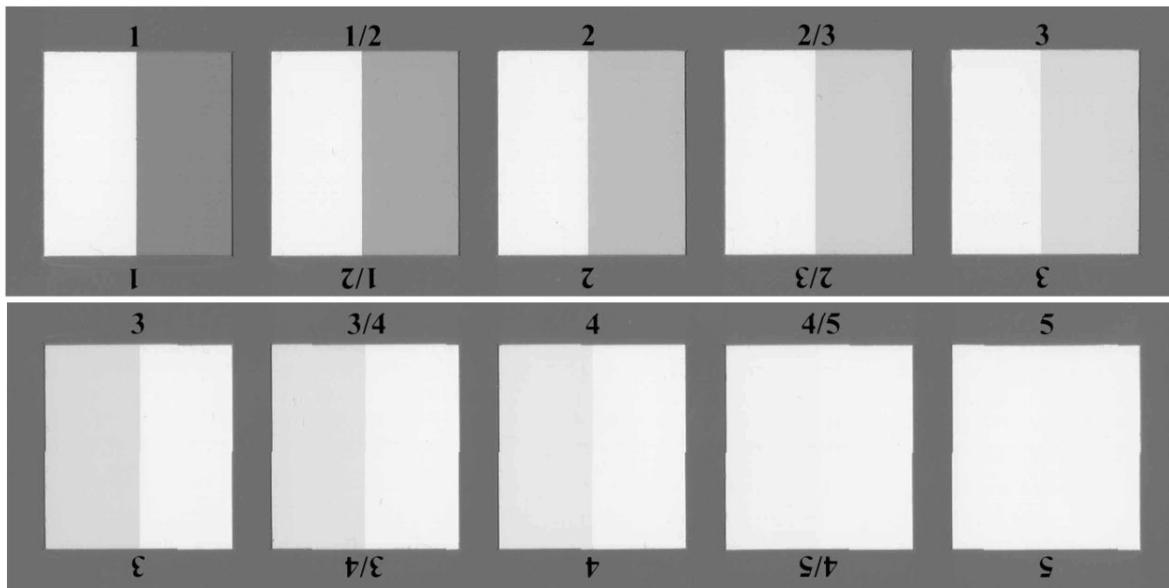


Abb. 36: Neunstufiger Graumaßstab

9.6.3 Instrumentelle Bewertung

Die nach DIN EN ISO 105-X12 beschriebene Art der optischen Bewertung von Reibechtheiten mit dem Graumaßstab hat in der täglichen Praxis durchaus ihre Berechtigung, da sie schnell und unkompliziert gelingt, wenn sie von geschultem Personal durchgeführt wird.

Eine Zielsetzung der vorliegenden Arbeit war es jedoch, verschiedene Einflußfaktoren auf die Reibechtheit fein zu differenzieren. Die Bewertung mit dem Graumaßstab hat dabei einige Nachteile. Mit Hilfe der visuellen Abmusterung erhält man eine Einteilung in ganze bzw. maximal halbe Noten. Damit lassen sich die zur Abstufung von Einflüssen teilweise auftretenden geringen Farbunterschiede nicht ausreichend genau unterscheiden. Außerdem erfordert die optische Bewertung ein geschultes Auge und ist auch nicht frei von subjektiven Einflüssen wie persönliche Stimmung oder Wohlbefinden.

Für diese Arbeit wurde daher nach einem Bewertungsverfahren gesucht, welches eine Reibechtheitsbewertung möglichst objektiv vornimmt. Eine solche Objektivität ist bei der Verwendung von Farbmesscomputern gegeben [129]. Für die instrumentelle Abmusterung existiert die DIN EN ISO 105 – A04: "Methode zur instrumentellen Bewertung des Anblutens der Begleitgewebe" [130]. Die zu bewertende Gewebeprobe wird entsprechend dieser Norm – auf einem nicht optisch aufgehellten, weißen Karton befestigt – mit einem Farbmeßgerät vermessen.

In dieser Arbeit kam ein Datacolor-Meßsystem zum Einsatz, bei dem die Blendenöffnung mit 12 mm Durchmesser etwas kleiner gewählt wurde, als der Farbabdruck des Crockmeters auf dem Reibgewebe von 16 mm. (Blende 18 beim Rufabdruck von ca. 30 mm Durchmesser). Der Blendendurchmesser wurde so gewählt, daß eine ab und zu auftretende, geringfügig stärkere Anfärbung der Randbereiche (nur beim Crockmeter beobachtet), verursacht durch eine abweichende Auflage des Reibzapfens beim Bewegungsvorgang, ausgeblendet wurden. So konnte gewährleistet werden, daß immer ein gleichmäßiger Farbfleck vermessen wurde, wenn der Farbfleck zentriert eingelegt war.

Vor einer Messung muß jedoch zweierlei beachtet werden. Bei der Durchführung der Reibprüfung in nassem Zustand ist das Reibgewebe nach dem Trocknen nicht so glatt, wie es zur optischen Vermessung sein sollte. Zunächst müssen also die Reibgewebe geglättet werden, damit Falten oder Unebenheiten beseitigt sind. Ein solches Glätten erfolgt vorzugsweise mit einem Bügeleisen [122]. Nach dem Bügeln wurden die Reibgewebe im Normklima erneut konditioniert.

Auch ist darauf zu achten, daß während der Farbmessung das Reibgewebe unterlegt wird (s.u.).

Ansonsten kann durch die Gewebewischenräume die Probenhalterung durchscheinen und so das Ergebnis verfälschen. Bewährt hat sich das Unterlegen mit zehn unbenutzten Reibgeweben, da ab dieser Anzahl keine Beeinflussung der Messung durch die Unterlage mehr möglich ist.

Diese Erkenntnis resultiert aus dem durchgeführten Versuch, bei dem unterschiedliche Mengen an Reibgeweben auf die Probenhalterung gelegt und fotometrisch vermessen wurden. *Abb. 37* zeigt die aufgenommenen Remissionskurven verschiedener Gewebelagen. *Abb. 38* zeigt die Farbdifferenzen der unterschiedlichen Lagen, die vom Durchscheinen der Probenhalterung resultieren. Als Referenz dienten 10 Reibgewebelagen.

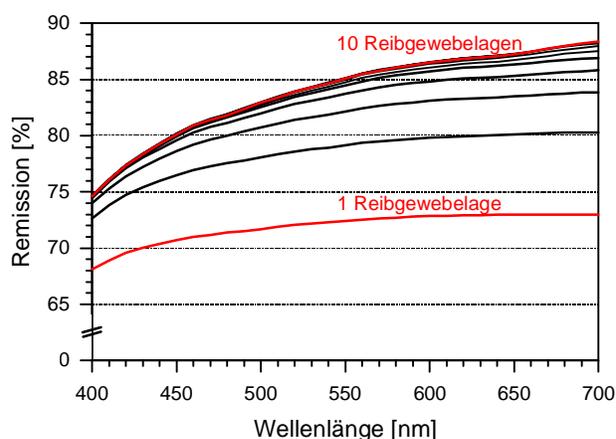


Abb. 37: Remissionskurven von 1 bis 10 Reibgewebelagen

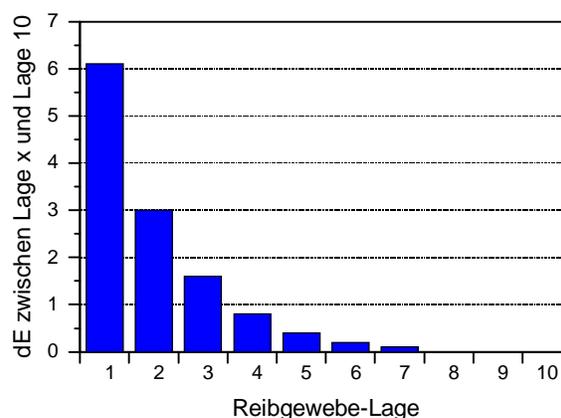


Abb. 38: Farbabstand dE beim Vergleich verschiedener Reibgewebelagen mit 10 Reibgewebelagen

Bei der Farbmessung des Farbabdrucks ist zu beachten, daß dieser möglichst zentriert unter der Blende zu liegen hat. Dadurch werden Meßdifferenzen minimiert, die durch einen – bereits oben erwähnten – "Ring-" bzw. "Hofabdruck" herrühren können. Um mehrere Werte zur Mittelwertbildung zu erhalten, wurden jeweils vier Einzelmessungen durchgeführt. Dabei erfolgte nach jedem Wert eine Drehung der Probe um 90°. Nach der Messung des Farbabdrucks erfolgte die Reibechtheitsermittlung mit Hilfe des im Computerprogramm angebotenen Auswertalgorithmus "Farbabstand" bzw. "Farbdifferenz". Dabei wurde im Computer automatisch der Farbabstand zwischen dem vermessenem Farbkleck auf dem Reibgewebe und dem ungefärbten Reibgewebe berechnet. Der zum Vergleich herangezogene Ausgangswert von unbenutztem Reibgewebe wurde zu Beginn der Arbeit aus 50 Einzelmessungen ermittelt und dieser Mittelwert im Computerprogramm hinterlegt. Mit den gemäß dieser Prozedur erhaltenen Reibechtheitswerten (dE RE) wurden sämtliche Bewertungen und Vergleiche der Reibechtheiten durchgeführt (vgl. *Kap. 9.6.2* und *Kap. 9.6.4*).

9.6.4 Vergleich von visueller und instrumenteller Bewertung

Die Bewertung der Reibechtheiten erfolgt bei visueller Abmusterung durch Vergleich des Farbflecks auf dem Reibgewebe mit dem vorgegebenen Farbmuster auf dem Graumaßstab [129][131] (vgl. Kap. 9.6.2).

Eine Zuordnung der instrumentell gemessenen Parameter nach DIN EN ISO 105 – A04 [130] zu den Noten des Graumaßstabs, erfolgt über mehrere Berechnungsschritte:

Zunächst wird die Graumaßstabsstufe ΔE_{GS} berechnet:

$$\Delta E_{GS} = \Delta E_{CIELAB} - 0,4 \sqrt{(\Delta E^{+2} - \Delta L^{+2})}$$

ΔE : Farbdifferenz des Begleitgewebes (vor und nach Farbechtheitsprüfung)

ΔL : Helligkeitsdifferenz des Begleitgewebes (vor und nach Farbechtheitsprüfung)

Die Graumaßstabszahl SSR ergibt sich für Echtheitszahlen von 1 bis 4

$$SSR = 6,1 - 1,45 \ln(\Delta E_{GS})$$

Ist SSR größer als 4, so wird unter Berücksichtigung der folgenden Formel neu berechnet:

$$SSR = 5 - 0,23 \Delta E_{GS}$$

Die Echtheitszahl (Note) wird entsprechend folgendem Beispiel angegeben:

SSR 5,00 bis 4,75 ergibt Graumaßstabsnote 5; SSR 4,74 bis 4,25 ergibt Note 4-5 usw.

Durch diese Norm, lassen sich somit alle instrumentellen Messungen mit den Echtheitsnoten des Graumaßstabs korrelieren.

Zu beachten ist, daß die in dieser Arbeit verwendeten Reibechtheitswerte (dE RE) nicht mit ΔE_{GS} verwechselt werden, sondern ΔE_{CIELAB} entsprechen.

10. Grundlegende Versuche

10.1 Vergleichswerte der Ausgangsfärbungen

Im Folgenden werden Gewebe untersucht, die nach unterschiedlichen Färbeverfahren gefärbt wurden (Kap. 10.1.1: KKV-Verfahren; Kap. 10.1.2: Ausziehverfahren). Dabei interessierte, ob sich aufgrund der unterschiedlichen Art und Anzahl der Reaktivanker der verwendeten Reaktivfarbstoffe Unterschiede bei der Reibechtheit und eventuell auch bei der Gewebefestigkeit (Weiterreißfestigkeit) ergeben. Beim Färben wurde versucht, gleiche Gewebefarbtiefen zu färben, um eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse gewährleisten zu können.

10.1.1 Färbungen nach dem KKV-Verfahren

In *Tab. 14* sind Färbungen mit Reaktivfarbstoffen unterschiedlicher Funktionalität aufgeführt, bei denen verschiedene grundlegende Parameter geprüft wurden: die Gewebefarbtiefen, die Reibechtheitswerte (dE_{RE}) und -noten nach 10maligem Reiben mit dem Crockmeter sowie die Weiterreißkräfte. Als Gewebe wurde normales und mercerisiertes Baumwollgewebe eingesetzt. Diese Gewebe wurden mit einem mono- (Rot 1a), einem bi- (Rot 2a) und einem trifunktionellen (Rot 3a) Reaktivrotfarbstoff gefärbt. Als Schwarzfarbstoff kam ein bifunktioneller Reaktivschwarzfarbstoff (Schwarz 2b) zum Einsatz. Alle diese Reaktivfarbstoffe wurden nach dem KKV-Verfahren gefärbt.

Geht man davon aus, daß es durch Einsatz von multifunktionellen Reaktivfarbstoffen zu Vernetzungsreaktionen kommen kann, sollte man annehmen, daß diese Vernetzungsreaktionen zu einer Stabilisierung der Baumwollstrukturen beitragen. Daher sollte man bei den Rotfarbstoffen von mono- über bi- zum trifunktionellen Farbstoff eine Verbesserung der Reibechtheiten erwarten.

Beim Schwefelschwarzfarbstoff (Schwarz (S)) dagegen handelt es sich um einen Farbstoff, der auf Grund seines Färbeverfahrens eher an den Randbereichen der Faser gefärbt ist. Durch seine pigmentartigen Eigenschaften sollte er im Vergleich zu dem Reaktivfarbstoff (Schwarz 2b) schlechtere Reibechtheiten zeigen.

Tab. 14: Weiterreißkraft, Gewebefarbtiefe und Reibechtheit (dE RE) von Färbungen mit Farbstoffen unterschiedlicher Funktionalität (KKV-Verfahren)

	Aus- gangs wert norm. BW	Rot 2a norm. BW	Aus- gangs wert merc. BW	Rot 1a merc. BW	Rot 2a merc. BW	Rot 3a merc. BW	Rot 3b merc. BW	Schwarz 2b merc. BW	Schwarz (S) merc. BW
Anker	-	VS/ MCT	-	VS	VS/ MCT	2 VS MCT	VS/MC aliph.VS	2 SES	-
Reißkraft [N]	13,7	10,4	11,1	10,3	9,6	9,6	8,8	9,4	2,2
Gewebefarb- tiefe K/S_{gew.}	-	186	-	182	173	188	167	343	351
dE RE bei 10x Crockm.	-	21,9	-	10,4	9,9	12,3	9,6	9,6	14,2
Echtheitsnote	-	2	-	3 - 4	3 - 4	3	3 - 4	3	2 - 3

Die gemessenen Farbtiefen der rotgefärbten mercerisierten Gewebe variieren nur geringfügig von 167 bis 188 (186 bei normalem Baumwollgewebe), so daß man von einer vergleichbaren Ausgangsbedingung bezüglich der Farbtiefen ausgehen kann. Für die Weiterreißkräfte der nicht gefärbten Gewebe ergeben sich Ausgangswerte von 13,7 N für das normale Baumwollgewebe und 11,1 N für das mercerisierte Gewebe. Geht man von der Annahme aus, daß durch Färbungen mit multifunktionellen Farbstoffen eine Vernetzung und dadurch eine leichte Versprödung der Gewebefasern bewirkt wird, so sollte sich dies mit steigender Zahl an Reaktivanker im Abfall der Reißkräfte bemerkbar machen. Außerdem sollte man annehmen, daß infolge dieser Versprödung eine schlechtere Reibechtheitsnote zu finden ist. Tendenziell läßt sich der Rückgang der Festigkeiten am mercerisierten Gewebe erkennen, bei dem die Färbung mit dem monofunktionellen Farbstoff Rot 1a eine Reißkraft von 10,3 N ergibt. Diese Reißkraft fällt über Rot 2a (9,6 N) und Rot 3a (9,6 N) auf 8,8 N bei Rot 3b ab. Schwarz 2b mit zwei Reaktivankern weist eine Reißkraft von 9,4 N auf.

Schwefelschwarz (S) fällt auf einen äußerst geringen Wert von 2,2 N ab. Als Ursache für diesen geringen Festigkeitswert könnte das Färbeverfahren bzw. die lange (klimatisierte) Lagerung verantwortlich sein [132].

Rot 2a auf normalem Gewebe weist gegenüber dem Ausgangswert auch eine leicht geringere Reißkraft von 10,4 N als der Ausgangswert auf.

Eine parallel zu den abnehmenden Festigkeiten verlaufende Verschlechterung der Reibechtheiten läßt sich bei den rotgefärbten mercerisierten Geweben allerdings nicht feststellen. Vielmehr zeigt sich ein deutlicher Unterschied zwischen Rot 2a auf mercerisiertem (Note: 3-4) und normalem Baumwollgewebe, das mit einer Echtheitsnote von 2 eine wesentlich schlechtere Reibechtheit aufweist. Die beobachteten Reibechtheiten der Reaktivfarbstoffe korrelieren offensichtlich nicht direkt mit den gemessenen Weiterreißfestigkeiten. Diese Bestandsaufnahme zeigt, daß ein Einfluß durch verschieden funktionelle Farbstoffe auf die Reibechtheit vordergründig nicht besteht. Deutlicher offenbart sich dagegen der Unterschied zwischen normalem und mercerisiertem gefärbtem Gewebe.

Für das mit Schwarz (S) gefärbte Gewebe ergibt sich die festgestellte Reibechtheitsnote von 2-3 dadurch, daß neben dem Faserfragmentübergang vom Prüfgewebe noch zusätzlich Farbpigmentpartikel übergehen. Dies kommt beim direkten Vergleich mit Reaktivschwarz (Schwarz 2b) mit seiner Echtheitsnote von 3 noch deutlicher zutage, da beide Gewebe annähernd identische Gewebefarbtiefen zeigen.

Ein Zusammenhang zwischen (Multi-)Funktionalität der Reaktivfarbstoffe, Festigkeit des Gewebes und Reibechtheit scheint bei den untersuchten (Reaktiv-)Farbstoffen nicht zu bestehen.

10.1.2 Färbungen nach dem Ausziehverfahren

Um den Einfluß verschiedener Färbebedingungen, d.h. auch den Grad der Durchfärbung zu erkennen, wurden für den folgenden Versuch Reaktivfarbstoffe ausgewählt, welche nach speziellen Ausziehverfahren appliziert werden. Es handelt sich dabei um 2 Warmfärber (Rot 1c und Rot 2b) und einen Heißfärber (Rot 1b). Die beiden ersten Farbstoffe wurden bei 60°C und der Heißfärber bei 80°C gefärbt. Alle Färbungen erfolgten mit gleichen Farbtiefen auf mercerisiertem Baumwollgewebe. Auch hier erfolgte eine Prüfung der Festigkeiten sowie eine Benotung der Reibechtheiten. Eine Reibechtheitsprüfung mit dem Crockmeter und dem Ruf-Reibgerät ergab die in *Tab. 15* aufgeführten Werte.

Tab. 15: Weiterreißkraft, Gewebefarbtiefe und Reibechtheit von Färbungen mit Farbstoffen unterschiedlicher Funktionalität (Ausziehverfahren)

	Rot 1b	Rot 1c	Rot 2b
Reaktivanker	MFT	DFCP	MCT/MCT
Gewebefarbtiefe $K/S_{\text{gew.}}$	185	185	181
Weiterreißkraft [N]	9,8	9,1	8,7
Crockmeter - 10x	14,4	14,4	14,1
Crockmeter - 20x	17,7	18,4	19,1
Ruf-Reibgerät - 25x	21,1	19,4	22,5
Ruf-Reibgerät - 50x	30,3	26,8	29,6
Echtheitsnoten (bei 10x Crockmeter)	3	3	3

Für die Weiterreißkräfte wurde bei den monofunktionellen Warmfärbern Werte von 9,8 N (Rot 1b) und 9,1 N (Rot 1c) gemessen. Diese sinken leicht bei dem bifunktionellen Heißfärber Rot 2b auf 8,7 N und passen somit auch in die gefundene Festigkeitsabstufung des vorangegangenen Kapitels. Aufgrund der ermittelten Reibechtheitswerte von Crockmeter und Ruf-Reibgerät läßt sich jedoch auch hier keine eindeutige Zuordnung zwischen Reibechtheit und Gewebefestigkeit ziehen. Ebenso scheint ein Unterschied zwischen Warm- und Heißfärbern nicht zu bestehen.

Beleuchtet man bei gefärbten Geweben die Verteilung des Farbstoffs über den Faserquerschnitt, also den Grad der Durchfärbung, so sollten sich die Reibechtheiten einer Ringfärbung und einer gleichmäßigen Durchfärbung unterscheiden. Abhängig vom Grad der Durchfärbung befinden sich z.B. bei einer Ringfärbung in den Randbereichen der Faser mehr Farbstoffmoleküle. Wird eine solche Faser während der Reibprüfung oberflächlich geschädigt, so sollten sich hierbei schlechtere Reibechtheiten als bei einer gleichmäßigen Durchfärbung ergeben.

Durch mikroskopische Untersuchungen wurde versucht, unterschiedliche Durchfärbungen der Gewebe resultierend aus den unterschiedlichen Farbstoffen und Färbeverfahren zu bestimmen. Zwar könnte man auf Grund der verschiedenen Farbstoffe unterschiedliche Durchfärbungsgrade erwarten, jedoch erscheinen alle Gewebe bei mikroskopischer Betrachtung gleichmäßig gut durchgefärbt. Auch Färbungen nach dem KKV- und nach dem Ausziehverfahren zeigen gleichmäßige Durchfärbungen der Baumwollgewebe.

Ein Vergleich der unterschiedlichen Färbungen aus diesem und dem vorangegangenen Kapitel liefert bezüglich ihren Reibechtheiten keine signifikanten Unterschiede, die auf einen Einfluß der verschiedenen Färbeverfahren und damit Durchfärbung schließen läßt.

10.2 Einfluß des Faserabriebs auf die Bewertung von Reibechtheiten

10.2.1 Faserabrieb auf dem Reibgewebe

Eine nach DIN EN ISO 105-X12 durchgeführte Benotung der Reibechtheiten erfolgt erst, wenn abgeriebenes Fasermaterial vor der Bewertung entfernt wurde (vgl. Kap. 9.6.1). In der täglichen Verbraucherpraxis ist es jedoch etwas anders. Hierzu ein kleines Beispiel. Wenn sich ein Kunde zu Hause mit seiner dunkel gefärbten, feuchten Hose auf einem hellen Sofa hin und her bewegt, kann es unter Umständen zu dunklen Stellen auf seinem Sofa kommen. Der Kunde steht dann ganz praktisch vor dem Problem der mangelnden Reibechtheit seiner Hose. In der normgerechten Prüfung wird die Bewertung der Reibechtheit ohne anhaftenden Faserabrieb benotet. Der Kunde jedoch macht diese Unterscheidung nicht. Er sieht optisch einen mehr oder weniger dunklen Farbabdruck, der sich aus der Summe des Faserabriebs sowie der "normentsprechenden" Reibechtheit zusammensetzt. Dies bedeutet, daß die nach DIN durchgeführte Benotung der Reibechtheit nicht unbedingt der praxisbezogenen „Benotung“ entspricht, da sich durch die Entfernung des Faserabriebs eine etwas bessere Bewertung ergibt.

Um zu klären, inwieweit sich Reibechtheiten unterscheiden, wenn vor und nach Faserentfernung eine fotometrische Bewertung durchgeführt wird, wurde folgender Versuch durchgeführt: Von einem mit Schwarz 2b und Rot 3a gefärbten mercerisierten Baumwollgewebe sowie einem mit Rot 2a gefärbten normalen Baumwollgewebe, wurden mit dem Crockmeter und mit dem Ruf-Reibgerät die Reibechtheitsprüfungen durchgeführt und diese instrumentell bewertet. Dies geschah jeweils vor dem Entfernen des Faserabriebs mit Klebestreifen und danach. Die zugehörigen Werte sind in *Tab. 16* aufgeführt und in *Abb. 39* (nur Schwarzfärbung) veranschaulicht.

Tab. 16: Reibechtheitswerte vor und nach Entfernen von Faserabrieb;
gemessen mit dem Crockmeter (10x;20x) und dem Ruf-Reibgerät (25x;50x)

	Schwarz 2b merc. BW 10x	Schwarz 2b merc. BW 20x	Rot 3a merc. BW 10x	Rot 3a merc. BW 20x	Rot 2a norm. BW 10x	Rot 2a norm. BW 20x
<i>vor</i> Entfernen des Faserabriebs	8,3	10,4	10,4	14,4	20,6	27,4
<i>nach</i> Entfernen des Faserabriebs	8,0	9,9	9,7	13,5	19,8	26,8
Δ	0,3	0,5	0,7	0,9	0,8	0,6

Fortsetzung *Tab. 16*

Ruf-Reibgerät	Schwarz 2b	Schwarz 2b	Rot 3a	Rot 3a	Rot 2a	Rot 2a
	merc. BW	merc. BW	merc. BW	merc. BW	norm. BW	norm. BW
	25x	50x	25x	50x	25x	50x
<i>vor</i> Entfernen des Faserabriebs	12,3	18,1	15,4	22,9	26,8	34,7
<i>nach</i> Entfernen des Faserabriebs	11,9	17,6	15,0	22,0	25,9	33,4
Δ	0,4	0,5	0,4	0,9	0,9	1,3

In allen oben angeführten Fällen sind die erhaltenen Reibechtheitswerte nach der Faserabriebentfernung etwas niedriger. Die Differenzen der Werte vor und nach Abriebentfernung schwanken dabei zwischen 0,3 und 1,3. Der beobachtete Unterschied ist zwar meßbar, wirkt sich aber aufgrund seiner geringen Höhe letztlich nicht auf eine visuelle Bewertung in Echtheitsnoten aus.

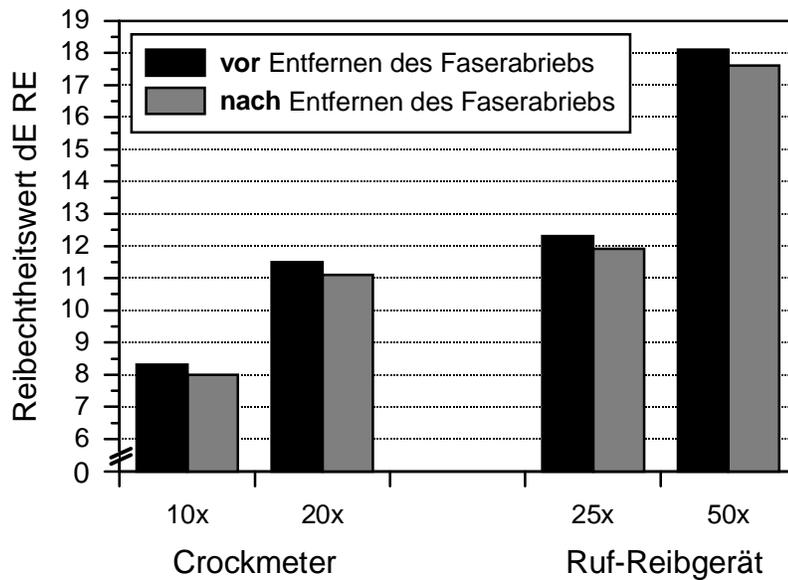
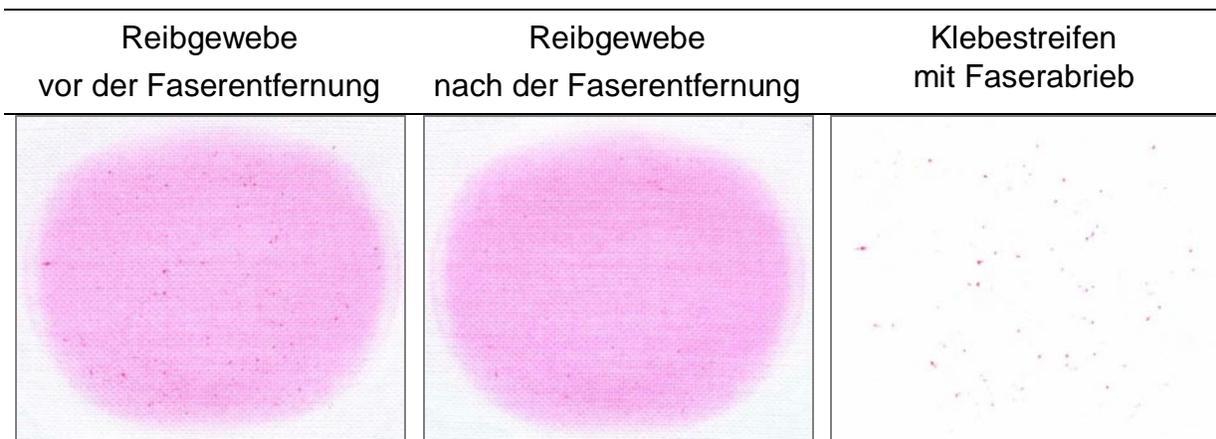


Abb. 39: Reibechtheit vor und nach Entfernen von Faserabrieb am Beispiel von Schwarz 2b auf mercerisiertem Gewebe (s. *Tab. 16*)

In der folgenden Tabelle (Tab. 17) ist der Ruf-Reibfleck einer Rot 2a-Färbung (auf normaler Baumwolle) dargestellt. Zu sehen ist dabei das Reibgewebe gleich nach dem Reibvorgang (mit Faserabrieb) sowie nach Entfernen von anhaftendem Faserstückchen. Außerdem ist der Klebestreifen mit dem anhaftenden Faserabrieb gezeigt, mit Hilfe dessen ein Entfernen des Abriebs erfolgen kann.

Tab. 17: Reibgewebe (Ausschnitt, leicht vergrößert) mit Reibfleck vor und nach Entfernen des Faserabriebs; Klebestreifen mit Faserabrieb



Bei genauer Betrachtung der Reibgewebe vor und nach der Faserentfernung läßt sich erkennen, daß durch den Klebestreifen der größere Faserabrieb fast vollständig entfernt werden kann. Wird dieser Klebestreifen unter dem Mikroskop genauer untersucht, findet man unterschiedliche Größen und Formen des Faserabriebs. Abb. 40 zeigt dazu eine Übersicht dieses Faserabriebs, die aus mehreren Bereichen eines Klebestreifens zusammengestellt ist.

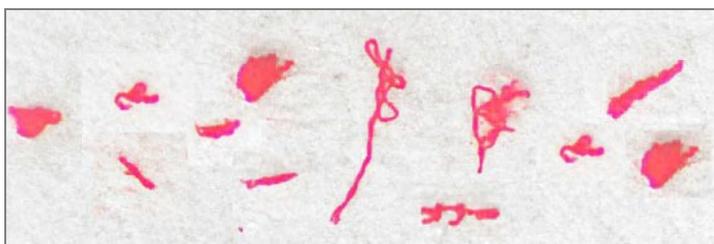


Abb. 40: Vergrößerte Ansicht des Faserabriebs auf dem Klebestreifen

Man erkennt die unterschiedlichen Formen des Faserabriebs, der sich aus zumeist – mehr oder weniger – ineinander verschlungenen Einzelfaserstücken zusammensetzt. Die Größe des Faserabriebs schwankt von ca. 0,05 mm bei kleinen Faserteilchen bis hin zu ca. 1 mm bei größeren abgeriebenen – teilweise verknäulten – Fasern. Einzelne Fasern können die angegebene Länge auch überschreiten, wenn sie in entwirrtem Zustand vorliegen.

10.2.2 Faserfragmente auf dem Reibgewebe

10.2.2.1 Reibgewebe nach einer Prüfung mit dem Crockmeter bzw. mit dem Ruf-Reibgerät

Betrachtet man das Reibgewebe nach einer Reibechtheitsprüfung mit dem Crockmeter bzw. mit dem Ruf-Reibgerät genauer, so fällt ein deutlicher Unterschied zwischen beiden Prüfungen auf. So ist die Verteilung der abgeriebenen Faserfragmente auf dem Reibgewebe bei einer Crockmeterprüfung eine andere als beim Prüfen mit dem Ruf-Reibgerät. Bei ersterer sind die Faserfragmente mehr oder weniger gleichmäßig über die Reibgewebeoberfläche verteilt. Beim Reibgewebe der Ruf-Reibprüfung befinden sich die Faserfragmente vornehmlich an den weniger exponierten Stellen des Gewebes, während die Bindungsköpfe keinerlei anhaftende Fragmente zeigen. In der unteren Abb. 41 sind die mikroskopische Aufnahmen der Reibgewebe beider Prüfungen dargestellt.

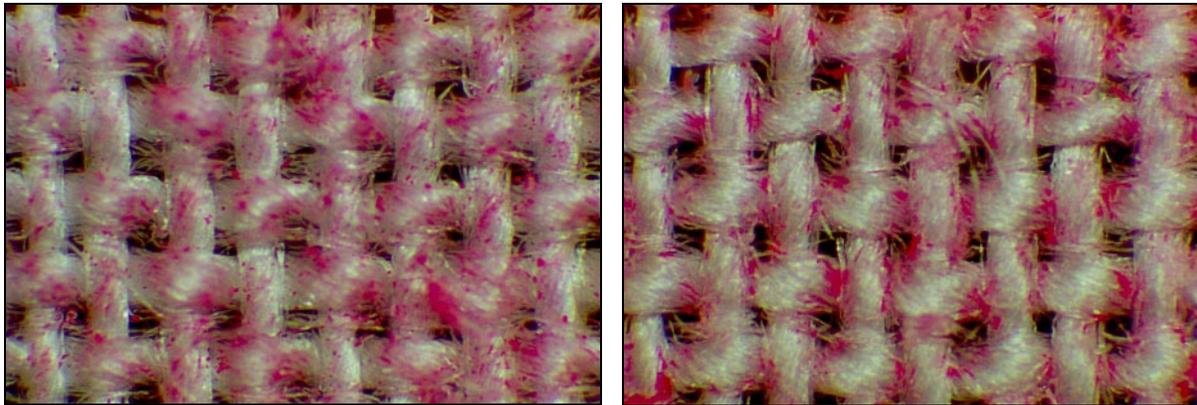


Abb. 41: Mikroskopischer Ausschnitt des Reibgewebes nach Prüfung von mit Rot 2a gefärbtem Baumwollgewebe
li.: 20x gerieben mit dem Crockmeter
re.: 50x gerieben mit dem Ruf-Reibgerät

Diese markanten Unterschiede zwischen Crockmeter und Ruf-Reibgerät gelten beim Reiben von gefärbtem normalem wie auch mercerisiertem Baumwollgewebe gleichermaßen. Untersucht wurden dabei verschiedene Reaktivfärbungen (Schwarz 2b und Rot 2a) sowie 10 und 20 Reibbewegungen beim Crockmeter bzw. 25 und 50 Reibtouren beim Ruf-Reibgerät. In allen diesen Fällen konnten die oben beschriebenen Auffälligkeiten gefunden werden.

10.2.2.2 Untersuchung des Reibgewebes mit dem REM

Bisher konnte gezeigt werden, daß durch den Klebestreifen größere Faserreste mit Dimensionen von ca. 0,05 mm bis etwa 1 mm vor der Reibechtheitsbewertung entfernt werden können. Da bei Reaktivfärbungen eine feste Farbstoff-Faser-Bindung vorliegt, kann bei der Reibprüfung (Naß und Trocken) die beobachtbare Reibechtheit nur von abgeriebenen Faserfragmenten kleinerer Größe herrühren, welche auf das Baumwollreibgewebe übergehen. Durch Untersuchung der Reibgewebeoberfläche mit einem Rasterelektronenmikroskop sollten die Größenordnung und das Aussehen dieser Faserpartikel ermittelt werden. *Abb. 42* zeigt das typische Bild eines Baumwollreibgewebes nach einer Reibprüfung bzw. einer Reibgewebefaser mit anhaftenden Faserfragmenten (*Abb. 43*).

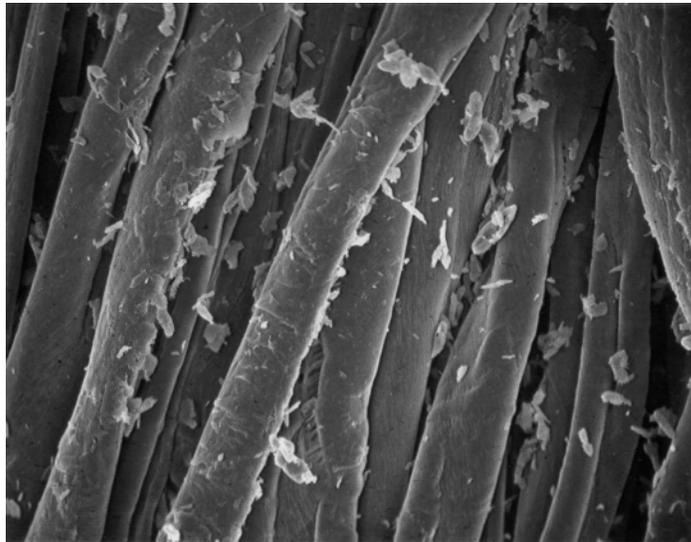


Abb. 42: Reibgewebe (BW) mit Faserfragmenten; 1:1000



Abb. 43: Reibgewebeeeinzelfaser (BW) mit angelagerten gefärbten Faserfragmenten; 1:2000

In *Abb. 42* kann man kleine blättchenförmige Faserfragmente auf der glatten, kaum geschädigten Faseroberfläche des Baumwollreibgewebes erkennen. Die Größenordnung dieser Partikel bewegt sich zwischen ca. 10 und 40 μm . *Abb. 43* zeigt eine Reibgewebeeinzelfaser, auf der neben einem blättchenförmigen Fragment (ca. 25 μm), ein wesentlich größeres Faserbruchstück (ca. 90 μm) anhaftet.

Um eine Unterscheidung treffen zu können, ob die auf dem Reibgewebe befindlichen Faserfragmente von einer Schädigung des Reibgewebes selbst herrühren, oder es sich wirklich um Fragmente des Prüfgewebes handelt, wurde statt des Baumwollreibgewebes ein Reibgewebe aus Polyamid verwendet. Durch die glatte, sich von der Baumwolle unterscheidende Gewebeoberfläche, können die abgeriebenen Faserfragmente so eindeutig dem Baumwollprüfgewebe zugeordnet werden. *Abb. 44*, *Abb. 45* und *Abb. 46* zeigen Baumwollfaserfragmente, die durch Reiben von mercerisiertem Baumwollprüfgewebe mit dem Polyamidreibgewebe entstanden sind.

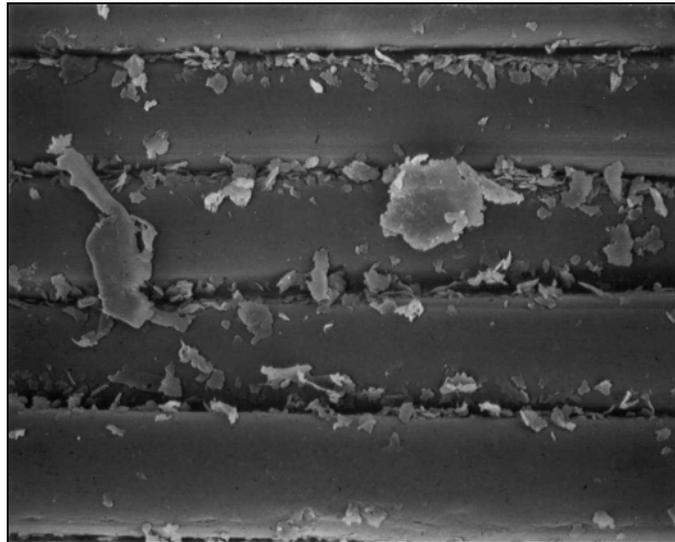


Abb. 44: Abgeriebene Baumwollfaserfragmente auf Polyamid; 1:1000

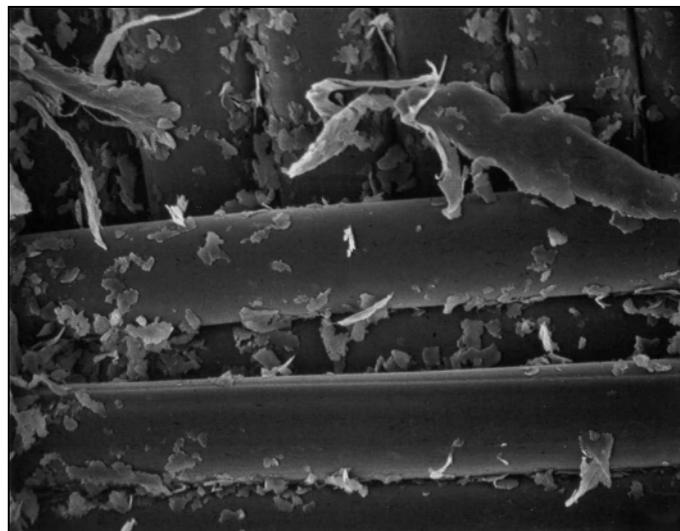


Abb. 45: Abgeriebene Baumwollfaserfragmente auf Polyamid; 1:1000

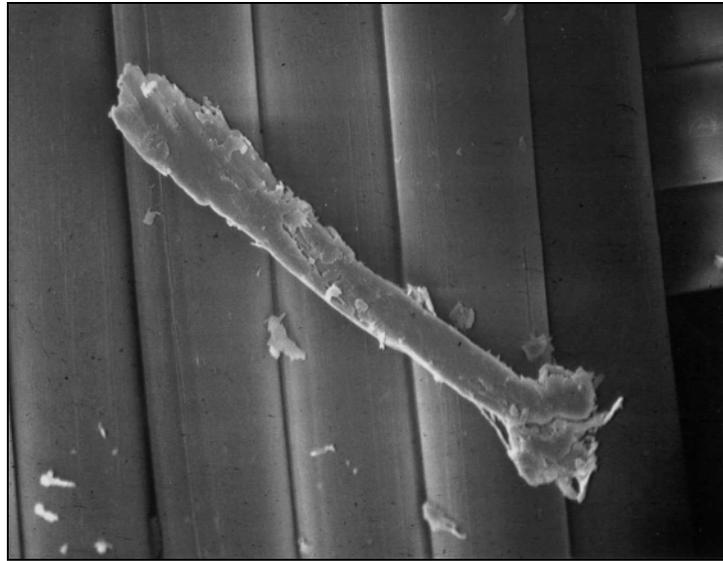


Abb. 46: Abgeriebenes Baumwollfaserbruchstück auf Polyamid; 1:1000

Art und Größenverhältnisse der Faserfragmente entsprechen dabei den mit Baumwollreibgewebe erhaltenen Fragmenten. Es sind wiederum kleine, blättchenförmige Fragmente zu erkennen, die eine Größe ca. 10-40 μm aufweisen sowie größere Faserbruchstücke mit einer Ausdehnung bis zu 50-100 μm (Abb. 44) bzw. 250 μm (Abb. 46). Aufgrund ihrer geringen Größe haften die Faserfragmente äußerst fest an den Fasern des Reibgewebes und lassen sich weder über Abziehen mit Klebestreifen, noch durch Abbürsten oder intensives Waschen entfernen.

10.2.3 Entstehung von Faserfragmenten aus der Prüfgewebefaser

Angesichts der charakteristischen Blättchenform der Faserfragmente auf dem Reibgewebe stellt sich die Frage, wie diese entstehen. Aufschluß kann eine Betrachtung des morphologischen Aufbaus der Baumwollfaser geben (*Abb. 25*). Zum Vergleich zeigt *Abb. 47* eine einzelne Baumwollfaser eines Prüfgewebes nach dem Reibvorgang.

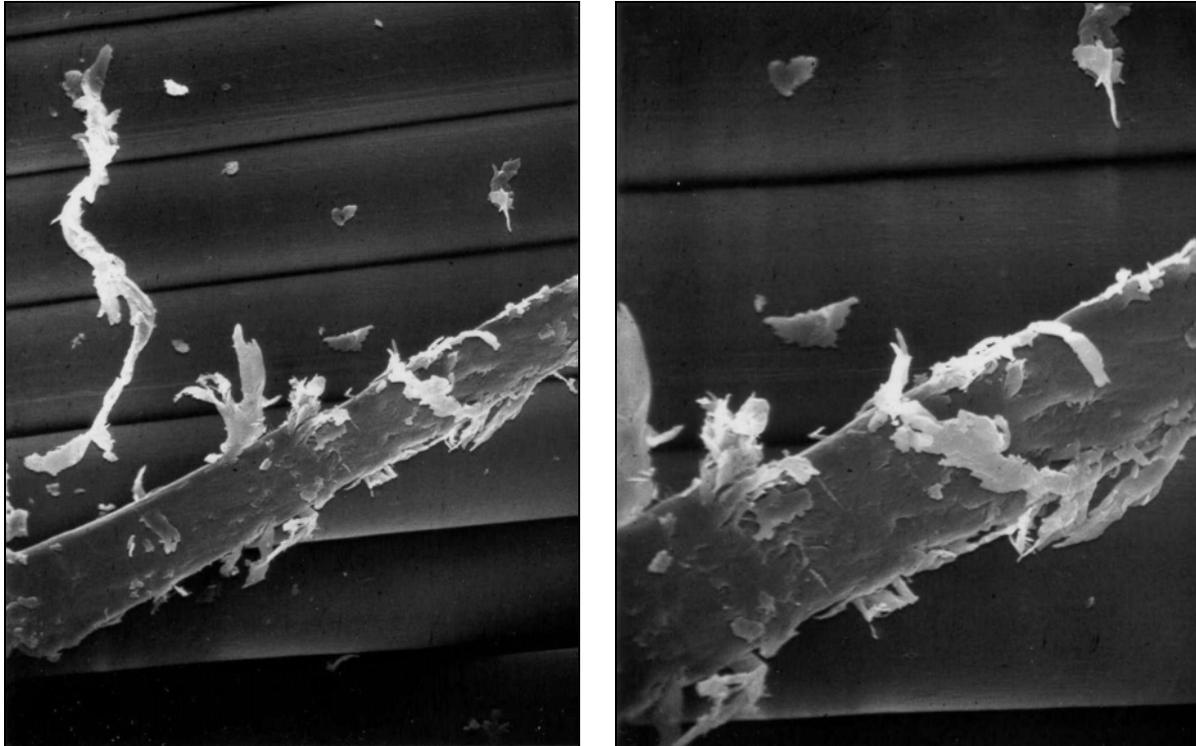


Abb. 47: Baumwolleinzelfaser nach dem Reibvorgang; li: 1:1000 ; re: 1:2000

Abb. 47 zeigt deutlich, daß sich bei der geriebenen (mercerisierten) Baumwollfaser flache Schichten aus den Randbereichen der Faser ablösen. Geht man davon aus, daß durch eine Vorbehandlung die Primärwand (fast) vollständig entfernt wird, so werden durch die auftretenden Reibungskräfte während des Reibvorgangs die Übergangslamelle sowie die folgenden Sekundärschichten geschädigt. Die Schädigung verläuft so, daß sich die einzelnen Schichten mehr oder weniger zusammenhängend ablösen und im Verlauf des Reibvorgangs weiter zerkleinert werden, so daß sich die typischen blättchenförmigen gefärbten Faserfragmente bilden, welche dann auf dem Reibgewebe zu finden sind und für die Anfärbung verantwortlich sind.

10.3 Vergleich von Crockmeter und Ruf-Reibgerät

Für Reibechtheitsuntersuchungen sollte in der vorliegenden Arbeit sowohl das Crockmeter als auch das Reibgerät nach RUF eingesetzt werden. Um die Güte der Ergebnisse des jeweiligen Prüfgerätes bewerten zu können, wurde eine Reihe von Versuchen durchgeführt, die neben den jeweiligen Meßunsicherheiten auch Aufschluß über die Vergleichbarkeit der Reibechtheitswerte von Crockmeter und Ruf-Reibgerät liefern sollten. Bezüglich der Übereinstimmung der Reibergebnisse von Crockmeter und Ruf-Reibgerät wurden von BLUM [128] bereits entsprechende Vergleichsuntersuchungen durchgeführt. Er kam zu dem Schluß, daß die beste Übereinstimmung des Ruf-Reibgerätes mit dem 10maligen Reiben des Crockmeters bei 30 Touren und 0,49 bar Anpreßdruck besteht.

In dieser Arbeit wurde normales und mercerisiertes Baumwollgewebe untersucht, wobei Ausziehfärbungen mit dem bifunktionellen Schwarz 2b (2 VS-Anker) bei Farbstoffkonzentrationen von 2,4,6,8,10 und 12% betrachtet wurden. Die Schwarzfärbung wurde zu Kontrollzwecken zweimal durchgeführt (Schwarz 2b-a und Schwarz 2b-b). Vergleichsfärbungen mit bifunktionellem Rot 2a (VS/MCT-Anker) und trifunktionellem Rot 3a (2 VS/MCT-Anker) auf normalem und mercerisiertem Baumwollgewebe wurden mit 1,2,4,6,8 und 10% realisiert. Alle diese Färbungen wurden intensiv mehrmals mit kochendem Wasser gewaschen und ausgiebig gespült, um jeglichen nicht fixierten Farbstoff aus dem Gewebe zu entfernen. Die Gewebefarbtiefen sowie die ermittelten Reibechtheiten und die entsprechenden Meßfehler sind in den folgenden Tabellen festgehalten. Dabei wurden mit dem Crockmeter 10 und 20 Hin- und Herbewegungen (Schwarz 2b-a: *Tab. 18*; Schwarz 2b-b: *Tab. 20*; Rot 2a: *Tab. 24*; Rot 3a: *Tab. 22* und mit dem Ruf-Reibgerät 25 und 50 Reibbewegungen (Schwarz 2b-a: *Tab. 19*; Schwarz 2b-b: *Tab. 21*; Rot 2a: *Tab. 25*; Rot 3a: *Tab. 23*) durchgeführt.

Ein Hinweis auf die Güte von Meßwerten wird im Normalfall durch die Angabe von Mittelwert, Standardabweichung und Varianz gegeben. Um den Meß- und Auswertvorgang in realistischen Aufwandsgrenzen zu halten, wurde für die folgenden Vergleiche der Mittelwert aus zwei Einzelmessungen berechnet. Aus statistischen Gründen wurde statt der Standardabweichung und der Varianz der Fehlerwert (\pm -Fehler) aus der Differenz zwischen Mittelwert und entsprechendem Minimum bzw. Maximumwert berechnet. *Abb. 48* und *Abb. 49* (Schwarz 2b-a); *Abb. 50* und *Abb. 51* (Schwarz 2b-b); *Abb. 54* und *Abb. 55* (Rot 2a) sowie *Abb. 52* und *Abb. 53* (Rot 3a) zeigen die Auftragungen der Fehlerverteilung von Crockmeter und Ruf-Reibgerät. Im Folgenden soll zunächst nur auf den Vergleich der \pm -Fehlerverteilung von Crockmeter und Ruf-Reibgerät eingegangen werden. Ein zusätzlicher Vergleich der erhaltenen Reibechtheitswerte und der Gewebefarbtiefen erfolgt in *Kap. 10.3.2*.

Färbungen mit Schwarz 2b-a

Tab. 18: Reibechtheiten mit dem Crockmeter (10 und 20 Reibbewegungen) von Schwarz 2b; 2,4,6,8,10,12%ige Ausziehfarbung auf normalem und mercerisiertem Baumwollgewebe

normales Baumwollgewebe

Färbung [%]	K/S _{gew.}	Crockmeter 10x			Crockmeter 20x		
		dE RE	Ø	± Fehler	dE RE	Ø	± Fehler
2	107	5,0			7,5		
		5,1	5,05	0,05	7,2	7,35	0,15
4	167	6,9			10,3		
		6,9	6,90	0,00	9,1	9,70	0,60
6	193	8,2			11,2		
		8,0	8,10	0,10	10,9	11,05	0,15
8	194	8,1			11,5		
		8,0	8,05	0,05	11,0	11,25	0,25
10	195	8,9			11,4		
		8,4	8,65	0,25	11,5	11,45	0,05
12	201	8,2			12,4		
		8,4	8,30	0,10	11,8	12,10	0,30

mercerisiertes Baumwollgewebe

Färbung [%]	K/S _{gew.}	Crockmeter 10x			Crockmeter 20x		
		dE RE	Ø	± Fehler	dE RE	Ø	± Fehler
1	113	3,1			4,4		
		3,0	3,05	0,05	4,4	4,40	0,00
2	176	5,9			7,8		
		5,8	5,85	0,05	8,1	7,95	0,15
4	266	6,2			9,1		
		6,3	6,25	0,05	9,6	9,35	0,25
6	313	9,6			13,2		
		9,7	9,65	0,05	13,2	13,20	0,00
8	330	10,5			13,9		
		10,2	10,35	0,15	13,5	13,70	0,20
10	348	10,3			15,1		
		10,9	10,60	0,30	14,4	14,75	0,35

Tab. 19: Reibechtheiten mit dem Ruf-Reibgerät (25 und 50 Reibbewegungen) von Schwarz 2b; 2,4,6,8,10,12%ige Ausziehfärbung auf normalem und mercerisiertem Baumwollgewebe

normale Baumwolle

Färbung [%]	K/S _{gew.}	Ruf 25x			Ruf 50x		
		dE RE	Ø	± Fehler	dE RE	Ø	± Fehler
2	107	5,6			9,2		
		5,6	5,60	0,00	8,8	9,00	0,20
4	167	8,2			12,5		
		8,2	8,20	0,00	12,1	12,30	0,20
6	193	9,3			14,0		
		9,1	9,20	0,10	13,9	13,95	0,05
8	194	10,0			14,9		
		9,9	9,95	0,05	15,0	14,95	0,05
10	195	10,3			15,4		
		10,2	10,25	0,05	15,3	15,35	0,05
12	201	11,3			16,1		
		11,4	11,35	0,05	16,2	16,15	0,05

mercerisiertes Baumwollgewebe

Färbung [%]	K/S _{gew.}	Ruf 25x			Ruf 50x		
		dE RE	Ø	± Fehler	dE RE	Ø	± Fehler
1	113	4,3			7,7		
		4,4	4,35	0,05	7,6	7,65	0,05
2	176	8,2			13,1		
		8,1	8,15	0,05	12,5	12,80	0,30
4	266	11,9			16,9		
		11,7	11,80	0,10	16,6	16,75	0,15
6	313	14,3			20,3		
		13,6	13,95	0,35	20,0	20,15	0,15
8	330	15,1			21,8		
		15,3	15,20	0,10	20,6	21,20	0,60
10	348	16,0			22,6		
		16,3	16,15	0,15	22,6	22,60	0,00

Werden die \pm -Fehlerwerte aus den obigen Tabellen in einem Diagramm entsprechend ihrer Häufigkeit aufgetragen, erhält man einen guten Überblick über die Fehlerverteilung. Um eventuell von den beiden vermessenen Geweben (normales und mercerisiertes Baumwollgewebe) herrührende Auffälligkeiten feststellen zu können, wurde beim Auftragen der \pm -Fehler auch zwischen normalem und mercerisiertem Gewebe differenziert. Die Gesamtfehlerverteilung ergibt sich aus den jeweiligen Einzelfehlersummen der beiden Gewebe.

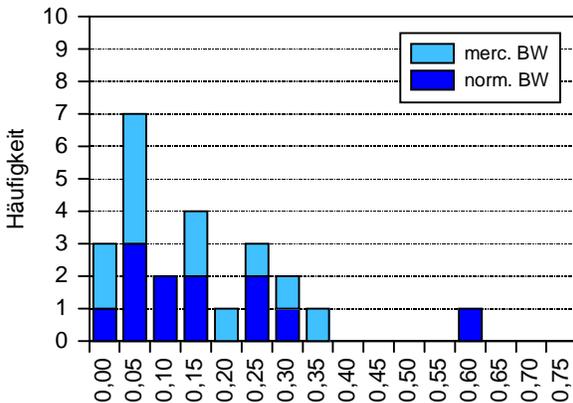


Abb. 48: \pm -Fehlerverteilung beim Crockmeter (Schwarz 2b-a)

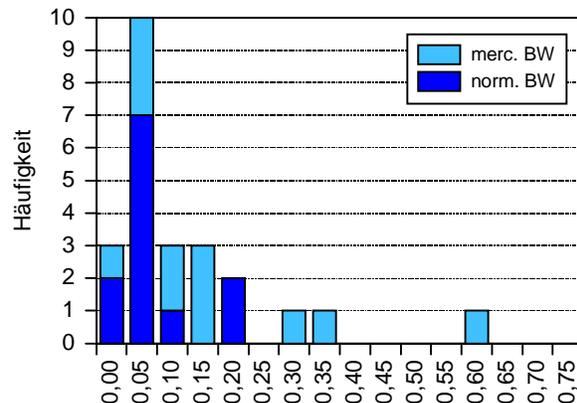


Abb. 49: \pm -Fehlerverteilung beim Ruf-Reibgerät (Schwarz 2b-a)

Betrachtet werden zunächst die Fehlerwerte der Schwarz 2b-Färbung auf normalem und mercerisiertem Gewebe der Crockmetermessung. Im besten Fall schwankt die Abweichung von zwei Einzelmessungen um 0 dE RE-Einheiten, im schlechtesten Fall um 1,2 dE RE-Einheiten (\pm -Fehler: 0,6), wobei die Mehrzahl der Fälle einen Fehler von $\pm 0,05$ aufweist. Auch beim Ruf-Reibgerät schwanken die Werte zwischen ± 0 und $\pm 0,6$. Eine Häufung ist bei $\pm 0,05$ zu verzeichnen, wobei die Fehlerverteilung bei besseren Werten etwas enger verläuft.

Eine Differenzierung zwischen Crockmeter und Ruf-Reibgerät bezüglich der Genauigkeit ist anhand dieser Werte und Fehlerverteilungen nicht zu erkennen. Man erkennt auch keine signifikanten Unterschiede der Fehlerverteilung zwischen normalem und mercerisiertem Baumwollgewebe.

Farbstoff Schwarz 2b-b

Für Vergleichswerte wurde ein zweites Mal eine weitere Färbe- und Versuchsreihe mit Schwarz 2b auf normalem und mercerisiertem Gewebe durchgeführt. Dabei wurden Färbungen von 1,2,3,4,5,6,7 und (8) % - statt wie beim erstem Mal: (1), 2, 4, 6, 8, 10 und (12) % - erstellt

Tab. 20: Reibechtheiten mit dem Crockmeter (10 und 20 Reibbewegungen) von Schwarz 2b; 1,2,3,4,6,7%ige bzw. 1,2,3,4,5,6,7,8%ige Ausziehfärbung auf normalem und mercerisiertem Baumwollgewebe

normales Baumwollgewebe

Färbung [%]	K/S _{gew.}	Crockmeter 10x			Crockmeter 20x		
		dE RE	Ø	± Fehler	dE RE	Ø	± Fehler
1	69	3,4			4,5		
		3,3	3,35	0,05	4,1	4,30	0,20
2	119	4,7			6,3		
		4,6	4,65	0,05	6,3	6,30	0,00
3	156	4,9			6,9		
		5	4,95	0,05	6,9	6,90	0,00
4	184	6,2			8,8		
		6,1	6,15	0,05	8,7	8,75	0,05
5	208	7,0			9,5		
		6,8	6,90	0,10	9,8	9,65	0,15
6	221	7,8			10,4		
		8,0	7,90	0,10	10,5	10,45	0,05
7	238	8,3			11,6		
		8,3	8,30	0,00	11,3	11,45	0,15

mercerisiertes Baumwollgewebe

Färbung [%]	K/S _{gew.}	Crockmeter 10x			Crockmeter 20x		
		dE RE	Ø	± Fehler	dE RE	Ø	± Fehler
1	97	2,9			4,0		
		2,9	2,90	0,00	3,8	3,90	0,10
2	170	4,2			6,9		
		4,3	4,25	0,05	7,0	6,95	0,05

Fortsetzung von *Tab. 20*

3	220	4,5			6,7		
		4,6	4,55	0,05	6,5	6,60	0,10
4	257	4,8			7,5		
		5,1	4,95	0,15	7,0	7,25	0,25
5	270	6,2			8,9		
		5,9	6,05	0,15	9,4	9,15	0,25
6	293	6,5			9,1		
		6,5	6,50	0,00	8,4	8,75	0,35
7	288	6,4			9,4		
		6,6	6,50	0,10	9,6	9,50	0,10
8	301	7,1			10,0		
		7,2	7,15	0,05	10,0	10,00	0,00

Tab. 21: Reibechtheiten mit dem Ruf-Reibgerät (25 und 50 Reibbewegungen) von Schwarz 2b; 1,2,3,4,6,7%ige bzw. 1,2,3,4,5,6,7,8%ige Ausziehfarbung auf normalem und mercerisiertem Baumwollgewebe

normales Baumwollgewebe

Färbung [%]	K/S _{gew.}	Ruf 25x			Ruf 50x		
		dE RE	Ø	± Fehler	dE RE	Ø	± Fehler
1	69	3,1			4,8		
		3,3	3,20	0,10	4,9	4,85	0,05
2	119	4,7			8		
		4,7	4,70	0,00	7,1	7,55	0,45
3	156	5,7			8,6		
		5,4	5,55	0,15	8,5	8,55	0,05
4	184	6,7			10,0		
		6,6	6,65	0,05	9,7	9,85	0,15
5	208	7,3			10,9		
		7,6	7,45	0,15	10,8	10,85	0,05
6	221	8,1			11,9		
		8,3	8,20	0,10	12,3	12,1	0,20
7	238	9,3			12,7		
		8,6	8,95	0,35	12,9	12,8	0,10

Fortsetzung von *Tab. 21:*
mercerisiertes Baumwollgewebe

Färbung [%]	K/S _{gew.}	Ruf 25x			Ruf 50x		
		dE RE	Ø	± Fehler	dE RE	Ø	± Fehler
1	97	4,1			6,6		
		3,9	4,00	0,10	6,5	6,55	0,05
2	170	6,4			9,7		
		6,1	6,25	0,15	10,5	10,10	0,40
3	220	7,4			11,1		
		7,7	7,55	0,15	11,2	11,15	0,05
4	257	8,8			13,0		
		8,9	8,85	0,05	13,1	13,05	0,05
5	270	9,5			14,0		
		10,2	9,85	0,35	14,3	14,15	0,15
6	293	10,5			16,0		
		10,3	10,60	0,10	15,4	15,70	0,30
7	288	10,4			14,5		
		10,6	10,50	0,10	14,8	14,65	0,15
8	301	11,3			16,5		
		11,4	11,35	0,05	16,9	16,70	0,20

Eine Auftragung der Fehlerwerte liefert die folgenden Diagramme:

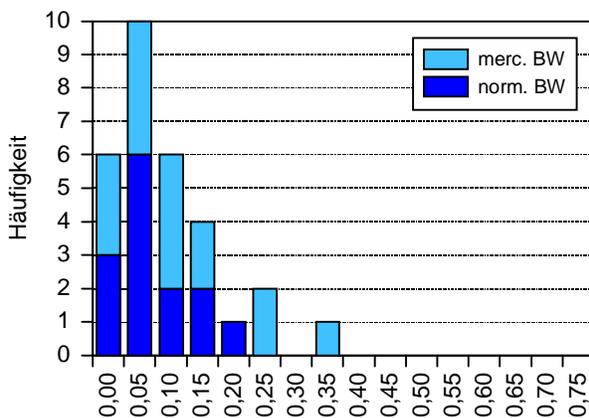


Abb. 50: ±-Fehlerverteilung beim Crockmeter von Schwarz 2b-b

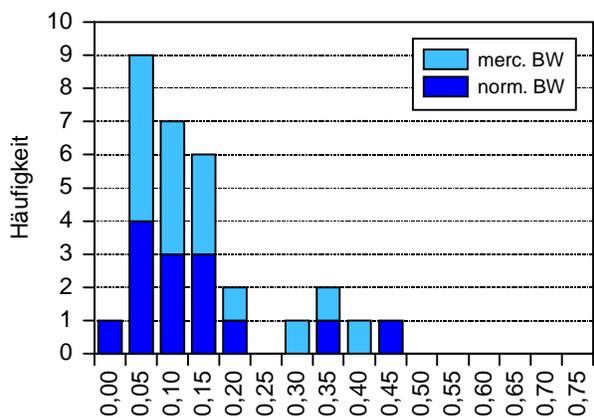


Abb. 51: ±-Fehlerverteilung beim Ruf-Reibgerät von Schwarz 2b-b

Eine Wiederholung von Färbungen Schwarz 2b ergibt sowohl beim Crockmeter als auch beim Ruf-Reibgerät analoge Werte mit einer engen Verteilung um $\pm 0,05$. Die Spanne des Crockmeter reicht dabei von ± 0 bis $\pm 0,35$ und bei Ruf von ± 0 bis $\pm 0,45$.

Färbungen mit Rot 2a

Tab. 22: Reibechtheiten mit dem Crockmeter (10 und 20 Reibbewegungen) von Rot 2a; 1,2,4,6,8,10%ige Ausziehfärbung auf normalem und mercerisiertem Baumwollgewebe

normales Baumwollgewebe

Färbung [%]	K/S _{gew.}	Crockmeter 10x			Crockmeter 20x		
		dE RE	Ø	± Fehler	dE RE	Ø	± Fehler
1	28	4,1			5,1		
		3,9	4,00	0,10	5,3	5,20	0,10
2	47	5,2			6,5		
		5,0	5,10	0,10	6,8	6,65	0,15
4	73	6,7			9,5		
		6,4	6,55	0,15	9,2	9,35	0,15
6	89	8,2			11,2		
		8,0	8,10	0,10	11,3	11,25	0,05
8	99	9,3			12,1		
		9,1	9,20	0,10	12,1	12,10	0,00
10	108	9,4			12,5		
		8,8	9,10	0,30	12,1	12,30	0,20

mercerisiertes Baumwollgewebe

Färbung [%]	K/S _{gew.}	Crockmeter 10x			Crockmeter 20x		
		dE RE	Ø	± Fehler	dE RE	Ø	± Fehler
1	40	4,3			5,7		
		4,3	4,30	0,00	5,2	5,45	0,25
2	70	6,0			7,3		
		5,9	5,95	0,05	7,9	7,60	0,30
4	102	7,0			9,7		
		6,6	6,80	0,20	9,8	9,75	0,05
6	126	8,0			11,3		
		8,4	8,20	0,20	11,7	11,50	0,20
8	136	8,5			11,9		
		8,4	8,45	0,05	11,6	11,75	0,15
10	145	9,2			12,4		
		8,9	9,05	0,15	12,1	12,25	0,15

Tab. 23: Reibechtheiten mit dem Ruf-Reibgerät (25 und 50 Reibbewegungen) von Rot 2a; 1,2,4,6,8,10%ige Ausziehfarbung auf normalem und mercerisiertem Baumwollgewebe

normales Baumwollgewebe

Färbung [%]	K/S _{gew.}	Ruf 25x			Ruf 50x		
		dE RE	Ø	± Fehler	dE RE	Ø	± Fehler
1	28	4,6			7,1		
		4,3	4,45	0,15	6,8	6,95	0,15
2	47	6,4			9,7		
		6,5	6,45	0,05	9,6	9,65	0,05
4	73	8,9			12,9		
		8,7	8,80	0,10	12,5	12,70	0,20
6	89	10,2			15,4		
		10,4	10,30	0,10	14,3	14,85	0,55
8	99	11,0			16,7		
		10,9	10,95	0,05	16,0	16,35	0,35
10	108	11,8			16,8		
		11,6	11,70	0,10	16,0	16,40	0,40

mercerisiertes Baumwollgewebe

Färbung [%]	K/S _{gew.}	Ruf 25x			Ruf 50x		
		dE RE	Ø	± Fehler	dE RE	Ø	± Fehler
1	40	6,1			9,6		
		5,8	5,95	0,15	8,9	9,25	0,35
2	70	9,5			14,4		
		9,3	9,40	0,10	13,9	14,15	0,25
4	102	11,8			18,2		
		11,2	11,50	0,30	17,5	17,85	0,35
6	126	13,5			18,8		
		12,7	13,10	0,40	17,9	18,35	0,45
8	136	14,7			20,9		
		14,5	14,60	0,10	19,9	20,40	0,50
10	145	16,4			21,9		
		15,6	16,00	0,40	22,4	22,15	0,25

Werden die in *Tab. 22* und in *Tab. 23* enthaltenen \pm -Fehlerwerte in einem Diagramm entsprechend ihrer Häufigkeit aufgetragen, erhält man folgenden Überblick über die Fehlerverteilung:

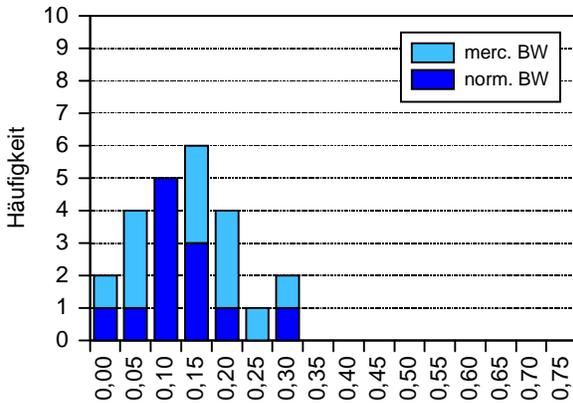


Abb. 52: \pm -Fehlerverteilung beim Crockmeter von Rot 2a

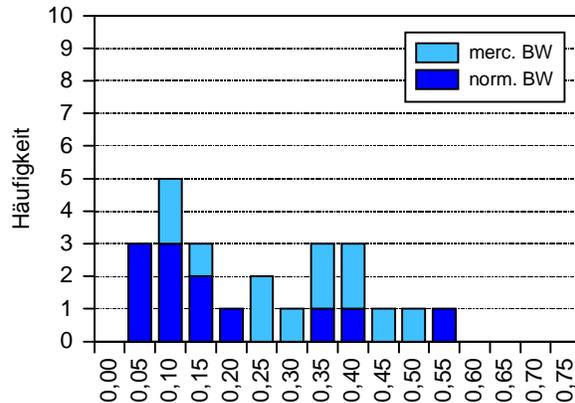


Abb. 53: \pm -Fehlerverteilung beim Ruf-Reibgerät von Rot 2a

Bei Farbstoff Rot 2a zeigt sich das Bild einer engen Fehlerverteilung beim Crockmeter von ± 0 bis $\pm 0,3$ mit einer Häufung um $\pm 0,15$. Beim Ruf-Reibgerät dagegen ergibt sich eine Spanne von $\pm 0,05$ bis $\pm 0,55$ mit einer breiteren Wertebasis. Es zeigt sich ein ähnliches Bild wie beim Vergleich der Werte von Farbstoff Rot 3a, wohingegen die Crockmeterwerte hier ungewöhnlich gut sind.

Färbungen mit Rot 3a

Tab. 24: Reibechtheiten mit dem Crockmeter (10 und 20 Reibbewegungen) von Rot 3a; 1,2,4,6,8,10%ige Ausziehfärbung auf normalem und mercerisiertem Baumwollgewebe

normales Baumwollgewebe

Färbung [%]	K/S _{gew.}	Crockmeter 10x			Crockmeter 20x		
		dE RE	Ø	± Fehler	dE RE	Ø	± Fehler
1	59	6,2			8,9		
		6,9	6,55	0,35	9,3	9,10	0,20
2	103	9,3			13,6		
		9,4	9,35	0,05	14,1	13,85	0,25
4	142	12,6			16,5		
		12,2	12,40	0,20	18,0	17,25	0,75
6	159	15,2			20,0		
		15,5	15,35	0,15	21,1	20,55	0,55
8	170	14,6			20,5		
		16,0	15,30	0,70	21,1	20,80	0,30
10	174	17,6			22,5		
		17,4	17,50	0,10	23,2	22,85	0,35

mercerisiertes Baumwollgewebe

Färbung [%]	K/S _{gew.}	Crockmeter 10x			Crockmeter 20x		
		dE RE	Ø	± Fehler	dE RE	Ø	± Fehler
1	81	6,0			9,9		
		6,0	6,00	0,00	9,6	9,75	0,15
2	131	7,9			11,8		
		8,1	8,00	0,10	11,1	11,45	0,35
4	164	11,2			16,3		
		10,4	10,80	0,40	15,3	15,80	0,50
6	206	10,9			17,1		
		12,1	11,50	0,60	16,9	17,00	0,10
8	216	12,6			17,9		
		13,2	12,90	0,30	16,7	17,30	0,60
10	214	13,8			17,9		
		12,4	13,10	0,70	17,7	17,80	0,10

Tab. 25: Reibechtheiten mit dem Ruf-Reibgerät (25 und 50 Reibbewegungen) von Rot 3a; 1,2,4,6,8,10%ige Ausziehfarbung auf normalem und mercerisiertem Baumwollgewebe

normales Baumwollgewebe

Färbung [%]	K/S _{gew.}	Ruf 25x			Ruf 50x		
		dE RE	Ø	± Fehler	dE RE	Ø	± Fehler
1	59	8,4			12,6		
		8,1	8,25	0,15	12,0	12,30	0,30
2	103	11,9			17,0		
		11,1	11,50	0,40	17,1	17,05	0,05
4	142	14,8			21,3		
		14,3	14,55	0,25	21,3	21,30	0,00
6	159	17,6			24,8		
		16,9	17,25	0,35	23,6	24,20	0,60
8	170	18,7			25,2		
		18,3	18,50	0,20	24,0	24,60	0,60
10	174	19,6			27,4		
		19,4	19,50	0,10	26,4	26,90	0,50

mercerisiertes Baumwollgewebe

Färbung [%]	K/S _{gew.}	Ruf 25x			Ruf 50x		
		dE RE	Ø	± Fehler	dE RE	Ø	± Fehler
1	81	10,0			15,8		
		10,1	10,05	0,05	15,4	15,60	0,20
2	131	13,2			21,2		
		13,3	13,25	0,05	20,4	20,80	0,40
4	164	19,0			25,6		
		18,2	18,60	0,40	25,9	25,75	0,15
6	206	19,8			27,8		
		19,5	19,65	0,15	27,2	27,50	0,30
8	216	20,9			29,1		
		20,8	20,85	0,05	29,2	29,15	0,05
10	214	21,8			30,1		
		21,7	21,75	0,05	29,2	29,65	0,45

In einem Diagramm aufgetragen, ergibt sich ein Überblick über die Fehlerverteilung:

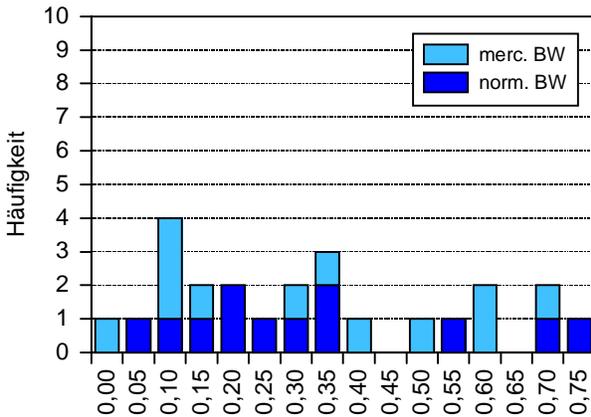


Abb. 54: \pm -Fehlerverteilung beim Crockmeter von Rot 3a

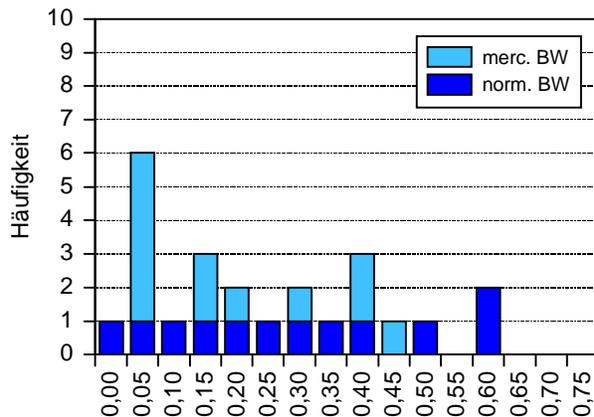


Abb. 55: \pm -Fehlerverteilung beim Ruf-Reibgerät von Rot 3a

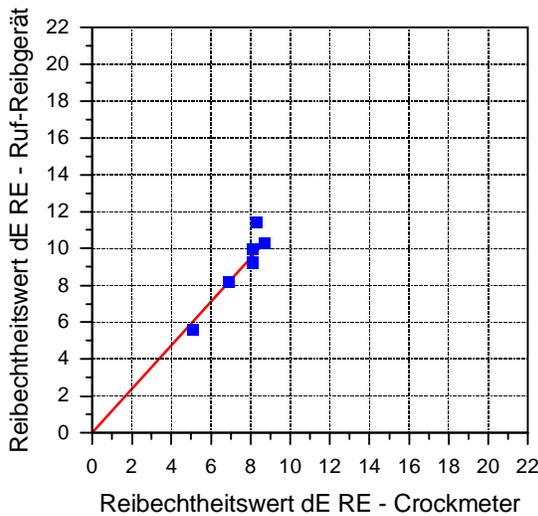
Ein Vergleich der Fehlerwerte für den Farbstoff Rot 3a ergibt für das Crockmeter eine Fehlerspanne von ± 0 bis $\pm 0,75$, wobei die Einzelwerte über einen weiten Bereich streuen. Auch bei den Fehlerwerten für das Rufgerät erhält man Werte von ± 0 bis $\pm 0,6$ mit weiter Streuung und einer Häufung bei $\pm 0,05$. Die Fehlerwerte des Crockmeters als auch des Ruf-Reibgeräts unterscheiden sich von den Fehlerverteilungen der anderen Farbstoffe durch die breite Streuung der Werte. Da an der Systematik der Messung nichts geändert wurde, muß diese Auffälligkeit an der neuen Kombination von Farbstoff, Substrat und Reibgewebe liegen.

Zusammenfassend läßt sich für alle betrachteten Färbungen (Schwarz und Rot) feststellen, daß sich anhand der \pm -Fehlerverteilungen weder das Crockmeter noch das Ruf-Reibgerät als besser bzw. schlechter für eine Ermittlung der Reibechtheitswerte erweist. Zu beachten ist dabei, daß sich die oben angeführten Reibechtheitswerte einerseits aus der mechanischen Prüfung mit dem jeweiligen Reibgerät sowie der anschließenden – auf die jeweiligen Prüfparameter (Farbfleckgröße und -tiefe) abgestimmten – fotometrischen Messung zusammensetzen. Erwartet hätte man ein leicht schlechteres Abschneiden der Ergebnisse, welche mit dem Crockmeter ermittelt werden, da die kleineren Farbflecke mit einer entsprechenden kleineren Meßgeräteblende etwas schwerer zu vermessen sind als die größeren Reibflecke des Ruf-Reibgerätes. Die aufgetretenen Streuungen der Reibwerte über alle durchgeführten Reibprüfungen sind also weniger auf die verwendeten Prüfmethode, als vielmehr auf die geprüften gefärbten Baumwollgewebe zurückzuführen. Beide Prüfmethode können daher als gleichwertig zur Reibechtheitsermittlung erachtet werden. Auf die direkte Abhängigkeit und den Vergleich der Reibechtheitswerte vom Crockmeter mit denen des Ruf-Reibgerätes, wird im nächsten Kapitel eingegangen.

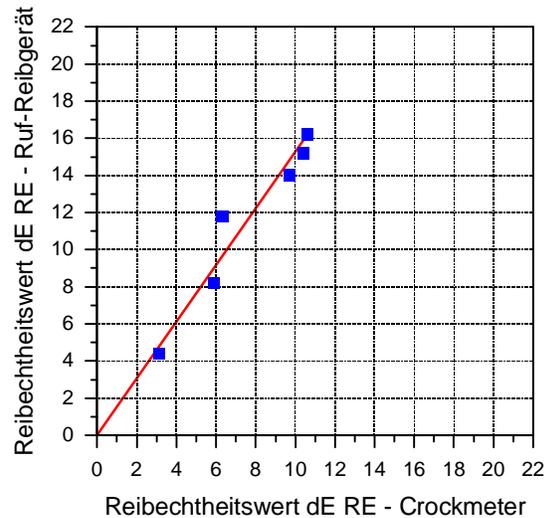
10.3.2 Reibechtheitswerte von Crockmeter und Ruf-Reibgerät

Nach BLUM [128] kann durch empirische Untersuchungen eine Abhängigkeit zwischen den Reibechtheiten des Crockmeters und des Ruf-Reibgerätes ermittelt werden. Um zu sehen, ob sich bei den in *Kap. 10.3* durchgeführten Reaktivfärbungen mit bifunktionellem Schwarz 2b und Rot 2a sowie trifunktionellem Rot 3a auf normalem und mercerisiertem Gewebe auch lineare Abhängigkeiten zwischen Crockmeter und Ruf-Reibgerät ergeben, trägt man die erhaltenen Reibechtheitswerte von Crockmeter (10x Reiben) und Ruf-Reibgerät (25x Reiben) gegeneinander auf (*Abb. 56*). Durch die Meßpunkte lassen sich nun Ursprungsausgleichsgeraden legen. Die entsprechenden Steigungen der Geraden sind in *Tab. 26* aufgeführt.

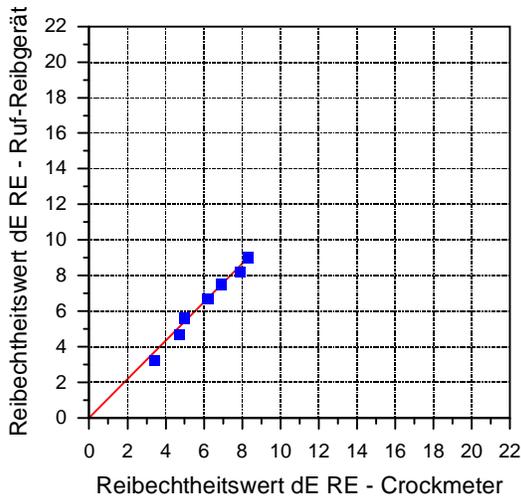
Schwarz 2b-a auf normalem Baumwollgewebe



Schwarz 2b-a auf merc. Baumwollgewebe



Schwarz 2b-b auf normalem Baumwollgewebe



Schwarz 2b-b auf merc. Baumwollgewebe

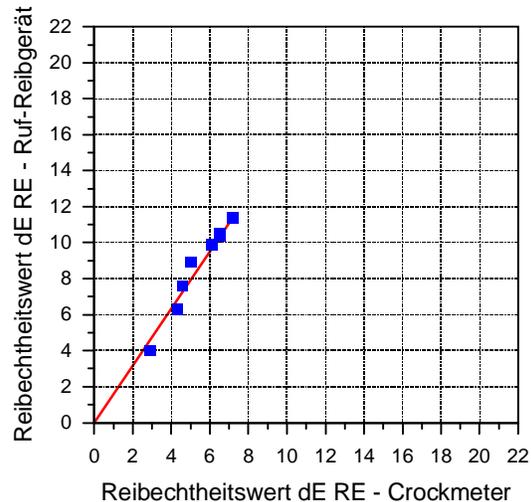


Abb. 56-a: Auftragung der Reibechtheitswerte von Ruf-Reibgerät und Crockmeter zur Veranschaulichung der linearen Abhängigkeit (s. *Tab. 18 - 21*)

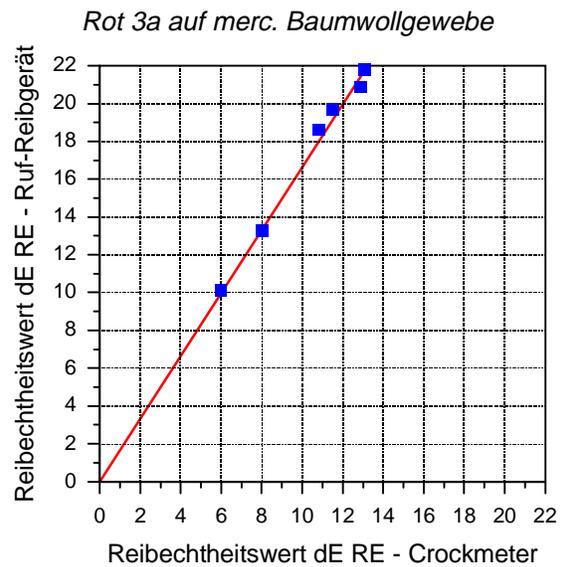
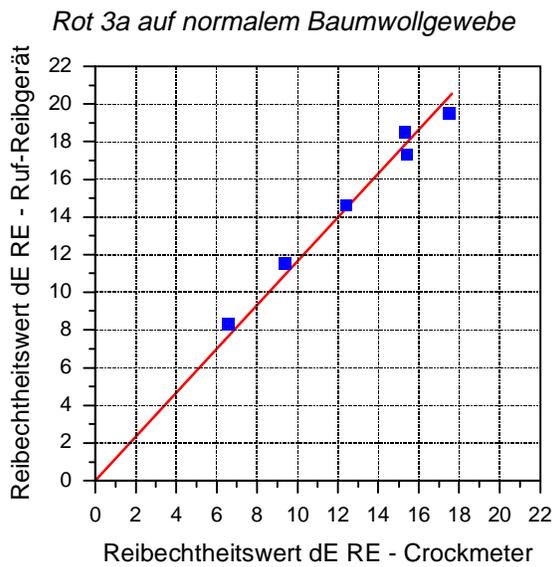
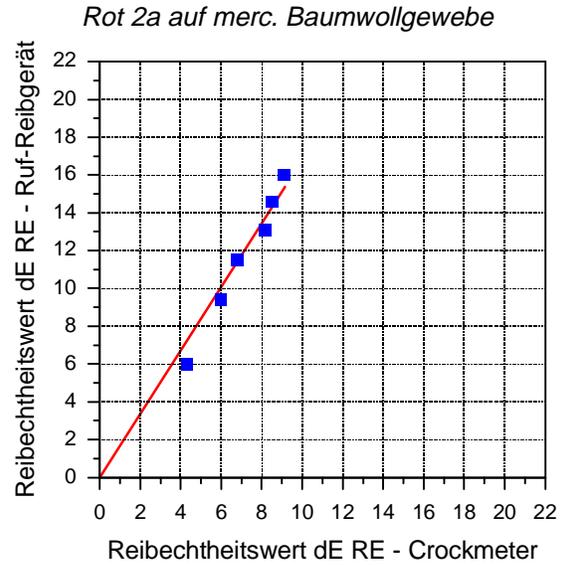
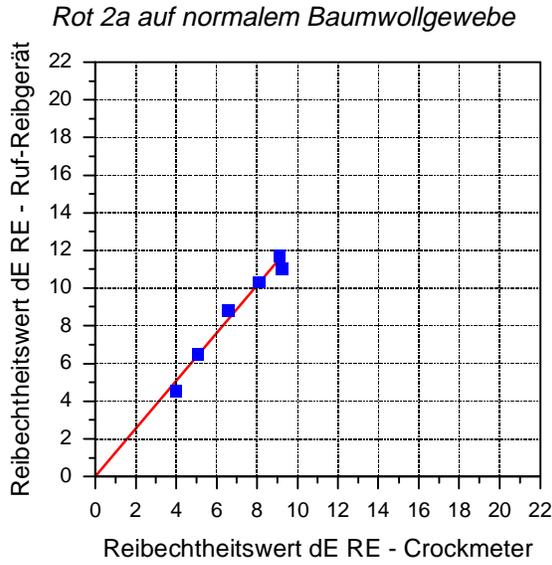


Abb. 56-b: Auftragung der Reibechtheitswerte von Ruf-Reibgerät und Crockmeter zur Veranschaulichung der linearen Abhängigkeit (s. Tab. 22 - 25)

Tab. 26: Steigungen der Ausgleichsgeraden von Schwarz 2b-a und Schwarz 2b-b, Rot 2a und Rot 3a, jeweils normales und mercerisiertes Baumwollgewebe, bei einer Auftragung der Reibechtheitswerte des Crockmeters (10x Reiben) gegen die des Ruf-Reibgerätes (25x Reiben)

	normales Gewebe	mercerisiertes Gewebe
Schwarz 2b-a	1,2	1,5
Schwarz 2b-b	1,1	1,6
Rot 2a	1,3	1,7
Rot 3a	1,2	1,7
Steigungsverhältnis		0,74

Es kann festgestellt werden, daß die Verteilung der Einzelmeßpunkte um die Ausgleichsgeraden herum in allen Diagrammen von *Abb. 56* sehr eng ist, also eine gute lineare Abhängigkeit der Reibechtheitswerte von Crockmeter und Ruf-Reibgerät besteht. Beim Vergleich der Werte von *Tab. 26* ergeben sich für normales Gewebe – unabhängig vom gewählten Reaktivfarbstoff – Steigungen von 1,1 bis 1,3. Bei mercerisiertem Gewebe liegen diese Werte – ebenfalls vom Farbstoff unabhängig – mit 1,5 bis 1,7 deutlich höher. Es sind also zwei Befunde zu erklären: die Differenzen der Steigungen zwischen normalem und mercerisiertem Gewebe (Punkt 1) sowie die jeweilige Unabhängigkeit vom Reaktivfarbstoff (besonders Art und Anzahl der Reaktivanker) (Punkt 2). In beiden Fällen muß die Ursache in den Bedingungen beim Reibvorgang zu finden sein.

Punkt 1: Bei der Auftragung der Werte des Ruf-Reibgerätes gegen die Reibechtheiten des Crockmeters bedeutet eine Steigung der Ausgleichsgeraden größer als 1, daß die Ruf-Reibechtheiten etwas schlechter sind. Dies resultiert aus der einfachen Erklärung, daß die 10 Reibvorgänge des Crockmeters mit den 25 Reibvorgängen des Ruf-Reibgerätes verglichen werden. Allein durch die erhöhte Anzahl an Reibvorgängen ergibt sich die leicht schlechtere Bewertung. Der Unterschied zwischen normalem und mercerisiertem Gewebe kommt durch die entsprechende Auftragung der Reibechtheiten des Ruf-Reibgerätes gegen die Reibechtheiten des Crockmeters zustande.

Punkt 2: Der Einfluß der Gewebe- bzw. Faserart ist stärker, als ein Einfluß durch die Färbung mit den unterschiedlich multifunktionellen Reaktivfarbstoffen und durch mögliche Vernetzungsreaktionen. Wäre der Einfluß von verschiedenen Farbstoffen auf die Reibechtheiten vorherrschend, wäre diese klare Differenzierung zwischen normalem und mercerisiertem Gewebe nicht zu treffen.

Deutlich zu sehen ist der Unterschied von normalem und mercerisiertem Gewebe (unabhängig von der Färbung) bei der Auftragung aller Werte in einem Diagramm (Abb. 57). Dieser Unterschied beider Gewebe bleibt auch bestehen, wenn 20x Reiben beim Crockmeter mit 50x Reiben beim Ruf-Reibgerät (Tab. 27, Abb. 58) und 20x Reiben beim Crockmeter mit 25x Reiben beim Ruf-Reibgerät (Tab. 28, Abb. 59) verglichen werden.

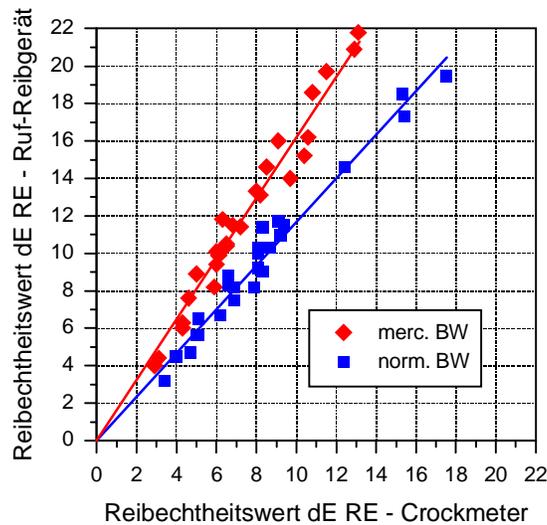


Abb. 57: Auftragung der Reibechtheiten des Ruf-Reibgerätes (25x Reiben) gegen die des Crockmeters (10x Reiben) von verschieden gefärbten (Schwarz 2b-a, Schwarz 2b-b, Rot 2a und Rot 3a) normalen und mercerisierten Gewebe (s. Tab. 18 - 25)

Tab. 27: Steigungen der Ausgleichsgeraden von Schwarz 2b-a und Schwarz 2b-b, Rot 2a und Rot 3a, jeweils normales und mercerisiertes Baumwollgewebe bei einer Auftragung der Reibechtheitswerte des Crockmeters (20x) gegen die Reibechtheiten des Ruf-Reibgerätes(50x)

	normales Gewebe	mercerisiertes Gewebe
Schwarz 2b-a	1,3	1,6
Schwarz 2b-b	1,1	1,6
Rot 2a	1,3	1,8
Rot 3a	1,2	1,7
Steigungsverhältnis		0,73

Tab. 28: Steigungen der Ausgleichsgeraden von Schwarz 2b-a und Schwarz 2b-b, Rot 2a und Rot 3a, jeweils normales und mercerisiertes Baumwollgewebe bei einer Auftragung der Reibechtheitswerte des Crockmeters(20x) gegen die Reibechtheiten des Ruf-Reibgerätes(25x)

	normales Gewebe	mercerisiertes Gewebe
Schwarz 2a-a	0,9	1,1
Schwarz 2a-b	0,8	1,1
Rot 2a	0,9	1,2
Rot 3a	0,9	1,2
Steigungsverhältnis	0,76	

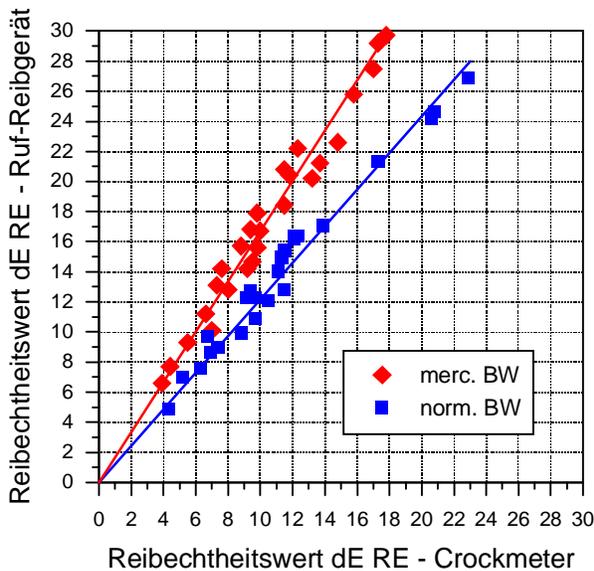


Abb. 58: Auftragung von dE RE Ruf-Reibgerät (50x Reiben) gegen dE RE Crockmeter (20x Reiben) von normalem und mercerisiertem gefärbtem Gewebe (s. Tab. 18 - 25)

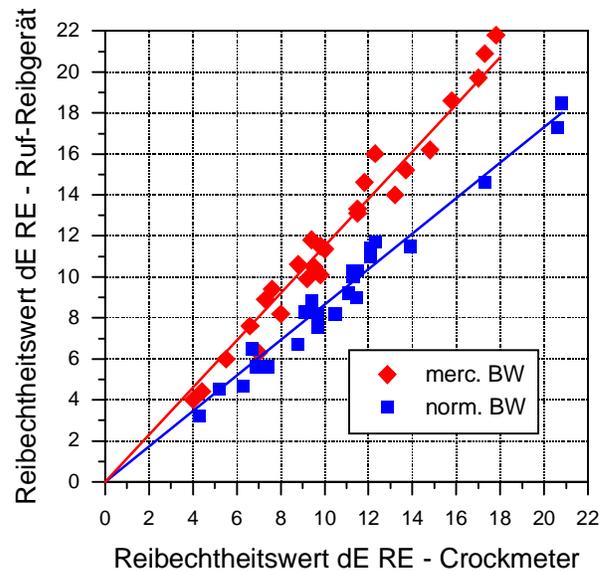


Abb. 59: Auftragung von dE RE Ruf-Reibgerät (25x Reiben) gegen dE RE Crockmeter (20x Reiben) von normalem und mercerisiertem gefärbtem Gewebe (s. Tab. 18 - 25)

Bei der Auftragung 20x Crockmeter/50x Ruf-Reibgerät findet man Steigungen (norm. BW: 1,1-1,3; merc. BW: 1,5-1,7) mit fast identisch hohen Werten, wie bei 10x Crockmeter/25x Ruf-Reibgerät (norm. BW: 1,1-1,3; merc. BW: 1,6-1,8). Das bedeutet, daß sich das Verhältnis der Steigungen von normalem und mercerisiertem Gewebe nicht ändert, wenn jeweils doppelt so oft gerieben wird. Ein weiterer Hinweis darauf, daß ein Unterschied der Reibvorgänge zwischen Crockmeter und Ruf-Reibgerät bestehen muß, erkennt man bei der Auftragung 20x Crockmeter/25x Ruf-Reibgerät.

Beim normalem Baumwollgewebe zeigt die Steigung von 0,8 bzw. 0,9 an, daß die mit dem Ruf-Reibgerät ermittelten Reibechtheitswerte geringfügig besser sind, als die mit dem Crockmeter ermittelten. Und dies trotz der Tatsache, daß beim Ruf-Reibgerät fünf Reibvorgänge zusätzlich ausgeführt wurden. Bei mercerisiertem Gewebe dagegen erhält man Steigungen von 1,1 bzw. 1,2; also wie erwartet höhere Reibechtheitswerte. In *Kap. 10.5* ist diese Auffälligkeit anhand der dort gemachten Untersuchungen erklärt.

10.4 Unterschiedliche Anzahl an Reibbewegungen

In einer Untersuchung sollte die Abhängigkeit der Reibechtheit von der Anzahl der Reibbewegungen ermittelt werden. Dies sollte zeigen, welchen Verlauf die Reibechtheitswerte bei Steigerung der Reibtouren beim Crockmeter (normalerweise nach DIN: 10 Hin- und Herbewegungen) nehmen, und ob sich bei einer hohen Zahl an Reibtouren ein starker Reibechtheitsunterschied ergibt.

Mit dem Crockmeter wurden die bifunktionellen Reaktivfarbstoffe Rot 2a (VS und MCT-Anker) und Schwarz 2b (2x VS-Anker) untersucht, wobei der rote Farbstoff auf jeweils einem normalen und einem mercerisierten Baumwollgewebe mit gleichen Farbtiefen gefärbt war. Der schwarze Farbstoff war nur auf dem mercerisierten Gewebe gefärbt, da auf normalem Gewebe kein ähnlich tiefer Farbton erzielt werden konnte. Es wurde mit feuchtem Reibgewebe eine unterschiedliche Anzahl an Reibbewegungen ausgeführt, wobei zwischen 1 und 200 Hin- und Herbewegungen variiert wurde (*Tab. 29*). Außerdem sind in der Tabelle die entsprechenden Farbtiefen ($K/S_{\text{gew.}}$) der gefärbten Gewebe angeführt.

Tab. 29: Reibechtheiten verschiedener Farbstoffe auf unterschiedlichen Geweben in Abhängigkeit von der Anzahl der durchgeführten Reibbewegungen (Crockmeter)

Anzahl der Reibvorgänge	Reibechtheit dE RE		
	Rot 2a norm. BW	Rot 2a merc. BW	Schwarz 2a merc. BW
1	6,8	3,9	2,4
5	15,8	10,0	5,3
10	20,7	14,5	7,2
20	26,5	19,7	10,0
50	36,4	27,2	14,5
100	42,0	33,5	19,8
200	44,8	37,6	24,6
Gewebefarbtiefe $K/S_{\text{gew.}}$	186	173	343

Betrachtet man die Reibechtheitswerte, so fällt auf, daß beim Farbstoff Rot 2a das normale und das mercerisierte Gewebe unterschiedliche Reibechtheiten ergeben; trotz fast gleicher Farbtiefen ($K/S_{\text{gew.}} = 186$ und 173) der beiden Gewebe. Dieser Unterschied ist wie in den vorangegangenen Kapiteln durch die unterschiedlichen Eigenschaften der Substrate zu begründen.

In *Abb. 60* sind die Reibechtheiten gegen die Anzahl der Reibtouren abgetragen.

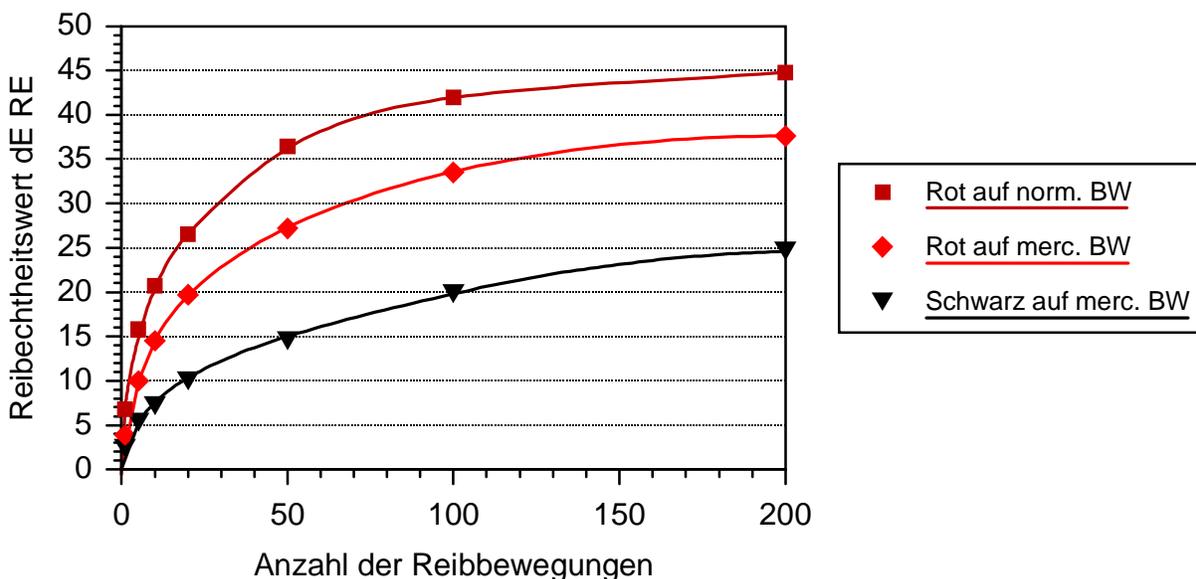


Abb. 60: Reibechtheiten in Abhängigkeit von der Anzahl der durchgeführten Reibbewegungen (s. *Tab. 29*)

Zunächst fällt auf, daß alle Ausgleichskurven der jeweiligen Reibechtheitswerte einen ähnlichen Verlauf zeigen. Bis zu 20 Reibvorgängen steigen die Reibechtheitswerte relativ stark an, während es bei noch mehr Reibvorgängen zu einer starken Abflachung der Kurven kommt. Dabei ist die jeweilige Zunahme der Reibechtheitswerte weitgehend unabhängig von Farbstoff und Gewebesubstrat, sondern maßgeblich durch die Anzahl der Reibbewegungen beeinflusst. Dies läßt sich anhand der unteren Abbildung (*Abb. 61*) zeigen, bei der die (normierte) Zunahme der Reibechtheiten gegen die Anzahl der Reibbewegungen für die verwendeten Farbstoffe und Substrate abgetragen ist.

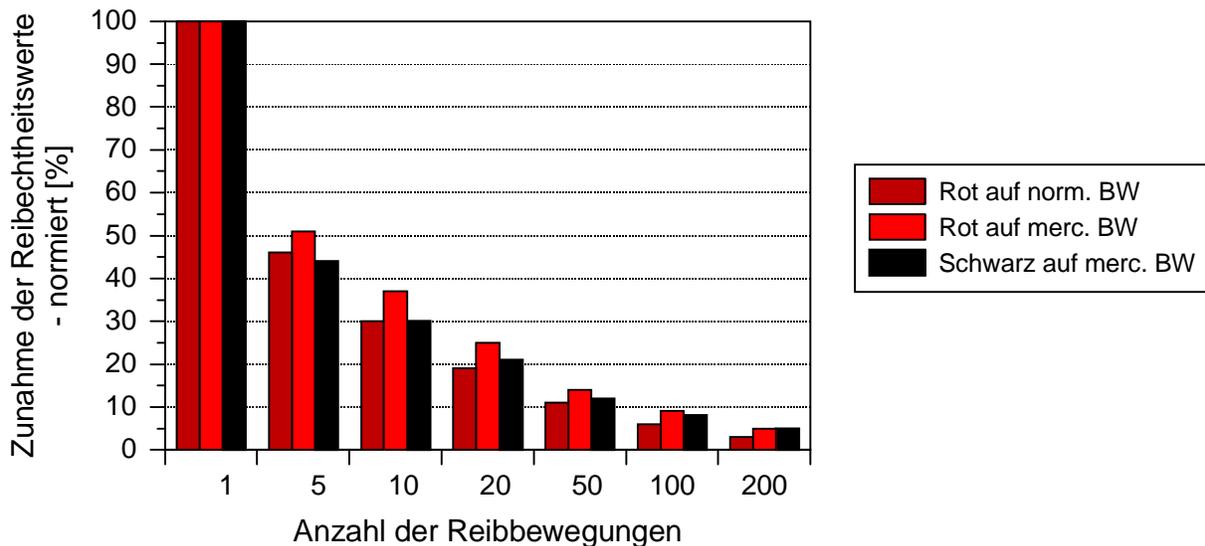


Abb. 61: Zunahme der Reibechtheitwerte (normiert) in Abhängigkeit von der Anzahl der Reibbewegungen

10.5 Unterschiedliche Anzahl an Reibbewegungen - Vergleich von Crockmeter und Ruf-Reibgerät

Führt man eine Reibechtheitsprüfung mit dem Crockmeter und dem Ruf-Reibgerät für eine unterschiedliche Anzahl an Reibbewegungen durch, so erhält man das in *Abb. 62* dargestellte Bild. Untersucht wurde dabei Schwarz 2b auf mercerisiertem Baumwollgewebe und Rot 2a auf normalem und mercerisiertem Gewebe. Beim Ruf-Reibgerät wurde ein Anpreßdruck von 0,5 bar verwendet.

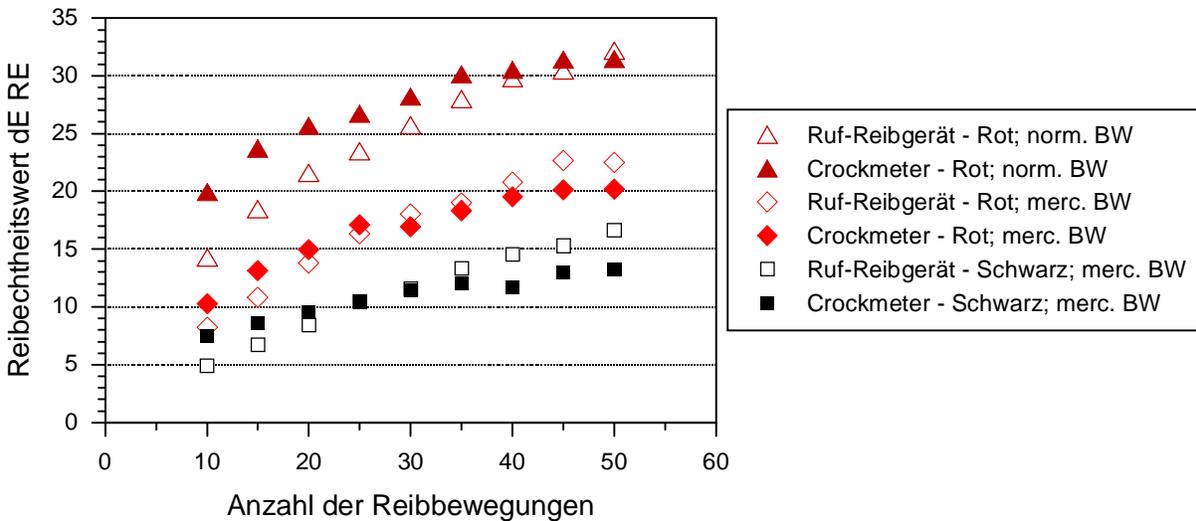


Abb. 62: Reibechtheiten in Abhängigkeit von der Anzahl der durchgeführten Reibbewegungen bei Crockmeter und Ruf-Reibgerät

Die aufgetragenen Einzelwerte der jeweiligen Reibprüfungen zeigen eine Zunahme der Reibechtheitswerte bei Erhöhung der Zahl der Reibbewegungen. Dabei nehmen die Werte, welche mit dem Ruf-Reibgerät gemessen wurden, stärker zu als die Crockmeter-Reibechtheiten. Daraus resultiert, daß sich die Werte an einer bestimmten Stelle schneiden. Bei dem mercerisierten Gewebe ist ein Schnittpunkt bei 25 bis 30 Reibbewegungen zu erkennen, bei normalem Baumwollgewebe liegt er zwischen 45 und 50 Reibbewegungen. Der Grund für diese Unterschiede könnte wiederum im unterschiedlichen Reibverhalten beider Geräte zu finden sein. So sind sowohl Reibstrecke, Reibgeschwindigkeit als auch Reibdruck unterschiedlich. Durch die Auftragung in der obigen Abbildung läßt sich nun auch der Befund aus *Kap. 10.3.2* erklären. Ein Vergleich der Reibechtheiten von Ruf-Reibgerät/Crockmeter von 25x/10x (*Abb. 57*) und 50x/20x (*Abb. 58*) lieferte bei einer graphischen Auftragung der Werte von normalem und mercerisiertem Gewebe jeweils eine positive Steigung >1 , die von den jeweils höheren Ruf-Reibechtheitswerten herrührt. Ein Vergleich von 20x/25x (*Abb. 59*) ergab für mercerisiertes Gewebe eine Steigung >1 und für normales Gewebe <1 . Für normales Gewebe zeigt *Abb. 62* bei 25 Reibtouren des Ruf-Reibgerätes deutlich geringere Reibechtheitswerte als für das Crockmeter. Daraus resultiert die Steigung <1 . Bei mercerisiertem Gewebe ergibt sich für 25 Reibtouren ein Bereich, bei denen sich Crockmeter- und Ruf-Reibechtheitswerte in *Abb. 62* schneiden, wobei letztere eher höher liegen und so die Steigung >1 erklären.

10.6 Unterschiedliche Anzahl an Reibbewegungen bei verschiedenen Gewebefarbtiefen

Um grundlegende Abhängigkeiten zwischen Reibechtheit, Anzahl der Reibbewegungen und Gewebefarbtiefen beim Crockmeter erkennen zu können, wurde normales und mercerisiertes Baumwollgewebe mit Schwarz 2b in unterschiedlichen Konzentrationen nach dem KKV-Verfahren gefärbt. Bei den gut ausgewaschenen gefärbten Gewebe wurden dann die Reibechtheiten gemessen. Diese wurden für eine unterschiedliche Anzahl an Reibbewegungen, entsprechend *Tab. 30* und *Tab. 31* erhalten. Neben 10maligem Reiben (entsprechend DIN) wurden noch 5, 20, 50, 100 und 200 Reibbewegungen ausgeführt. Durch Auftragen der Reibechtheitswerte gegen die Gewebefarbtiefen, jeweils getrennt für die entsprechende Anzahl an Reibbewegungen (*Abb. 63* und *Abb. 64*), erhält man einen guten Überblick über den Werteverlauf. Für eine bessere Vergleichbarkeit der Werte, wurde für die Skalierung beider Diagramme der selbe Maßstab gewählt.

Tab. 30: Farbtiefen und Reibechtheitswerte von normalem Baumwollgewebe (Reaktivschwarz 2b); unterschiedliche Anzahl an Reibbewegungen beim Crockmeter

K/S _{gew.}	Anzahl der durchgeführten Reibbewegungen					
	5x	10x	20x	50x	100x	200x
49	2,1	2,5	3,3	5,2	6,9	9,0
74	3,1	4,0	5,1	7,6	9,9	13,5
181	5,6	7,7	10,5	14,4	18,4	21,9
256	8,6	11,9	15,3	20,3	25,3	29,1

Tab. 31: Farbtiefen und Reibechtheitswerte von mercerisiertem Baumwollgewebe (Reaktivschwarz 2b); unterschiedliche Anzahl an Reibbewegungen beim Crockmeter

K/S _{gew.}	Anzahl der durchgeführten Reibbewegungen					
	5x	10x	20x	50x	100x	200x
76	1,7	2,1	3,3	4,8	5,8	9,7
106	2,1	2,9	3,9	6,2	10,4	13,1
286	4,4	5,7	8,3	13,1	17,6	21,9
382	6,1	8,5	11,0	16,1	23,4	26,6

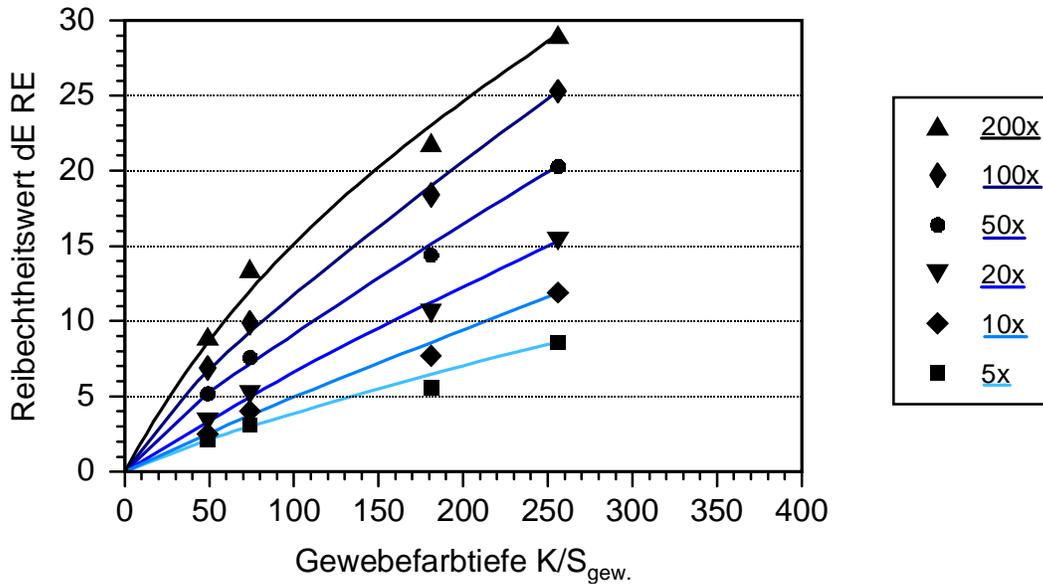


Abb. 63: Farbtiefen und Reibechtheitswerte von normalem Baumwollgewebe (Reaktivschwarz 2b) bei unterschiedlicher Anzahl an Reibbewegungen beim Crockmeter (s. Tab 30)

Wird durch die – jeweils einer definierten Anzahl von Reibbewegungen zugehörigen – Reibechtheitswerte eine Ausgleichsgerade gezogen, läßt sich eine annähernd perfekt lineare Abhängigkeit zwischen den Farbtiefen der geprüften Gewebe und deren Reibechtheiten erkennen. Diese Linearität ist besonders offensichtlich bei 5, 10 und 20 Reibbewegungen. Bei 50, 100 und 200 Reibbewegungen nähert sich die Ausgleichskurve eher einer Ausgleichskurve der Form $y=ax^2+bx$ an. Ähnliche Ergebnisse liefert die Untersuchung des mercerisierten Gewebes:

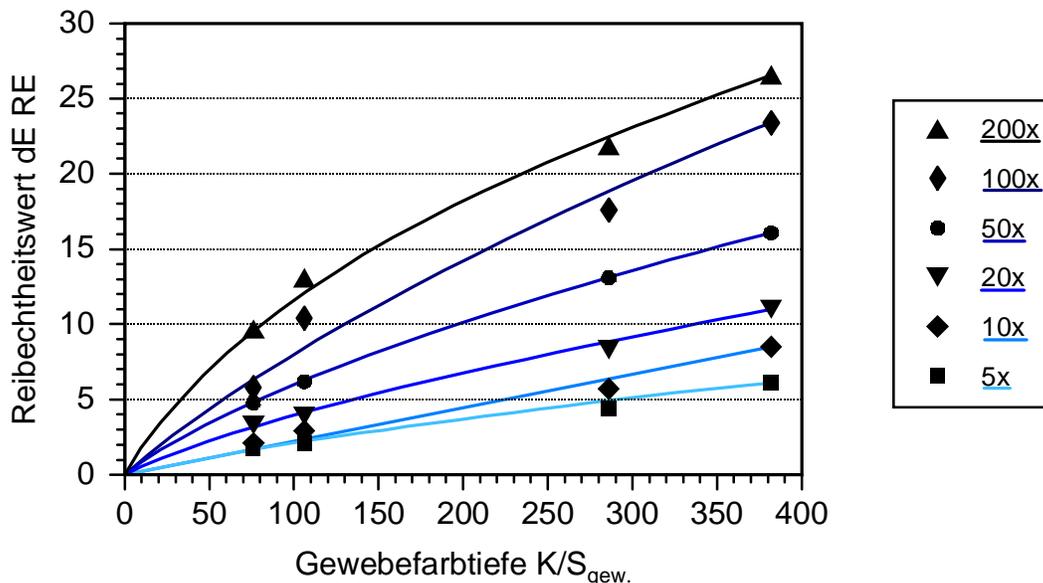


Abb. 64: Farbtiefen und Reibechtheitswerte von mercerisiertem Baumwollgewebe (Reaktivschwarz 2b) bei unterschiedlicher Anzahl an Reibbewegungen beim Crockmeter (s. Tab. 31)

Analog der beim normalen Gewebe gemachten Erkenntnis ist auch hier eine lineare Abhängigkeit von Reibechtheit und Gewebefarbtiefen bei 5, 10 und 20 Reibbewegungen sehr groß. Bei 50, 100 und 200 Reibbewegungen ist eine leicht Abweichung von der Linearität vorhanden. Die Werte werden hierbei wiederum eher über eine Ausgleichskurve 2ten Grades angenähert. Ein Vergleich von normalem und mercerisiertem Gewebe ergibt – besonders leicht aus den Diagrammen zu ersehen – die weit tiefere Anfärbbarkeit des mercerisierten Gewebes sowie die jeweils besseren Reibechtheitswerte bei entsprechend gleichen Gewebefarbtiefen.

Die in diesem Kapitel gefundene lineare Abhängigkeit zwischen Reibechtheit und untersuchter Gewebefarbtiefe führt zur Definition von Reibechtheitskennwerten, die einen Vergleich verschiedener Färbungen auf unterschiedlichen Substraten erleichtern sollen (vgl. *Kap. 10.7*).

10.7 Einführung von Reibechtheitskennwerten

In *Kap. 10.6* wurde eine Darstellung gewählt, bei der die Reibechtheitswerte gegen die jeweiligen Gewebefarbtiefen aufgetragen wurden. Für die entsprechende Anzahl an Crockmeter-Reibbewegungen ergeben sich Ausgleichskurven, die besonders bei 10- und 20-maligem Reiben eine hohe Linearität aufweisen. Solche Ausgleichskurven lassen sich für alle Farbstoffe und Gewebe erhalten, wenn auf dem betrachteten Gewebe mit dem Farbstoff eine "Konzentrationsreihe" gefärbt und die zugehörigen Reibechtheiten ermittelt werden (vgl. besonders auch *Kap. 13*). Über die Ermittlung der Ursprungsgeradengleichung lassen sich für alle Gewebefarbtiefen ($K/S_{\text{gew.}}$ -Werte) die zugehörigen Reibechtheitswerte annähernd genau berechnen. Führt man nun diese Berechnungen für bestimmte Gewebefarbtiefen von z.B. $K/S_{\text{gew.}}=100$ bzw. $K/S_{\text{gew.}}=200$ durch, lassen sich so Vergleichskennzahlen – in dieser Arbeit als Reibechtheitskennwerte (*RK*) bezeichnet – ermitteln. Eine Erweiterung der Bezeichnung kann darin bestehen, daß man die betrachtete Gewebefarbtiefe als Index anhängt. Beispielsweise "*RK*₂₀₀" bei einem Reibechtheitskennwert, welcher für eine Gewebefarbtiefe von $K/S_{\text{gew.}}=200$ gilt. Diese Kennzahlen können dann zur vereinheitlichten Differenzierung und zum Vergleich der Reibechtheiten bei unterschiedlichen Färbungen auf verschiedenen textilen Substraten herangezogen werden. Es muß darauf verwiesen werden, daß eine hohe lineare Abhängigkeit zwischen Reibechtheit und Gewebefarbtiefe meist immer bis zu einer Farbtiefe von $K/S_{\text{gew.}}=200$ gegeben ist. Sollen höhere Farbtiefen verglichen werden, kann aufgrund der Abweichung von dieser Linearität eine Regressionskurve 2ten Grades den Kurvenverlauf besser beschreiben. Für die in *Kap. 10.6* beschriebenen Färbungen ergeben sich somit folgende – linear berechneten – Reibechtheitskennwerte:

Tab. 32: Reibechtheitskennwerte von Schwarz 2b gefärbtem normalem und merc. Baumwollgewebe bei $K/S_{\text{gew.}}=200$; (10x Crockmeter)

	norm BW	merc. BW
Reibechtheitskennwert: RK_{200}	9,2	4,6

Die Reibechtheitskennwerte aus obiger Tabelle zeigen deutlich, daß das schwarzgefärbte mercerisierte Gewebe deutlich bessere Reibechtheiten aufweist ($RK_{200} = 4,6$) als das normale Baumwollgewebe mit einem RK_{200} von 9,2. Im Normalfall reicht die Angabe des Reibechtheitskennwertes von $K/S_{\text{gew.}}=200$ für viele Vergleiche aus. In einigen Fällen kann jedoch auch sehr leicht ein anderer Reibechtheitskennwert berechnet werden. Mit Angabe der Reibechtheitskennzahl läßt sich sehr gut die Reibechtheitscharakteristik eines Farbstoffs auf verschiedenen Gewebesubstraten angeben und vergleichen. Die Berechnung dieser Kennwerte erfolgt aus mehreren, über einen weiten Gewebefarbtiefenbereich ermittelten Reibechtheiten. Die Genauigkeit der Ergebnisse der verwendeten Regressionsgeraden richten sich daher nach der Güte und der Anzahl der durchgeführten Einzelreibechtheitswerten sowie der Gewebefärbungen.

11. Färbenachbehandlung durch Extraktion oder Nachwäsche

11.1 Grundversuch

Es wurde bereits auf die Bedeutung einer vollständigen und gründlichen Nachwäsche nach dem Färben hingewiesen. Da im Labormaßstab durchgeführte Reaktivfärbungen apparativ bedingt (keine optimale Waschflottendurchströmung des Gewebes) oftmals etwas schlechter ausgewaschen werden können, als es in der Praxis mit den dort vorhandenen hochmoderne Waschmaschinen möglich ist, kann nach der Wäsche immer noch etwas Resthydrolysat, also nicht vollständig ausgewaschener Farbstoff, auf der Faser zurückbleiben.

Um diesen Gesichtspunkt bei einer Färbung von Rot 2a auf normalem Baumwollgewebe nachzuprüfen, wurde eine Hälfte des gefärbten und unter Laborbedingungen gespülten Gewebes nochmals einer intensiven Nachwäsche unterzogen. Dazu wurde zunächst kochend geseift, dann mehrmals mit kochendem Wasser bei extrem langer Flotte (1:1000) behandelt und zum Schluß noch einmal kalt gespült. Zum Einsatz kam dabei ein Laborjigger, um sowohl das große Flottenverhältnis, als auch eine gute Gewebedurchdringung durch die Waschflotte realisieren zu können. Nach Trocknen des Gewebes bei Raumtemperatur und anschließender Konditionierung im Normklima, zusammen mit dem nicht gewaschenen Gewebe, wurden die Reibechtheiten – wieder in Abhängigkeit von der Anzahl der Reibbewegungen – bestimmt (*Tab. 33, Abb. 65*).

Tab. 33: Reibechtheiten bei Reaktivrot 2a vor und nach intensiver Nachwäsche abhängig von der Anzahl der Reibvorgänge

Anzahl der Reibvorgänge	Reibechtheit dE RE	
	vor Waschen	nach Waschen
1	6,8	7,2
5	15,8	13,6
10	20,7	18,6
20	26,5	23,4
50	36,4	30,6
100	42,0	37,1
200	44,8	41,0
Gewebefarbtiefe $K/S_{\text{gew.}}$	186	160

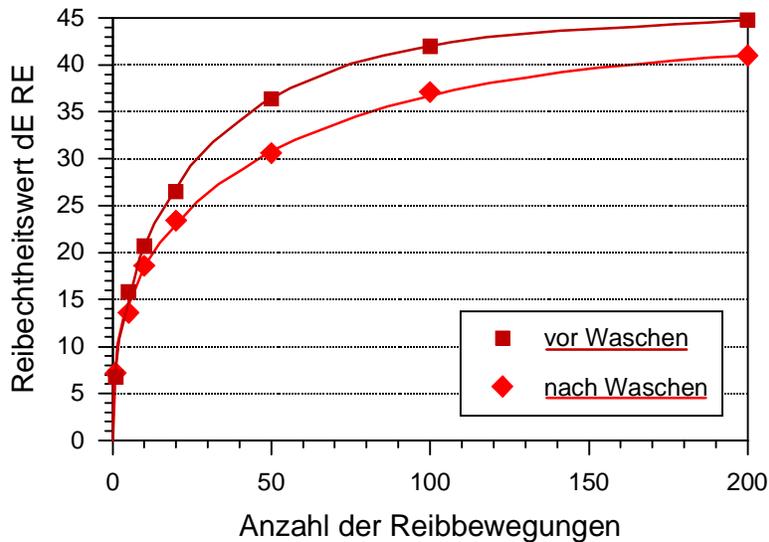


Abb. 65: Reibechtheitswerte bei Reaktivrot 2a vor und nach intensiver Nachwäsche abhängig von der Anzahl der Reibvorgänge (s. Tab. 33)

Eine Gegenüberstellung der Farbtiefen von intensiv gewaschenem und nur gespültem Gewebe ergibt eine leichte Aufhellung des gewaschenen Gewebes ($K/S_{\text{gew.}}=186$ bzw. 160), was jedoch bei visueller Abmusterung kaum auffällt.

Vergleicht man die beiden Kurvenverläufe in obiger Abbildung, erkennt man die besseren Reibechtheiten der intensiv gewaschenen Probe, wobei der Kurvenverlauf nahezu parallel zu der Kurve der nicht gewaschenen Probe verläuft.

Geht man davon aus, daß die Laborfärbung bereits nachgewaschen wurde, stellt sich nun die Frage, wie es trotzdem zu der Reibechtheitsverbesserung bei dem nochmals gewaschenen Gewebe kommen kann. Eine Erklärung wäre, daß aufgrund einer längeren Lagerung zum Teil Bindungsspaltung zwischen Farbstoff und Faser erfolgt und dieser durch das Waschen vor der Reibechtheitsprüfung entfernt wird. Aufgrund der relativ guten Stabilität der Farbstoff-Faser-Bindung unter „neutralen“ Bedingungen ist jedoch eine andere Erklärung wahrscheinlicher. Wie bereits oben erwähnt, ist bei Färbungen im Labormaßstab eine vollständige Nachwäsche etwas erschwert, da bei kleinen Gewebeproben eine Wäsche im Laborjigger nicht durchgeführt werden kann. Auch eine Verwendung von großen Bechergläsern (großes Waschflottenverhältnis) wird durch die dort eingeschränkte mechanische Flottenbewegung erschwert. Daraus resultieren zwei Feststellungen:

Es zeigt sich die Wichtigkeit einer vollständigen Entfernung von nicht fixiertem Farbstoff von der Faser durch intensive Nachwäsche. Für die Reibechtheitsuntersuchungen muß daher nach Möglichkeiten gesucht werden, Laborfärbungen – vergleichbar mit "Industriefärbungen" – ausreichend gut nachzuwaschen. Auch entsprechende Farbstoffsortimente mit guten Auswascheigenschaften können zu verbesserten Reibechtheitseigenschaften beitragen.

11.2 Färbenachbehandlung durch Extraktion mit DMF/Wasser

Die in *Kapitel 11.1* erhaltenen Erkenntnisse bezüglich dem Nachwaschen von Färbungen führten zu der Fragestellung, wie im Labormaßstab bei gefärbtem Gewebe ein als gut einzustufendes Auswaschen der Färbungen zu realisieren ist.

Durch Anwendung einer – in unserem Institut – gängigen Methode der Färbenachbehandlung mittels einmaliger Extraktion des gefärbten Gewebes mit Dimethylformamid / Wasser (1:1), konnte ein vollständiges Entfernen von überschüssigem Farbstoff gewährleistet werden. Dies wurde unter anderem dadurch verifiziert, daß nach einer ersten Extraktion, eine zweite angeschlossen wurde. In dem zweiten Extrakt ließ sich jedoch im UV/Vis-Spektrum kein weiterer abgelöster Farbstoff feststellen. Praktisch wird so vorgegangen, daß nach dem Färben, das Gewebe aus der Färbeflotte herausgenommen und zwischen zwei Zellstofflagen im Foulard abgepreßt wird. Die Extraktion mit DMF/Wasser erfolgt für 20 Stunden bei Raumtemperatur auf einem Schüttler. Durch diese Schüttelbewegung ist eine sehr gute Extraktionsflottenbewegung und somit gute Warendurchdringung gewährleistet.

Der folgende Versuch sollte zeigen, wie groß die Unterschiede zwischen ungewaschenem (nur abgequetschtem) und optimal d.h. sehr gut gewaschenem – also extrahiertem – Gewebe bezüglich Farbtiefen und vor allem Reibechtheiten sind. Zur Untersuchung kamen verschiedene Gewebe, welche alle mit Schwarz 2b gefärbt wurden. Die ausgewählten Gewebe waren ein normales Baumwollgewebe (*Tab. 34, Abb. 66*) und ein mercerisiertes Baumwollgewebe (*Tab. 35, Abb. 67*) sowie ein weiteres normales Baumwollgewebe (*Tab. 36, Abb. 68*) Modal- (*Tab. 37, Abb. 69*) und Lyocellgewebe (*Tab. 38, Abb. 70*). Beim Färben nach dem Ausziehverfahren wurden unterschiedliche Farbstoffkonzentrationen (1,2,4,6 und 8%) verwendet. Zum Vergleich wurde nach dem Färben das jeweilige Gewebe mit Zellstoff gepreßt, dann eine Hälfte abgezweigt und wie oben beschrieben extrahiert. Nach dem Trocknen wurde bei allen Geweben über Remissionsmessungen die Farbtiefen ermittelt. Außerdem wurde die Reibechtheit mit dem Crockmeter nach jeweils 10 und 20 Reibbewegungen bestimmt.

In den folgenden Tabellen und Diagrammen sind die Reibechtheitswerte und Farbtiefen von nicht extrahiertem und extrahiertem Gewebe gegenübergestellt. Dabei wurden für alle Abbildungen die jeweils gleichen Achsenskalierungen gewählt, um eine leichtere Vergleichbarkeit zu gewährleisten.

normales Baumwollgewebe

Tab. 34: Reibechtheiten und Farbtiefen von (extrahiertem und nicht extrahiertem) normalem Baumwollgewebe (Farbstoffkonzentration: 1, 2, 4, 6, 8% Reaktivschwarz 2b)

nicht extrahiert	$K/S_{gew.}$	58	100	158	219	238
	10x	5,3	7,5	12,5	16,7	23,5
	20x	7,1	9,7	16,1	21,8	27,7
extrahiert	$K/S_{gew.}$	58	99	156	198	192
	10x	3,7	5,3	7,0	9,0	9,2
	20x	4,8	6,9	9,6	14,5	12,1

Betrachtet man zunächst einmal die Farbtiefen von nicht extrahiertem und extrahiertem Gewebe, so sind die Unterschiede bei den drei ersten Farbstoffkonzentrationen (1, 2 und 4%) relativ gering. Dies bedeutet, daß bei den ersten drei Färbungen kaum nicht fixierter Farbstoff nach dem Färben auf dem Gewebe zurückgeblieben sein kann. Dies ändert sich, sobald ein erhöhtes Angebot an Farbstoff in der Flotte vorliegt. Bei 6%iger und besonders bei 8%iger Färbung fallen die großen Farbtiefenunterschiede von einmal $\Delta(K/S_{gew.}) = 21$ und einmal $\Delta(K/S_{gew.}) = 46$ auf. Die durch das Gewebe vorgegebene Fixierausbeute kann das Bad nicht voll erschöpfen. Restlicher, in der Färbeflotte vorhandener Farbstoff, kann sich so auf dem Gewebe absetzen. Durch das intensive Abpressen der Gewebe nach dem Färben zwischen Zellstoff wird zwar versucht, den abgelagerten, nicht fixierten Farbstoff zu entfernen, trotzdem gelingt dies nicht vollständig. Dies zeigt sich dadurch, daß eine Extraktion nötig ist, mit der eine nicht unbeträchtliche Menge an Farbstoff aus dem Gewebe noch entfernt werden kann.

Gleichzeitig mit der zunehmenden Farbtiefe der Gewebe steigt auch die durch Reibung ermittelte Farbdifferenz (dE_{RE}), wobei wie erwartet die nicht ausgewaschenen Gewebe eine deutlich schlechtere Reibechtheit aufweisen. In diesem Fall läßt sich die extreme Zunahme der Reibechtheitswerte eindeutig dem nicht ausgewaschenen Farbstoff zuordnen.

In der folgenden Abbildung sind die Reibechtheiten bei 10-maligem Reiben von nicht extrahiertem und extrahiertem Gewebe gegen die jeweiligen Gewebefarbtiefen aufgetragen. Auf eine entsprechende Auftragung der Werte bei 20-maligem Reiben wurde der Übersichtlichkeit halber im folgenden verzichtet.

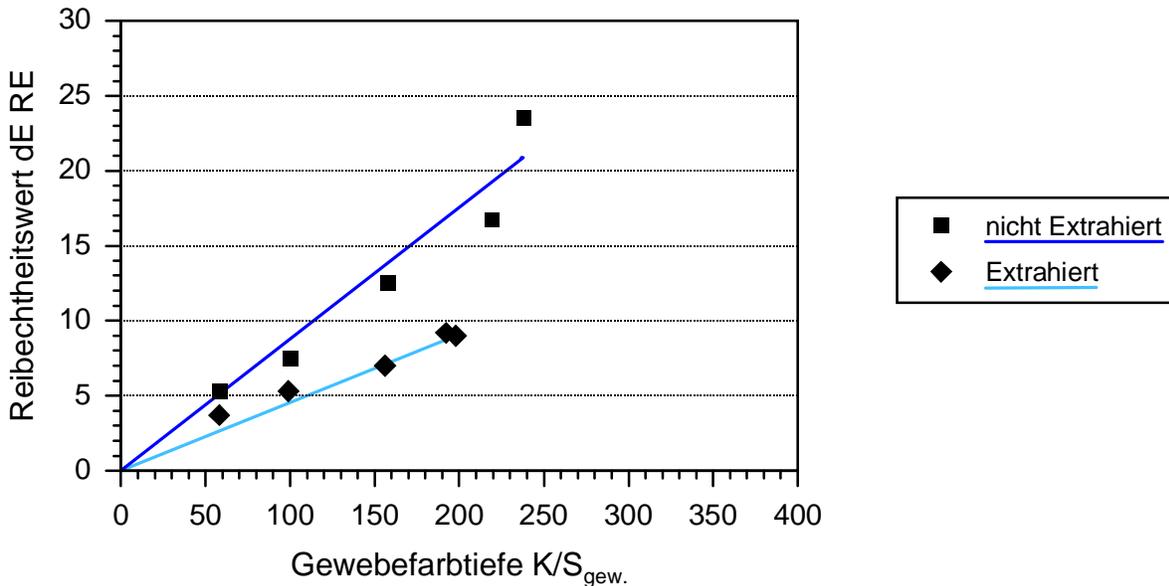


Abb. 66: Reibechtheiten und Farbtiefen von (extrahiertem und nicht extrahiertem) normalem Baumwollgewebe (Schwarz 2b); 10x Crockmeter (s. Tab. 34)

Die oben gewählte Auftragung (Reibechtheitswerte gegen die entsprechenden Gewebefarbtiefen) liefert auf einen Blick mehrere Informationen. Es läßt sich sowohl die jeweilige Gewebeaufhellung ersehen (bei Vergleich der Gewebefarbtiefen), die durch die Extraktion resultiert, als auch der zugehörige Verlauf der Reibechtheitswerte. Die oben gemachten Aussagen bezüglich der Unterschiede extrahiert / nicht extrahiert lassen sich so anschaulich verdeutlichen.

Zieht man durch die aufgetragenen Werte eine Ausgleichsgerade, so erhält man wiederum die erwartete Gerade, aus deren Steigung sich die zugehörigen Reibechtheitskennwerte berechnen lassen. Diese sind in Tab. 39 zusammengefaßt.

mercerisiertes Gewebe

Tab. 35: Reibechtheiten und Farbtiefen von (extrahiertem und nicht extrahiertem) mercerisiertem Baumwollgewebe (Farbstoffkonzentration: 1, 2, 4, 6, 8% Reaktivschwarz 2b)

nicht extrahiert	$K/S_{gew.}$	94	178	266	350	364
	10x	4,2	6,5	9,7	16,0	19,8
	20x	5,5	9,4	13,9	19,4	24,6
extrahiert	$K/S_{gew.}$	94	168	260	325	327
	10x	3,6	4,8	7,7	9,2	9,4
	20x	4,7	6,8	10,1	13,0	12,8

Ein Vergleich der Farbtiefen von normalem Baumwollgewebe (Tab. 34) und mercerisiertem Gewebe (s.o.) zeigt wieder die tiefere Anfärbbarkeit bzw. tiefere Farbwirkung von mercerisiertem Gewebe bei gleichen Farbstoffkonzentrationen. Die Farbvertiefung beträgt ungefähr das 1,6-1,7fache des normalen Gewebes.

Betrachtet man beim mercerisierten Gewebe die Farbtiefen von nicht extrahiertem und extrahiertem Gewebe, so sind die Unterschiede bei den drei ersten Farbstoffkonzentrationen (1, 2, 4%) relativ gering. Bei 6%iger und besonders bei 8%iger Färbung fallen die großen Farbtiefenunterschiede von einmal $\Delta(K/S_{gew.}) = 25$ und einmal $\Delta(K/S_{gew.}) = 37$ auf. Eine Erklärung kann analog wie bei normaler Baumwolle erfolgen. Dies bedeutet, daß bei den ersten drei Färbungen kaum nicht fixierter Farbstoff nach dem Färben auf dem Gewebe zurückgeblieben sein kann. Dies ändert sich, sobald ein erhöhtes Angebot an Farbstoff in der Flotte vorliegt. Dadurch kommt es zu einer Verschlechterung der Reibechtheitswerte.

In der Abbildung sind die Reibechtheiten bei 10maligem Reiben von nicht extrahiertem und extrahiertem Gewebe gegen die jeweiligen Gewebefarbtiefen aufgetragen.

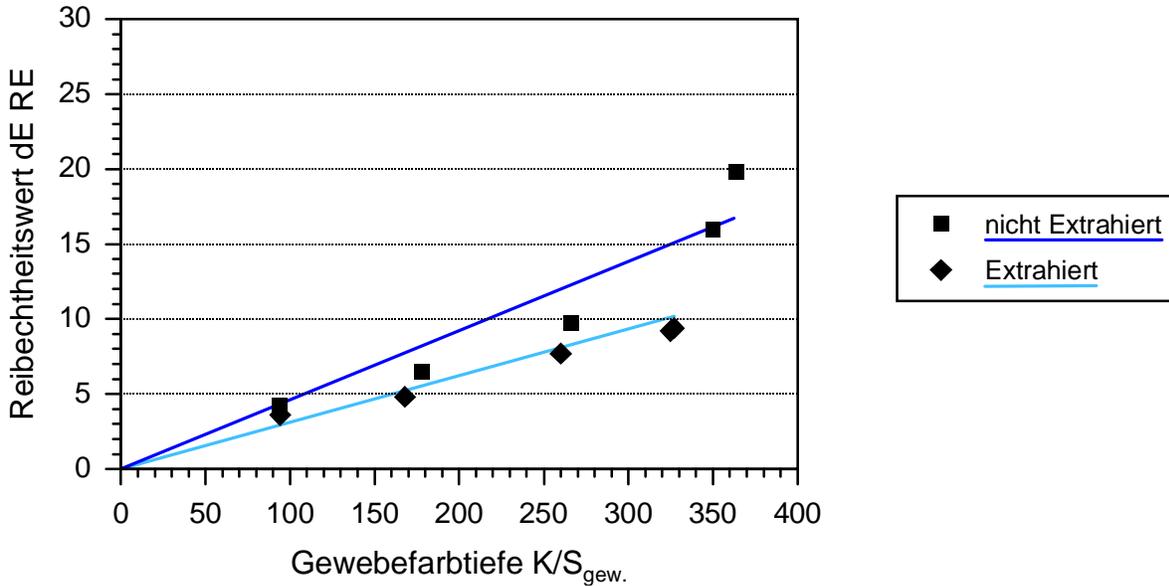


Abb. 67: Reibechtheiten und Farbtiefen von (extrahiertem und nicht extrahiertem) merc. Baumwollgewebe (Schwarz 2b); 10x Crockmeter (s. Tab 35)

Auch hier sei wieder auf die bereits für normale Baumwollgewebe gemachten Aussagen bezüglich Farbtiefenunterschied von extrahiertem und nicht extrahiertem Gewebe verwiesen. Im Vergleich zu normalem Baumwollgewebe zeigen sich trotz erhöhter Gewebefarbtiefen geringere Reibechtheitswerte. Dieser Befund wird bei der Diskussion der zugehörigen Reibechtheitskennwerte (Tab. 39) eingehend diskutiert.

normale Baumwolle (Baumwollgewebe 2)

Tab. 36: Reibechtheiten und Farbtiefen von (extrahiertem und nicht extrahiertem) normalem Baumwollgewebe (Farbstoffkonzentration: 1, 2, 4, 6, 8% Reaktivschwarz 2b)

<i>nicht extrahiert</i>	<i>K/S_{gew.}</i>	60	104	169	253	285
	<i>10x</i>	4,7	7,5	12,0	18,9	24,8
	<i>20x</i>	6,2	10,1	15,0	23,6	29,9

<i>extrahiert</i>	<i>K/S_{gew.}</i>	61	103	165	217	213
	<i>10x</i>	3,7	5,4	7,9	9,9	10,9
	<i>20x</i>	4,9	7,6	10,5	13,2	13,7

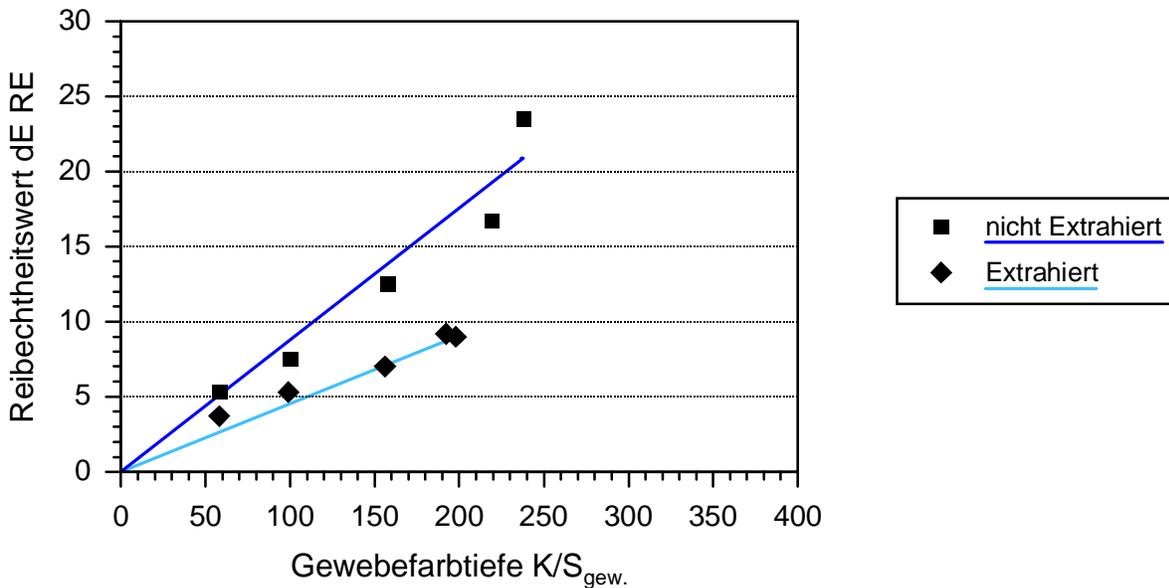


Abb. 68: Reibechtheiten und Farbtiefen von (extrahiertem und nicht extrahiertem) normalem Baumwollgewebe (Baumwollgewebe-2) (Schwarz 2b); 10x Crockmeter (s. Tab. 36)

Die Ergebnisse bei diesem nicht mercerisierten Baumwollgewebe sind analog denen, die mit dem normalen Gewebe in Tab. 34 und Abb. 66 erhalten wurden.

Modal

Tab. 37: Reibechtheiten und Farbtiefen von (extrahiertem und nicht extrahiertem) Modal (Farbstoffkonzentration: 1, 2, 4, 6, 8% Reaktivschwarz 2b)

Modal (Lenzing)

<i>nicht extrahiert</i>	<i>K/S_{gew.}</i>	93	177	262	343	369
	10x	4,3	6,5	8,6	10,4	14,9
	20x	4,9	8,0	11,3	13,7	18,0
<i>extrahiert</i>	<i>K/S_{gew.}</i>	97	180	275	354	373
	10x	3,9	3,7	4,6	5,9	5,4
	20x	3,7	4,6	5,5	7,7	7,2

Auch auf Modal lassen sich hohe Farbtiefen färben. Die Höchstwerte bei 8%iger Färbung liegen bei 369 (nicht extrahiert) und bei 373 (extrahiert). Es fällt auf, daß die Unterschiede der Farbtiefen extrahiert / nicht extrahiert äußerst gering sind. Dies bedeutet, daß hier fast der jeweils gesamte auf die Faser aufgezoogene Farbstoff auch fixiert wurde. Dies wiederum äußert sich in den relativ niederen Reibechtheitswerten.

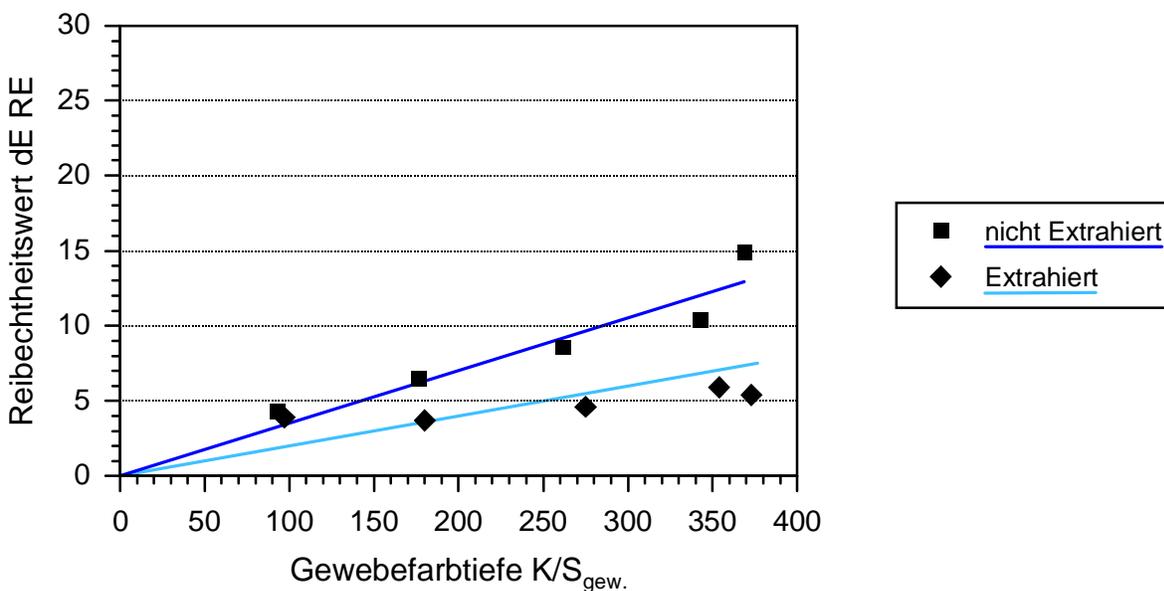


Abb. 69: Reibechtheiten und Farbtiefen von (extrahiertem und nicht extrahiertem) Modal (Reaktivschwarz 2b); 10x Crockmeter (s. Tab. 37)

Die Darstellung der Reibechtheitswerte in der obigen Abbildung zeigt deutlich die lineare Abhängigkeiten der Einzelwerte von den Gewebefarbtiefen. Auch hier soll wieder bei Besprechung der Kennwerte (Tab. 39) auf die ermittelten Reibechtheitskennwerte näher eingegangen werden.

Lyocell

Tab. 38: Reibechtheiten und Farbtiefen von (extrahiertem und nicht extrahiertem) Lyocell

nicht extrahiert	$K/S_{gew.}$	124	216	312	384	361
	10x	4,4	5,8	9,3	12,3	20,6
	20x	5,2	8,4	12,3	14,7	24,7
extrahiert	$K/S_{gew.}$	123	215	318	390	386
	10x	3,3	5,1	7,2	9,7	11,7
	20x	4,7	7,4	10,0	13,1	14,3

Auch beim Lyocellgewebe fällt die tiefe Anfärbbarkeit auf. Die Gewebefarbtiefen von 361 (nicht extrahiert) und 386 (extrahiert) haben wiederum sehr geringe Reibechtheitswerte zur Folge. Genauso wie bei Modal muß der andere morphologische Aufbau, d.h. die Stabilität der Fasern Ursache für diese guten Reibechtheiten sein. Ebenso wie bei Modal sind die Unterschiede der Reibechtheiten nicht extrahiert/extrahiert sehr gering.

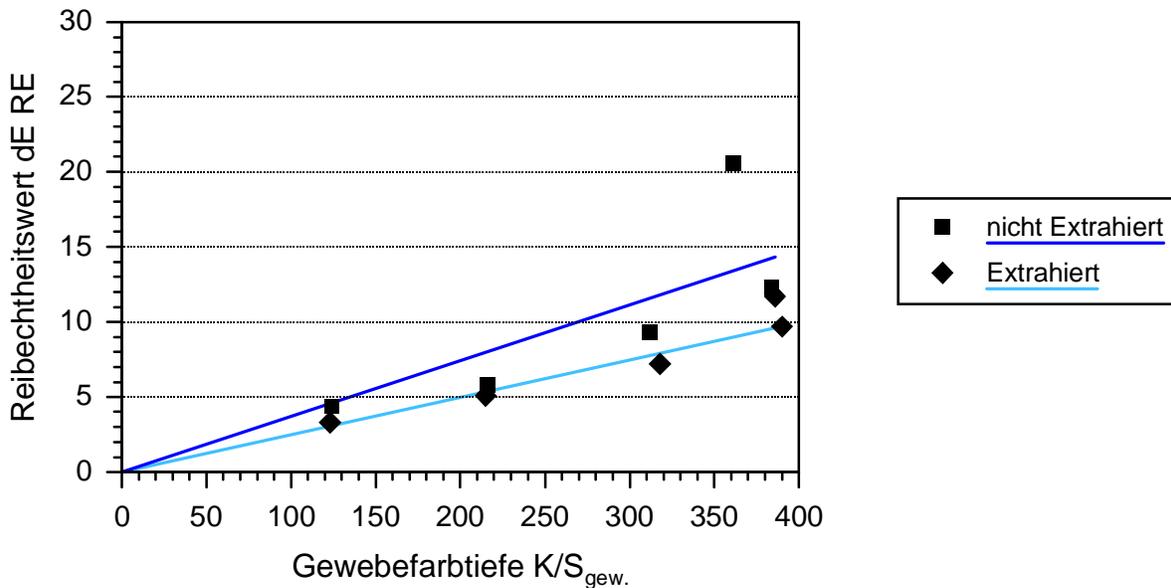


Abb. 70: Reibechtheiten und Farbtiefen von (extrahiertem und nicht extrahiertem) Lyocell (Reaktivschwarz 2b); 10x Crockmeter (s. Tab. 38)

Eine Besprechung der Kennwerte erfolgt bei Tab. 39.

Vergleich der Reibechtheitswerte mit der Echtheitsnotenskala

Um zu sehen, inwieweit eine Extraktion zur Verbesserung der Reibechtheitsbenotung beiträgt, wurde in das Diagramm mit den Werten für normale Baumwolle (vgl. Abb. 66) eine entsprechende (Graumaßstabs-)Echtheitsnotenskala mit aufgetragen (Abb. 71). Die Zuordnung der einzelnen Reibechtheitswerte zu den jeweiligen Noten erfolgt wie in Kap. 9.6.4 beschrieben.

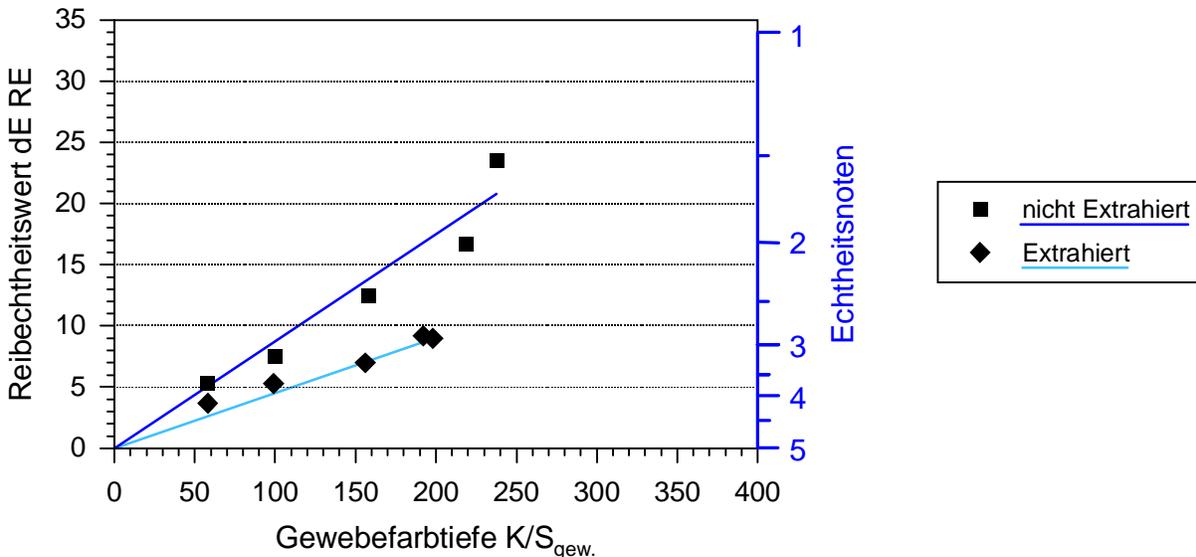


Abb. 71: Reibechtheiten und Farbtiefen von (nicht extrahiertem und extrahiertem) normalen Baumwollgewebe mit entsprechender Notenskala (s. Tab. 34)

Es läßt sich aus Abb. 71 ersehen, daß sich am Beispiel von normalem Baumwollgewebe eine gute Nachwäsche sehr stark auf die Benotung der Reibechtheit auswirkt. So läßt sich die, bei der tiefsten Färbung beobachtete Benotung von ca. 1,5 auf ca. 3 verbessern. Dies bedeutet eine Verbesserung von ca. 1,5 Echtheitsnoten. Mit abnehmender Farbstoffkonzentration werden die Unterschiede zwar geringer, jedoch interessieren ja gerade Färbungen im dunklen Nuancenbereich, was eigentlich erst ab einer Gewebefarbtiefe von ca. 150, entsprechend etwa ab 6%iger Farbstoffkonzentration, vorliegt.

Bei den anderen Geweben ist der Notenunterschied zwar nicht so groß, liegt jedoch bei mindestens einer halben Note und somit durchaus im beachtenswerten Bereich.

In *Tab. 39* sind die Reibechtheitskennzahlen der verschiedenen Gewebe aufgeführt. Enthalten sind jeweils die Kennzahlen des nicht extrahierten und des extrahierten Gewebes.

Tab. 39: Reibechtheitskennwerte von extrahierten / nicht extrahierten Geweben bei einer Gewebefarbtiefe von $K/S_{\text{gew.}}=200$; (10x Crockmeter)

Gewebe		RK ₂₀₀
normale BW	nicht extrahiert	17,2
	extrahiert	9,5
merc. BW	nicht extrahiert	8,3
	extrahiert	5,8
Baumwolle-2	nicht extrahiert	15,9
	extrahiert	9,8
Modal	nicht extrahiert	7,1
	extrahiert	3,4
Lyocell	nicht extrahiert	7,7
	extrahiert	5,2

Ein Vergleich der Reibechtheitskennwerte zeigt sehr deutlich die jeweilige Verbesserung der Reibechtheiten nach einer Extraktion. Der Einfluß einer Extraktion ist besonders bei normalem und Baumwolle-2 Gewebe zu erkennen, die beide sehr ähnliche Kennwerte aufweisen und große Unterschiede (Δ) zwischen extrahiert/nicht extrahiert zeigen (norm. BW Δ : 7,7; Baumwolle-2 Δ : 6,1).

Sowohl das mercerisierte Gewebe (Δ : 2,5), wie auch Modal (Δ : 3,7) und Lyocell (Δ : 2,5) weisen dagegen viel geringere Unterschiede zwischen extrahiert/nicht extrahiert auf. Dies liegt an den – gegenüber normaler Baumwolle – höheren Fixierausbeuten, die sich bei diesen Geweben realisieren lassen. Dadurch ist weniger Farbstoff in der Restflotte vorhanden, der sich auf dem Gewebe festsetzen kann und ausgewaschen werden muß.

Betrachtet man die Kennwerte der extrahierten d.h. gut ausgewaschenen Gewebe, so zeigen die normalen Baumwollgewebe wiederum die höchsten Werte mit 9,5 (norm. BW) und 9,8 (Baumwolle-2). Mercerisierte Baumwolle weist mit 5,8 einen erheblich besseren Reibechtheitskennwert auf, der von Lyocell (5,2) und vor allem Modal (3,4) noch unterschritten wird. Der Grund für diese verbesserten Reibechtheitswerte liegt in der anderen – besonders bei Modal und Lyocell – Fasermorphologie begründet. In *Kap. 13.1 ff.* wird auf diesen Gesichtspunkt der verschiedenen Fasermorphologien noch ausführlicher eingegangen.

11.3 Vergleich einer Extraktion mit DMF/Wasser und einer Nachwäsche mit Wasser

Nachdem die Extraktion mit DMF/Wasser (1:1) optimale Auswaschergebnisse liefert, jedoch die Entsorgung solch großer Lösungsmittelmengen ökologisch nicht sinnvoll ist, wurde nach anderen Möglichkeiten gesucht, gute Restfarbstoffentfernung zu realisieren. Im folgenden Versuch wurde daher die Extraktion mit DMF/Wasser (1:1) bei Raumtemperatur mit einer Extraktion von 80°C heißem Wasser verglichen.

Dazu wurden wieder Färbungen unterschiedlicher Farbstoffkonzentrationen hergestellt und nach Abpressen zwischen Zellstoff jeweils eine Hälfte der Gewebe mit DMF/Wasser (20 Stunden) und die andere Hälfte mit 80°C heißem Wasser (5 Minuten) unter Schütteln extrahiert. Durch dieses Schütteln konnte eine optimale Flottendurchströmung der Gewebe erzielt werden. Ein Vergleich der Effizienz beider Extraktionsmethoden erfolgte über die fotometrische Vermessung der Extrakte mit dem UV/Vis-Spektrometer und den damit berechneten Fixierausbeuten. Eine niedrigere Fixierausbeute zeigt in diesem Fall eine effizientere Extraktion an. Um den Extraktions- bzw. Auswascheffekt besonders bei Baumwollgeweben beurteilen zu können, wurde sowohl normales als auch mercerisiertes Baumwollgewebe untersucht.

Tab. 40: Berechnete Fixierausbeuten der entsprechenden Farbstoffkonzentrationen von Schwarz 2b auf normalem und mercerisiertem Baumwollgewebe bei Extraktion mit DMF/Wasser bei Raumtemperatur und Wasser bei 80°C

	normales Gewebe				mercerisiertes Gewebe			
	2%	4%	8%	10%	2%	4%	8%	10%
DMF/H₂O	80,1	69,8	50,1	43,2	88,1	81,6	71,0	44,7
H₂O 80°C	80,1	70,4	50,6	43,8	88,3	81,5	71,7	45,1

Ein Vergleich der aufgeführten Werte ergibt einen solch geringen Unterschied der Fixierausbeuten von mit DMF/Wasser und normalem Wasser extrahierten Gewebe, daß von einer Gleichwertigkeit der beiden Extraktionen ausgegangen werden kann und der Auswascheffekt bei beiden Verfahren als sehr gut einzustufen ist.

Dies bedeutet, daß ein Entfernen von Restfarbstoff bei 80°C mit Wasser – bei guter Flottenbewegung – ausreicht, um sämtlichen, nicht fixierten bzw. hydrolysierten Farbstoff von dem Gewebe auszuwaschen und zu entfernen.

12. Färbenachbehandlung durch kationische Verbindung

Wie bereits erwähnt (vgl. *Kap. 11*) kann es – abhängig vom Farbstoff – dazu kommen, daß sich auch bei gut ausgewaschenen Färbungen unter bestimmten Bedingungen während des Lagerns hydrolysiertes Farbstoff bildet, der eine Verschlechterung der Reibechtheitswerte verursachen kann.

Eine Überlegung war daher, wie solch hydrolysiertes Farbstoff nach der Wäsche auf der Faser gehalten werden kann. Dadurch sollte die von abgeriebenem Farbstoff hervorgerufene zusätzliche Reibechtheitsverschlechterung minimiert werden.

Es ist bekannt, daß sich Färbungen – besonders substantiver Art – hinsichtlich ihrer Waschechtheiten durch Behandlung mit kationischen Nachbehandlungsmitteln verbessern lassen. Als solche kationische Hilfsmittel kommen häufig quartäre Ammoniumverbindungen zum Einsatz. Die Wirkungsweise dieser Verbindungen beruht darauf, daß die Ionenpaar-Bildung zwischen kationischem Hilfsmittel und anionischem Farbstoff zu in Wasser unlöslichen bzw. schwerlöslichen Addukten führt.

12.1 Kationische Behandlung in unmittelbarem Anschluß an den Färbeprozess

Um den Einfluß einer kationischen Nachbehandlung zu untersuchen, wurde nach der Färbung (8% Schwarz 2b bei 60°C auf mercerisiertem Gewebe) das Gewebe zwischen Zellstoff trockengepreßt. Dann erfolgten die Behandlung mit der kationischen Verbindung ohne die Färbung anschließend zusätzlich mit Wasser nachzuwaschen. Die Reibechtheitswerte wurden mit dem Ruf-Reibgerät ermittelt. Der Einsatz des kationischen Hilfsmittels wurde innerhalb der vom Hersteller empfohlenen Angaben bezüglich Einsatzmenge und Temperatur durchgeführt. Um den Einfluß der Temperatur zu verifizieren, wurde mit den so hergestellten Behandlungslösungen bei 20°C und bei 40°C für 5 Minuten geschüttelt. Zum Vergleich wurde bei gleicher Flottenmenge nur mit Wasser der entsprechenden Temperatur geschüttelt. Um den Vergleich mit einem optimal ausgewaschenen Gewebe ziehen zu können, erfolgte auch noch eine Wäsche bei 80°C mit Wasser. Neben diesen Reibechtheiten sind auch noch die, nach dieser Prozedur ermittelten Gewebefarbtiefen in der folgenden Tabelle (*Tab. 41*) mit aufgeführt.

Tab. 41: Einfluß der kationischen Nachbehandlung bei verschiedenen Temperaturen auf die Reibechtheit – Vergleich zu entsprechenden Wasserbehandlung; Reibechtheitswerte mit dem Ruf-Reibgerät

	<i>Reibechtheit dE RE Gewebefarbtiefe K/S_{gew.}</i>	
	25x	50x
H ₂ O, 20°C	11,4	17,6
kat. Nachbeh. 3%, 20°C	12,4	17,9
H ₂ O, 40°C	11,4	17,4
kat. Nachbeh. 3%, 40°C	12,5	17,4
H ₂ O, 80°C	10,6	16,0

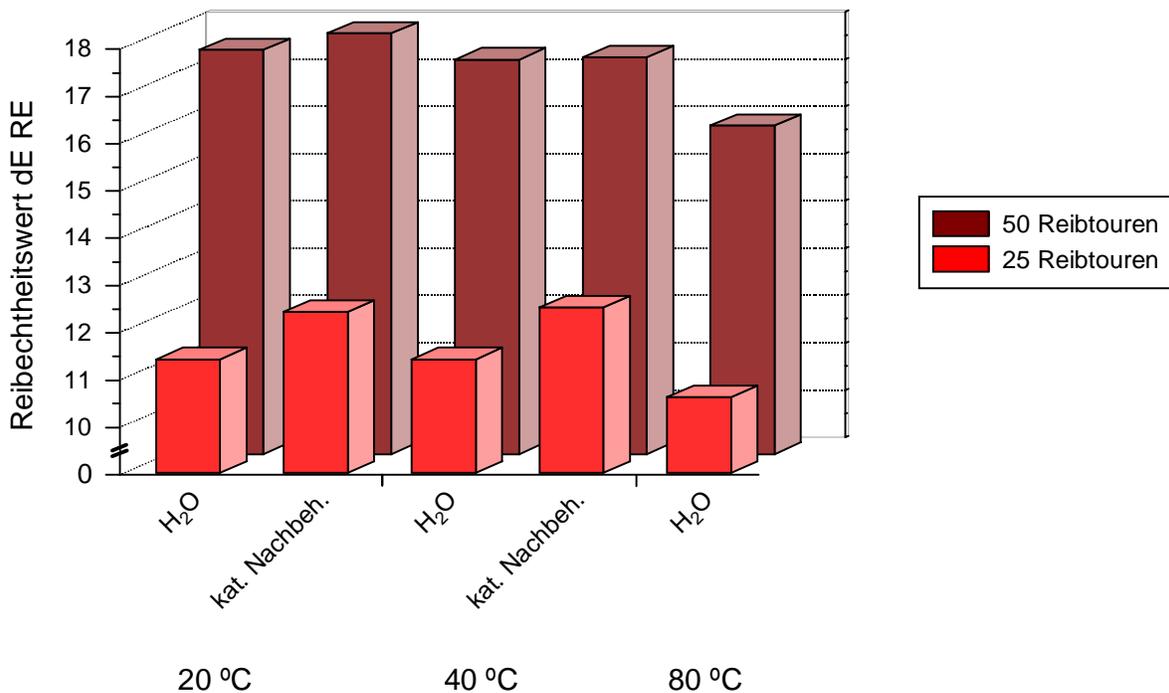


Abb. 72: Einfluß der kationischen Nachbehandlung auf die Reibechtheit (s. Tab. 41)

Betrachtet man zunächst die Farbtiefen der Gewebe, so schwanken diese nur gering im Bereich von 299 bis 309. Das bei 80°C gewaschene Gewebe weist eine Farbtiefe von 301 auf und sollte als "optimal ausgewaschenes" Gewebe zum Vergleich herangezogen werden. Die hierbei gemessenen Reibechtheitswerte von 10,6 (25x gerieben) und 16,0 (50x gerieben) sollen ebenfalls als Referenzwerte dienen.

Ein Vergleich der Reibechtheitswerte bei 20°C ergibt zwischen der Wasserbehandlung und der kationischer Nachbehandlung kleine Unterschiede (Differenz von 1,0 bei 25x und 0,3 bei 50x), wobei die jeweiligen Werte der kationischen Nachbehandlung etwas höher, also schlechter, sind.

Ähnlich sehen die Unterschiede bei 40°C aus. Auch hier ist die kationische Nachbehandlung etwas schlechter (Unterschied von 1,1 bei 25x und 0,0 bei 50x). Wenn auch geringe Differenzen zwischen den Behandlungen vorliegen, kann doch ein geringer – negativer – Einfluß der kationischen Nachbehandlung bei den entsprechenden Temperaturen gefunden werden. Eine Erklärung könnte sein, daß sich die größeren Farbstoff-Aggregate auf der Faseroberfläche ablagern und sich so beim Waschen dem Ablösen widersetzen, was durchaus dem erwarteten Effekt entspricht. Anscheinend werden diese Farbstoff-Aggregate beim anschließenden Reiben – ähnlich den Farbpigmenten einer Schwefelfärbung – leichter abgerieben bzw. wirken sich bei einer Schädigung der Fasern durch das Reiben in der Weise aus, daß die abgeriebenen, kleinen Faserfragmente dunkler angefärbt erscheinen. In allen Behandlungen – sowohl bei 20°C als auch bei 40°C – kann die „gute“ Reibechtheit von 80°C nicht erreicht werden. Der Hauptgrund liegt dabei in der Thermodynamik des Waschprozesses begründet, der bei erhöhter Temperatur wesentlich besser durchgeführt werden kann.

12.2 Kationische Behandlung bei gelagerten Färbungen

Um die Wirksamkeit einer kationischen Nachbehandlung bei Färbungen zu testen, die bereits längere Zeit klimatisiert gelagert wurden, erfolgte der Einsatz an verschieden gefärbten Geweben. Dabei kam das kationische Nachbehandlungsmittel unter praxisüblichen Bedingungen bei 40°C zum Einsatz. Für Vergleichszwecke erfolgte eine Blindbehandlung mit 40°C warmen Wasser.

Färbungen verschiedener Farbstoffe, Schwefel- und Reaktivfarbstoffe: Schwarz (S), Schwarz 2b, Rot 2a und Rot 3a wurden untersucht, wobei die Reibechtheiten mit dem Ruf-Reibgerät geprüft wurde. Außerdem wurden die jeweiligen Gewebefarbtiefen ($K/S_{\text{gew.}}$) nach den entsprechenden Behandlungen bestimmt (Tab. 42).

Tab. 42: Reibechtheiten (Ruf-Reibgerät) verschiedener Farbstoffe bei der Nachbehandlung mit Wasser und kationischem Hilfsmittel bei 40°C

	Reibechtheit dE RE				$K/S_{\text{gew.}}$ H ₂ O	$K/S_{\text{gew.}}$ kat.
	kat.		kat.			
	H ₂ O 25x	Nachbeh. 25x	H ₂ O 50x	Nachbeh. 50x	H ₂ O	Nachbeh.
Schwarz (S)	28,8	28,8	30,0	32,6	284	331
Schwarz 2b	9,6	10,9	14,2	15,6	340	353
Rot 2a	18,6	18,8	26,7	26,0	184	186
Rot 3a	14,6	14,8	22,6	22,2	167	167

Eine Betrachtung der Farbtiefen ergibt für Schwefelschwarz (S) eine deutliche Farbvertiefung nach der kationischen Behandlung, deren Ursache nicht ganz klar ist. Auch bei Reaktivschwarz 2b ergibt sich eine leichte Vertiefung der Farbe, wohingegen die beiden Rotfärbungen keinen Unterschied zeigen. In der unteren Abbildung sind die Reibechtheitswerte nochmals graphisch abgetragen.

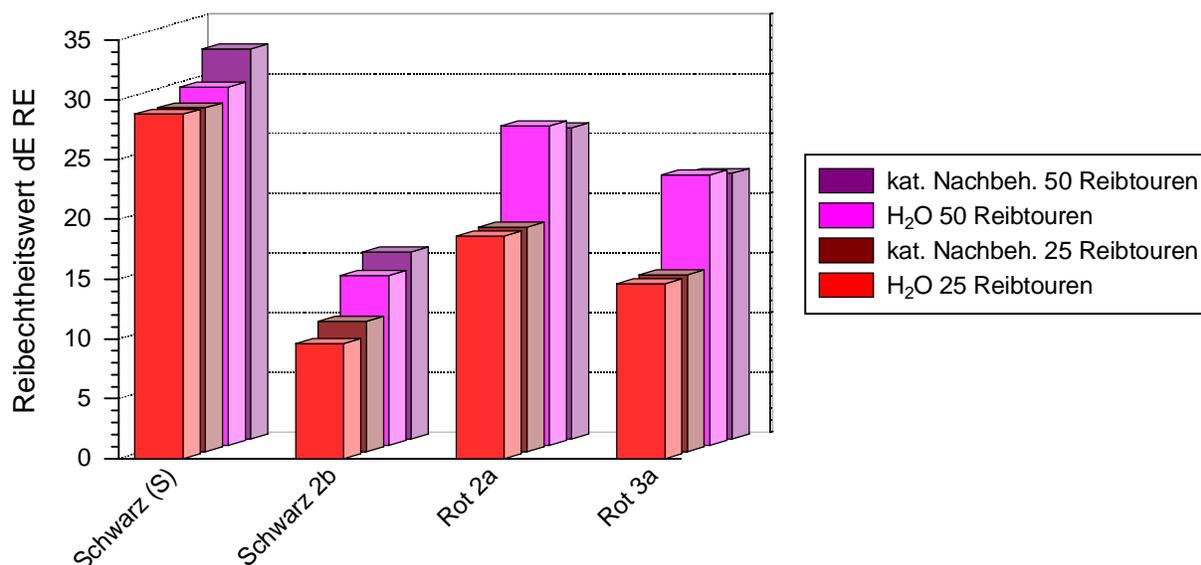


Abb. 73: Reibechtheiten verschiedener Farbstoffe bei der Nachbehandlung mit Wasser und kationischem Hilfsmittel bei 40°C (s. Tab. 42)

Ein Vergleich der Reibechtheitswerte nach Einsatz des kationischen Hilfsmittels mit den Blindwerten (40°C warmes Wasser) ergibt keine eindeutige Verbesserung oder Verschlechterung. Die Differenzen schwanken generell zwischen 0,0 bis 1,3 (25x) und 0,4 bis 2,6 (50x). Die bei Schwarz 2b und Schwarz (S) beobachtete Verschlechterung der Reibechtheitswerte kann auch von der jeweiligen Gewebefarbvertiefung herrühren. Zusammenfassen kann festgehalten werden, daß die durchgeführten Nachbehandlungen mit einem kationischen Hilfsmittel bei Reaktivfärbungen keine positiven Auswirkungen bezüglich der Reibechtheitswerte ausüben. Dieser Befund erstaunt nicht, da bei gut ausgewaschenen Reaktivfärbungen eine direkte Farbstoff-Faser-Bindung besteht und beim Reibvorgang gefärbte Gewebefragmente auf das Reibgewebe übergehen. Bei Schwefelschwarz (S) liegt keine Farbstoff-Faser-Bindung vor, so daß Farbstoffpigmentpartikel leichter von der Faser Oberfläche abgerieben werden können.

Zusammenfassend ergibt sich, daß eine kationische Nachbehandlung auf die oben angeführten Färbungen keinen Effekt bezüglich der Verbesserung der Reibechtheiten zeigt.

13. Färbungen auf unterschiedlichen Substraten

13.1 Färbungen von Schwarz 2b auf unterschiedlichen Substraten

Um die Abhängigkeit der Reibechtheit von reaktivgefärbten Cellulosefasergeweben von der Art der Cellulosefasern zu untersuchen, wurden verschiedene Substrate – normales und mercerisiertes Baumwollgewebe, Lyocell- und Modalgewebe – mit Schwarz 2b unterschiedlicher Konzentration (1, 2, 4, 8%) nach dem Ausziehverfahren gefärbt. Von diesen gefärbten Geweben wurden die jeweiligen Farbtiefen bestimmt und mit dem Crockmeter die Reibechtheiten ermittelt.

Zunächst sollen die ermittelten Farbtiefen der gefärbten Gewebe bei den entsprechenden Farbstoffkonzentrationen betrachtet werden. *Abb. 74* veranschaulicht die in *Tab. 43* aufgeführten Farbtiefen der Gewebe in Abhängigkeit von der eingesetzten Farbstoffkonzentration.

Tab. 43: Farbtiefen von Schwarz 2b-Färbungen auf verschiedenen Cellulosefasergeweben in Abhängigkeit von der eingesetzten Farbstoffkonzentration

<i>Farbstoff- konzentration [%]</i>	Gewebefarbtiefen (K/S_{gew.})			
	norm. BW	merc. BW	Lyocell	Modal
1	57	101	98	101
2	97	180	174	183
4	154	276	264	281
8	204	359	349	360

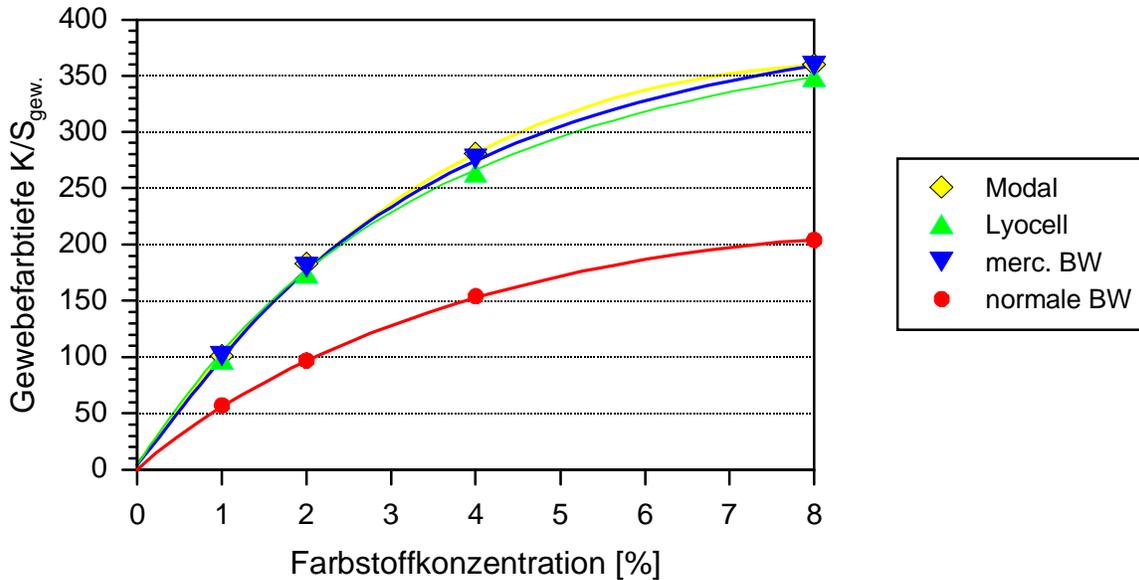


Abb. 74: Farbtiefen der unterschiedlichen Färbungen in Abhängigkeit von der eingesetzten Farbstoffkonzentration (s. *Tab. 43*)

Zu erkennen sind in *Abb. 74* die fast identischen Farbtiefen des mercerisierten Baumwoll-, des Lyocell- und des Modalgewebes bei den unterschiedlichen Farbstoffkonzentrationen. Für die 8%ige Färbung werden hierbei Farbtiefen von etwa $K/S_{\text{gew.}}=350$ erzielt. Eine wesentlich geringere Farbtiefe zeigt dagegen das normale Baumwollgewebe ($K/S_{\text{gew.}}=204$). Ursache sind die sehr hohen Fixierausbeuten auf Lyocell, Modal und merc. Baumwolle sowie die geringere diffuse Lichtstreuung im Vergleich zu normalem Baumwollgewebe.

Ob sich nun die fast identischen Farbtiefen von mercerisierter Baumwolle, Modal und Lyocell auch in ähnlichen Reibechtheiten äußern, soll folgende Tabelle (*Tab. 44*) zeigen. Darin aufgeführt sind die den Farbtiefen zugehörigen Reibechtheiten von Schwarz 2b auf normalem und mercerisiertem Baumwollgewebe, Lyocell und Modal.

Tab. 44: Reibechtheiten (Crockmeter) von Schwarz 2b gefärbten Geweben:
normale und mercerisierte Baumwolle, Lyocell und Modal

	Gewebefarbtiefe	Reibechtheit dE RE		
	K/S_{gew.}	10x	20x	100x
norm. BW	57	3,3	4,4	9,1
	97	4,6	7,1	12,6
	154	7,4	9,6	17,0
	204	9,2	12,1	19,2
merc. BW	101	2,5	3,1	7,1
	180	3,7	5,3	10,9
	276	5,4	7,4	15,2
	359	7,0	9,1	18,8
Lyocell	98	4,1	5,2	
	174	5,5	7,1	
	264	6,9	10,5	
	349	9,0	12,2	
Modal	101	2,0	3,0	
	183	3,4	4,2	
	281	4,2	5,6	
	360	4,3	7,1	

Diese Tabellenwerte sind in *Abb. 75* aufgetragen. Darin veranschaulicht sind die Reibechtheitswerte von normalem und mercerisiertem Baumwollgewebe, von Lyocell- und Modalgewebe gegen die jeweiligen Farbtiefen.

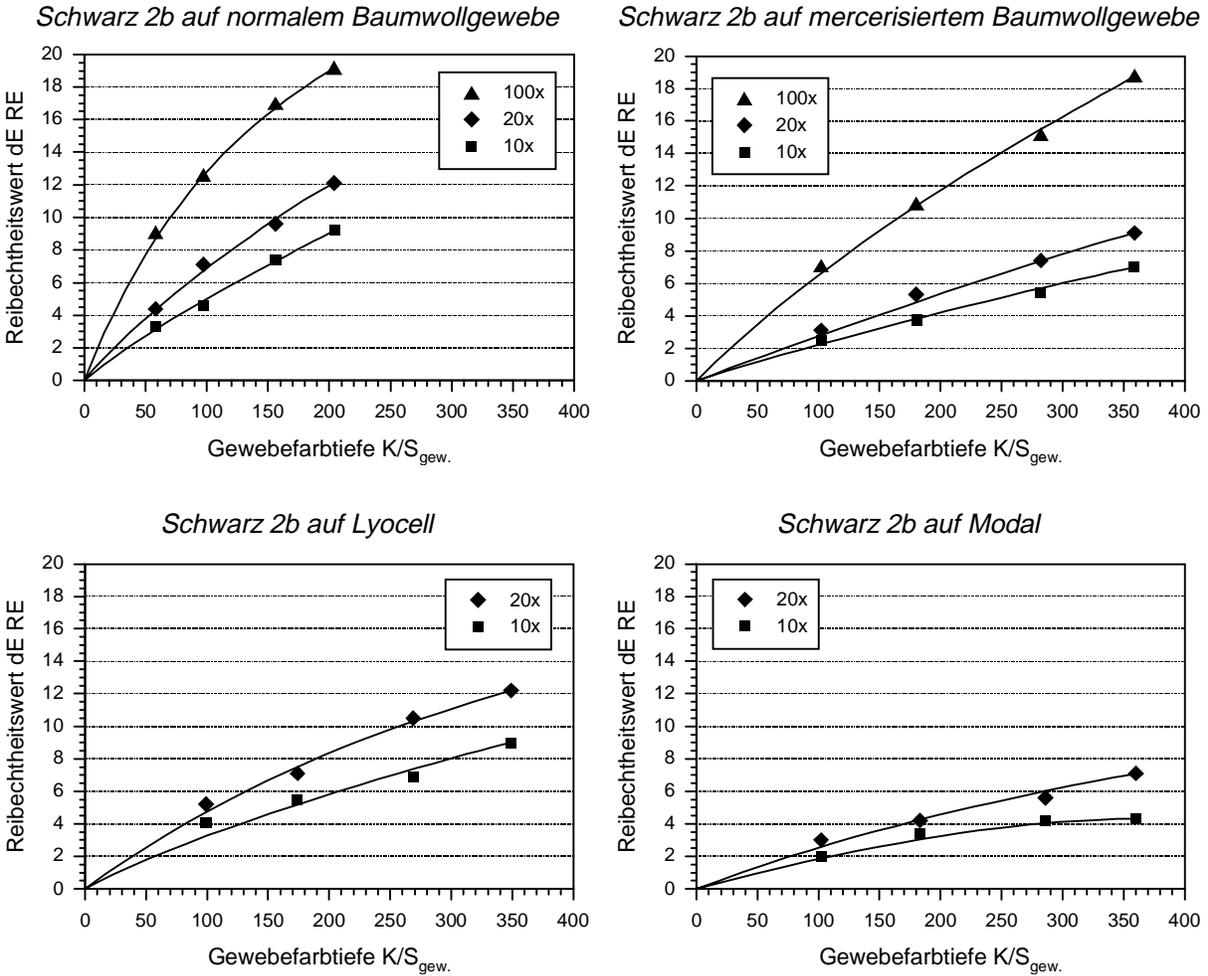


Abb. 75: Reibechtheiten (Crockmeter:10x,20x,(und 100x)) von mit Schwarz 2b gefärbten Geweben (norm. [o.li.] und merc. [o.re.] Baumwollgewebe, Lyocell [u.li.] und Modal [u.re.]) aufgetragen gegen die Gewebefarbtiefe (s. Tab. 44)

Vergleicht man die Ausgleichskurven durch die Einzelwerte, läßt sich die bereits in Kap. 10.6 besprochene hohe lineare Abhängigkeit der Reibechtheiten von der Farbtiefe der untersuchten Gewebe erkennen. Dies gilt sowohl für 10maliges, wie auch für 20maliges Reiben mit dem Crockmeter. Bei normalem und mercerisiertem Baumwollgewebe wurde auch noch 100 Mal gerieben. Die resultierenden Kurven sind hier für kleinen Farbtiefen annähernd linear und weichen erst bei hohen Farbtiefen leicht von dieser Linearität ab. In diesem Fall liefern die Ausgleichskurven mit einer Polynomgleichung zweiten Grades die besseren Reibechtheitskennwerte. In den Darstellungen ebenfalls gut zu erkennen sind die hohen Farbtiefen von mercerisiertem Baumwollgewebe, von Lyocell und Modal.

Zur besseren Vergleichbarkeit wurden die Reibechtheiten der verschiedenen Substrate bei 10maligem Reiben mit dem Crockmeter nochmals in *Abb. 76* aufgetragen.

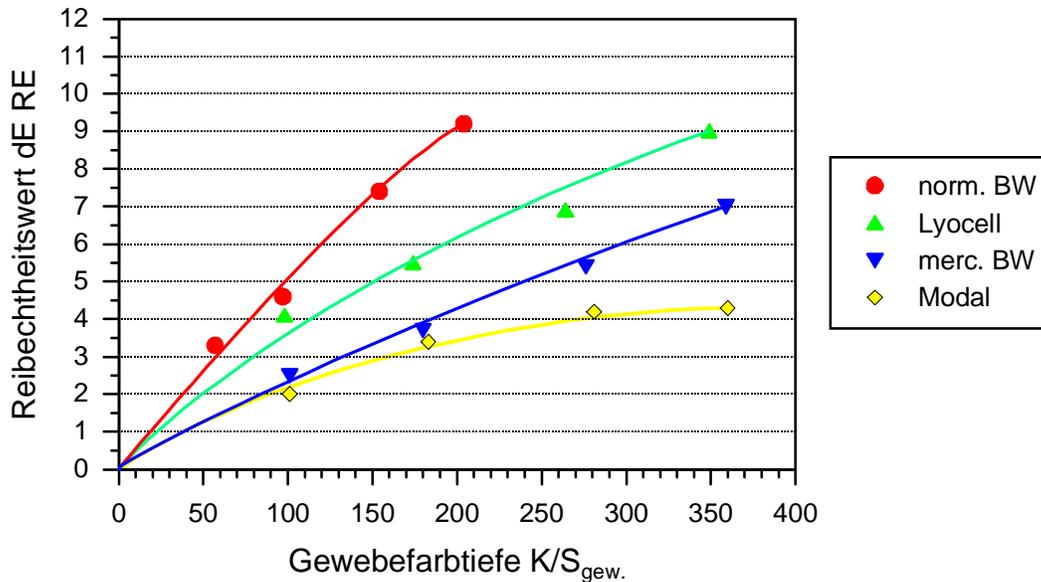


Abb. 76: Reibechtheiten (10x Crockmeter) verschiedener Cellulosefasersubstrate bei verschiedenen Gewebefarbtiefen (Schwarz 2b); (s. *Tab. 44*)

Vergleicht man die Reibechtheiten der Gewebe, so erkennt man deutlich, daß normales Gewebe bei gleicher Farbtiefe eine schlechtere Reibechtheit als Lyocell aufweist; und dies trotz der hohen Naßfibrillationsneigung von Lyocell. Es folgt mercerisierte Baumwolle und die beste Reibechtheit zeigt Modal, was auf die hohe Stabilität der Fasern zurückzuführen ist. Der große Unterschied der Reibechtheiten von Lyocell zu Modal läßt sich auf Grund der erheblich besseren Scheuerbeständigkeit und dem damit verbundenen reduzierten Fibrillierungsgrad von Modal erklären [30].

Da alle Gewebe mit dem selben Farbstoff Schwarz 2b gefärbt wurden, zeigt sich in dieser Betrachtung somit deutlich der Einfluß der unterschiedlichen Substrate.

Bisher wurde die Reibechtheit auf die Farbtiefe der gefärbten Gewebe bezogen. Da aber beispielsweise mercerisiertes Gewebe bei gleicher Farbstoffaufnahme aufgrund anderer Reflexionseigenschaften wesentlich dunkler erscheinen als normales Baumwollgewebe, soll nun geklärt werden, ob sich die Reibechtheiten der Gewebe bei einem vergleichbaren Farbstoffgehalt im Gewebe auch unterscheiden. Für diesen Versuch wird vorausgesetzt, daß der Farbstoff alle Fasern gleich gut durchfärbt. Entsprechende mikroskopische Untersuchungen an gefärbten Faserquerschnitten bestätigen diese Ausgangsannahme.

Zur Berechnung der Farbstoffkonzentration wurde aus den Fixierausbeuten der entsprechenden Färbungen eine "normierte" Farbstoffkonzentration auf (d.h. in) dem Gewebe berechnet. In der unteren Tabelle sind diese Farbstoffkonzentrationen auf den Geweben (in Gramm Farbstoff jeweils bezogen auf 1 kg Gewebe) für die entsprechenden Substrate aufgeführt:

Tab. 45: "normierte" Farbstoffkonzentrationen (in Gramm Farbstoff jeweils bezogen auf 1 kg Gewebe) verschiedener Substrate

	Farbstoff [g] auf 1 kg Gewebe	Reibechtheit dE RE		
		10x	20x	100x
norm. BW	8	3,3	4,4	9,1
	16	4,6	7,1	12,6
	28	7,4	9,6	17,0
	46	9,2	12,1	19,2
merc. BW	9	2,5	3,1	7,1
	17	3,7	5,3	10,9
	30	5,4	7,4	15,2
	48	7,0	9,1	18,8
Lyocell	9	4,1	5,2	
	19	5,5	7,1	
	37	6,9	10,5	
	66	9,0	12,2	
Modal	9	2	3	
	19	3,4	4,2	
	37	4,2	5,6	
	65	4,3	7,1	

Interessant ist ein Vergleich der Farbstoffkonzentrationen der einzelnen Gewebe aus Tab. 45 mit den zugehörigen Farbtiefen aus Tab. 44 (vgl. Abb. 77 und Abb. 78).

Besonders deutlich fällt ein Unterschied bei den jeweils höchsten Farbstoffkonzentrationen auf. Sowohl normales (46 g/kg Gewebe) als auch mercerisiertes Baumwollgewebe (48 g/kg Gewebe) besitzen fast gleich viel Farbstoff auf dem Gewebe, obwohl sich ihre Farbtiefen stark voneinander unterscheiden ($K/S_{\text{gew.}}(\text{normale BW}): 204$, $K/S_{\text{gew.}}(\text{merc. BW}): 359$). Dieser Effekt ist auf den Einfluß der Mercerisation zurückzuführen, der ein Gewebe bei gleicher Farbstoffkonzentration aufgrund der geringeren diffusen Lichtstreuung tiefer angefärbt erscheinen läßt. Lyocell- und Modalgewebe weisen mit 66 g/kg bzw. 65 g/kg fast gleich hohe Farbstoffkonzentrationen bei annähernd gleichen Farbtiefen auf ($K/S_{\text{gew.}}(\text{Lyocell}): 349$, $K/S_{\text{gew.}}(\text{Modal}): 360$). Diese, von Baumwolle unterschiedlichen, Farbstoffaufnahmen resultieren aus der gänzlich anderen Fasermorphologie, welche in dem Herstellungsprozeß dieser Celluloseregeneratfasern begründet liegt. Zur besseren Anschauung sind die Werte aus *Tab. 45* als Reibechtheit gegen die Farbstoffkonzentration auf der Faser in (*Abb. 77*) aufgetragen.

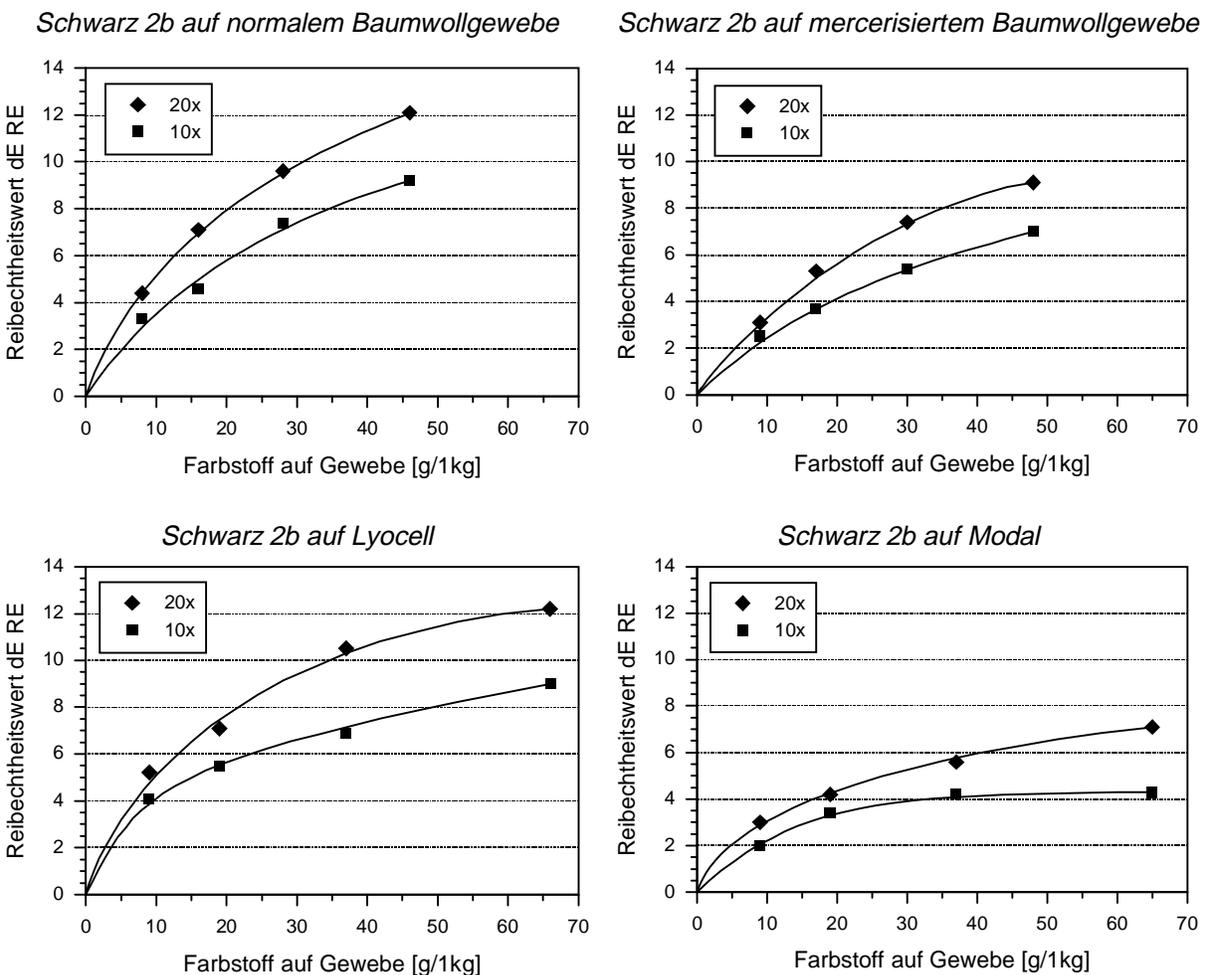


Abb. 77: Reibechtheiten (Crockmeter: 10x, 20x, (und 100x)) von Schwarz 2b gefärbten Geweben (norm. [o.li.] und merc. [o.re.] Baumwollgewebe, Lyocell [u.li.] und Modal [u.re.]) aufgetragen gegen die Farbstoffkonzentration auf dem Gewebe

Für 10maliges Reiben mit dem Crockmeter ergibt sich übersichtlich der Zusammenhang zwischen Reibechtheit und Farbstoffgehalt in *Abb. 78*.

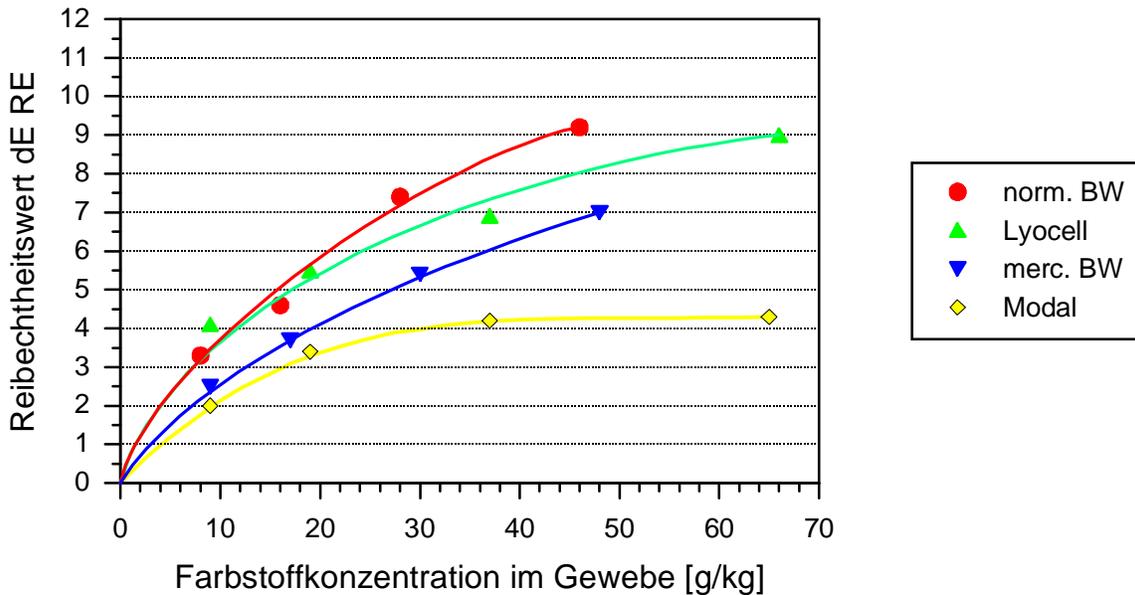


Abb. 78: Reibechtheiten (10x Crockm.) aufgetragen gegen Farbstoff auf dem Gewebe (s. *Tab. 45*)

Bei dieser Auftragung läßt sich deutlich erkennen, daß bei identischen Farbstoffkonzentrationen auf dem Gewebe die für *Abb. 76* gemachten Abstufungen bezüglich der Reibechtheiten erhalten bleiben, allerdings etwas weniger ausgeprägt.

Ähnlich wie bei den Reibechtheitskennwerten, bei denen ein Vergleich bei gleichen Farbtiefen erfolgt, kann auch hier ein Vergleich bei identischen Farbstoffkonzentrationen gezogen werden. Vergleicht man zum Beispiel die Reibechtheiten von normalem und mercerisiertem Gewebe bei einer Gewebefarbstoffkonzentration von 40 g/kg, so ist die Reibechtheit des normalen Gewebes um über zwei Reibechtheitswerte schlechter als bei mercerisiertem Gewebe. Die Ursache liegt in der stärkeren Schädigung des Prüfgewebes und der damit verbundenen erhöhten Zahl an gefärbten Gewebefragmenten auf dem Reibgewebe. Für Modal und Lyocell gilt die selbe Erklärung.

Zusammenfassend kann also festgestellt werden, daß eine schlechte Reibechtheit von Faktoren herrührt, die vor allem durch den morphologischen Aufbau der Cellulosefasern resultiert. In diesem Fall kann davon ausgegangen werden, daß durch die Reibmechanik die normale Baumwollfaser (mit ihrer ungleichmäßigeren Oberfläche) leichter in kleine Faserfragmente zerrieben werden kann als mercerisierte Baumwollfasern und Lyocell- oder Modalfasern mit ihren runden Faserquerschnitten. Für den Vergleich Lyocell/Modal gilt wiederum die unterschiedliche Scheuerbeständigkeit. Ob die gefundene Abstufung zwischen den verschiedenen Prüfgeweben sich auch bei den Reibungskräften findet, wird in *Kap. 17.3* untersucht.

13.2 Färbungen von Schwarz 2b auf Lyocell und Lyocell LF

Wie bisher gezeigt werden konnte, hat die Art der Cellulosefaser einen Einfluß auf die Reibechtheit. Die Reibmechanik während des Reibvorgangs hängt unter anderem von der Oberflächenbeschaffenheit der Faser und des Gewebes ab. Außerdem spielt der Zusammenhalt fibrillärer Bündelungseinheiten in der Faser eine Rolle.

Bei Lyocell handelt es sich um eine synthetisch hergestellte Cellulosefaser. Durch die von der Herstellung bedingte spezielle fibrilläre Struktur kann es unter mechanischer Belastung – besonders bei der Haushaltswäsche – zur Abspaltung von Fibrillen kommen. Diese Fibrillen können bei entsprechender mechanischer Einwirkung im Ausmaß zunehmen und unter Umständen auch abbrechen.

Bei Lyocell LF handelt es sich um eine Lyocellfaser, die bei der Faserherstellung chemisch vernetzt wird, wodurch die Fibrillationsneigung drastisch reduziert wird. Geht man davon aus, daß während der Reibechtheitsprüfung ein Teil der abgebrochenen Lyocell-Fibrillen zu einer Verschlechterung der Reibechtheiten beiträgt, sollte bei Lyocell LF eine verbesserte Reibechtheit zu finden sein. Bei normalen Lyocellfasern wiederum führt der Einsatz von multifunktionellen Farbstoffen zu einer Verringerung der Fibrillationsneigung, da aufgrund der Quervernetzung eine Stabilisierung der Fasermorphologie auftritt. Es sollte daher geklärt werden, ob im Vergleich zu Lyocell LF eine solche Stabilisierung auch positive Auswirkungen auf die Reibechtheit hat. Im folgenden Versuch wurde Lyocell-Gewebe im KKV-Verfahren mit unterschiedlichen Farbstoffkonzentrationen (8,75 g/l; 17,5 g/l; 35 g/l und 70 g/l) mit Schwarz 2b gefärbt. Mit den jeweils gleichen Konzentrationen erfolgte auch die Färbung von Lyocell LF-Gewebe. Bei den gefärbten Gewebe wurden die Farbtiefen bestimmt und mittels Ruf-Reibgerät die Reibechtheiten bei 25 und 50 Reibvorgängen untersucht (*Tab. 46*).

Tab. 46: Farbtiefen und Reibechtheiten (Ruf-Reibgerät: 25x, 50x) bei Lyocell und Lyocell LF (Reaktivschwarz 2b)

Lenzing Lyocell			Lenzing Lyocell LF		
K/S_{gew.}	Reibechtheit dE RE		K/S_{gew.}	Reibechtheit dE RE	
	25x	50x		25x	50x
82	5,7	8,7	87	4,8	7,3
169	8,6	12,8	169	5,9	9,1
260	12,1	17,5	268	10,0	14,9
332	15,6	21,0	307	12,7	17,9

Ein Vergleich der Farbtiefen von Lyocell- und Lyocell LF-Gewebe zeigt, daß sich beide Gewebe fast identisch anfärben lassen. Ein geringer Unterschied läßt sich nur bei der höchsten Farbstoffkonzentration erkennen, bei der normales Lyocellgewebe einen leicht höheren Wert von $K/S_{gew.}=332$ aufweist (Lyocell LF: $K/S_{gew.}=307$). Auch in diesem Versuch, lassen sich Unterschiede der Reibechtheiten beider Gewebe am besten durch graphische Auftragung (*Abb. 79*) erkennen.

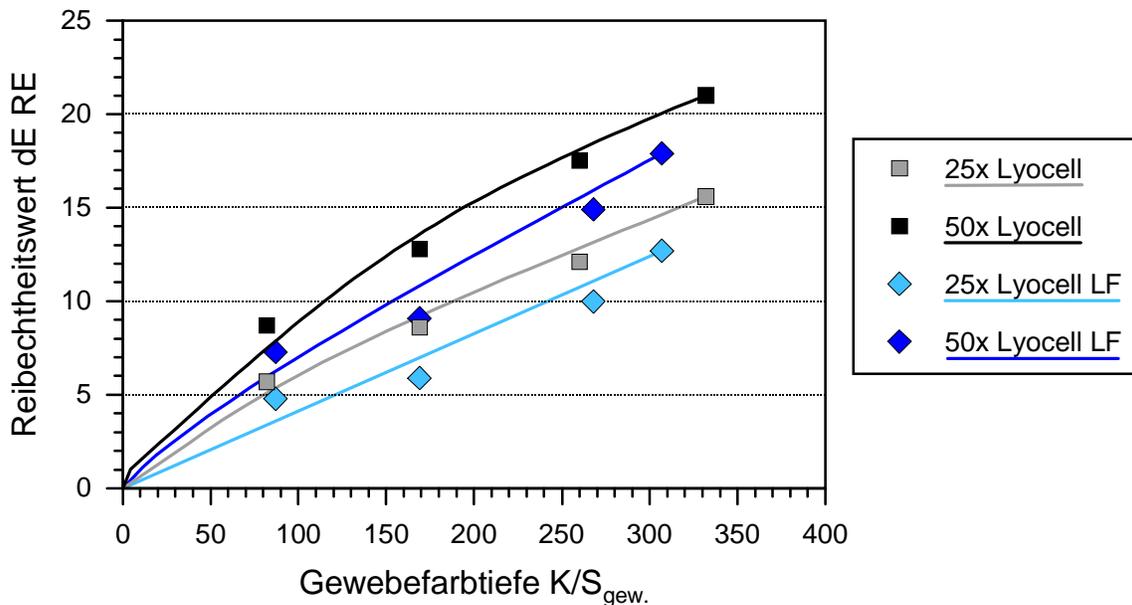


Abb. 79: Reibechtheitswerte (Ruf-Reibgerät: 25x, 50x) bei Lenzing Lyocell und Lyocell LF (s. *Tab. 46*)

Aus der Darstellung läßt sich ersehen, daß Lyocell LF generell ca. 15% niedrigere – also bessere – Reibechtheitswerte aufweist als normales Lyocellgewebe. Da wie oben erwähnt die Farbtiefen beider Gewebearten fast identisch sind, kann man diesen Reibechtheitsunterschied mit dem Aufbau der Faser in Zusammenhang bringen. Bei normaler Lyocellfaser wird – gegenüber Lyocell LF – durch die Friktion während des Reibprozesses die Anzahl und das Ausmaß an Fibrillen verstärkt. Dies bestätigen auch die REM-Aufnahmen (vgl. *Abb. 80/Abb. 82* und *Abb. 81/Abb. 83*).

Außerdem können die Fibrillen durch die Reibmechanik von der Faser abgelöst und während des Reibvorgangs weiter fein zerrieben werden. Diese Feinmahlung geschieht so vollständig, daß diese feinsten Faserfragmente mittels Klebestreifen nicht mehr vom Reibgewebe abgelöst werden können und somit in die Reibechtheitsbewertung mit eingehen.

Ein deutliches Anzeichen, daß sich hohe Farbstoffkonzentrationen des bifunktionellen Reaktivfarbstoffs durch Vernetzungsreaktionen in einer leichten Absenkung der Reibechtheiten äußern, läßt sich bei Lyocellgewebe nicht erkennen. Ansonsten müßte für normales Lyocellgewebe bei hohen Farbstoffkonzentrationen eine Erniedrigung der Reibechtheiten zu erkennen sein, die sich in einer Abweichung von linearen Ausgleichskurve zu einer abgeflachten Kurve hin zeigen sollte. Es gelingt also nicht, durch hohe Farbstoffkonzentrationen an bifunktionellem Schwarzfarbstoff die Lyocellstruktur so weit zu stabilisieren, daß die Reibechtheiten in den Bereich von Lyocell LF gelangen (unter der Voraussetzung, daß die vernetzende Wirkung des bifunktionellen Farbstoffs bei Lyocell LF gegenüber dem eingesetzten Vernetzungsreagenz eine untergeordnete Rolle spielt).

Ein zusätzliches Indiz, daß beim Reiben eine zunehmende Anzahl an Fibrillen für die Verschlechterung der Reibechtheit des Lyocellgewebes verantwortlich ist, liefern rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen. Dabei wurde 8%ig gefärbtes Lyocell- (*Abb. 80*) und Lyocell LF-Gewebe (*Abb. 81*) jeweils 10 und 50 mal mit dem Crockmeter gerieben. Anschließend erfolgte ein Vergleich der geriebenen Bereiche.

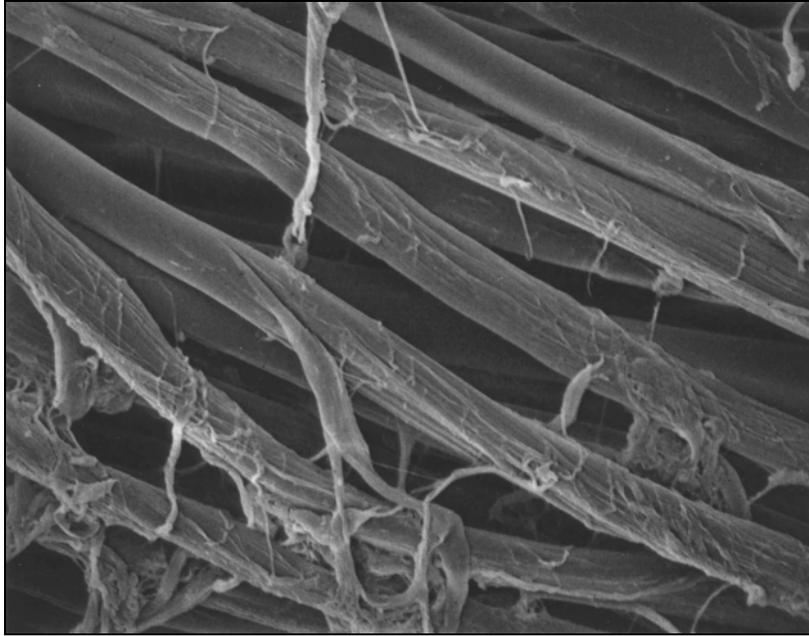


Abb. 80: Lyocellgewebe 10x gerieben mit dem Crockmeter; 1:1000

Lyocell zeigt eine erhebliche Schädigung der Faseroberfläche. Es kommt zur Ablösung teilweise sehr großer Faserfibrillen, wobei gleichzeitig auch eine große Anzahl kleiner, langer Fibrillen zu sehen ist.

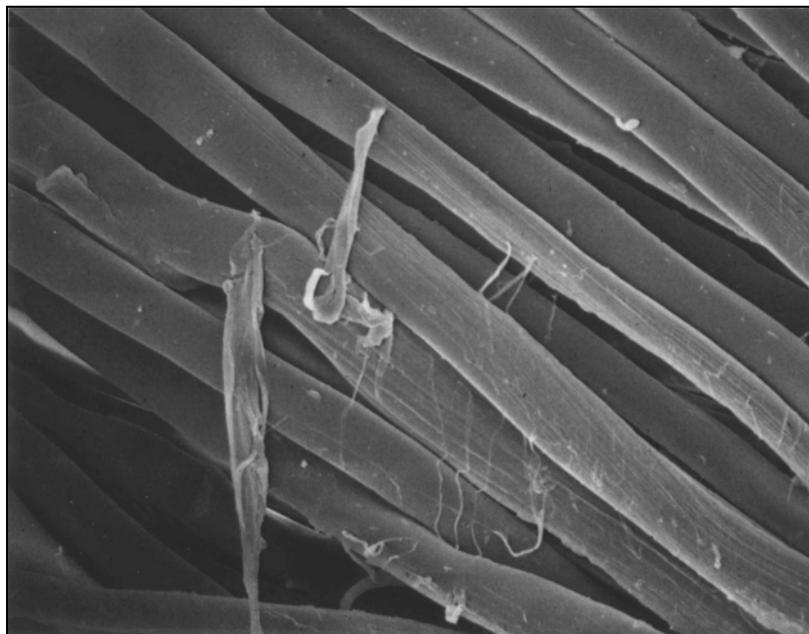


Abb. 81: Lyocell LF-Gewebe 10x gerieben mit dem Crockmeter; 1:1000

Bei Lyocell LF-Gewebe zeigt sich eine deutlich geringere Gesamtschädigung der Faser. Zwar finden sich auch längere, größere Fibrillen. Diese sind allerdings nicht so häufig wie bei normalem Lyocell. Außerdem fehlen die feinen Fibrillen fast völlig.

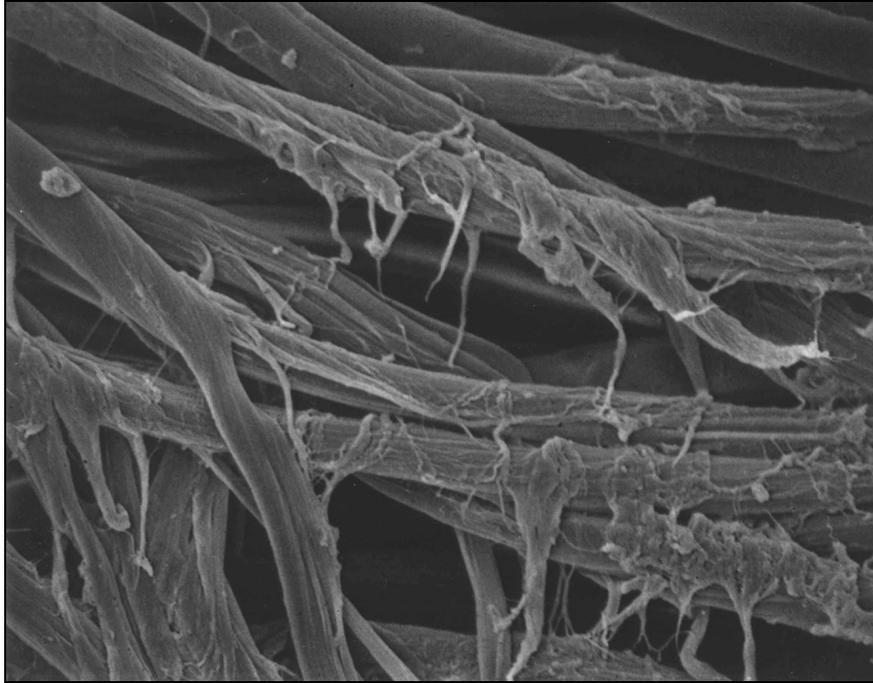


Abb. 82: Lyocellgewebe 50x gerieben mit dem Crockmeter; 1:1000

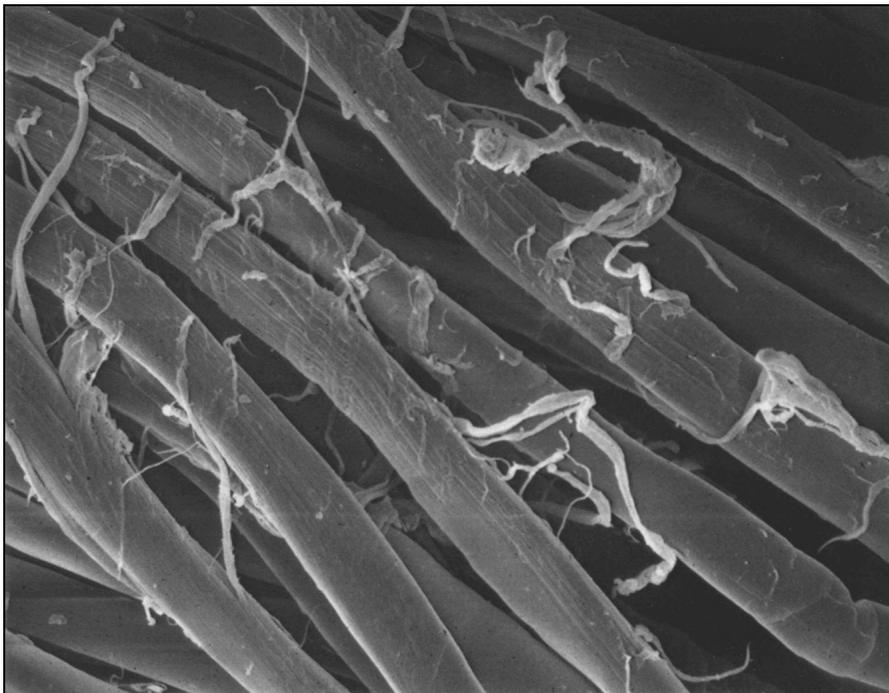


Abb. 83: Lyocell LF-Gewebe 50x gerieben mit dem Crockmeter; 1:1000

Eine Erhöhung der Anzahl an Reibbewegungen (von 10x auf 50x) ergibt bei Lyocell eine extreme Zunahme der Faserschädigung. Bei Lyocell LF erkennt man zwar auch eine Schädigungszunahme, allerdings bei weitem nicht in dem Ausmaße wie bei Lyocell. Ein Vergleich der gefärbten Lyocell- und Lyocell LF-Fasern mit den jeweils ungefärbten Fasern (nicht abgebildet), ergibt im Hinblick auf Art, Anzahl und Ausprägung der Fibrillierung im rasterelektronenmikroskopischen Bild keine signifikanten Unterschiede.

Der Einfluß des Vernetzerages auf die Stabilität der Lyocell LF-Faser scheint nach Betrachtung der REM-Aufnahmen hoch zu sein. Eine durch die hochprozentige Färbung mit bifunktionellem Farbstoff induzierte Stabilitätserhöhung auf Grund der Quervernetzung wirkt sich allerdings nicht in dem Maße aus, daß reduzierte Reibechtheitswerte gefunden werden.

Gestützt auf die REM-Aufnahmen läßt sich zusammenfassend sagen, daß die schlechtere Reibechtheit der Lyocellfasern – gegenüber Lyocell LF – in der stärkeren Naßfibrillationsneigung und damit stärkeren Schädigung der Fasern beim Reiben begründet liegt.

Der stabilisierende Effekt der Reaktivfärbung scheint – bei den während des Reibungsvorgangs wirkenden Friktionskräften – in den Hintergrund zu treten.

13.3 Färbungen von Schwarz 2b auf Tencel und Tencel A100

Der unter *Kap 13.2* beschriebene Unterschied von Lenzing Lyocell und Lenzing Lyocell LF bezüglich des Einflusses der Fibrillationsneigung auf die Reibechtheit sollte nun anhand von Tencel-Gewebe verifiziert werden.

Bei Tencel handelt es sich ebenso wie bei Lenzing Lyocell um eine Lyocellfaser, die zur Fibrillation neigt. Durch eine Modifikation mit einem Vernetzer wurde auch hier die Fibrillationsneigung reduziert. Die so erhaltene Faser wird Tencel A100 genannt. Die Färbung der beiden Tencel-Gewebe erfolgte mit unterschiedlichen Farbstoffkonzentrationen (8,75 g/l; 17,5 g/l; 35 g/l und 70 g/l) im KKV-Verfahren. Nach der Färbung wurden die Gewebefarbtiefen bestimmt und mittels Ruf-Reibgerät die Reibechtheiten bei 25 und 50 Reibbewegungen untersucht (*Tab. 47*).

Tab. 47: Gewebefarbtiefen und Reibechtheiten (Ruf-Reibgerät: 25x, 50x) bei Tencel und Tencel A100 (Reaktivschwarz 2b)

<i>Tencel</i>			<i>Tencel A100</i>		
<i>K/S_{gew.}</i>	Reibechtheit dE RE		<i>K/S_{gew.}</i>	Reibechtheit dE RE	
	25x	50x		25x	50x
114	5,9	7,4	142	6,5	9,2
216	9,4	11,6	288	10,2	13,7
334	15,1	19,0	391	14,3	20,3
376	17,6	22,5	441	19,8	24,1

Im Gegensatz zu den, im vorangegangenen Kapitel festgestellten, fast gleichen Farbtiefen der Lyocellgewebe, zeigt sich beim Vergleich von Tencel und Tencel A100 ein deutlicher Unterschied. Das Gewebe aus Tencel A100 ($K/S_{gew.}=441$ bei höchster Farbstoffkonzentration) lässt sich erheblich tiefer anfärben als normales Tencel-Gewebe ($K/S_{gew.}=376$). Der Farbtiefenunterschied beträgt hierbei ca. 20-30%. Die Ursachen hierfür sind die unterschiedliche morphologische Struktur und der Vernetzer [133]. Auch aus *Abb. 84* lässt sich diese tiefere Anfärbung bei Betrachtung der Abszissenwerte entnehmen.

Im Vergleich zu Lyocell ($K/S_{gew.}=332$) und Lyocell LF ($K/S_{gew.}=307$) ergeben sich bei Tencel und Tencel A100 wesentlich höhere Farbtiefen, was auch an dem größeren Titer liegt.

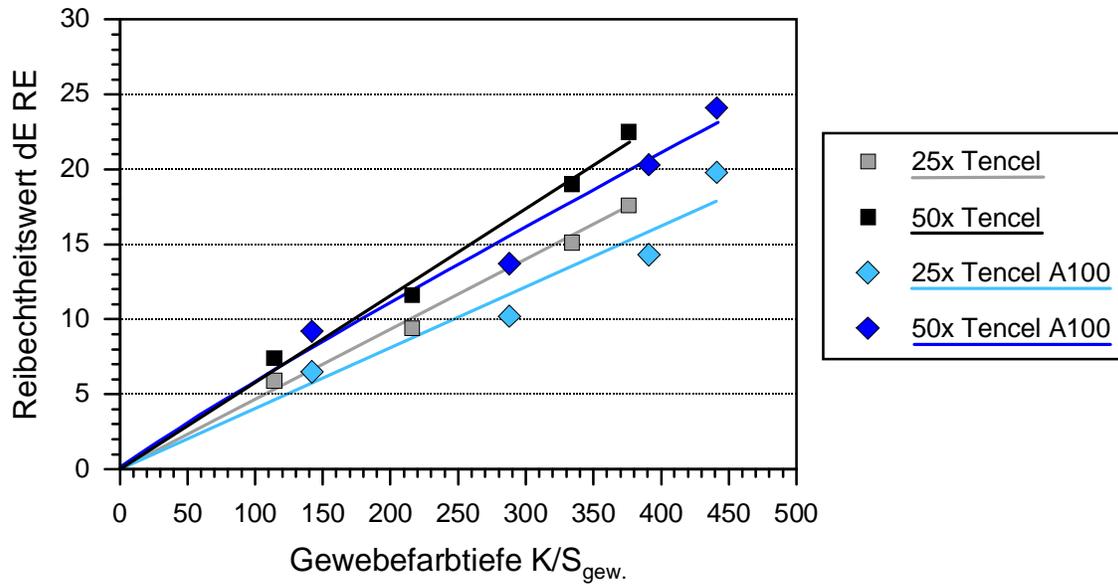


Abb. 84: Reibechtheitswerte (Ruf-Reibgerät: 25x, 50x) von Tencel und Tencel A100 (s. Tab. 47)

Ebenso wie beim Vergleich Lenzing Lyocell / Lyocell LF zeigt sich bei Tencel / Tencel A100, daß die weniger fibrillierende Faser unabhängig von der tieferen Anfärbbarkeit betrachtet bessere Reibechtheiten – hier ca. 10% besser – aufweist. Die Begründung der schlechteren Reibechtheit von Tencel im Vergleich zu Tencel A100, ist analog dem Vergleich Lyocell/Lyocell LF. D.h. die höhere Naßfibrillationsneigung von Tencel bewirkt die schlechteren Reibechtheitseigenschaften.

14. Färbungen mit Reaktivfarbstoffen unterschiedlicher Funktionalität

In *Kap. 13.1* wurde gezeigt, daß die Reibechtheiten bei Verwendung eines Reaktivfarbstoffs auf verschiedenen Gewebesubstraten erheblich voneinander differieren können, was durch die jeweiligen Fasereigenschaften zu begründen ist. Um den Einfluß verschiedener Reaktivfarbstoffe bei gleichen Gewebesubstraten zu untersuchen, wurden im folgenden Färbungen auf normalem und mercerisiertem Baumwollgewebe durchgeführt. Durch Verwendung eines monofunktionellen bzw. eines bifunktionellen Reaktivfarbstoffs mit ansonsten gleicher Konstitution sollte geklärt werden, ob sich beim bifunktionellen Farbstoff auftretende Vernetzungsreaktionen positiv auf die Reibechtheitswerte auswirken. Bei Lyocellfasern führt der Einsatz von multifunktionellen Farbstoffen zu einer Verringerung der Fibrillationsneigung, da aufgrund der Quervernetzung eine Stabilisierung der Fasermorphologie auftritt. Im vorangegangenen *Kap. 13.2* wirkte sich eine Färbung mit bifunktionellem Schwarzfarbstoff (Schwarz 2b) auf Lyocell allerdings nicht dahingehend positiv aus, daß die Reibechtheiten so gut waren, wie bei vernetzerausgerüsteten Fasern. Dies wurde mit den sehr starken Friktionskräften begründet, die während des Reibvorganges auftreten.

14.1 Färbungen mit einem mono- und einem bifunktionellen Farbstoff

Um Unterschiede der Reibechtheiten beim Einsatz von mono- bzw. bifunktionellen Ankersystemen zu erkennen, wurde zunächst mit einem monofunktionellen (1 VS-Anker) Reaktivschwarzfarbstoff (Schwarz 1a) auf normalem und mercerisiertem Baumwollgewebe gefärbt. Die 1,2,4 und 8%igen Färbungen wurden nach dem Ausziehverfahren durchgeführt. Die entsprechenden Gewebefarbtiefen und die mit dem Crockmeter ermittelten Reibechtheitswerte sind in *Tab. 48* aufgeführt und in *Abb. 85* aufgetragen.

Der bifunktionelle (2 VS-Anker) Reaktivschwarzfarbstoff (Schwarz 2a) wurde ebenfalls auf normalem und mercerisiertem Baumwollgewebe gefärbt. Die 1,2,4 und 8%igen Färbungen wurden nach dem Ausziehverfahren durchgeführt. In *Tab. 50* sind die entsprechenden Gewebefarbtiefen und die mit dem Crockmeter ermittelten Reibechtheitswerte aufgeführt. Die graphische Darstellung erfolgt in *Abb. 86*.

monofunktionaler Reaktivschwarzfarbstoff (Schwarz 1a)

Tab. 48: Reibechtheiten von Schwarz 1a auf normalem und mercerisiertem Baumwollgewebe

	%ige Färbung	Gewebefarbtiefe $K/S_{\text{gew.}}$	Reibechtheiten dE RE	
			10x	20x
normale BW	1	50	3,3	5,0
	2	82	5,3	7,6
	4	119	7,1	9,7
	8	149	8,3	11,5
merc. BW	1	90	4,0	5,5
	2	143	4,9	8,0
	4	204	6,8	9,8
	8	261	10,3	13,6

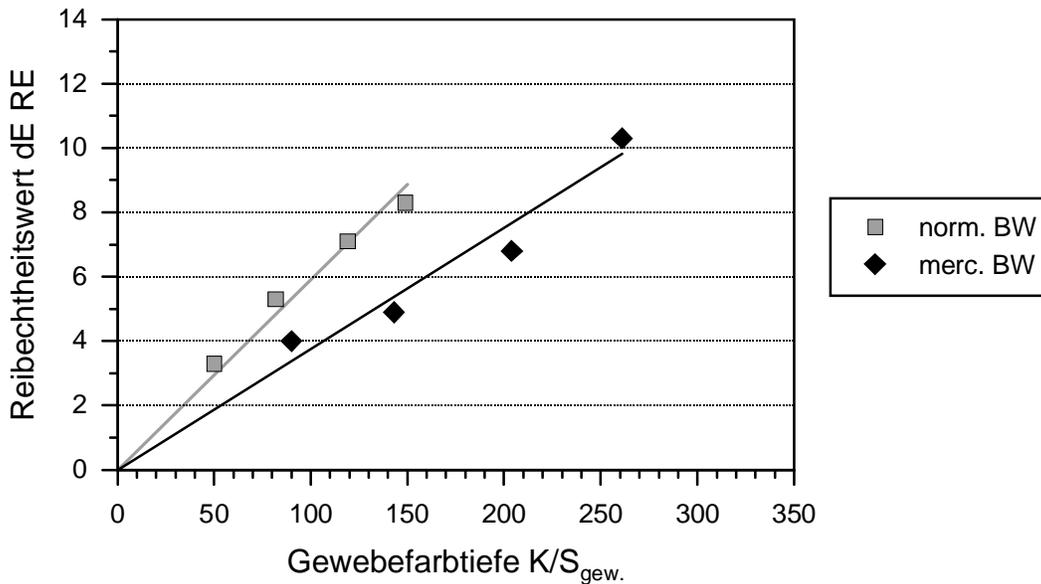


Abb. 85: Reibechtheitswerte von Schwarz 1a auf normalem und mercerisiertem Baumwollgewebe; 10x Crockmeter (s. Tab. 48)

Wie erwartet lässt sich das mercerisierte Gewebe ($K/S_{\text{gew.}}=261$ bei 8%) tiefer anfärben als das normale Gewebe ($K/S_{\text{gew.}}=149$ bei 8%). Auch ein Vergleich der Reibechtheiten bei identischen Farbtiefen liefert wieder das erwartete Bild einer schlechteren Reibechtheit bei normalem Baumwollgewebe. Für eine Gewebefarbtiefe von $K/S_{\text{gew.}}=200$ sind die Reibechtheitskennwerte in Tab. 49 aufgeführt.

Tab. 49: Reibechtheitskennzahlen von monofunktionell gefärbter normaler und mercerisierter Baumwolle bei $K/S_{\text{gew.}}=200$; 10x Crockmeter

	RK₂₀₀
normales Baumwollgewebe	11,8
merc. Baumwollgewebe	7,4

Ein Vergleich der Reibechtheitskennzahlen zeigt für 10 Reibbewegungen deutlich den Unterschied von normalem und mercerisiertem Baumwollgewebe. Letzteres zeigt ca. 40% bessere Kennwerte und dementsprechend bessere Reibechtheiten.

bifunktionaler Reaktivschwarzfarbstoff (Schwarz 2a)

Tab. 50: Reibechtheiten von Schwarz 2a auf normalem und mercerisiertem Baumwollgewebe

	%ige Färbung	Gewebefarbtiefe $K/S_{\text{gew.}}$	Reibechtheiten $dE RE$	
			10x	20x
normale BW	1	74	5,1	7,1
	2	119	6,5	9,1
	4	167	8,2	11,7
	8	204	11,3	15,5
merc. BW	1	121	4,9	7,8
	2	192	5,9	9,0
	4	265	8,2	12,4
	8	319	12,1	16,7

Abb. 86 zeigt die Auftragung der Reibechtheitswerte gegen die entsprechenden Gewebefarbtiefen.

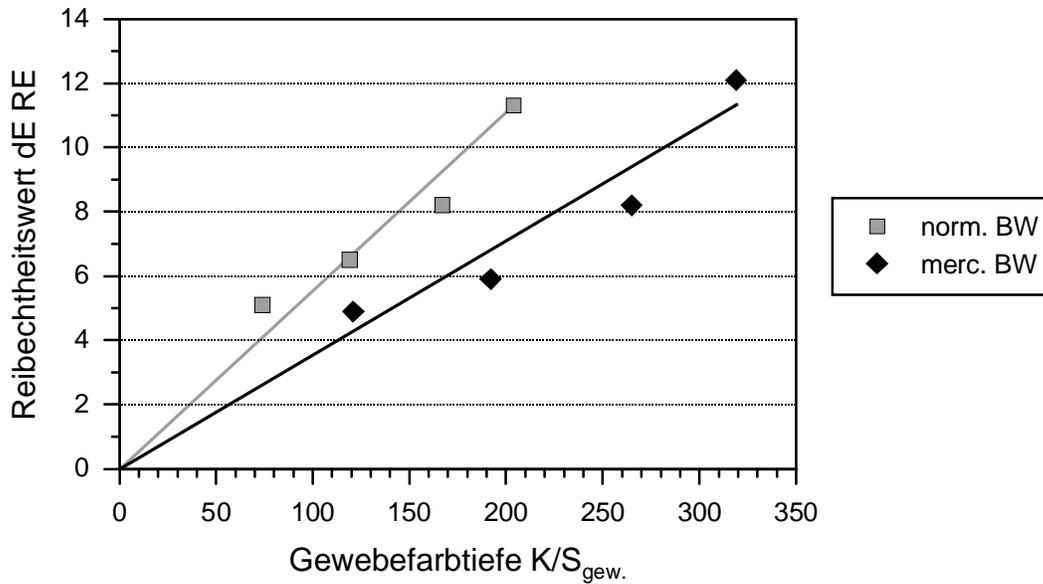


Abb. 86: Reibechtheitswerte von Schwarz 2a auf normalem und mercerisiertem Baumwollgewebe; 10x Crockmeter (s. Tab. 50)

Auch mit dem bifunktionellen Reaktivfarbstoff lässt sich das mercerisierte Gewebe ($K/S_{\text{gew.}}=319$ bei 8%) wesentlich tiefer anfärben als das normale Gewebe ($K/S_{\text{gew.}}=204$ bei 8%). Ein Vergleich der Reibechtheiten bei identischen Farbtiefen ergibt das bekannte Bild einer schlechteren Reibechtheit bei normalem Baumwollgewebe. Dies spiegelt sich auch in den Reibechtheitskennwerten von Tab. 51 wider.

Tab. 51: Reibechtheitskennzahlen von monofunktionell gefärbter normaler und mercerisierter Baumwolle bei $K/S_{\text{gew.}}=200$; 10x Crockmeter

	RK₂₀₀
normales Baumwollgewebe	10,8
merc. Baumwollgewebe	7,0

Ebenso wie für die Reibechtheitskennwerte des monofunktionellen Farbstoffs aus Tab. 49 (norm. BW: 10x: 11,8; merc. BW: 10x: 7,0), erhält man für mercerisiertes Baumwollgewebe die um wiederum ca. 40% besseren Kennwerte gegenüber der normalen Baumwolle.

Vergleich der Färbungen mit mono- und bifunktionellem Reaktivschwarzfarbstoff

Trägt man die Reibechtheiten sowohl des mono- als auch des bifunktionellen Farbstoffs von normalem und mercerisiertem Gewebe (aus *Tab. 48* und *Tab. 50*) gegen die entsprechenden Gewebefarbtiefen in einem Diagramm auf, erhält man *Abb. 87* (vgl. *Kap. 10.3.2*; *Abb. 57 ff.*).

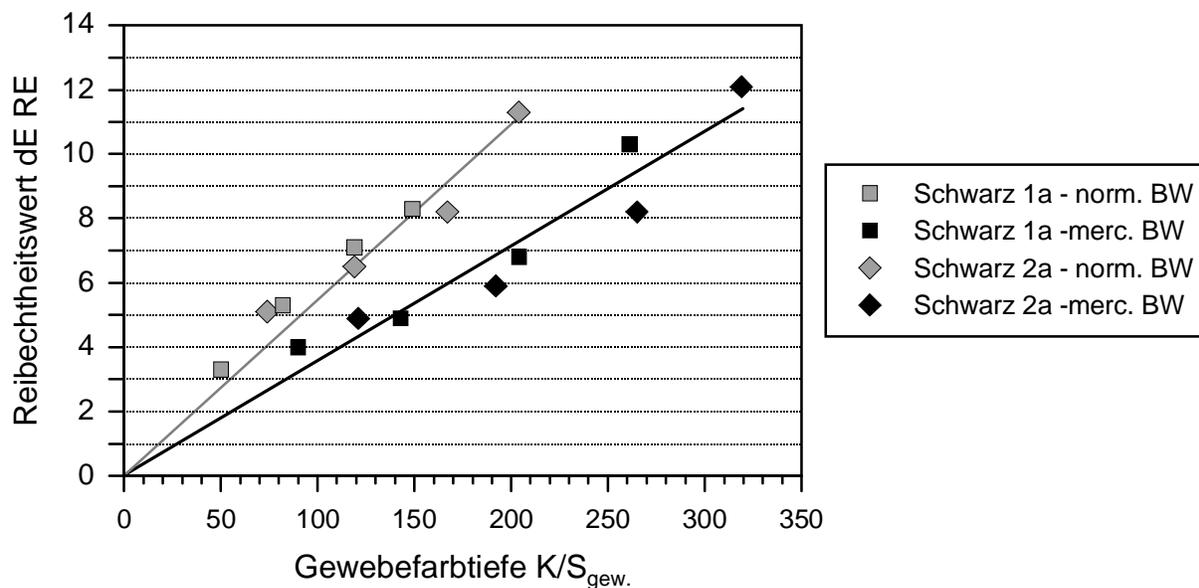


Abb. 87: Reibechtheiten von mono- und bifunktionellem Reaktivfarbstoff (Schwarz 1a, Schwarz 2a) auf normalem und mercerisiertem Baumwollgewebe (10x Crockmeter) (s. *Tab. 48* und *Tab. 50*)

Es zeigt sich also, daß zwischen beiden Farbstoffen keinerlei Unterschiede bezüglich der Reibechtheit bestehen. Für das normale und mercerisierte Gewebe ergibt sich jeweils nur eine Ausgleichsgerade; unabhängig davon, mit welchem Reaktivfarbstoff gefärbt wurde. Es wird deutlich, daß der Einfluß des Farbstoffs – und eventuell auftretende Vernetzungsreaktionen – gegenüber dem Gewebeeinfluß eher untergeordnet ist.

Diese gemeinsame Auftragung verschiedener Reaktivfarbstoffe gelingt jedoch nur, wenn sehr ähnliche oder identische Farbstoffchromophore (hier: Schwarz 1a und Schwarz 2a) betrachtet werden. Multifunktionelle Rotfarbstoffe können hierbei nicht zu einem direkten Vergleich herangezogen werden, da auf Grund der anderen Farbstoffkonstitutionen und der somit anderen Reibechtheitswerte ein Unterschied der Ergebnisse besteht. Es wurden daher im folgenden Kapitel (*Kap. 14.2*) auf den Vergleich eines bi- (Rot 2a) mit einem trifunktionellen (Rot 3a) Rotfarbstoff gesondert eingegangen.

14.2 Färbungen mit einem bi- und einem trifunktionellen Farbstoff

Für einen Vergleich von Färbungen eines bifunktionellen Reaktivfarbstoffs (Rot 2a) mit einem trifunktionellen Reaktivfarbstoff (Rot 3a) auf normalem und mercerisiertem Baumwollgewebe wurden die bereits in *Kap. 10.3* beschriebenen Färbungen (*Tab. 22, Tab. 24*) in einem Diagramm aufgetragen. Es wurden dabei die Reibechtheitswerte von 10maligem Reiben mit dem Crockmeter verwendet.

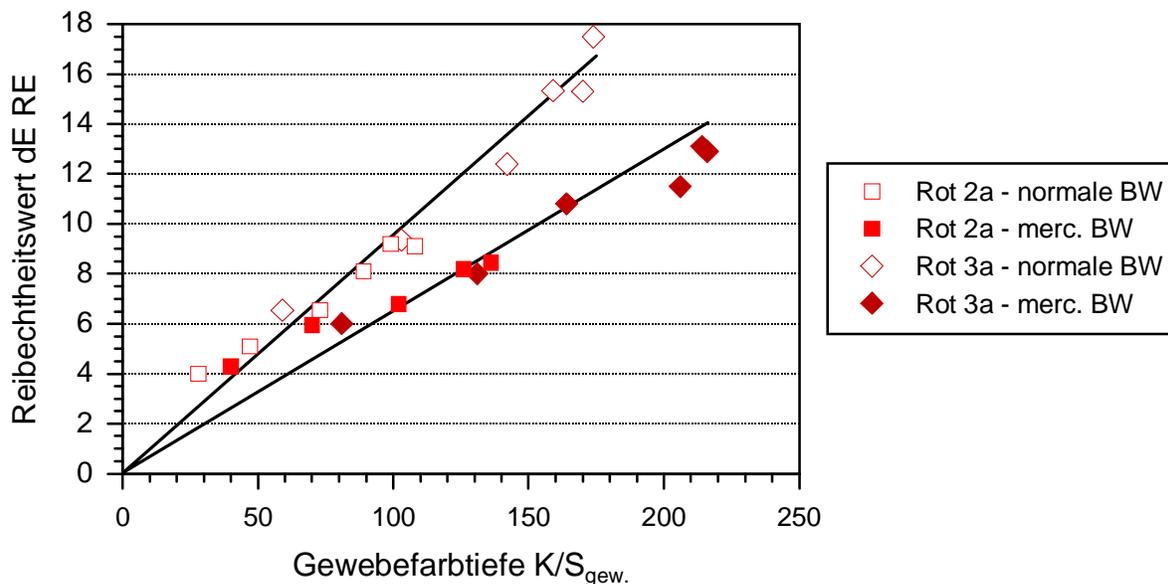


Abb. 88: Reibechtheiten von bi- und trifunktionellem Reaktivfarbstoff (Rot 2a, Rot 3a) auf normalem und mercerisiertem Baumwollgewebe (10x Crockmeter) (s. *Tab. 22* und *Tab. 24*)

Auch in der obigen Abbildung ergibt sich für die Färbungen auf normalem und mercerisiertem Gewebe jeweils eine Ausgleichsgerade; unabhängig davon, ob die Färbungen mit bifunktionellem Rot 2a oder trifunktionellem Rot 3a durchgeführt wurde. Diese Beobachtung entspricht dem, schon beim Vergleich von mono- (Schwarz 1a) und bifunktionellem (Schwarz 2a) Reaktivfarbstoff in *Kap. 14.1* erkannten Ergebnis.

Es zeigt sich hier erneut der vorherrschende Einfluß des Gewebes, während die Bedeutung der multifunktionellen Reaktivfarbstoffe zu vernachlässigen ist.

15. Textile Veredlungsschritte

15.1 Mercerisierung

Auf die unterschiedlichen Reibechtheiten, die bei einem mercerisierten Baumwollgewebe – besonders im Vergleich zu einem normale Baumwollgewebe – auftreten, wurde bereits ausführlich eingegangen. Zusammengefaßt ergibt sich folgendes Bild: mercerisierte Baumwolle besitzt gegenüber normaler Baumwolle einen wesentlich runderen Faserquerschnitt. Die durch die Mercerisation gequollene Faser weist daher ein anderes Farbaufnahme- und Lichtstreuverhalten auf. Dies erklärt auch, warum sich bei mercerisiertem Gewebe gegenüber normalem Baumwollgewebe beim Färben mit gleichen Farbstoffkonzentrationen wesentlich höhere Gewebefarbtiefen erzielen lassen (vgl. *Abb. 74*).

Bezüglich der Reibechtheiten bedeutet dies, daß bei gleicher Farbtiefe beider Gewebe das normale Baumwollgewebe eine höhere Farbstoffkonzentration im Gewebe aufweist und somit schlechtere Reibechtheiten liefert.

Gleichzeit wirkt sich die durch die Mercerisierung induzierte Morphologieänderung dahingehend aus, daß es zu einem besseren Zusammenhalt der fibrillären Bündelungseinheiten kommt. Die runde Form der Faser ermöglicht darüber hinaus auch eine bessere Verteilung der Reibungskräfte. Die angeführten Punkte bewirken, daß das normale Gewebe auch bei identischen Gewebefarbstoffkonzentrationen schlechtere Reibechtheiten als mercerisiertes Gewebe zeigt (vgl. *Abb. 78*).

Die bessere Reibechtheit des mercerisierten Baumwollgewebes gegenüber normalem Gewebe konnte bezüglich der oben angeführten Aspekte in allen durchgeführten Reibechtheitsuntersuchungen mit unterschiedlichen Reaktivfärbungen gefunden werden.

In *Kap. 17.8.1* wird zusätzlich auf die, bei der Reibprüfung wirkenden Reibungskräfte von normalem und mercerisiertem Gewebe eingegangen.

15.2 Flüssigammoniak-Behandlung

Eine Flüssigammoniak-Behandlung bewirkt ähnlich der Mercerisation eine Quellung und eine morphologische Veränderung der Baumwollfasern und führt durch die veränderten Lichtstreuverhältnisse zu einer Farbvertiefung der gefärbten Gewebe. Die beobachtbaren Einflüsse auf die Reibechtheit sollten daher beim Vergleich normales/ammoniakbehandeltes Baumwollgewebe ähnlich – wenn auch nicht so ausgeprägt – wie beim Vergleich normales/ mercerisiertes Baumwollgewebe sein. Ein Unterschied zwischen den beiden Behandlungen besteht insofern, als die Mercerisation vor dem Färben und die Flüssigammoniak-Behandlung in diesem Fall nach dem Färben – als Vorstufe für eine oft folgende quervernetzende Hochveredlung – angewendet wird.

Im folgenden Versuch wurde normales und mercerisiertes, mit Schwarz 2b gefärbtes, Baumwollgewebe einer Flüssigammoniak-Behandlung unterzogen. Durch Messung der Gewebefarbtiefen vor und nach der Ammoniakbehandlung sollte deren Einfluß auf die Reibechtheiten festgestellt werden. Eine spezielle Fragestellung war dabei, inwieweit sich eine durch Flüssigammoniak induzierte Gewebefarbvertiefung auf die Reibechtheiten auswirkt, da ja diese Farbvertiefung nicht durch zusätzlichen Farbstoff, sondern durch Quellung, d.h. strukturelle Veränderung und Lichtstreuänderung der Baumwollfasern erzielt wird.

Die Reibechtheiten wurden wie in *Kap. 10.4* in Abhängigkeit von der Anzahl der Reibvorgänge beim Crockmeter ermittelt. Die Ammoniakbehandlung erfolgte angelehnt an das in der Praxis verwendete „Sanfor-Set“-Verfahren. D.h. es wurden die Gewebe für 30 Sekunden in flüssigen Ammoniak gebracht und nach trockenem Abdampfen eine Trocknung bei 120°C angeschlossen.

Während der Ammoniakbehandlung konnte keinerlei Einfärbung des flüssigen Ammoniaks beobachtet werden, was auf eine eventuelle Hydrolyse des Farbstoffs hingedeutet hätte. *Tab. 52* enthält die Farbtiefen des normalen und mercerisierten Gewebes vor und nach der Ammoniakbehandlung. Außerdem sind die den Reibvorgängen zugeordneten Reibechtheitswerte aufgeführt.

Tab. 52: Veränderungen der Gewebefarbtiefen und der Reibechtheiten durch Ammoniakbehandlung (freier Schrumpf) bei normalem und mercerisiertem, mit Reaktivschwarz 2b gefärbtem, Gewebe

	vor NH ₃ -Behandlung		nach NH ₃ -Behandlung	
	normales Gewebe	mercerisiertes Gewebe	normales Gewebe	mercerisiertes Gewebe
Anzahl der Reibbewegungen	Reibechtheit dE RE			
5	8,6	6,1	8,9	5,7
10	11,9	8,5	11,4	8,1
20	15,3	11,0	14,9	9,6
50	20,3	16,1	21,6	14,2
100	25,3	23,4	24,4	18,5
200	29,1	26,6	28,0	24,8
K/S _{gew.}	254	373	354	406

Bei nicht mercerisiertem Gewebe wird durch die Ammoniakbehandlung eine erhebliche Farbvertiefung von $K/S_{\text{gew.}}=254$ auf $K/S_{\text{gew.}}=354$ erzielt. Dies entspricht einer Zunahme um ca. 70%. Bei mercerisiertem Gewebe fiel diese Zunahme von $K/S_{\text{gew.}}=373$ auf $K/S_{\text{gew.}}=406$ mit ca. 54% geringer aus. Diese Unterschiede beruhen auf der in flüssigem Ammoniak erfolgten Quellung. Diese geringere Zunahme der Farbtiefe bei mercerisierter Baumwolle durch die nachfolgende Ammoniakbehandlung beruht darauf, daß durch die Mercerisation schon ein Großteil der morphologischen Faserstrukturveränderung vorweggenommen wurde.

Zum besseren Vergleich sind die Tabellenwerte auch in *Abb. 89* aufgetragen.

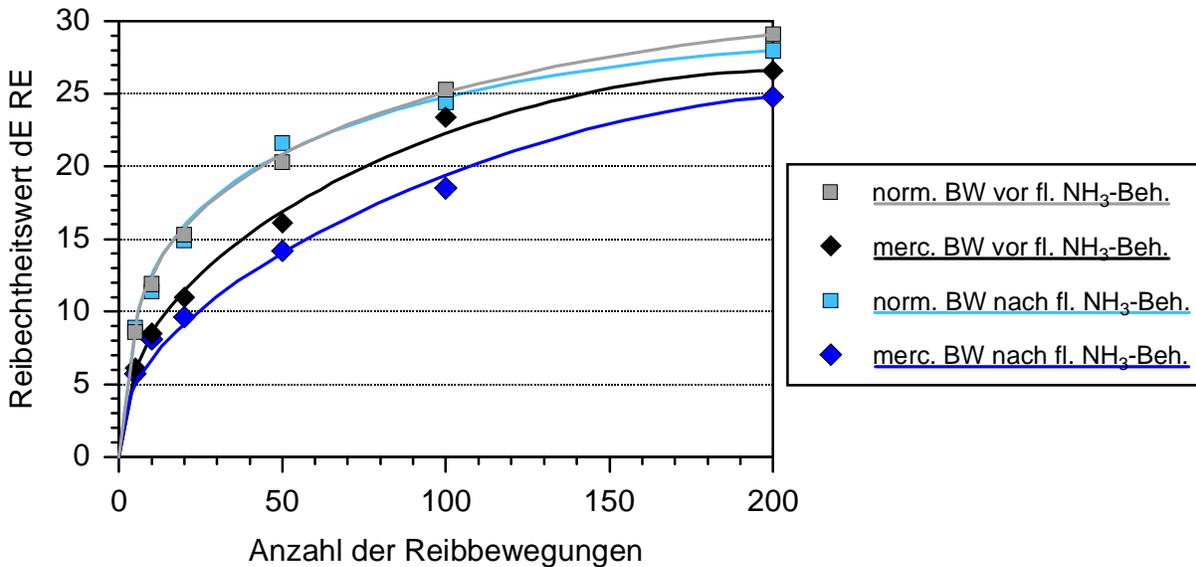


Abb. 89: Veränderungen der Reibechtheiten durch Ammoniakbehandlung bei normalem und mercerisiertem, mit Reaktivschwarz 2b gefärbtem Baumwollgewebe (s. Tab. 52)

Der Verlauf der Reibechtheiten in Abhängigkeit von der Anzahl der Reibbewegungen entspricht dem bereits in *Kap. 10.4* beobachteten Verlauf, bei dem auf einen relativ starken Anstieg ein flacheres Auslaufen der Werte folgt. Betrachtet man die Reibechtheitswerte jeweils vor und nach der Ammoniakbehandlung, ergeben sich für normales Baumwollgewebe keine signifikanten Unterschiede. Erwartet hätte man eine eventuell leichte Abnahme, da die beobachteten Reibungskräfte während des Reibvorgangs leicht abnehmen. (vgl. Reibungskräfte in *Kap 17.8.2*).

Die Reibechtheitswerte vom mercerisierten Gewebe nehmen nach einer Ammoniakbehandlung geringfügig ab, was mit einer leichten Stabilisierung der Fasern durch die Flüssigammoniak-Behandlung zusammenhängen könnte. Dies lässt sich allerdings durch die Reibungskräfte (s. dort) nicht begründen.

Bezieht man die von der Ammoniakbehandlung herrührende Farbvertiefung in die Reibechtheitsvergleiche mit ein, können damit die Reibechtheitskennwerte ermittelt werden. Unter Voraussetzung eines linearen Verlaufs von Reibechtheitswerten bei unterschiedlichen Gewebefarbtiefen, lassen sich in diesem Fall durch Dreisatzrechnung die Kennzahlen für eine Farbtiefe von $K/S_{\text{gew.}}=200$ annähern (Tab. 53). Zu beachten ist hierbei, daß die Kennzahlen nicht durch Berechnung über Interpolation mehrerer Werte erhalten wurde, sondern nur über Division der entsprechenden K/S-Werte durch die Reibechtheitswerte. Ein Vergleich mit anderen Kennwerten, bei denen die Kennzahlen aufgrund von mehreren unterschiedlichen Farbstoffkonzentrationen ermittelt wurden, ist daher nur eingeschränkt möglich.

Tab. 53:: Reibechtheitskennzahlen (Crockmeter: 10x) von Schwarz 2b gefärbtem normalem und mercerisiertem Baumwollgewebe; vor und nach einer Flüssigammoniakbehandlung

	vor		nach	
	NH ₃ -Behandlung		NH ₃ -Behandlung	
	norm. BW	merc. BW	norm. BW	merc. BW
Gewebefarbtiefe	254	373	354	406
Reibechtheitswert dE RE	11,9	8,5	11,4	8,1
RK ₂₀₀	9,4	4,6	6,4	4,0

Während eine Ammoniakbehandlung eine Zunahme der Gewebefarbtiefen sowohl des normalen als auch des mercerisierten Baumwollgewebes bewirkt, ändern sich die entsprechenden Reibechtheitswerte nur sehr wenig. Diese Feststellung beruht darauf, daß durch die Flüssigammoniak-Behandlung eine Änderung der Lichtstreuung erzielt wird; nicht aber eine Änderung der Gewebefarbstoffkonzentration. Die entsprechende Verbesserung der Reibechtheitskennwerte (norm. BW: 9,4 auf 6,4 bzw. merc. BW: 4,6 auf 4,0) nach der Ammoniakbehandlung resultiert also allein durch die Gewebefarbvertiefung. Aufgrund der ähnlichen Reibungskräfte (vgl. Kap. 17.8.2) muß davon ausgegangen werden, daß eine annähernd identische Schädigung auftritt. Bei den entstehenden Reibpartikeln wiederum spielt eine Quellung der gesamten Faser eine untergeordnete Rolle, da der tiefere Farbeindruck durch die Reflexionseigenschaften der runden Faser herrührt, während diese bei kleine Faserfetzen und -partikel keine Rolle spielt.

Einfluß der Gewebedimensionen bei Flüssigammoniak-Behandlung auf die Reibechtheitswerte

Bei der Flüssigammoniak-Behandlung erfährt das nicht gespannte Gewebe einen Krumpf. Es sollte daher geklärt werden, inwieweit sich ein Krumpfen des gefärbten Gewebes auf die Reibechtheitswerte auswirkt.

Als Gewebe wurden normale Baumwolle und Baumwolle-2 verwendet, die im Ausziehverfahren mit dem Reaktivfarbstoff Schwarz 2b bei unterschiedlichen Konzentrationen (2, 4, 8, 10%) gefärbt wurden. Die gefärbten Gewebe wurden jeweils einer Flüssigammoniak-Behandlung – entsprechend oben beschrieben – unterzogen. Dies geschah einmal im Spannrahmen unter Beibehaltung der Gewebedimensionen und einmal ohne Spannrahmen mit entsprechendem Schrumpf. Anschließend wurden mit dem Ruf-Reibgerät bei 25 Touren die Reibechtheitswerte bestimmt. Eine Bestimmung der Reibungskräfte konnte für die im Spannrahmen behandelten Gewebeprouben nicht durchgeführt werden, da unter Laborbedingungen keine ausreichend großen Gewebeprouben mit flüssigem Ammoniak behandelt werden konnten. *Abb. 90* (norm. Baumwolle) und *Abb. 91* (Baumwolle-2) zeigen die Reibechtheitswerte der entsprechend behandelten Gewebe.

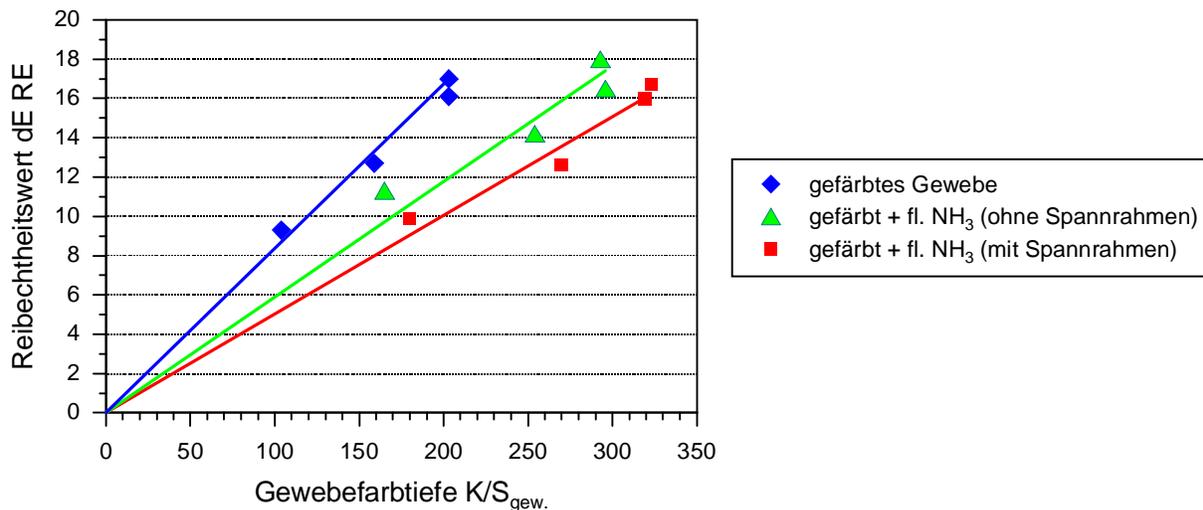


Abb. 90: Reibechtheitswerte von normalem Baumwollgewebe bei Flüssigammoniak-Behandlung mit und ohne Gewebeschrumpf

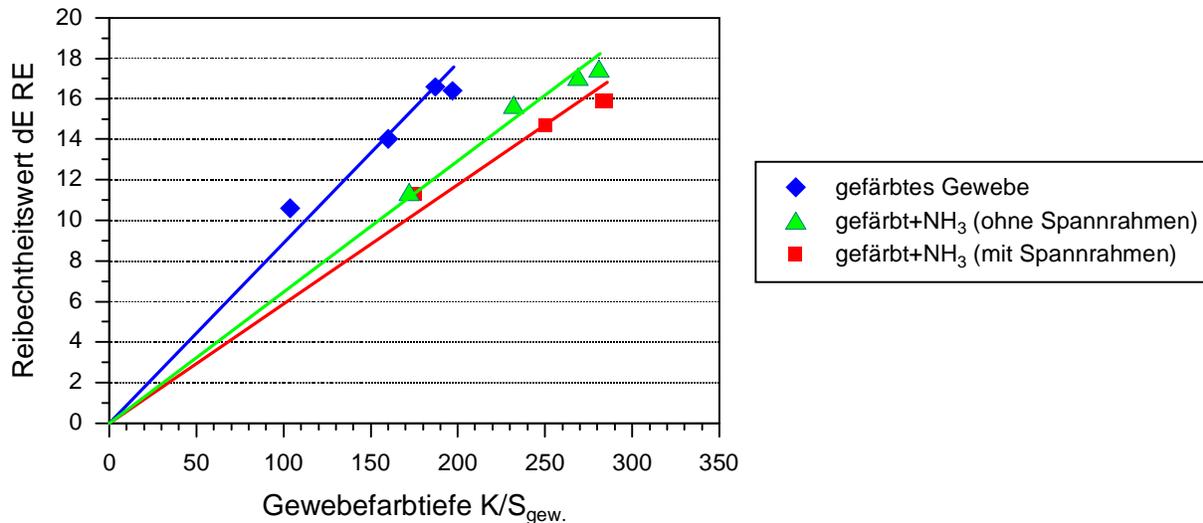


Abb. 91: Reibechtheitswerte von Baumwollgewebe (Lenzing) bei Flüssigammoniak-Behandlung mit und ohne Gewebeschrumpf

Durch die eingezeichneten Werte in beiden Abbildungen lassen sich Ausgleichsgeraden ziehen, die sich deutlich voneinander unterscheiden. Deutlich zu sehen ist die Farbvertiefung, die durch die Ammoniakbehandlung verursacht wird. Dabei zeigt das unter Spannung behandelte Gewebe etwas höhere Farbtiefen. Ein Vergleich der Reibechtheiten ergibt – bezogen auf gleichprozentige Färbungen – nur sehr geringe Unterschiede. Da sich bei allen gleichprozentig gefärbten Geweben unabhängig von der Behandlung auch gleich viel Farbstoff auf dem Gewebe befindet, erstaunt dieser Befund nicht. Die Verbesserung der Reibechtheit durch Flüssigammoniak-Behandlung bei gleicher Farbtiefe wird aber wieder deutlich.

Ohne Spannrahmen ändern sich – gegenüber mit Spannrahmen – die Gewebedimensionen. Es kommt durch die Krumpfung von etwa 5-15% dazu, daß auf der selben Fläche des Prüfgewebes eine erhöhte Anzahl an Kett bzw. Schußfäden vorliegt. Dies führt wiederum dazu, daß während des Reibvorgangs mehr gefärbte Fäden mit dem Reibgewebe in Kontakt kommen, was zu der beobachteten leichten Erhöhung der Reibechtheitswerte führt.

15.3 Hochveredlung

15.3.1 Appreturen

Geht man von der Vorstellung aus, daß die Reibechtheit von den Reibungskräften – und den daraus resultierenden Faserschädigungen – abhängt, so sollten alle, diese Reibungskräfte herabsetzenden Faktoren eine Verbesserung der Reibechtheiten bewirken. Es sollte beispielsweise eine hydrophobe Ausrüstung einen Einfluß auf die Gewebefeuchte haben und ebenso wie eine weichmachende Ausrüstung die Reibungskräfte reduzieren. In der Literatur sind einige dieser Nachbehandlungen beschrieben (vgl. *Kap. 6.2*). Um Zusammenhänge durch eigene Untersuchungen ziehen zu können, wurden verschiedene – in der textilchemischen Praxis übliche – Nachbehandlungen der Gewebe durchgeführt.

Ausgerüstet wurden ein mit Schwarz 2b gefärbtes mercerisiertes Baumwollgewebe sowie ein mit Rot 2a gefärbtes normales und mercerisiertes Baumwollgewebe. Die Behandlungsmittel waren ein filmbildendes Polyacrylat (**A**), eine hydrophobierend wirkende Verbindung aus Fettsäurekondensationsprodukten und Paraffinwachs (**B**) sowie ein epoxidfunktionelles, vernetzend wirkendes Polysiloxan (**C**). Als Einsatzmengen wurden die jeweils höchsten vom Hersteller angegebenen Konzentrationen verwendet (**A**: 50 g/l; **B**, **C**: 30 g/l). Die Prüfung der Reibechtheiten erfolgte mit dem Crockmeter, wobei das in *Kap. 17.2* beschriebene modifizierte Crockmeter zum Einsatz kam, da gleichzeitig auch die entsprechenden Reibungskräfte untersucht wurden (vgl. *Kap. 17.8.3*). Da während des Versuchs auffiel, daß beim Reiben der ausgerüsteten Gewebe erheblich mehr Partikelabrieb zu verzeichnen war als bei unbehandeltem Gewebe, wurde eine fotometrische Bestimmung der Reibechtheitswerte sowohl vor als auch nach Entfernen dieses Abriebs durchgeführt. *Tab. 54* listet die Einzelergebnisse der Reibechtheitsprüfung (20x Crockmeter; naß) jeweils vor und nach Abriebentfernung auf. In *Abb. 92* sind die Reibechtheitswerte der Einzelbehandlungen aufgetragen.

Tab. 54: Reibechtheiten (20x Crockmeter) unterschiedlich gefärbter Gewebe bei verschiedenen Nachbehandlungen (Appreturen)

		Ausgang	A	B	C
<i>Schwarz 2b</i> auf merc. BW	vor Abriebentfernung		11,2	13,3	14,5
	nach Abriebentfernung	9,6	10,9	12,5	13,2
	Δ		0,3	0,8	1,3
<i>Rot 2a</i> auf norm. BW	vor Abriebentfernung		24,3	29,3	34,0
	nach Abriebentfernung	24,8	24,1	28,6	33,5
	Δ		0,2	0,7	0,5
<i>Rot 2a</i> auf merc. BW	vor Abriebentfernung		16,3	20,9	21,5
	nach Abriebentfernung	16,2	15,8	19,9	20,2
	Δ		0,5	1,0	1,3

A: Polyacrylat-Ausrüstung

B: Fettsäurekondensationsprodukt/Paraffinwachs-Ausrüstung

C: Polysiloxan-Ausrüstung

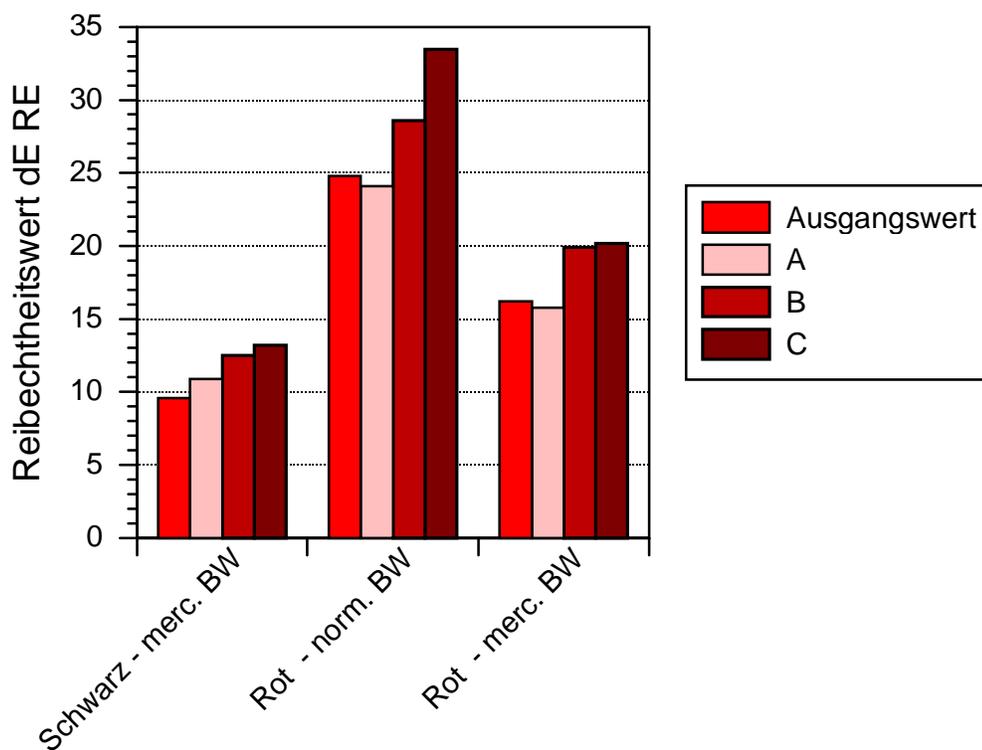


Abb. 92: Reibechtheiten (20x Crockmeter) bei verschiedenen Nachbehandlungen; (aufgetragene Werte: nach Abriebentfernung); (s. Tab. 54)

Vergleicht man die Auswirkungen der unterschiedlichen Nachbehandlungen auf dem schwarzgefärbten Gewebe mit dem Ausgangswert (dE RE=9,6), so ergeben sich von **A** (dE RE=10,9) über **B** (dE RE=12,5) abgestuft Verschlechterungen der Reibechtheit, die bei **C** (dE RE=13,2) am stärksten zutage tritt.

Bei beiden rotgefärbten Gewebe zeigt sich zwar eine geringfügige Verbesserung bei der Behandlung mit **A**, allerdings ergeben sowohl die **B**- als auch die **C**-Behandlung wieder erheblich schlechtere Werte, die erneut bei **C** am schlechtesten ausfallen.

Der geringe Einfluß der **A**-Behandlung auf die Reibechtheitswerte läßt den Schluß zu, daß sich eine filmbildende Polyacrylat-Behandlung weder stabilisierend noch destabilisierend auf die Festigkeit der Fasern auswirkt.

Bei der Behandlung mit dem hydrophobierend wirkenden **B** hätte man erwartet, daß infolge der geringeren Benetzbarkeit des Prüfgewebes durch das feuchte Reibgewebe eine Reduzierung der Reibechtheitswerte resultiert. Dies ist offensichtlich nicht der Fall.

Durch eine Polysiloxanbehandlung (**C**) wäre auf Grund der oberflächlich vernetzenden Eigenschaften eine Stabilisierung des Gewebes zu erwarten, bei gleichzeitiger Erhöhung der Sprungelastizität. Bei der Reibprüfung ergaben sich jedoch schlechtere Reibechtheitswerte, wobei sich zugleich eine auffällig große Menge an Faserabrieb auf dem Reibgewebe befand – zu sehen an dem großen Unterschied (Δ dE RE) vor und nach der Faserentfernung.

Nach einer Vernetzung mit Polysiloxan ist die Verschiebung der Gewebefasern im Gewebe eingeschränkt. Die beim Reibvorgang auftretenden Kräfte können daher nicht mehr so effektiv wie beim nicht vernetzten Gewebe verteilt werden. Die Folge ist, daß einzelne Fasern beim Reibvorgang leichter brechen und zerrieben werden und so die schlechteren Reibechtheiten verursachen.

In *Kap 17.8.3* wird auf die, den Behandlungen entsprechenden Reibungskräfte eingegangen. Dies geschieht besonders im Hinblick darauf, daß wie oben erwähnt, entsprechende Behandlungen zu reduzierten Reibungskräften führen sollten.

Fluorcarbonausrüstung

Bei Fluorcarbonen handelt es sich um Hochveredlungskemikalien, die einen Hydrophobierungseffekt mit einem Oleophobierungseffekt vereinen und somit auch schmutzabweisend wirken. Alle Fluorcarbone enthalten einen Perfluoralkylrest, bei dem alle Wasserstoffatome durch Fluoratome ersetzt sind. Mittels Einführung einer funktionellen Gruppe lassen sich eine Vielzahl an Verbindungen generieren. Die Wirkungsweise von Fluorcarbonen beruht darauf, daß durch den Perfluoralkylrest die kritische Oberflächenenergie der ausgerüsteten Warenoberfläche vermindert wird. Diese liegt dann zumeist unter derjenigen der netzenden Flüssigkeit. Dadurch entsteht eine chemische Barriere gegen das Eindringen der Flüssigkeit, da sie schwerer zu benetzen ist [36]. Eine Ausrüstung von gefärbtem Gewebe mit Fluorpolymeren sollte sich wegen des hydrophoben Effektes – ähnlich wie bei anderen hydrophoben Ausrüstungen – in besseren Reibechtheiten äußern, da die Reibung zwischen Reibgewebe und Prüfgewebe auf Grund der geringeren Feuchte vermindert sein sollte.

Zur Ermittlung der Reibechtheiten vor und nach einer Fluorpolymerausrüstung, wurde ein Schwarz 2b und ein Rot 2a gefärbtes mercerisiertes Gewebe mit der Fluorpolymerlösung behandelt. Es wurden die resultierenden Reibechtheiten nach 20 Reibbewegungen ermittelt. Diese Reibechtheitswerte sind in *Tab. 55* eingetragen und in *Abb. 93* dargestellt

Tab. 55: Reibechtheiten (20x Crockmeter) bei unterschiedlich gefärbten Geweben vor und nach einer Fluorpolymer-Ausrüstung

	Ausgangswert	nach Fluorpolymer-Ausrüstung
Schwarz 2b	9,6	13,4
Rot 2a	17,0	21,5

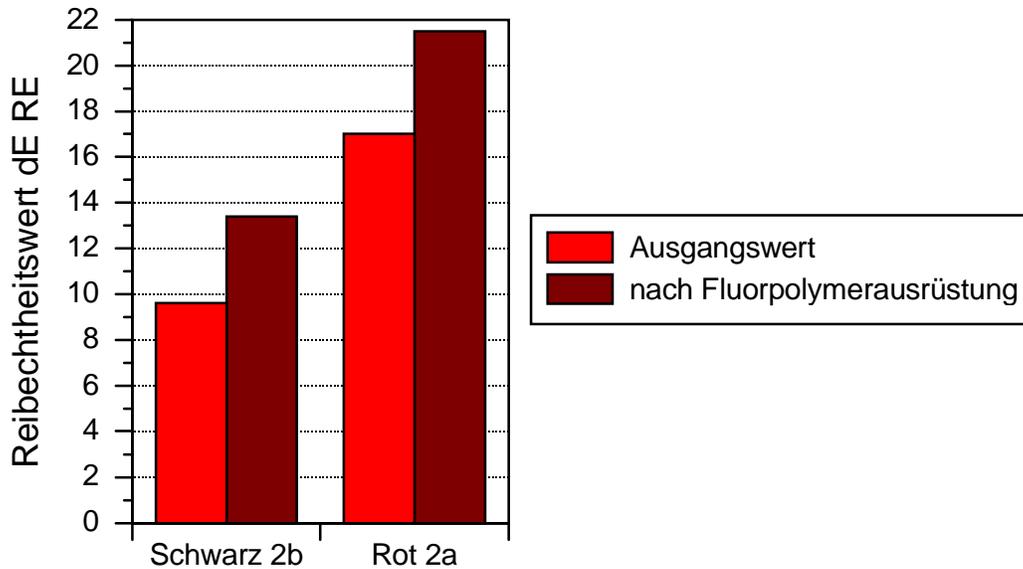


Abb. 93: Reibechtheiten (20x Crockmeter) bei unterschiedlich gefärbten Geweben vor und nach einer Fluorpolymer-Ausrüstung (s. *Tab. 55*)

Sowohl beim Schwarz 2b als auch beim Rot 2a gefärbten Gewebe resultiert nach einer Fluorpolymerbehandlung eine deutliche Verschlechterung der Reibechtheitswerte von $dE RE=9,6$ auf $13,4$ ($\Delta dE RE= 3,8$) bei Schwarz 2b und von $dE RE=17,0$ auf $21,5$ ($\Delta dE RE= 4,5$) bei Rot 2a.

Bei den fluorpolymerbehandelten Geweben sollten ähnliche Effekte Ursache für die schlechten Reibechtheiten sein wie bei den vorgenannten anderen Appreturen.

Auf Grund der beobachteten Verschlechterung der Reibechtheiten sollte man eine Veränderung der Reibungskräfte durch die Behandlung vermuten. Der Einfluß einer Fluorpolymerausrüstung auf die Reibungskräfte wird daher in *Kap. 17.8.3.1* besprochen.

15.4 Faserschädigung bei Veredlungsschritten

Bereits in einer vorangegangenen Arbeit wurde festgestellt, daß reaktivgefärbtes Baumwollgewebe durch Einwirkung von sauren Medien unter bestimmten Bedingungen – besonders bei zusätzlicher Einwirkung von hohen Temperaturen – einen Teil seiner Festigkeit verlieren kann [134].

Daß sich durch eine solche Behandlung der durchschnittliche Polymerisationsgrad (DP) – und damit verbunden die Festigkeit ändert – wurde dort ebenfalls eingehend erörtert. Es scheint eine nur logische Schlußfolgerung zu sein, daß sich bei gefärbten Geweben eine geringere Festigkeit in erhöhten Reibechtheitswerten äußern muß, da geschwächte Faserstrukturen durch Reibungskräfte leichter und in einem stärkeren Ausmaß geschädigt werden können.

Um diesen Sachverhalt zu verifizieren, wurde bei Schwarz 2b gefärbtem mercerisiertem Baumwollgewebe der DP-Wert durch entsprechende säurehydrolytische Behandlungen schrittweise abgebaut. Dazu wurde das Gewebe mit verdünnter Essigsäure foulardiert und dann bei den in *Tab. 56* angegebenen Temperaturen und Zeiten getrocknet. Anschließend wurden die DP-Werte, die Weiterreißkräfte sowie die Reibechtheitswerte mit dem Ruf-Reibgerät bestimmt (*Tab. 56*).

Tab. 56: Änderung von durchschnittlichem Polymerisationsgrad (DP), Weiterreißkraft und Reibechtheitswerten (Ruf-Reibgerät) bei unterschiedlichen Trockenbedingungen

Behandlung	DP	Weiterreißkraft [N]	Reibechtheit dE RE	
			25x	50x
Ausgangswert	2497	8,2	11,9	17,2
130°C; 2,5 Min	1823	7,9	11,3	17,2
130°C; 10 Min	1146	7,4	11,6	17,3
190°C; 2,5 Min	989	6,5	13,6	21,4
190°C; 10 Min	578	4,7	20,1	24,8

Um eine Vorstellung vom Verlauf der Festigkeit zu erhalten, wurde eine Auftragung der Weiterreißkraft gegen die DP-Werte gewählt und durch diese Werte eine Ausgleichskurve gezogen, deren weiterer Verlauf bei kleinen DP-Werte gestrichelt angedeutet ist (*Abb. 94*).

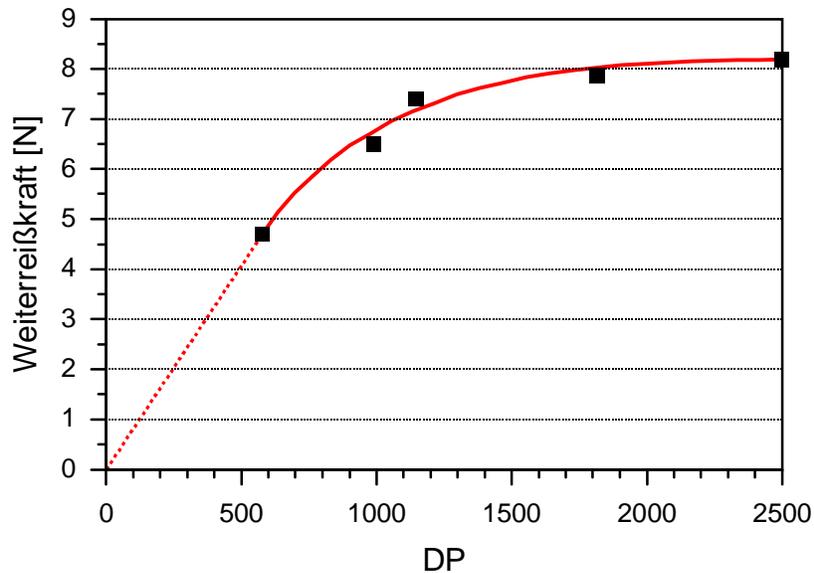


Abb. 94: Abhängigkeit der Weiterreißkraft vom durchschnittlichen Polymerisationsgrad (DP) bei mit Schwarz 2b gefärbtem mercerisiertem Baumwollgewebe (s. Tab. 56)

Es läßt sich deutlich erkennen, daß mit Steigerung der Behandlungstemperatur und der Trockendauer ein Abfall des DP-Werts von anfänglich ca. 2500 auf etwa 500 zu verzeichnen ist. Damit einher geht ein Reißfestigkeitsverlust, der sich jedoch erst ab DP-Werten kleiner ca. 1000 bemerkbar macht. Oberhalb diesen Wertes findet man fast gleich hohe Festigkeiten um 8 N vor, während die Festigkeit unter einem DP von 1000 drastisch abnimmt, bis bei einem DP von 578 eine Festigkeit von 4,7 N – also ca. die Hälfte des ursprünglichen Werts – erreicht wird.

Es ist in diesem Zusammenhang nochmals auf den Umstand hinzuweisen, daß eine Schädigung der Baumwolle durch Ermittlung des durchschnittlichen Polymerisationsgrades weitaus empfindlicher zu detektieren ist als durch Bestimmung der Weiterreißfestigkeiten.

Es sollte darauf hingewiesen werden, daß solche Schadensfälle durchaus in der Praxis auftreten können [134].

Werden nun die gemessenen Reibechtheitswerte von 25 und 50 Reibturen gegen den DP-Wert aufgetragen wird, erhält man das in *Abb. 95* dargestellte Bild.

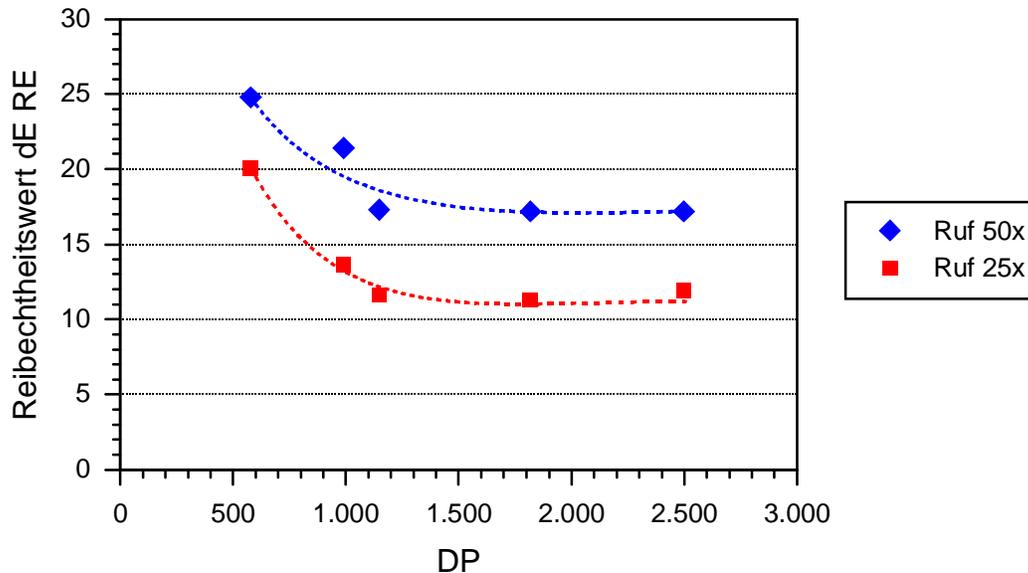


Abb. 95: Abhängigkeit der Reibechtheitswerte vom durchschnittlichen Polymerisationsgrad (DP); (s. *Tab. 56*)

Es zeigt sich, daß die Reibechtheitswerte oberhalb eines DP von 1000 fast konstant sind. Analog dem Kurvenverlauf der Festigkeiten (*Abb. 94*) verschlechtern sich die Reibechtheiten auch hier ab einem DP-Wert kleiner als 1000 erheblich. Darüber hinaus fällt auf, daß die Werte von 25 und 50maligem Reiben parallel verlaufen. Dieser Versuch zeigt deutlich, daß Reibechtheiten entscheidend von der Stabilität der Faser beeinflusst werden, wobei ein direkter Zusammenhang zwischen abnehmender Weiterreißfestigkeit, sinkendem DP-Wert und steigenden Reibechtheitswerten zu sehen ist. Dies ist ein sehr wichtiger Befund und könnte eine Erklärung dafür sein, wenn in der Praxis Reklamationen über unerwartet schlechte Reibechtheiten bei reaktivgefärbter Baumwolle sich ergeben.

16. Reibechtheiten in Gegenwart verschiedener organischer Lösungsmittel

16.1 Grundlagen

Neben der DIN zur Bestimmung der Reibechtheiten trocken und naß mit Wasser, existiert auch noch eine Norm, die das Prüfen von Reibechtheiten bei Verwendung organischer Lösungsmittel beschreibt. Diese DIN EN ISO 105 – D02 [135] weist jedoch im Gegensatz zur "normalen" Reibechtheitsprüfung einige Besonderheiten auf. Es kann ein Reibzapfen verwendet werden, der aus einem hohlen Rohr und einem perforierten Blech als Boden besteht. Ein Stopfen aus Baumwolle wird in dieses Rohr hineingesteckt und die Außenseite des perforierten Bodens mit Wollflanell überspannt. Zur Prüfung wird das Baumwoll-Reibgewebe über dem Wollflanell befestigt und in das hohle Rohr 3 ml Lösemittel auf den darin befindlichen Baumwollstopfen getropft. Eine andere Möglichkeit ist das bereits bekannte Tränken des Reibgewebes auf einem Metallnetz mit der entsprechenden Lösemittelmenge. Als Lösemittel zur Prüfung sind in der Norm das Perchlorethylen und Testbenzin aufgeführt. Das weitere Vorgehen während der Prüfung gleicht dem Test der Naßreibechtheit.

16.2 Reibechtheitswerte

Der folgende Versuch sollte Reibechtheitswerte liefern, die durch Verwendung verschiedener organischer Lösungsmittel bei "feuchter" Reibechtheitsprüfung auftreten. Dabei sollte untersucht werden, welchen Einfluß die Polarität und die Quellwirkung eines Lösungsmittels hat. Untersucht wurde Schwarz 2b gefärbtes mercerisiertes Gewebe. Zum Befeuchten des Reibgewebes wurden immer 0,25 ml des entsprechenden Lösungsmittels auf das Reibgewebe gegeben (entsprechend 100% Gewebefeuchte). Um ein zu schnelles Verdunsten der Lösungsmittel zu verhindern, wurden die Reibechtheitswerte mit dem Ruf-Reibgerät ermittelt, da durch das Zusammenklappen der Gewebehalter während des ganzen Reibvorgangs ein engerer Kontakt zwischen Reibgewebe und Prüfgewebe besteht. Geprüft wurden die Reibechtheiten von Aceton, Acetonitril, Cyclohexan, Dioxan, DMF, Ethanol und Toluol im Vergleich mit Wasser. Zusätzlich wurden jeweils eine starke und eine schwache Säure (1%ige Essigsäure und konz. Salzsäure) bzw. Base (10%ige Ammoniaklösung und Natronlauge) untersucht. Besonders bei den basischen Lösungsmitteln sollte sich zeigen, ob durch eine hydrolytische Farbstoff-Faser-Spaltung während des Reibvorganges die Reibechtheit negativ beeinflusst wird.

Tab. 57 zeigt die mit dem Ruf-Reibgerät ermittelten Reibechtheitswerte bei 25 und 50 Reibtouren.

Tab. 57: Reibechtheiten (Ruf-Reibgerät) von Schwarz 2b gefärbtem mercerisiertem Gewebe bei Verwendung verschiedener organischer Lösungsmittel

Lösungsmittel	Reibechtheit dE RE	
	25x	50x
Aceton	13,0	18,3
Acetonitril	14,3	18,0
Cyclohexan	3,6	5,6
Dioxan	8,7	13,5
DMF	16,0	19,9
Ethanol	11,2	15,7
Toluol	4,4	7,7
Wasser	12,0	16,6
Essigsäure	11,7	15,8
Salzsäure	12,0	15,3
Ammoniaklösung	13,5	17,8
Natronlauge	13,7	18,6

Die untere Abb. 96 zeigt den Vergleich der Reibechtheitswerte bei 25 und 50 Reibtouren mit dem Ruf-Reibgerät.

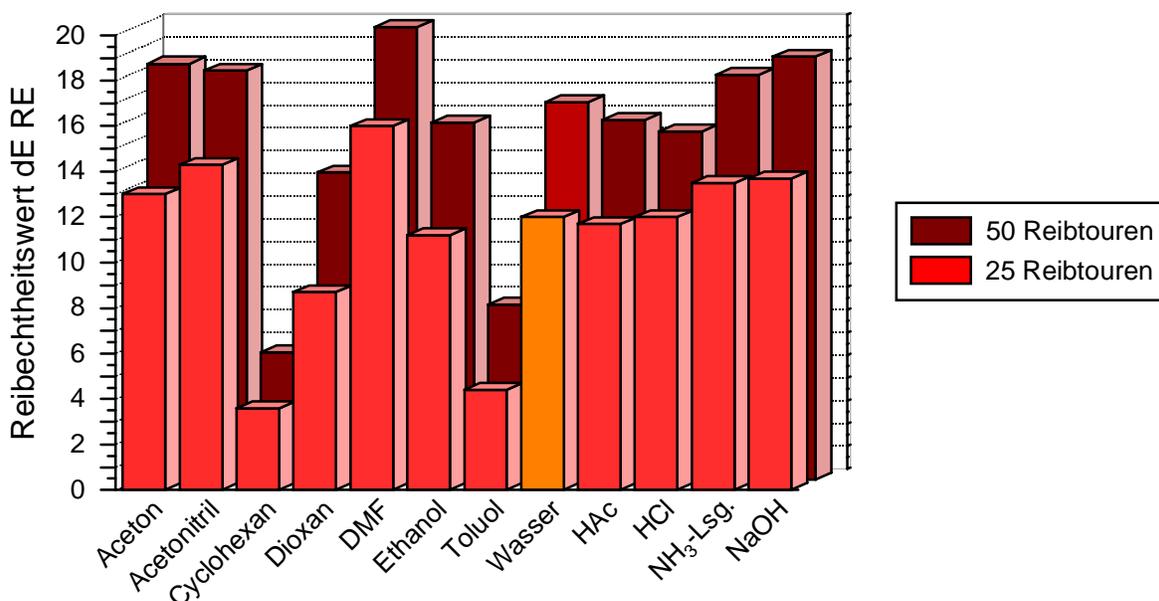


Abb. 96: Reibechtheiten von Schwarz 2b gefärbtem mercerisiertem Gewebe bei Verwendung verschiedener organischer Lösungsmittel (s. Tab. 57)

Geht man bei den Reibechtheitswerten von Wasser als Vergleichswert aus (für 25 Reibtouren: dE RE=12,0), so ergibt sich für die verschiedenen Lösungsmittel auf den ersten Blick ein Zusammenhang mit der Polarität des Lösungsmittels. So zeigt sich bei den dipolaren aprotischen Lösungsmitteln Aceton (dE RE=13,0), Acetonitril (dE RE=14,3) und DMF (dE RE=16,0) die höchsten Reibechtheitswerte, bei den wenig polaren Lösungsmitteln Dioxan (dE RE=8,7), Cyclohexan (dE RE=3,6) und Toluol (dE RE=4,4) die geringsten, die besonders gering bei den beiden letztgenannten ausfallen. Bei Ethanol (dE RE=11,2) als polares protisches Lösungsmittel ändert sich der Reibechtheitswert im Vergleich zu Wasser kaum. Das gleiche gilt ebenfalls für die verdünnte Essigsäure (dE RE=11,7) sowie die Salzsäure (dE RE=12,0).

Sowohl die Ammoniaklösung (dE RE=13,5) als auch die Natronlauge (dE RE=13,7) weisen dagegen erhöhte Reibechtheitswerte auf. Dies kann damit begründet werden, daß aufgrund der alkalisch induzierten Farbstoff-Faser-Bindungsspaltung des zwei VS-Gruppen enthaltenden Farbstoffs, zusätzlicher Farbstoff auf das Reibgewebe übergehen kann.

Im Folgenden wurde noch untersucht, wie unterschiedlich schnell das Reibgewebe während der Prüfung trocknet, da ein trockenes Reibgewebe im allgemeinen geringere Reibechtheitswerte liefert.

Um die Flüchtigkeit, d.h. die Verdunstung der verschiedenen Lösungsmittel auf dem Reibgewebe unter praxisnahen Bedingungen bestimmen zu können, wurde jeweils 0,250 ml Lösungsmittel (\cong 100%) mittels einer Eppendorffpipette auf das Reibgewebe gespritzt. Die anschließende Gewichtsabnahme des feuchten Reibgewebes – gemessen in 15 Sekundenintervallen – über eine Zeit von 120 Sekunden repräsentiert die Verdunstung des jeweiligen Lösungsmittels aus dem Gewebe (*Abb. 97*).

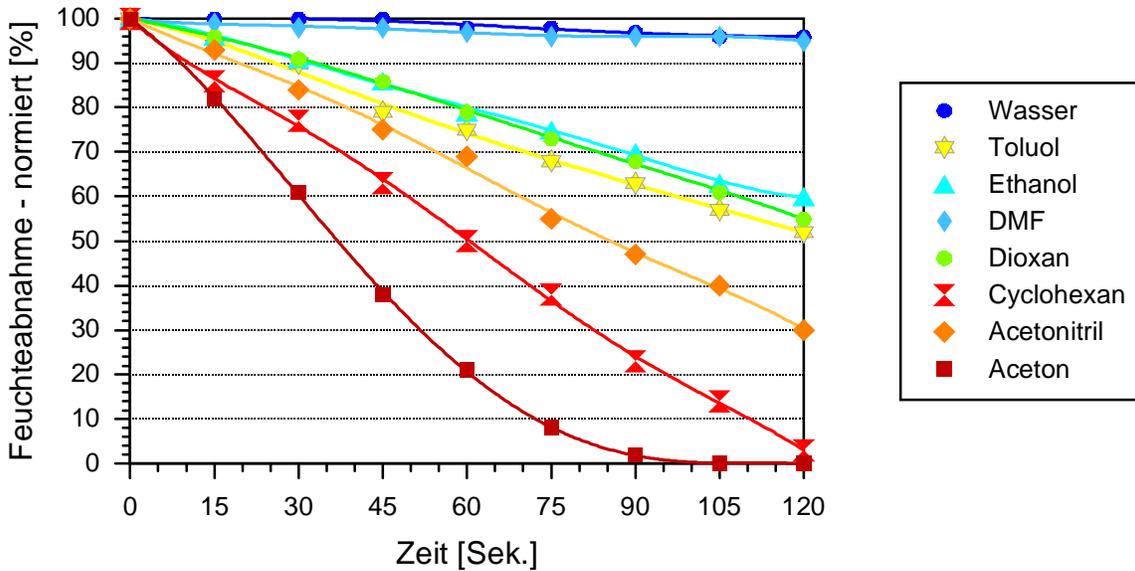


Abb. 97: Feuchteabnahme (normiert) des Reibgewebes über die Zeit bei unterschiedlichen Lösungsmitteln.

Bereits nach 15 Sekunden ist bezüglich der Gewichtsabnahme der verschiedenen Reibgewebe ein deutlicher Unterschied zu sehen, der sich zum Ende der Beobachtungsdauer noch stärker offenbart. Geht man davon aus, daß beim Ruf-Reibgerät eine Prüfung bei 25 Reibtouren etwa 30 Sekunden und bei 50 Reibtouren etwa 50 Sekunden dauert, so könnte die oben gezeigte "Lösungsmittel-Flüchtigkeit" durchaus ein Unterscheidungskriterium für die unterschiedlichen Reibechtheiten darstellen. Es ergibt sich aufgrund der ermittelten Gewichtsabnahmen der Gewebe folgende "Flüchtigkeiten" der Lösungsmittel (in abnehmende Rangfolge): Aceton, Cyclohexan, Acetonitril, Toluol, Dioxan, Ethanol, DMF und Wasser. Eine Begründung der differierenden Reibechtheiten bei den verschiedenen Lösungsmitteln von *Kap. 16.2* kann jedoch anhand der hier gefundenen Flüchtigkeiten nicht gegeben werden. So ergibt beispielsweise Aceton mit der höchsten Flüchtigkeit hohe Reibechtheitswerte, während das folgende Cyclohexan nur sehr geringe Reibechtheitswerte aufweist. Acetonitril dreht diesen Befund wieder ins Gegenteil.

Demnach spielt der unterschiedliche Trocknungszustand des Reibgewebes während der Prüfung keine entscheidende Rolle.

Denkbar ist aber, daß der unterschiedliche Quellungszustand der Baumwolle in den verschiedenen Lösungsmitteln einen Einfluß hat. Auch unterschiedliche Reibungskräfte in Gegenwart verschiedener Flüssigkeiten könnten eine Rolle spielen.

Ausführlich wird der Gesichtspunkt der Reibungskräfte im *Kap. 17.8.4* untersucht.

17. Tribologische Untersuchungen zur Ermittlung der Reibungskräfte

17.1 Untersuchungen mit dem Kawabata Evaluation System (KES-F-4)

Um eine Vorstellung von der Größenordnung der Reibungskräfte, der in dieser Arbeit untersuchten Substrate zu erhalten, wurde exemplarisch einige dieser Gewebe mit dem Kawabata Evaluation System KES-F-4 untersucht. Dabei interessierte besonders die Fragestellung, ob eine solche Prüfung zur Korrelation und Differenzierung von Reibechtheiten geeignet ist.

Bei den untersuchten Geweben handelte es sich um ungefärbte Gewebe aus unterschiedlichen Materialien: Wolle, Polyamid, Polyester, Lyocell, Lyocell LF, normales und mercerisiertes Baumwollgewebe.

Das KES-F-4 liefert Informationen über den Reibungskoeffizienten MIU sowie die mittlere Abweichung MMD. Die Ergebnisse sind in *Tab. 58* aufgeführt und in *Abb. 98* dargestellt. Große Reibungskoeffizienten (MIU) weisen auf eine erhöhte Reibung hin, während große mittlere Abweichungen (MMD) auf ein ungleichmäßiges Gewebe hindeuten.

Tab. 58: Mit dem KES-F-4 ermittelte Reibungskoeffizienten (MIU) und mittlere Abweichungen (MMD) verschiedener Substrate

Material	MIU	MMD
Wolle	0.160	0.0600
Polyester (PES 1)	0.120	0.0148
Polyamid (PA 2)	0.193	0.0590
Lyocell	0.130	0.0121
Lyocell LF	0.150	0.0082
norm. BW	0.142	0.0188
merc. BW	0.125	0.0179

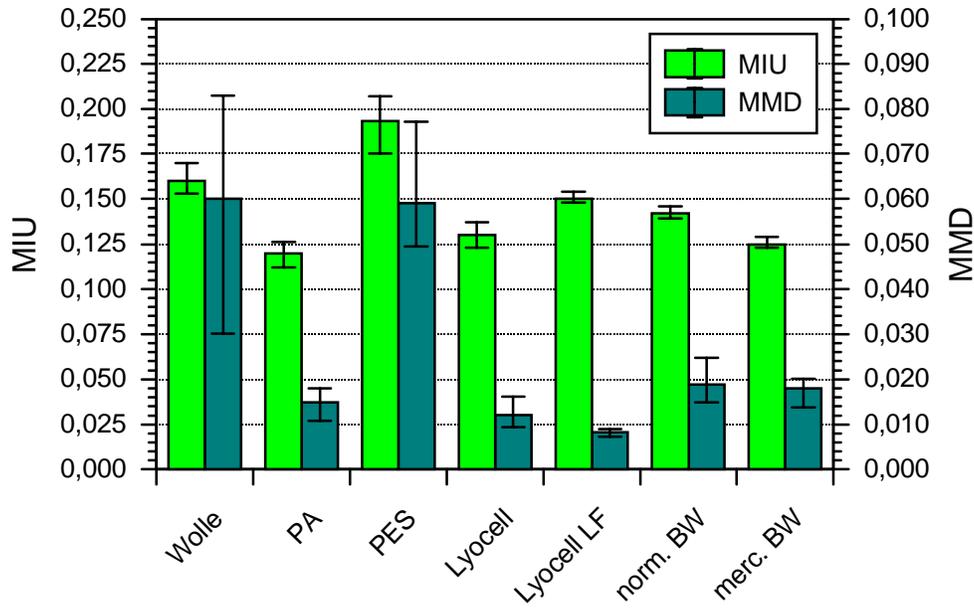


Abb. 98: Mit dem KES-F-4 ermittelte Reibungskoeffizienten (MIU) und mittlere Abweichungen (MMD) verschiedener Substrate (s. Tab. 58)

Betrachtet man zunächst allgemein die gemessenen Reibungskoeffizienten der Gewebe, so schwanken diese zwischen 0,120 und 0,193. Wolle und Polyester-gewebe weisen dabei die höchsten Werte mit 0,160 und 0,193 auf. Dies liegt unter anderem daran, daß beide Gewebe relativ grob gewoben sind, was sich auch in den hohen, breit gestreuten Werten der Mittleren Abweichung (MMD) äußert. Bei dem Polyamidgewebe handelte es sich um ein relativ glattes Gewebe, was auch durch die entsprechenden Werte (MIU = 0,120 und kleine MMD) bestätigt wird. Bei Lyocell (MIU = 0,130) und Lyocell LF (MIU = 0,150) differieren die Werte doch deutlich, obwohl man aufgrund der identischen Webart auch ähnliche Werte erwartet hätte. Normales Baumwollgewebe (MIU = 0,142) und mercerisiertes Baumwollgewebe (MIU = 0,125) entsprechen den erwarteten Werten. Geht man bei mercerisiertem Gewebe von einem – aufgrund des gequollenen, runden Querschnitts – gleichmäßigeren Gewebe aus, kann der Meßfühler leichter über das Gewebe gleiten.

Für weitergehende Untersuchungen wurde dann aber ein selbst modifiziertes Crockmeter eingesetzt, mit dem sich die Reibungskräfte während des Reibvorgangs direkt messen lassen.

17.2 Reibungskraftermittlung mit einem modifizierten Crockmeter

Ausgangspunkt für die folgenden Untersuchungen war der Wunsch, Reibungskräfte direkt am Crockmeter meßbar zu machen, um einen möglichst unmittelbaren Vergleich mit den Reibechtheitswerten zu ermöglichen. Das von BIGLER [96] mit einer Federwaage modifizierte Crockmeter diente dabei als Vorlage (vgl. *Kap. 7.2.2.*).

Zunächst galt es jedoch, einige Nachteile dieses Versuchsaufbaus zu verbessern. Dazu zählte zunächst einmal der Nachteil, daß die Reibungskräfte mit der Federwaage nur unidirektional – also nur bei der Hin- oder Herbewegung – ermittelt werden konnten. Es sollte daher versucht werden, die Reibungswerte des gesamten Reibvorgangs vollständig aufzunehmen. Bei der von BIGLER verwendeten Federwaage ist darüber hinaus nur ein optisches Ablesen der Werte während des Meßvorgangs durch die Prüfperson möglich. Aus diesem Grund sollte die Genauigkeit der Messung verbessert werden, verbunden mit der Möglichkeit einer kontinuierlichen, EDV-unterstützten Aufzeichnung der Reibungswerte.

17.2.1 Versuchsaufbau

Die von BIGLER bei seinen Prüfungen verwendete Federwaage zur Ermittlung der Reibungskräfte wurde durch einen Dehnungsstreifenkraftaufnehmer ersetzt (vgl. *Kap. 7.2.2.*). Der Einbau erfolgte innerhalb der Verbindungsstange des Crockmeters. (vgl. *Abb. 99.*) Dadurch ergeben sich eine Reihe von Vorteilen. Da der Kraftaufnehmer auf Zug- und Druck reagiert, kann sowohl die Kraft in Hin- als auch in Herichtung gleichermaßen ermittelt werden, was bei Einsatz der Federwaage nicht möglich ist. Der verwendete Kraftaufnehmer wird normalerweise in einem Reißprüfgerät verwendet. Aus diesem Grund ergibt sich auch die Möglichkeit, über den angeschlossenen Computer und das dort eingesetzte Meßwerteaufnahme- und Auswertprogramm auf die Meßparameter zuzugreifen. Es können somit die entsprechenden Reibungskräfte über die Dauer der Reibprüfung kontinuierlich aufgenommen werden. Da die erhaltenen Meßdaten digital im Computer vorliegen, können diese nun gespeichert, bearbeitet und ausgewertet werden. Auch dies war bisher nicht möglich.

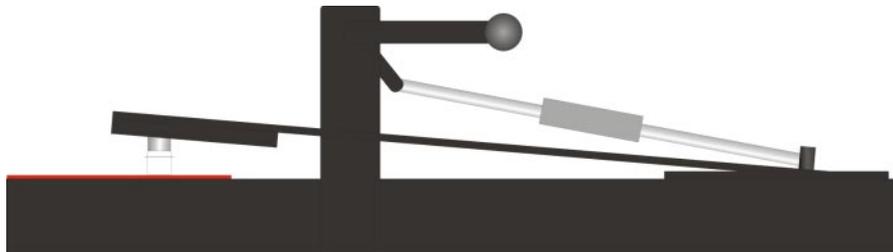


Abb. 99: Schematischer Aufbau des modifizierten Crockmeters mit eingesetztem Dehnungsstreifenkraftaufnehmer

17.2.2 Meßprinzip

Der Ablauf der Messung erfolgt wie bisher bei der Ermittlung der Reibechtheiten. Nach dem Aufsetzen des Reibzapfens mit dem Reibgewebe auf dem Prüfgewebe wird die Messung durch Bewegen der Antriebskurbel gestartet (Abb. 100 bzw. (1) in Abb. 103). Durch die horizontale Bewegung nach vorne reibt das Reibgewebe über das Prüfgewebe. Diese Reibungskraft bewirkt eine Zugbeanspruchung am Meßkopf, was sich in einer positiven Kraft äußert (Abb. 101 bzw. (2) in Abb. 103). Beim Rückweg wird der Kraftsensor mit einer Druckkraft beaufschlagt, was zu einer negativen Kraft führt (Abb. 102 bzw. (3) in Abb. 103). Diese am Kraftsensor gemessene Kraft entspricht der Haft- bzw. Gleitreibung zwischen Prüf- und Reibgewebe. Da die Prüfnorm zur Reibechtheit einen "Takt" von 10 Reibbewegungen innerhalb von 10 Sekunden vorschreibt, wurde dieser Vorgabe besondere Aufmerksamkeit geschenkt. So kam ein Taktgeber (Metronom) zum Einsatz, mit dessen Taktimpulsen die Reibbewegungen synchronisiert wurden.

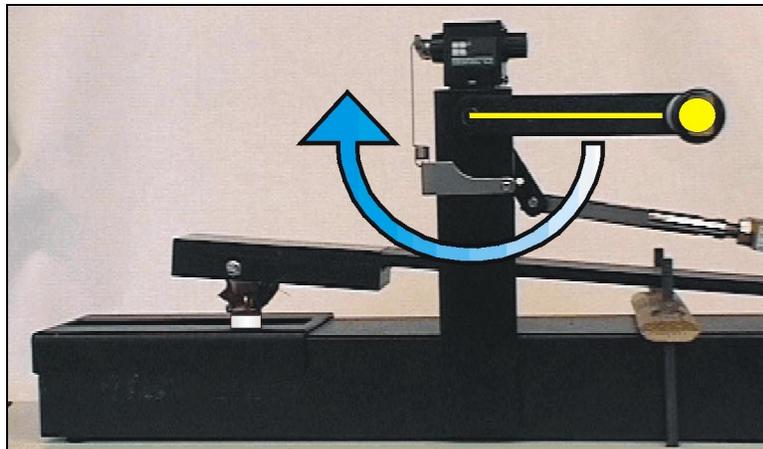


Abb. 100: Position von Reibzapfen, Kurbel und Kraftsensor beim Crockmeter 1.: Aufsetzposition; blau: Drehrichtung

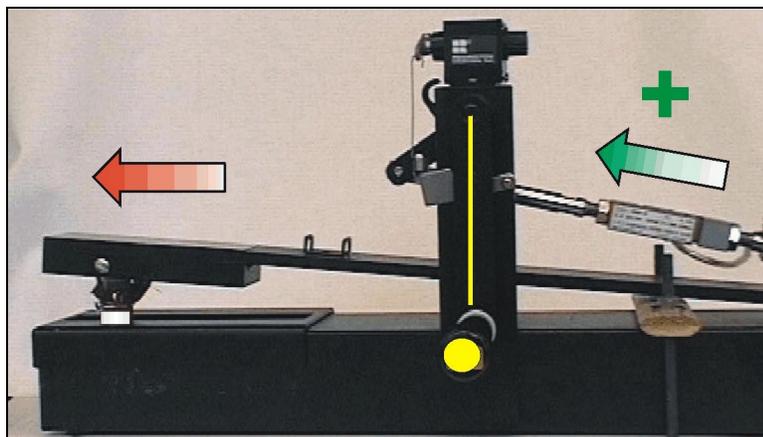


Abb. 101: Positionen von Reibzapfen, Kurbel und Kraftsensor beim Crockmeter 2.: Reibbewegung nach links: → Zug auf Kraftsensor → positive Kraft

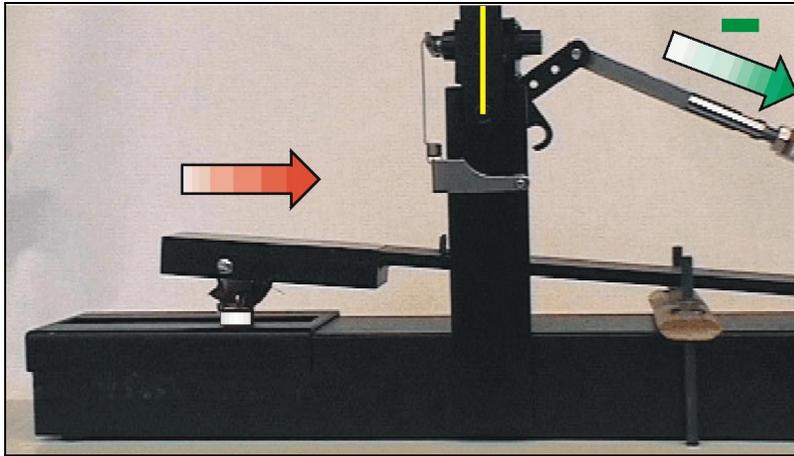


Abb. 102: Positionen von Reibzapfen, Kurbel und Kraftsensor beim Crockmeter
3.: Reibbewegung nach rechts: → Druck auf Kraftsensor → negative Kraft

Für die Ermittlung der Reibungskräfte werden 20 Hin- und Herbewegungen durchgeführt, um – aufgrund der Schwankung der Einzelwerte – zur Berechnung des Reibungskraft-Mittelwertes eine möglichst breite Zahlenbasis zugrunde legen zu können. Die Mittelwertbildung erfolgt dann über alle normierten negativen und positiven Kraftmaxima F_{\max} . in der Einheit Newton [N]. *Abb. 103* zeigt eine typische, nach diesem Prüfverfahren aufgenommene Meßkurve, wobei zusätzlich die einzelnen Kurvenabschnitte den jeweiligen Bewegungsphasen zugeordnet sind (vgl. der Numerierung mit *Abb. 100* bis *Abb. 102*).

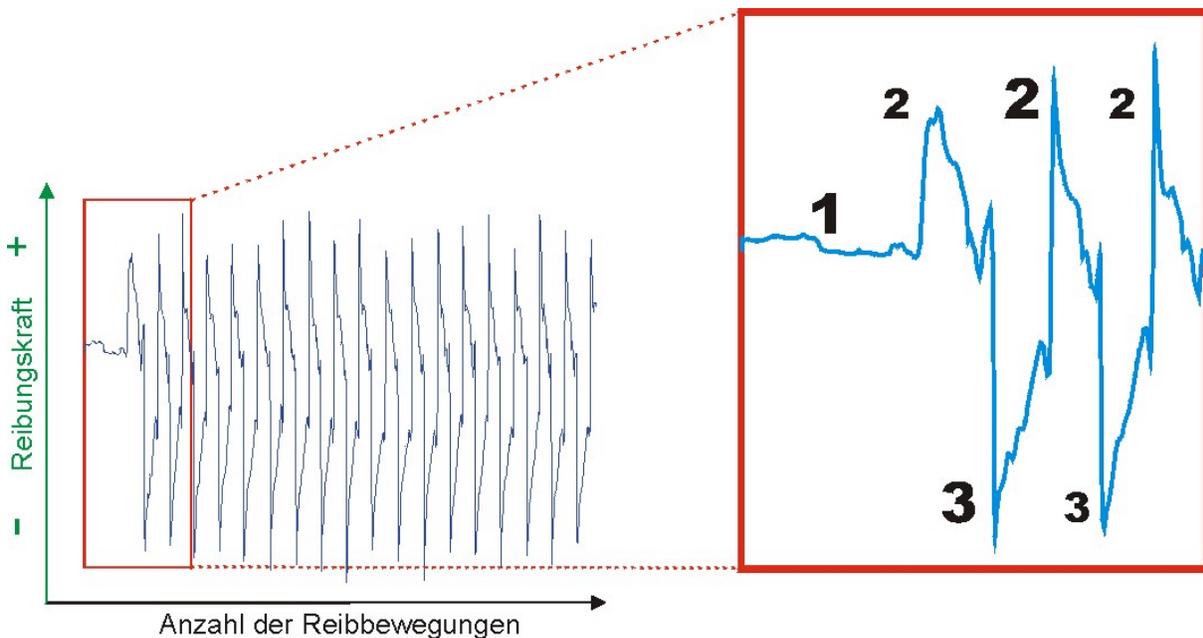


Abb. 103: Meßkurve und Zuordnung entsprechend der Bewegungsphasen

17.3 Verschiedene Materialien

Bei der Einführung einer neuen Meßmethode stellt sich die Frage, ob damit ausreichend differenzierte Aussagen über die untersuchten Gewebe gemacht werden können. Ein Augenmerk muß daher neben der absoluten Höhe der ermittelten Werte auch auf der Verteilung der Werte um den Mittelwert liegen. Erst dadurch läßt sich einschätzen, ob die gemessenen Reibungskräfte aussagekräftig und somit vergleichbar sind.

Bei den untersuchten Prüfgeweben handelte es sich um ein Wollgewebe, je zwei Polyester- (PES) und Polyamidgewebe (PA) unterschiedlicher Materialdicke, Viskose, Lyocell- und Lyocell LF-Gewebe sowie normalem und mercerisiertem Baumwollgewebe. Bei all diesen (ungefärbten) Geweben wurden zwei unterschiedliche Reibungskräfte ermittelt. Zunächst die Reibungskraft beim Reiben mit einem nassen (100% feuchten) Reibgewebe sowie die Reibungskraft mit trockenem Reibgewebe (*Tab. 59*). Durch Aufnahme mehrerer Einzelwerte konnte ein Mittelwert ermittelt werden, wobei die zugehörigen \pm -Fehler (Minimum- und Maximumwert) in *Abb. 104* durch die Fehlerbalken verdeutlicht werden.

Tab. 59: Reibungskräfte verschiedener Substrate beim Reiben mit feuchtem und trockenem Reibgewebe

Prüfgewebe	Reibungskraft	Reibungskraft
	naß $F_{\max.}$ [N]	trocken $F_{\max.}$ [N]
Wolle	10,64	8,14
PES 1	9,97	7,67
PES 2	10,94	8,98
PA 1	10,65	7,88
PA 2	10,48	7,04
Viskose	12,36	7,79
Lyocell	12,73	10,98
Lyocell LF	12,21	8,12
normale BW	12,80	12,13
merc. BW	12,42	8,82

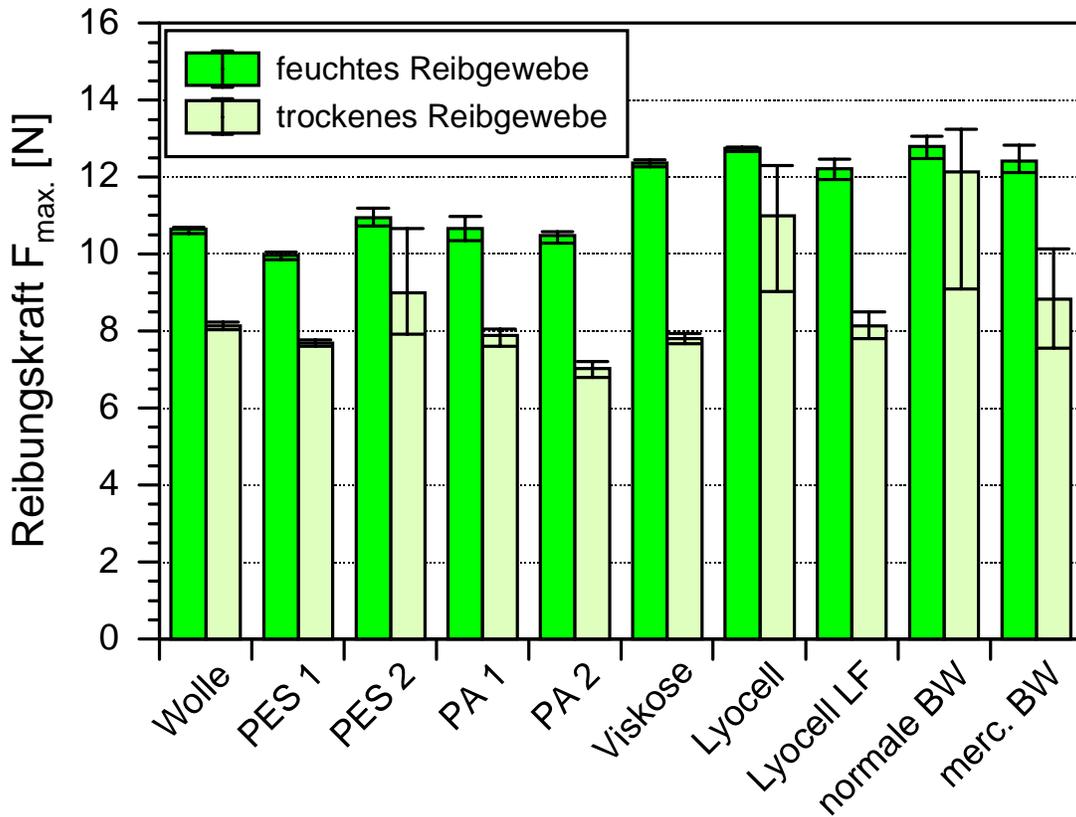


Abb. 104: Reibungskräfte verschiedener Substrate (s. Tab. 59)

Verglichen werden sollen zunächst die Reibungskräfte bei feuchtem Reibgewebe. Die gemessenen Reibungskräfte bewegen sich zwischen 9,97 N bei PES 1 und 12,73 N bei Lyocell und zeigen dabei sehr geringe Abweichungen (\pm -Fehler). Die Unterschiede der Werte von Wolle, PES 1, PES 2, PA 1 und PA 2 sind auf die unterschiedliche Konstruktion der Gewebe (Webart, -gewicht und Feinheit der Garne und Fasern) zurückzuführen. Im Vergleich mit den cellulosischen Geweben weisen die synthetischen Gewebe geringere Naßreibungskräfte auf, was einmal auf die härtere, glattere Fasern und auf den eher hydrophoben Charakter der Gewebe zurückzuführen ist. Die etwas höheren Naßreibungskräfte der cellulosischen Gewebe können auch mit der höheren Wasseraufnahme der Cellulosefasern zusammenhängen.

Bei trockenem Reibgewebe sind die Reibungskräfte teilweise erheblich gemindert, wobei jedoch nicht die in der Literatur beschriebene Abnahme der Reibungskraft auf 50% des Naß-Wertes gemessen wurde, sondern – abhängig vom Gewebe – höchstens 63% (Viskose) bis 95% (norm. Baumwolle). Dieser auffällige Unterschied zwischen den in dieser Arbeit gefundenen Werten und den Werten von BIGLER [96] muß mit den verwendeten Crockmeter und den mechanischen Eigenschaften der Bauteile (Kurbel, Gleiteigenschaften des Schlittens in der Führungsschiene, Verbindung mit der Exzenterstange, o.ä.) zusammenhängen.

Alleine der Austausch der Federwaage durch den Dehnungsstreifenkraftaufnehmer kann diesen großen Unterschied nicht erklären, zumal das Auflagegewicht des Reibzapfens durch den extrem leichten Meßkörper nicht beeinflusst wird.

Generell bewegen sich die Reibwerte von 7,04 N bei PA 2 bis 12,13 N bei mercerisiertem Gewebe. Die größere Abweichung der Werte (\pm -Fehler) ist besonders bei den Baumwollgeweben auffällig, was auf die ungleichmäßige Faserform und damit auch Faserstruktur zurückzuführen ist.

Die Höhe der Trockenreibungskräfte von Wolle, PES 1, PES 2, PA 1 und PA 2 entsprechen in ihrer relativen Lage zueinander denjenigen Werten, die bei nassem Reibgewebe gemessen wurden. Innerhalb der Gruppe der cellulosischen Gewebe zeigen sich größere Unterschiede bei den Trockenreibungskräften im Vergleich zu den Naßreibungskräften. Die Festigkeiten in den Geweben scheint sich also „ausgleichend“ auf die Reibungskräfte auszuwirken.

Die auffällig hohen Trockenreibungskräfte bei normalem Baumwoll- und bei Lyocellgewebe lassen sich nicht so ohne weiteres erklären.

Ein Vergleich der mit dem modifizierten Crockmeter ermittelten Reibungswerte mit denen des Kawabata KES-F4-Systems ist kaum möglich. Zum einen bewegen sich die Werte zueinander in ganz anderen Zahlenverhältnissen, teilweise sind die Werte (Lyocell, Lyocell LF) auch vertauscht. – unabhängig davon, welche der ermittelten Werte (feucht oder trocken) verglichen werden.

Zu erklären ist dies durch die voneinander sehr verschiedenen Meßanordnungen. Zwar wird bei beiden Meßprinzipien die Reibungskraft einer Gewebeprobe gemessen, allerdings beim KES-F-4 mit einem anderen Meßkopf (KES-F-4: Stahl (-saiten); Crockmeter: Gewebe), einer weitaus geringeren Auflagekraft und Auflagefläche (KES-F-4: 50g, 0,25 mm²; Crockmeter: 9N bei 201 mm²) und einer anderen Meßgeschwindigkeit (KES-F-4: 1 mm/s; Crockmeter: 200 mm/s).

Durch das Einsetzen eines Kraftaufnehmers direkt in das Crockmeter, können die Reibungskräfte ermittelt werden, die direkt beim Reibvorgang wirken. Besonders bei Verwendung von nassem Reibgewebe erhält man Einzelwerte, die sehr geringe Abweichungen aufweisen und somit sehr gut zur Differenzierung unterschiedlicher Gewebe herangezogen werden können. Trockenes Reibgewebe liefert geringere Reibungskräfte, wobei ein Abfall der Werte nicht so deutlich ist, wie in der Literatur beschrieben wird. Zusammenfassend läßt sich sagen, daß der gewählte Versuchsaufbau grundsätzlich geeignet ist, auftretende Reibungskräfte zu messen und damit auch die Möglichkeit besteht, Reibungskräfte mit Reibechtheitswerten zu korrelieren (s. *Kap. 17.8*).

17.4 Änderung der Reibungskräfte bei einer hohen Zahl an Reibbewegungen

Durch die Reibbewegungen wird das Gewebe geschädigt. Diese Schädigung sollte im Ausmaß zunehmen, wenn viele Reibbewegungen durchgeführt werden. Für die Reibungskräfte könnte dies ebenfalls zu einer Erhöhung führen, wenn nämlich eine zu Beginn der Prüfung glatte Gewebeoberfläche durch die Schädigung eine unregelmäßigere Oberflächenbeschaffenheit erhält. Auf der anderen Seite könnten die abgeriebenen Faserfragmente als eine Art "Gleitmittel" fungieren und so die Reibungskräfte herabsetzen. Bei einer nassen Reibprüfung wäre auch vorstellbar, daß bei einer hohen Zahl an Reibbewegungen, der die Reibungskraft erhöhende Feuchteanteil abnimmt und so die Reibung reduziert wird.

In der Praxis ist keiner dieser Effekte erkennbar. Die Einzelwerte der Reibungskraft schwanken bei Zunahme der Reibbewegungen nach wie vor gering, ohne jedoch in eine bestimmte Richtung zu tendieren. In *Abb. 105* sind die Reibungskräfte im Verlauf von 100 Reibbewegungen bei einer feuchten Reibprüfung auf mercerisiertem Baumwollgewebe dargestellt. Analog sieht es bei einer feuchten Reibprüfung mit 200 Reibbewegungen aus. Auf diese Darstellung wurde der Übersichtlichkeit halber jedoch verzichtet.

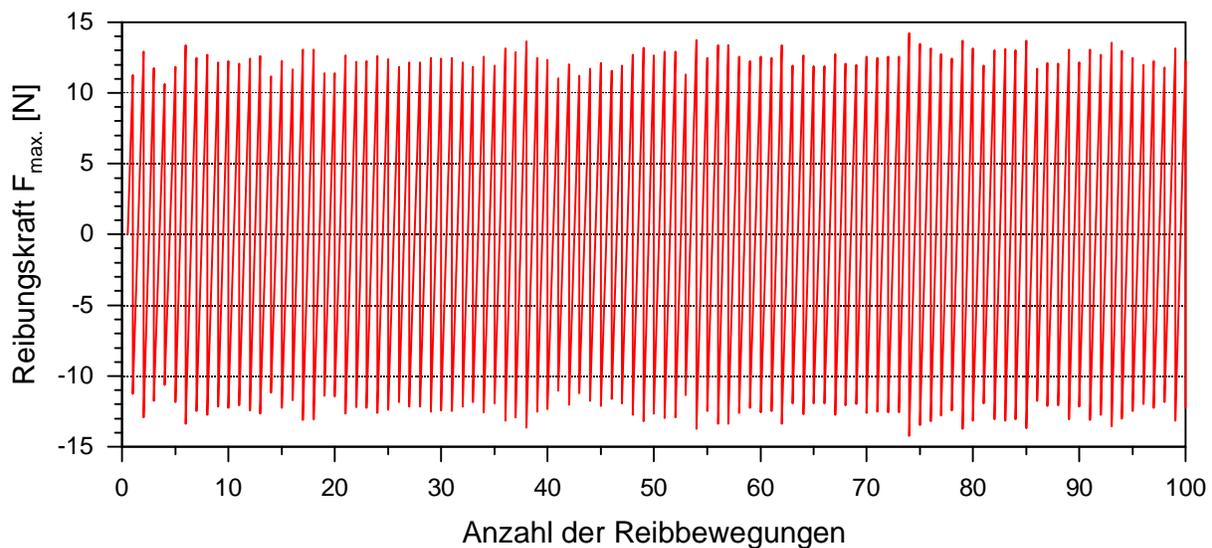


Abb. 105: Reibungskräfte im Verlauf von 100 Reibbewegungen;
gemessen auf mercerisiertem Prüfgewebe mit einem nassen Reibgewebe

17.5 Unterschiedliche Reibgeschwindigkeiten

In der Norm zur Reibechtheitsprüfung werden die 10 vorgeschriebenen Hin- und Herbewegungen innerhalb von 10 Sekunden durch Bewegen der Handkurbel am Crockmeter durchgeführt. Als Frage tauchte daher auf, inwieweit sich eine Änderung dieser Reibbewegungen bzw. der Kurbelgeschwindigkeit auf die Reibungskräfte und auf die Reibechtheitswerte auswirkt.

Im folgenden Versuch sollte untersucht werden, welche Reibungskräfte aus verschiedenen Kurbelgeschwindigkeiten resultieren. Dazu wurde zwischen einer Geschwindigkeit von 60 Umdrehungen pro Minute (= 10 Kurbelumdrehungen in 10 Sekunden; entsprechend DIN), 50 Umdrehungen pro Minute (8,3 Umdrehungen in 10 Sekunden) und 70 Umdrehungen pro Minute (11,6 Umdrehungen in 10 Sekunden) variiert. Gleichzeitig wurden die Reibechtheitswerte (20x Reiben) ermittelt. Diese Untersuchungen wurden zu Vergleichszwecken an mercerisierten Baumwollgeweben durchgeführt, die mit Rot 2a und Schwarz 2b gefärbt waren (*Tab. 60, Abb. 106*).

Tab. 60: Reibungskräfte und Reibechtheitswerte bei unterschiedlichen Reibgeschwindigkeiten

Reibgeschwindigkeit [U / min]	Rot 2a		Schwarz 2b	
	Reibungskraft $F_{max.}$ [N]	Reibechtheit dE RE	Reibungskraft $F_{max.}$ [N]	Reibechtheit dE RE
50	11,77	17.9	11,71	9.8
60	12,58	16,2	12,45	9.6
70	13,48	18.6	13,49	9.6

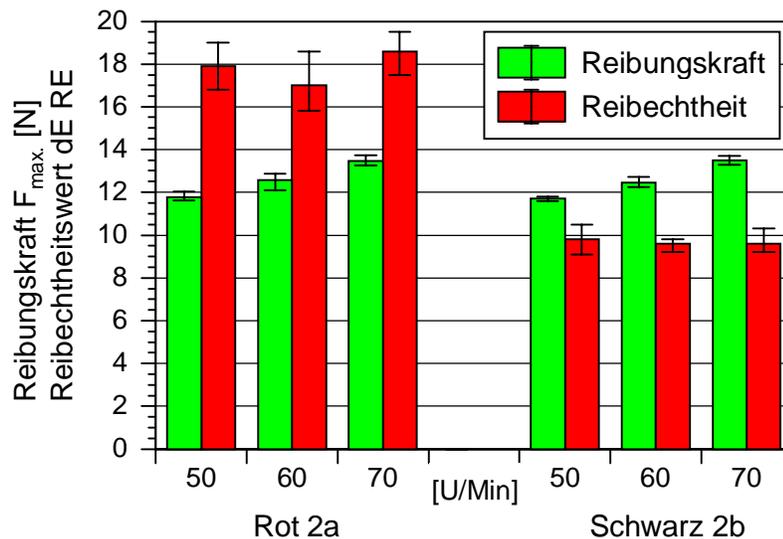


Abb. 106: Reibungskräfte und Reibechtheiten bei unterschiedlichen Reibgeschwindigkeiten (s. *Tab. 60*)

Betrachtet man zunächst die Reibungskräfte, so nehmen diese deutlich und sehr gleichmäßig mit zunehmender Reibungsgeschwindigkeit zu. Das rotgefärbte Gewebe zeigt Reibungskräfte von 11,77 N (50 U/min), 12,58 N (60 U/min) und 13,48 N (70 U/min). Ein Vergleich mit dem schwarzgefärbten Gewebe zeigt die jeweils fast identischen Reibungskräfte (11,71 N (50 U/min), 12,45 N (60 U/min) und 13,49 N (70 U/min)), was bei gleichem (mercerisiertem) Ausgangsgewebe auch zu erwarten war. Durch diese gute Übereinstimmung der Einzelwerte sowie die äußerst geringen Abweichungen der Einzelwerte (\pm -Fehler) kann nochmals auf die mit dieser Methode mögliche hohen Reproduzierbarkeit der Ergebnisse verwiesen werden. Werden die Reibungskräfte nun mit den gefundenen Reibechtheitswerten verglichen, so ergeben sich für die Reibechtheitswerte keine eindeutigen Abhängigkeiten von der Reibgeschwindigkeit, d.h. sowohl bei der Schwarz- als auch bei der Rotfärbung bleiben die Reibechtheitswerte – innerhalb der Meßungenauigkeit – gleich. In die Praxis übertragen bedeuten diese Ergebnisse, daß zwar entsprechend der Norm die 10 Hin- und Herbewegungen innerhalb 10 Sekunden vorgenommen werden sollten, kleinere Abweichungen der Kurbelgeschwindigkeit jedoch keinen Einfluß auf die zu erwartenden Reibechtheitswerte haben.

Eine eventuell leicht stärkere Gewebe- bzw. Faserschädigung, die bei höheren Reibgeschwindigkeiten durch die höheren Reibungskräfte resultiert, wirkt sich offenbar nicht auf das Endergebnis der Reibechtheiten aus. Insofern kann man auch vermuten, daß der Einfluß von Appreturen, wodurch Reibungskräfte variiert werden können, nicht direkt mit der Reibechtheit korrelieren (vgl. *Kap. 17.8*)

17.6 Reibgewebe

17.6.1 Ausrichtung des Reibgewebes auf dem Zapfen

Es wurde bereits beschrieben, daß das Reibgewebe auf unterschiedliche Weise über den Reibzapfen des Crockmeters gezogen werden kann (vgl. *Kap. 9.2.4*). Normalerweise ist die Position des Reibgewebes so, daß die Fäden in Reibrichtung bzw. senkrecht dazu ausgerichtet sind (0° -Anordnung). Die andere Ausrichtung ist so, daß die Fäden diagonal in einem Winkel von 45° über das Probegewebe gerieben werden (45° -Ausrichtung). Eine solche Ausrichtung kann auf Grund der Elastizität des Reibgewebes zu einer Deformation des runden Farbabdrucks und dadurch zu einer Ellipsenform des Abdrucks führen, was eine anschließende instrumentelle Bewertung erschweren kann. Es wurde an normalem und an mercerisiertem ungefärbtem Baumwollgewebe geprüft, ob sich die oben beschriebene Anordnung des Reibgewebes auch auf die Reibungskräfte auswirkt (*Tab. 61*).

Tab. 61: Reibungskräfte von normalem und mercerisiertem Gewebe bei einer Reibgewebeausrichtung von 0° und 45° zur Reibrichtung

Ausrichtung des Reibgewebes	normale Baumwolle $F_{\max.}$ [N]	mercerisierte Baumwolle $F_{\max.}$ [N]
0 °	12,74	12,43
45 °	12,81	12,44

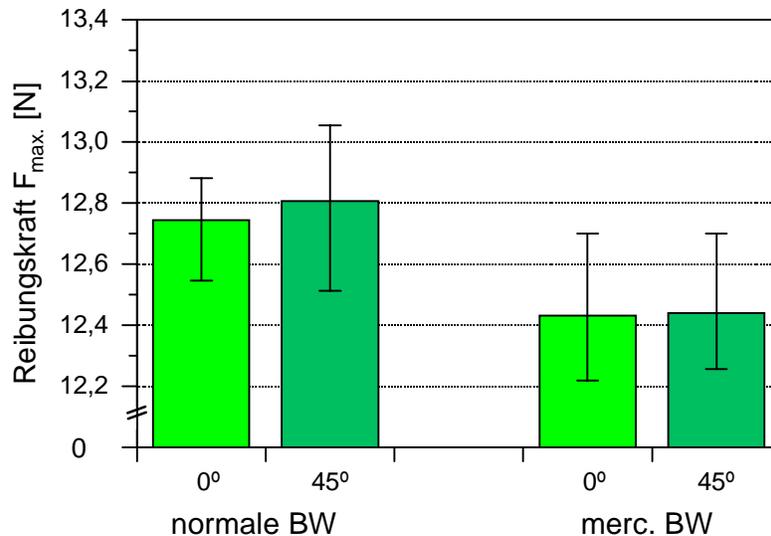


Abb. 107: Reibungskräfte auf normalem und mercerisiertem Gewebe bei einer Reibgewebeausrichtung von 0° und 45° zur Reibrichtung (s. Tab. 61)

Eine Änderung der Ausrichtung des Reibgewebes auf dem Reibzapfen ergibt sowohl bei normalem als auch bei mercerisiertem Baumwollgewebe nur minimalste Abweichungen der Reibungskräfte, wobei diese außerdem im Meßfehlerbereich liegen. Eine Beeinflussung der Reibeichtheit durch die Position des Reibgewebes kann daher ausgeschlossen werden.

17.6.2 Trockenes Reibgewebe

Bei einer trocken durchgeführten Reibeichtheitsprüfung ergibt sich im Idealfall eine kreisrunde, gleichmäßige Anschmutzung auf dem Reibgewebe. Ein in der Praxis häufig auftretendes Problem bei der trockenen Reibeichtheitsprüfung ist jedoch das ungleichmäßige Abreiben der Probe auf das Reibgewebe. Art und Ausprägung können dabei in vielfältiger Form variieren. *Abb. 108* zeigt solche typisch auftretenden "Anschmutzmuster".



Abb. 108: unterschiedliche Anschmutzung des Reibgewebes bei trockener Reibprüfung (Reibrichtung horizontal)

Die Bandbreite der Anschmutzung schwankt von 0%, bei der keinerlei Abrieb auf dem Reibgewebe zu finden ist, bis hin zu einer vollständigen, gleichmäßigen Anschmutzung von 100%. Es treten Anschmutzmuster auf, bei denen vom vollständigen Kreis jeweils oben oder unten ein Teil fehlt. In seltenen Fällen fehlt auch etwas in der Mitte des sonst komplett angeschmutzten Kreisflecks. Zu bemerken ist dabei, daß der fehlende Teil immer vollständig in Reibrichtung fehlt (vgl. *Abb. 108*). Bei vollständiger Anschmutzung kann während des gesamten Reibvorgangs ein deutlich höherer Kraftwiderstand bei der Kurbelbewegung – also eine hohe Reibungskraft – bemerkt werden.

Bei 0% Anschmutzung ist diese Kraft während des ganzen Reibvorgangs deutlich spürbar geringer. In den Fällen, bei denen sich eine mittlere Anschmutzung zeigt, steigert sich die Reibungskraft oft vom Beginn des Reibvorgangs bis zum Ende hin, was sich auch anhand der aufgezeichneten Reibungskräfte verfolgen läßt. *Abb. 109* zeigt das oben beschriebene Beispiel, bei der die Reibungskraft mit der Anzahl der Reibbewegungen während des Reibvorganges zunimmt.

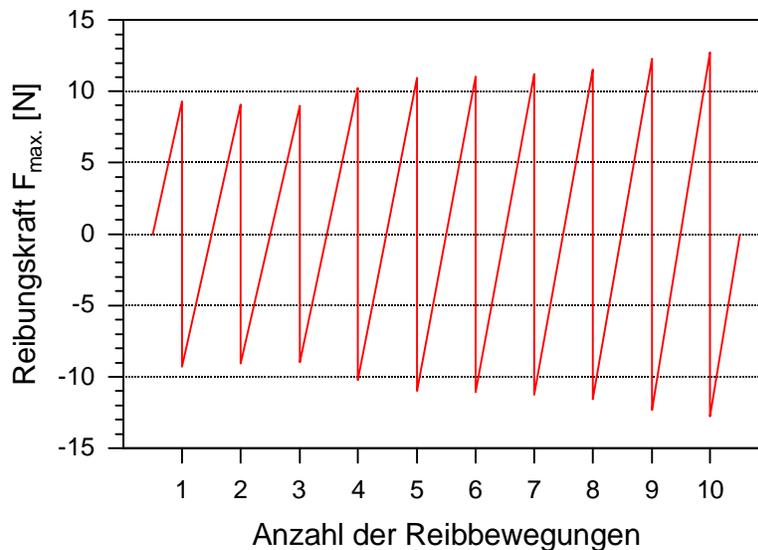
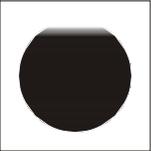
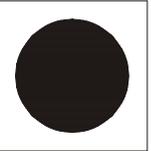
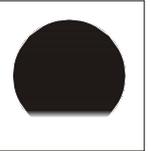
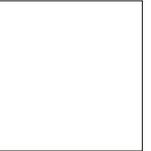
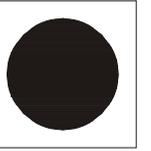
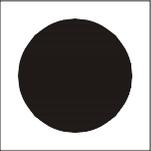
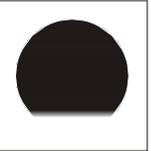
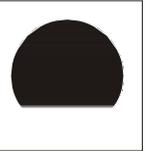
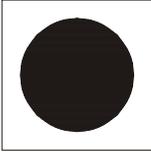
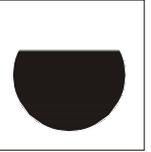
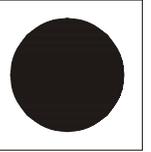
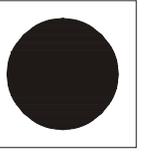
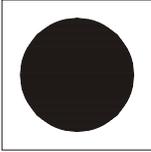
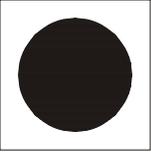
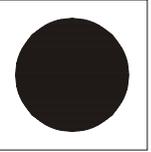
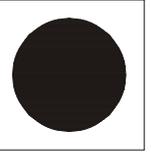


Abb. 109: Schematisierte Darstellung der Reibungskräfte bei trockenem Reiben

Für eine detaillierte Untersuchung der Abhängigkeit von Anschmutzgrad und Reibungskräften, wurde bei Schwarz 2b gefärbtem mercerisiertem Gewebe die Trockenreibechtheit mit dem modifizierten Crockmeter geprüft. Nach 20 Hin- und Herbewegungen wurden die resultierenden "Anschmutzmuster" mit den durchschnittlich aufgetretenen Reibungskräften während des Reibvorgangs verglichen.

Tab. 62 listet diesen Vergleich auf. Geprüft wurden nacheinander 22 Proben, deren Anschmutzgrad in % angegeben wurde.

Tab. 62: Reibungskräfte in Abhängigkeit vom Anschmutzgrad bei der Trockenreibechtheitsprüfung. (Anschmutzung schematisch dargestellt)

Probennummer	1	2	3	4	5	6
Reibungskraft [N]	8,25	11,73	12,29	10,94	8,50	12,61
Anschmutzgrad [%]	0	95	100	80	0	100
Darstellung der Anschmutzung						
Probennummer	7	8	9	10	11	12
Reibungskraft [N]	12,69	12,32	10,74	8,70	10,10	10,42
Anschmutzgrad [%]	100	100	80	0	75	80
Darstellung der Anschmutzung						
Probennummer	13	14	15	16	17	18
Reibungskraft [N]	10,90	10,34	8,40	10,26	12,19	12,22
Anschmutzgrad [%]	100	70	0	70	100	100
Darstellung der Anschmutzung						
Probennummer	19	20	21	22		
Reibungskraft [N]	12,33	13,60	13,66	13,21		
Anschmutzgrad [%]	100	100	100	100		
Darstellung der Anschmutzung						

Werden die gemessenen Reibungskräfte gegen den jeweiligen Anschmutzgrad aufgetragen, ergibt sich *Abb. 110*.

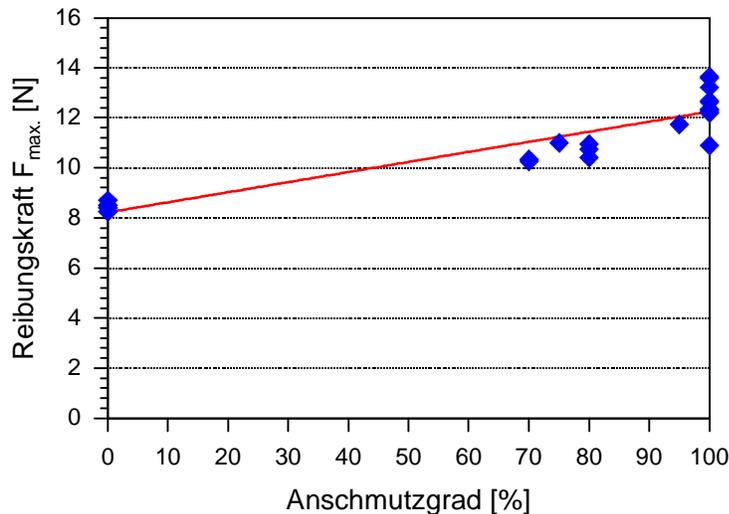


Abb. 110: Reibungskräfte in Abhängigkeit vom Anschmutzgrad bei der Trockenreibechtheitsprüfung (s. *Tab. 62*)

Während der Trockenreibechtheitsprüfung traten bei 22 Proben Anschmutzgrade von 0% (4x) bis 100% (11x) auf. In den restlichen 7 Fällen betrug die Anschmutzung über 70%. In der Auftragung von *Abb. 110* ist zu sehen, daß bei 0% Anschmutzung eine deutlich geringere Reibungskraft auftritt als bei einer Anschmutzung größer als 70%. Durch die Meßpunkte läßt sich eine Ausgleichsgerade ziehen, die verdeutlicht, daß die auftretenden Reibungskräfte von 0% Anschmutzung bis 100% annähernd linear ansteigen. In zahlreichen weiteren Versuchen mit gefärbten Geweben konnte die oben gemachte Beobachtung bezüglich der linearen Abhängigkeit von Anschmutzungsgrad und Reibungskräften bestätigt werden.

Das oben aufgezeigte Problem der unterschiedlichen Anschmutzgrade kann vielfältige Ursachen haben. Die Anschmutzmuster lassen vermuten, daß die Gründe in dem Kontakt des Reibzapfens (mit dem übergezogenen Reibgewebe) mit dem Prüfgewebe zu suchen ist. Da die Anschmutzung immer in Reibrichtung fehlt, liegt vermutlich eine ungleichmäßige Auflage des Zapfens vor, die vom teilweisen Verkanten während des Reibens herrührt, also konstruktionsbedingt bei dem verwendeten Crockmeter auftritt. Unterstützt wird diese Vermutung durch die Tatsache, daß an Crockmeter anderer Hersteller solche Probleme teilweise seltener und in anderer Art auftreten. Gegen diesen konstruktionsbedingten Fehler spricht jedoch das unregelmäßige Auftreten sowie die Variation von Art und Ausprägung der Anschmutzung.

17.7 Reibgewebefeuchte

17.7.1 Verschiedene Arten der Feuchteaufnahme beim Reibgewebe

In Kap 9.4.2 wurde bereits untersucht, inwieweit sich die Reibechtheit ändert, wenn das Reibgewebe vor der Einstellung auf 100% Feuchte für unterschiedlich lange Zeit in Wasser quillt. Es wurde ermittelt, daß sich für die Quellzeiten von 1 Minute und 24 Stunden kaum Unterschiede ergeben, die nicht in der Meßgenauigkeit der Reibechtheitsprüfung liegen. Zur Ermittlung der Reibungskräfte wurde dieser Versuch wiederholt, indem das Reibgewebe genauso für 1 Minute und für 24 Stunden vor der Reibprüfung in Wasser gequollen und dann auf Schwarz 2b gefärbtem mercerisiertem Gewebe gerieben wurde. Neben den Reibungskräften sind auch die Reibechtheitswerte (20x Reiben) in Tab. 63 aufgeführt.

Tab. 63: Reibungskräfte und Reibechtheitswerte bei unterschiedlich langen Quellzeiten des Reibgewebes von 1 Minute und 24 Stunden

	1 Minute	24 Stunden
Reibungskraft $F_{\max.}$ [N]	12,45	12,13
Reibechtheit dE RE	9,3	9,4

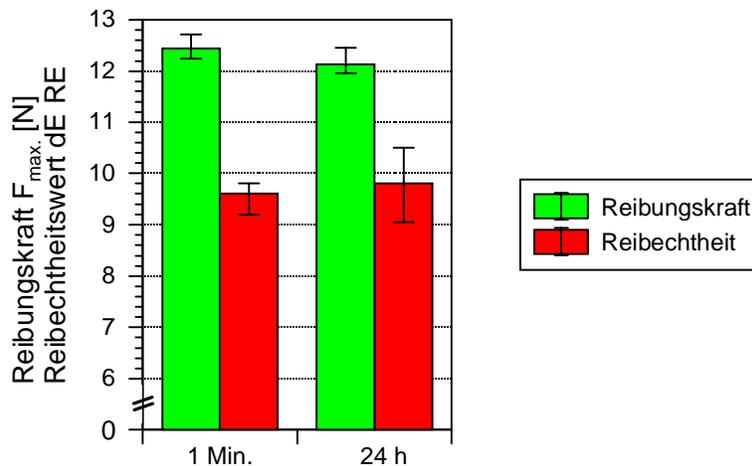


Abb. 111: Reibungskräfte und Reibechtheitswerte bei unterschiedlich langen Quellzeiten des Reibgewebes von 1 Minute und 24 Stunden (s. Tab. 63)

Werden die Reibgewebe für eine Minute in Wasser eingelegt und anschließend auf 100% Feuchte abgequetscht, so ergibt sich eine Reibungskraft von 12,45 N, welche bei 24-stündigem Einlegen geringfügig auf 12,13 N abnimmt. Die gemessene Reibechtheit steigt dagegen unerheblich von 9,3 auf 9,4. Die unterschiedlichen Quellzeiten der Gewebe haben somit weder Einfluß auf die Reibungskräfte noch auf die Reibechtheiten.

17.7.2 Unterschiedliche Gewebefeuchte beim Reibgewebe

In *Kap. 9.4.1* wurde festgestellt, daß beim Reibgewebe eine Schwankung der Reibgewebefeuchte im Bereich von ca. 90 bis 120% kaum Auswirkungen auf die Reibechtheiten hat. Im folgenden Versuch interessierte nun die Abhängigkeit der Reibechtheit und der Reibungskraft von der Reibgewebefeuchte, wenn diese von ca. 100% bis auf ca. 60% sinkt. Dazu wurde mit Schwarz 2b gefärbtes mercerisiertes Baumwollgewebe untersucht. Für die unterschiedlichen Reibgewebefeuchten wurden die Gewebe nach der Wasserquellung abgequetscht und plan auf eine glatte Unterlage gelegt. Durch unterschiedlich lange Trockenzeit bei Raumtemperatur wurde die entsprechende Gewebefeuchte erhalten. Es folgte die Aufnahme der Reibungskräfte durch 20maliges Reiben und anschließend die Reibechtheitsauswertung der so erhaltenen Reibabdrücke auf dem Reibgewebe.

In *Abb. 112* sind die Reibgewebefeuchten, die Reibungskräfte und die Reibechtheitswerte – nach abnehmenden Gewebefeuchten geordnet – aufgetragen.

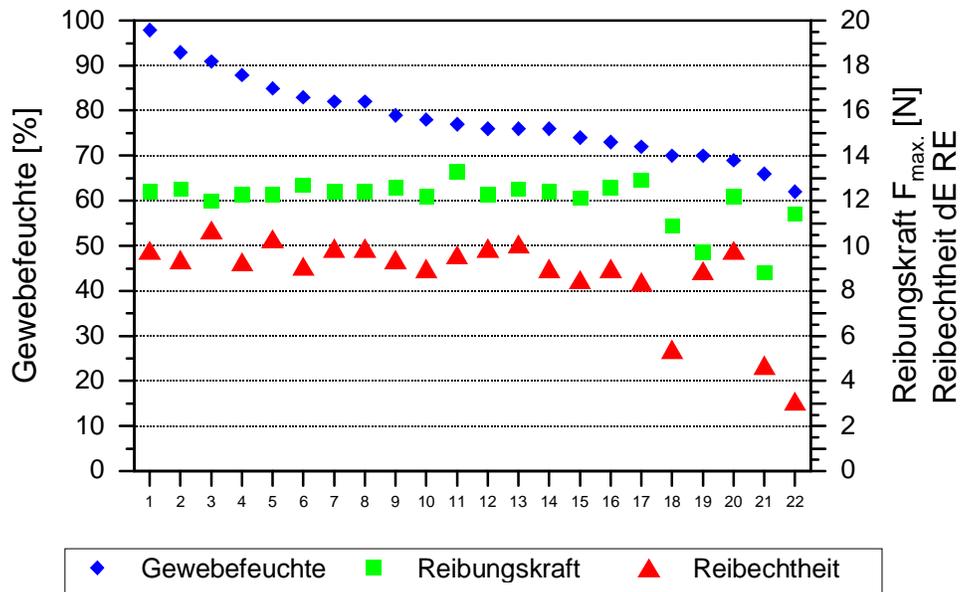


Abb. 112: Abhängigkeit der Reibungskraft und der Reibechtheit von der Gewebefeuchte des Reibgewebes

Innerhalb der 22 Meßproben nimmt die Feuchte des Reibgewebes kontinuierlich von 98 auf 62% ab. Die Reibungskraft verläuft bis zu Probe 17 – entsprechend 72% Gewebefeuchte – annähernd waagrecht und schwankt nur gering um Werte von etwa 12,5 N. Dies deckt sich mit den bereits in *Kap. 9.4.1* gefundenen Ergebnissen. Es folgt ein deutliches Absinken der Reibungswerte, die allerdings sehr stark schwanken.

Genauso verhält es sich mit den Reibechtheitswerten. Diese verlaufen zunächst ebenfalls fast waagrecht – also parallel zu den Reibungskräften – bis zu 66% Gewebefeuchte. Die Reibechtheiten schwanken dabei um einen Wert von etwa 9,5. Anschließend fallen die Reibechtheitswerte drastisch auf bis zu 3,0 ab, ohne dabei mit den Reibungskräften in irgend einer eindeutigen Art zu korrelieren.

Bei einer weiteren Verringerung des Feuchtegehaltes des Reibgewebes ergaben sich Reibflecke, die eine Ringanschmutzung (Außenradius dunkler angeschmutzt als Innenradius) aufwiesen. Aus diesem Grund wurde der Versuch abgebrochen. Es scheint sich also nochmals zu bestätigen, daß sowohl die Reibechtheit als auch die Reibungskräfte über einen weiten Bereich von der Reibgewebefeuchte unabhängig sind.

17.8 Textile Veredlungsschritte

17.8.1 Mercerisierung

Bisher wurde festgestellt, daß die Reibechtheitswerte von mercerisiertem Baumwollgewebe gegenüber den Werten von normalem Baumwollgewebe erheblich besser sind, sofern gleiche Farbtiefen betrachtet werden. Dies wurden unter anderem auch dadurch begründet, daß beim mercerisierten Gewebe aufgrund des runden, regelmäßigen Faserquerschnitts, eine etwas glattere Gewebeoberfläche vorhanden ist. Um nun Unterschiede in den Reibungskräften bei normalem und mercerisiertem Gewebe zu messen, wurden mit dem modifizierten Crockmeter die Reibungskräfte bestimmt.

Tab. 64: Reibungskräfte von normalem und mercerisiertem Baumwollgewebe (ungefärbtes Gewebe)

	Reibungskraft $F_{\max.}$ [N]
normales Baumwollgewebe	12,80
mercerisiertes Baumwollgewebe	12,42

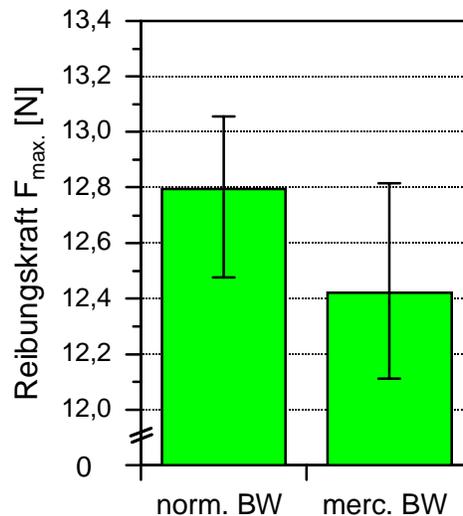


Abb. 113: Reibungskräfte von normalem und mercerisiertem Baumwollgewebe (s. Tab. 64)

Ein Vergleich der in Tab. 64 aufgeführten Reibungskräfte zeigt für normales Baumwollgewebe wie erwartet einen höheren Wert von 12,80 N gegenüber mercerisiertem Gewebe mit 12,42 N. Dies kann auf die etwas glattere Gewebeoberfläche von mercerisiertem Gewebe zurückgeführt werden. Allerdings sind die deutlich besseren Reibechtheitswerte bei mercerisierter Baumwolle nicht auf die geringfügigen Reibungskraftunterschiede zurückzuführen.

17.8.2 Flüssigammoniak-Behandlung

Bei der Behandlung von gefärbtem Baumwollgewebe mit flüssigem Ammoniak beobachtet man eine Zunahme der Farbtiefe (vgl. Kap. 15.2). Dies resultiert – wie bei der Mercerisation – aus der Quellung der Fasern, wodurch eine veränderte diffuse Lichtreflexion zustande kommt. Die durch Ammoniak hervorgerufene Quellung sollte sich beim Reiben – ähnlich dem Unterschied von normalem zu mercerisiertem Gewebe – in einer Verminderung der Reibungskräfte auswirken. Tab. 65 zeigt die Reibungskräfte, die bei normalem und mercerisiertem Baumwollgewebe jeweils vor und nach einer Ammoniakbehandlung auftreten.

Tab. 65: Reibungskräfte von normalem und mercerisiertem Baumwollgewebe vor und nach einer Ammoniakbehandlung (ungefärbte Gewebe)

$F_{\max.}$ [N]	vor NH_3 -Behandlung	nach NH_3 -Behandlung
norm. Baumwollgewebe	12,80	12,56
merc. Baumwollgewebe	12,42	12,33

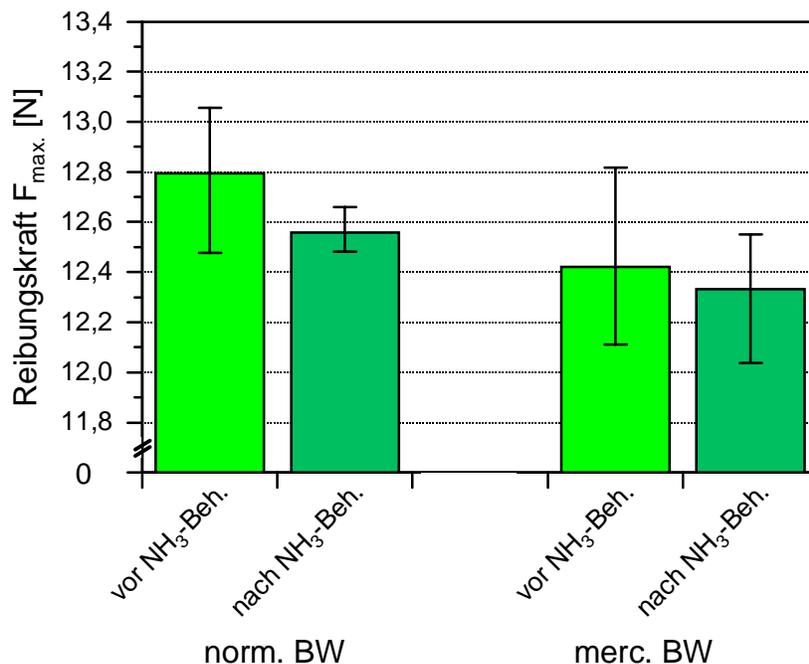


Abb. 114: Reibungskräfte von normalem und mercerisiertem Baumwollgewebe vor und nach einer Ammoniakbehandlung (s. Tab. 65)

Sowohl bei normalem Baumwollgewebe als auch bei mercerisiertem Gewebe nehmen die Reibungskräfte durch die ammoniakinduzierte Quellung wie erwartet etwas ab. Die Differenz der Kräfte ist bei normalem Gewebe mit 0,24 N größer als bei mercerisiertem Gewebe mit 0,09 N.

Dies ist dadurch zu erklären, daß die normale Baumwolle noch in einem viel stärkeren Maße durch Quellung sich in ihrer Form verändern kann als die bereits von der Mercerisation (vor-)gequollene Faser. Mit einer Reibungskraft von 12,56 N kommt das ammoniakbehandelte normale Gewebe schon in den Bereich des nur mercerisierten Gewebes (12,42 N). Zieht man für einen Vergleich die Reibechtheitswerte für 20maliges Reiben mit dem Crockmeter aus *Tab. 52* heran, läßt sich bei normalem Baumwollgewebe durch die Ammoniakbehandlung eine Verbesserung von $dE_{RE} = 15,3$ auf 14,9 und bei mercerisiertem Gewebe von $dE_{RE} = 11,0$ auf 9,6 beobachten. Aufgrund des geringen Unterschiedes der Reibungskräfte vor und nach einer Ammoniakbehandlung sollten diese aber letztlich nicht ausschlaggebend für die beobachtbaren Reibechtheitsunterschiede sein, die allerdings auch nur sehr gering sind. Vielmehr können Gewebedimensions- und Faserstrukturänderungen, welche aus der Ammoniakbehandlung resultieren eher eine solche Reibechtheitsänderung bewirken.

17.8.3 Hochveredlung

17.8.3.1 Appreturen

Die Untersuchung der Reibungskräfte von Färbungen, die mit unterschiedlichen Appreturen nachbehandelt wurden (s. *Kap. 15.3.1*) soll das bisher erhaltene Bild vom Zusammenhang von Reibungskräften und Reibechtheitswerten vervollständigen. Eine Nachbehandlung der Gewebe erfolgte mit den bereits in *Kap. 15.3.1* beschriebenen Verbindungen: einem filmbildendes Polyacrylat (**A**), einer hydrophobierend wirkenden Verbindung aus Fettsäurekondensationsprodukten und Paraffinwachs (**B**) und einem epoxidfunktionellen, vernetzend wirkenden Polysiloxan (**C**). Es wurde jeweils die höchste, vom Hersteller empfohlene Einsatzmenge verwendet (50 g/l bei **A** und 30 g/l bei **B** und **C**). Die Reibungskräfte der unbehandelten (Schwarz 2b auf mercerisiertem Gewebe, Rot 2a auf normalem und mercerisiertem Gewebe) sowie der nachbehandelten Gewebe wurden mit dem modifizierten Crockmeter ermittelt und verglichen (*Tab. 66, Abb. 115*). Zusätzlich sind die nach 20 Hin- und Herbewegungen ermittelten Reibechtheitswerte in aufgeführt und zusammen mit den Reibungskräften in *Abb. 116* dargestellt.

Tab. 66: Reibungskräfte nach unterschiedlichen Appreturen

	Reibungskraft F_{\max} [N]			
	<i>Ausgangswert</i>	A	B	C
Schwarz 2b – merc. BW	12,45	12,04	11,80	11,48
Rot 2a – norm. BW	12,82	12,83	12,14	11,85
Rot 2a – merc. BW	12,35	11,96	12,13	11,53

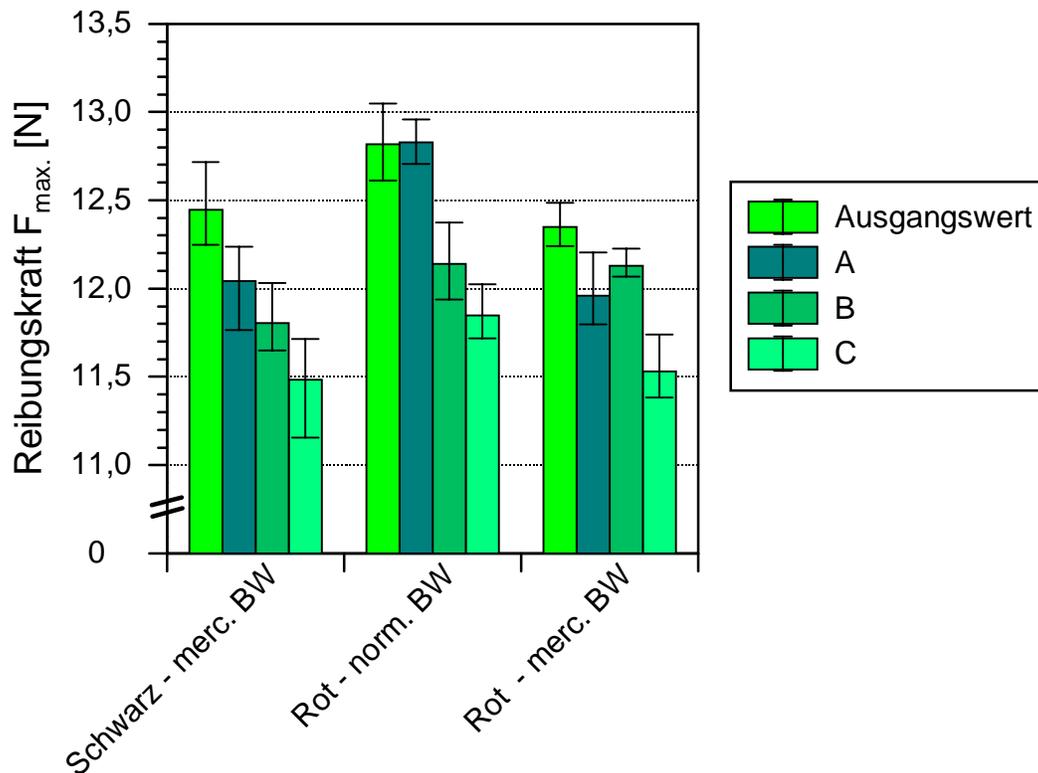


Abb. 115: Reibungskräfte nach unterschiedlichen Appreturen (s. Tab. 66)

Tab. 67: Reibechtheitswerte nach unterschiedlichen Appreturen

	Reibechtheitswerte dE RE			
	<i>Ausgangswert</i>	A	B	C
Schwarz 2b – merc. BW	9,6	10,9	12,5	13,2
Rot 2a – norm. BW	24,8	24,1	28,6	33,5
Rot 2a – merc. BW	16,2	15,8	19,9	20,2

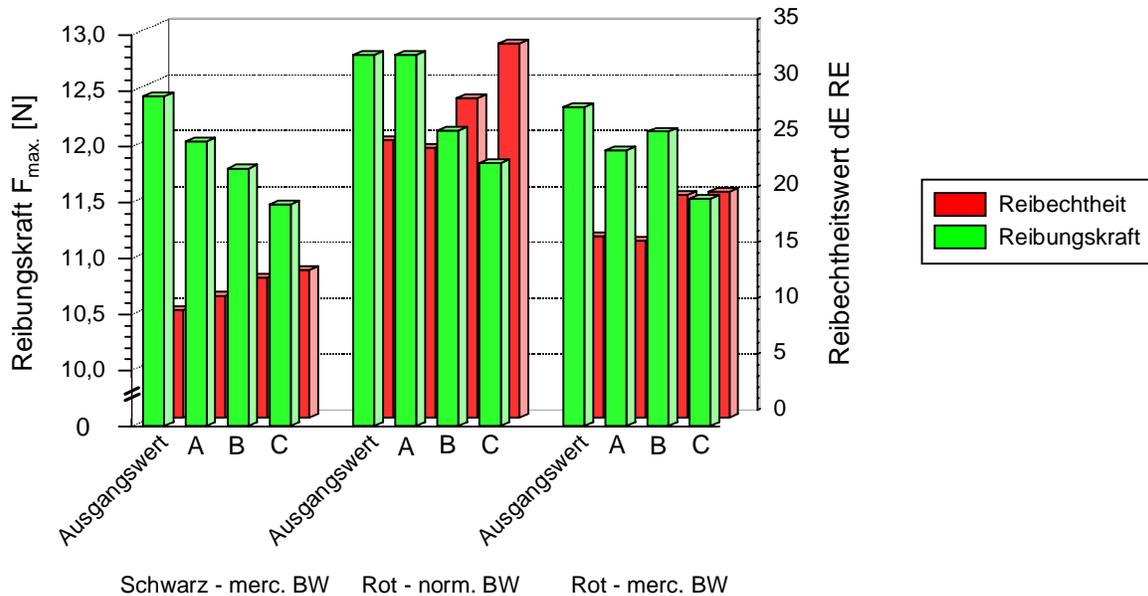


Abb. 116: Reibechtheiten und Reibungskräfte nach unterschiedlichen Nachbehandlungen (s. Tab. 67)

Die Reibungskräfte der appretierten Gewebe sind gegenüber den Ausgangswerten teilweise geringer (Ausnahme: **A** bei Rot 2a, norm. BW). **C** zeigt dabei deutlich die niedrigsten Reibungskräfte, während **A** die jeweils höchsten und **B** die jeweils mittleren Reibungskräfte aufweist (bei Rot 2a, merc. BW: umgekehrt). Generell kann also bei allen diesen Nachbehandlungen ein gewisser Einfluß auf die Reibungskräfte gemessen werden.

Betrachtet man die Reibechtheitswerte, so zeigt sich hier das umgekehrte Bild. Während die Nachbehandlung mit **A** annähernd die selbe Reibechtheit wie das jeweils unbehandelte Gewebe aufweist, steigen die Reibechtheitswerte von **B** und **C** deutlich an. **C** zeigt dabei die jeweils höchsten Werte. Bei direktem Vergleich von Reibungskräften und Reibechtheitswerten in Abb. 116 fällt diese Gegenläufigkeit besonders deutlich auf.

Es scheint so, daß die Nachbehandlung mit dem filmbildenden Polyacrylat **A** die Gewebe- bzw. Faseroberfläche der Baumwollgewebe nur gering beeinflusst, wofür auch die, gegenüber den Ausgangswerten kaum geänderten Reibungskräfte und Reibechtheitswerte sprechen. Eine Nachbehandlung mit dem hydrophobierend wirkenden **B** läßt das Reibgewebe leichter über das Prüfgewebe gleiten, was eine leicht geringere Schädigung des Gewebes vermuten ließe. Die erhöhten Reibechtheitswerte deuten aber auf eine größere Schädigung des Prüfgewebes hin. Das gleiche Bild zeigt sich bei der Nachbehandlung mit dem vernetzend wirkenden Polysiloxan. Die griffweichmachende Eigenschaft des Polysiloxans spiegelt sich in den stark verminderten Reibungskräften wider.

Demgegenüber nimmt aber der Reibechtheitswert nicht ab sondern überraschenderweise zu. Offensichtlich wirkt der "verklebende Effekt" von Fasern und Garne (Erhöhung der Gewebegiegeelastizität) durch die vernetzte Polysiloxanausrüstung so, daß Reibungskräfte nicht zu einer gleichmäßigen Verschiebung von Gewebestrukturelementen führt, sondern sich stärker an einzelnen Fasern konzentriert, die dann leichter abbrechen und weiter fein zerkleinert werden.

Ein Hinweis auf diese Versprödung liefert auch *Abb. 117*, auf der die mit Klebestreifen abgezogenen Faserfragmente der nachbehandelten Gewebe nach der Reibprüfung zu sehen sind.



Abb. 117: Klebestreifen mit abgezogenem Faserabrieb (Abb. leicht vergrößert) Schwarz 2b, merc. BW) nach einer Behandlung mit **A** (links), **B** (Mitte) und **C** (rechts)

Die stark erhöhte Zahl des entfernten Faserabriebs nach einer Behandlung mit Verbindung **C** bestätigt die oben gemachte Annahme der starken Versprödung. Während eine Nachbehandlung mit **A** die Reibungskräfte und -echtheiten kaum ändert und folglich kaum Faserpartikel auf dem Klebestreifen zeigt, nimmt **B** eine Mittelstellung ein. Auch hier deutet die – gegenüber dem Ausgangsgewebe – vermehrte Anzahl an abgezogenem Faserabrieb auf eine leichte Versprödung der Fasern hin, was sich durch die leicht erniedrigten Reibungskräfte und die erhöhten Reibechtheitswerte bestätigen läßt.

Fluorpolymer-Ausrüstung

Die Behandlung eines Baumwollgewebes mit einem Fluorpolymer verleiht dem Gewebe unter anderem einen stark hydrophoben Charakter. Es sollte daher geklärt werden, inwieweit sich dieser hydrophobe Charakter auf die Reibungskräfte des feuchten Reibgewebes auswirkt. Bereits in *Kap. 9.4.3* konnte gezeigt werden, daß eine hydrophobe Behandlung des Prüfgewebes kaum Auswirkungen auf die Reibgewebefeuchte während der Prüfungsdauer hat. *Tab. 68* zeigt die Reibungskräfte, die bei ungefärbtem normalem und mercerisiertem Baumwollgewebe jeweils vor und nach einer Fluorpolymer-Ausrüstung auftreten.

Tab. 68: Reibungskräfte bei normalem und mercerisiertem Baumwollgewebe vor und nach Fluorpolymer-Ausrüstung (ungefärbte Gewebe)

$F_{\max.}$ [N]	vor Fluorpolymer- Ausrüstung	nach Fluorpolymer- Ausrüstung
norm. Baumwollgewebe	12,74	12,50
merc. Baumwollgewebe	12,43	12,43

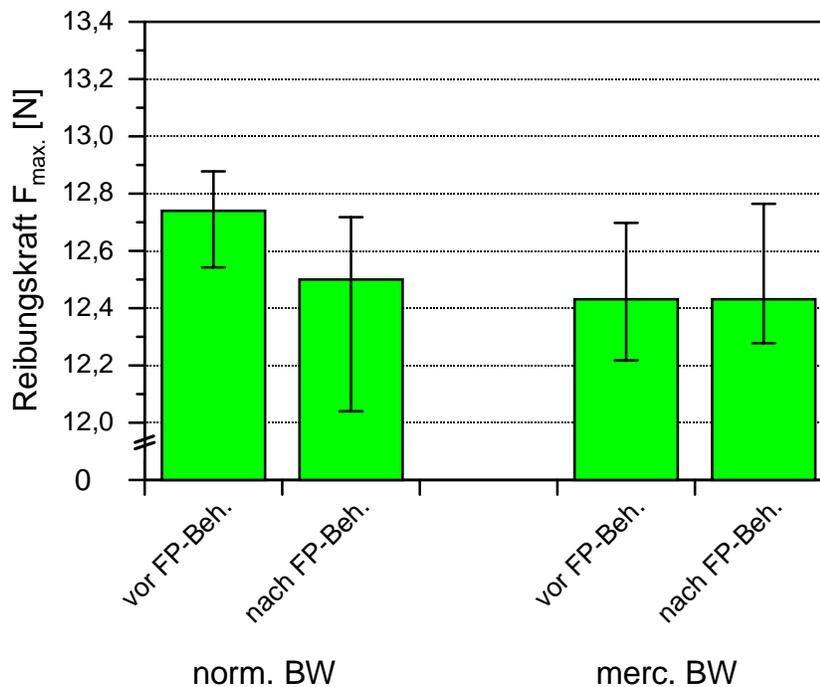


Abb. 118: Reibungskräfte bei normalem und mercerisiertem Baumwollgewebe vor und nach Fluorpolymer-Ausrüstung (ungefärbte Gewebe); (s. *Tab. 68*)

Während die Fluorpolymerausrüstung bei normaler Baumwolle eine minimale Reduzierung der Reibungskraft von 12,74 N auf 12,50 N bewirkt, hat sie bei mercerisierter Baumwolle keinerlei Auswirkungen. Auf Grund dieses geringen und somit wenig aussagekräftigen Unterschiedes, wurde ein weiterer Versuch mit gefärbten Geweben durchgeführt.

Für den Vergleich der Reibungskräfte mit den Reibechtheiten, wurde ein Schwarz 2b und ein Rot 2a gefärbtes mercerisiertes Gewebe mit der Fluorpolymerlösung behandelt. Es wurden die Reibungskräfte und die resultierenden Reibechtheitswerte nach 20 Reibbewegungen ermittelt. Außerdem sind die entsprechenden Werte der unbehandelten Gewebe in Tab. 69 aufgeführt.

Tab. 69: Reibungskräfte und Reibechtheiten bei unterschiedlich gefärbten Geweben vor und nach einer Fluorpolymer (FP)-Ausrüstung

	Schwarz 2b		Rot 2a	
	Reibungskraft F_{max} [N]	Reibechtheitswert dE RE	Reibungskraft F_{max} [N]	Reibechtheitswert dE RE
Ausgangswert	12,45	9,6	12,58	17,0
nach FP-Ausrüstung	12,45	13,4	12,53	21,5

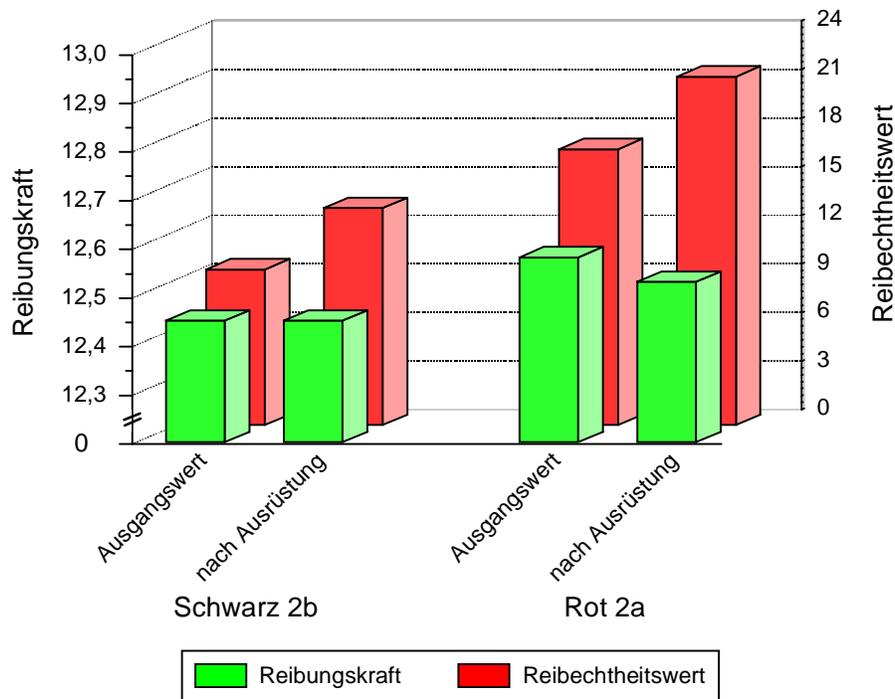


Abb. 119: Reibungskräfte vor und nach einer Fluorpolymer-Ausrüstung (s. Tab. 69)

Sowohl bei Schwarz 2b als auch bei Rot 2a gefärbtem Gewebe zeigt sich ein nur minimaler Reibungskraftunterschied. Andererseits weisen die Reibechtheitswerte deutlich schlechtere Ergebnisse nach einer Fluorpolymerausrüstung auf.

17.8.3.2 Vernetzer

Während die bisherigen Appreturen aufgrund ihrer Polymerstruktur in erster Linie oberflächlich wirken und vor allem die Griffeigenschaften beeinflussen, geht es bei einer quervernetzenden Hochveredlung um eine Verbesserung der Pflegeleicht-eigenschaften (Dimensionsstabilisierung, Bügelarm bzw. Bügelfrei). Bei einer solchen Ausrüstung wirken kleinmolekulare Vernetzer innerhalb der Faserstruktur und nicht zwischen den Fasern und Garnen. Durch die Quervernetzung der Cellulosefaserstruktur kommt es zu einer Reduzierung des Gewebewaschkumpfes und einer Erhöhung der Knittererholung. Gleichzeitig wird aber auch die Faserreifestigkeit als Folge einer Faserversprödung reduziert. Interessant ist, daß bei einem schonenden Abzug der Ausrüstung die ursprüngliche Faserfestigkeit wieder zurück erhalten wird.

Es wurden zwei Vernetzer untersucht, welche in der Praxis zur kochwaschbeständigen Pflegeleichtausrüstung eingesetzt werden. Bei Vernetzer **D** handelt es sich um einen veretherten Dimethyloldihydroxyethylenharnstoff, bei Vernetzer **E** um einen Reaktant-Vernetzer auf Basis eines modifizierten Dimethyloldihydroxyethylenharnstoffes. Beide Vernetzer wurden im Trockenvernetzungsverfahren appliziert, wobei die Einsatzmengen jeweils 60 g/l betragen. Als Katalysator kam eine Verbindung auf Magnesiumchloridbasis zum Einsatz. Es wurde bei 1 bar foulardiert, bei 110°C getrocknet und 5 Minuten bei 150°C kondensiert.

Schwarz 2b gefärbtes mercerisiertes Gewebe wurde mit diesen Vernetzern behandelt und anschließend die Reibkräfte und die Reibechtheitswerte nach 20 Reibbewegungen ermittelt (*Tab. 70, Abb. 120*).

Tab. 70: Reibungskraft und Reibechtheit bei einer Ausrüstung mit Vernetzern

	Reibungskraft F_{\max} [N]	Reibechtheitswert dE RE
Ausgangswert	12,45	9,6
Vernetzer D	11,90	12,5
Vernetzer E	12,17	15,8

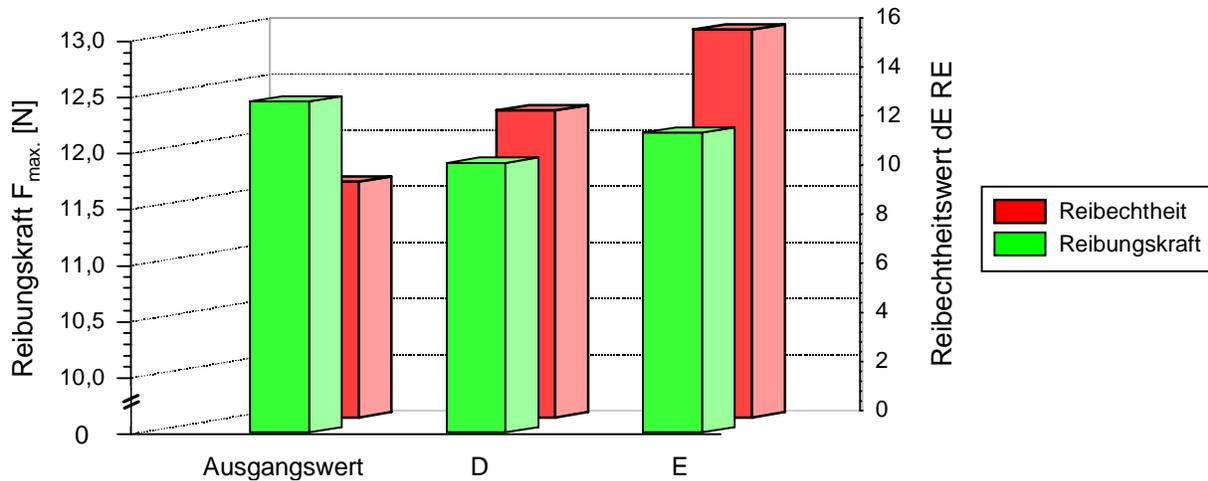


Abb. 120: Reibungskraft und Reibechtheit bei einer Ausrüstung mit Vernetzern (s. Tab. 70)

Es zeigt sich – ebenso wie bei der oben vernetzend wirkenden Verbindung **C** – bei Vernetzer **D** und **E** eine Erniedrigung der Reibungskräfte gegenüber dem Ausgangswert, wobei die Werte nicht ganz so stark wie bei **C** abnehmen. Gleichzeitig tritt eine erhebliche Verschlechterung der Reibechtheitswerte auf, die bei **E** am stärksten ausfällt. Sowohl bei **D** als auch bei **E** findet man wieder einen deutlich erhöhten Faserabrieb auf dem Klebestreifen. Dieser Befund bestärkt die gemachte Überlegung, daß bei vernetzend wirkender Nachbehandlung eine Versprödung der Baumwollfaser die schlechten Reibechtheitswerte bewirkt.

17.8.4 Verschiedene Lösungsmittel

In *Kap. 16* wurde auf die Reibechtheitswerte eingegangen, die bei Verwendung verschiedener Lösungsmittel resultieren. Teilweise ergaben sich stark unterschiedliche Reibechtheiten. Ob Unterschiede auch bei den – mit dem modifizierten Crockmeter – ermittelten Reibungskräften zu finden sind, soll ein Vergleich zeigen. Untersucht wurde mit Schwarz 2b gefärbtes mercerisiertes Gewebe. Zum Befuchten des Reibgewebes wurden jeweils 0,25 ml des entsprechenden Lösungsmittels auf das Reibgewebe gegeben (entsprechend 100% Feuchte). *Tab. 71* führt die ermittelten Reibungskräfte sowie die aus *Kap. 16.2* übernommenen Reibechtheitswerte für 25maliges Reiben mit dem Ruf-Reibgerät auf.

Tab. 71: Reibungskräfte und Reibechtheitswerte beim Reiben mit verschiedenen Lösungsmittel

	Aceton	Acetonitril	Cyclohexan	Dioxan	DMF	Ethanol	Toluol	Wasser
Reibungskraft								
$F_{\max.}$ [N]	11,90	12,25	8,80	11,69	12,35	12,33	11,20	12,56
Reibechtheit								
dE RE	13,0	14,3	3,6	8,7	16,0	11,2	4,4	12,0

In *Abb. 121* sind die Reibungskräfte der unterschiedlichen Lösungsmittel dargestellt.

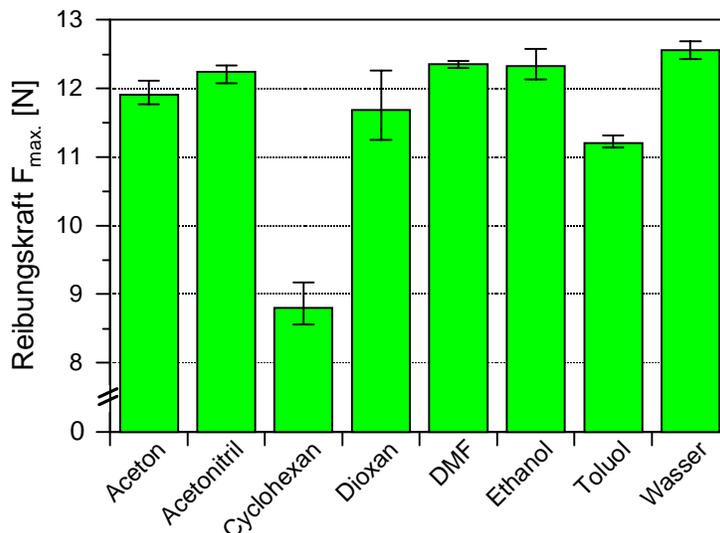


Abb. 121: Reibungskräfte beim Reiben mit unterschiedlichen Lösungsmittel (s. Tab. 71)

Die folgende Abbildung (*Abb. 122*) zeigt den Vergleich von Reibungskräften und Reibechtheitswerten beim Reiben mit unterschiedlichen Lösungsmitteln.

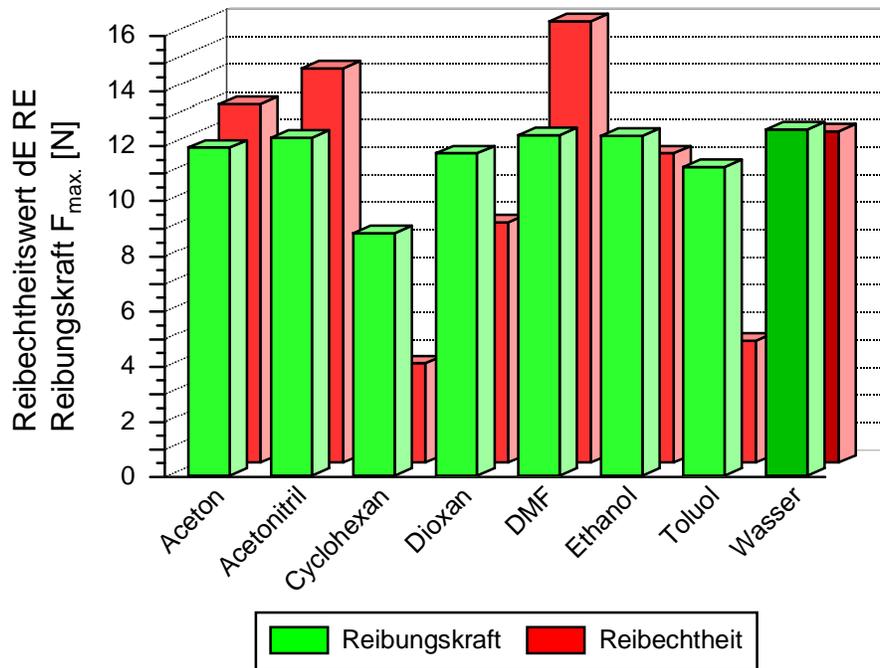


Abb. 122: Reibungskräfte und Reibechtheitswerte beim Reiben mit verschiedenen Lösungsmittel (s. Tab. 71)

Die gemessenen Reibungskräfte schwanken von 8,80 N bei Cyclohexan bis 12,56 N bei Wasser. Auffällig ist, daß die niedrigsten Reibechtheiten von Cyclohexan, Dioxan und Toluol auch die jeweils niedrigsten Reibungskräfte – Cyclohexan (8,80 N), Dioxan (11,69 N) und Toluol (11,20 N) – aufweisen. Bei den Reibungskräften ist der Unterschied zwar nicht so deutlich wie bei den Reibechtheitswerten, trotzdem müssen diese veränderten Reibungskräfte die gefundenen Reibechtheiten bewirken. Die höchsten Reibechtheitswerte bei Acetonitril und DMF entsprechen wiederum den höheren Reibungskräften – Acetonitril (12,25 N) und DMF (12,35 N).

Zusammenfassend kann also festgestellt werden, daß die Reibungskräfte bei Verwendung unterschiedlicher Lösungsmittel teilweise stark differieren und zugleich in ihrer Abstufung mit den Reibechtheitswerten korrelieren.

17.9 Zusammenfassende Betrachtung

Die durchgeführten Experimente zeigen, daß eine direkte Korrelation zwischen den auftretenden Reibechtheiten und den wirkenden Reibungskräften nur in den seltensten Fällen besteht und auch diese Abhängigkeiten keinen klaren Kriterien folgen. Zusammenfassend läßt sich für den Vergleich von Reibungskräften mit den Reibechtheiten sagen, daß die bei den Untersuchungen gefundenen Reibungskraftunterschiede letztlich so gering sind, daß sie in Bezug auf die Reibechtheiten nicht ins Gewicht fallen sollten.

IV. Zusammenfassung

Modisch gestaltete Kleidung findet man heutzutage in allen Bereichen des täglichen Lebens. Sie reicht über die Alltags- und Freizeitbekleidung bis hin zur Arbeits- und Schutzbekleidung. Ein wesentliches Gestaltungselement ist dabei die Farbe dieser Kleidung, wobei neben den modisch wechselnden hellen Färbungen besonders dunkelblaue, schwarze und auch tiefrote Farbtöne dominieren. Ein wichtiges Echtheitskriterium von textilen Geweben ist neben der Wasch- und Lichtechtheit vor allem auch die Reibechtheit. Unter Reibechtheit versteht man nach DIN EN ISO 105-X12 die Widerstandsfähigkeit der Farbe von Textilien jeder Art gegen das Abreiben und Anbluten anderer Textilien beim Gebrauch. Eine Reibechtheitsbenotung von 2-3 naß und 4 trocken gilt auf einer 5-stufigen Notenskala als Stand der Technik. Besonders Textilien aus Baumwolle weisen dabei Defizite im Naßreibechtheitsbereich auf, wobei eine Verbesserung im Bereich einer Halbnote bei kritischen Färbungen durchaus positiv wäre.

Ziel dieser Arbeit war, die grundlegenden Einflußfaktoren auf die Reibechtheit von reaktivgefärbten Cellulosetextilien herauszuarbeiten und zu untersuchen, auch unter dem Gesichtspunkt, daß die kovalente Anbindung von Reaktivfarbstoffmolekülen an Celluloseketten eventuell positive Effekte für die Reibechtheit beinhalten.

In der Einleitung wurde zunächst auf die allgemeinen Ursachen der Reibechtheit eingegangen. So kann es bei der Reibprüfung unter Einfluß von Nässe und Mechanik zum Übergang von nicht fixiertem Farbstoff vom Prüfgewebe auf das Reibgewebe kommen, was vor allem bei schlecht ausgewaschenen oder substantiven Färbungen der Fall sein kann. Bei z.B. Schwefel- oder Indigofärbungen kann es zum Übergang von Farbpigmentpartikeln kommen. Generell können durch Schädigung des Prüfgewebes abgeriebene gefärbte Faserfragmente auf das Reibgewebe übergehen. In dieser Arbeit wurde speziell dem größeren Faserabrieb sowie den kleineren Faserfragmenten auf dem Reibgewebe Beachtung beigemessen und diese mit dem (Rasterelektronen-)Mikroskop genauer untersucht. Dabei konnte deren Gestalt und Auftreten sowie die Entstehung der Faserfragmente aus den Cellulosefasern herausgearbeitet werden.

Im weiteren Verlauf der Arbeit wurde auf die verschiedenen Möglichkeiten der Reibechtheitsermittlung sowie deren Fehler- und Einflußquellen eingegangen. Es kamen Problemlösungen zur Sprache, welche auch durch vielerlei Einzeluntersuchungen kritisch betrachtet und verifiziert wurden. Zur Bestimmung der Reibechtheiten wurde ein der Norm entsprechendes Crockmeter verwendet sowie ein weiteres Prüfgerät nach dem Prinzip von Dr. Ruf.

Bei einer Reibprüfung wird dabei so vorgegangen, daß ein gefärbtes Prüfgewebe mit einem speziellen Baumwollreibgewebe – entsprechend DIN trocken oder naß – gerieben wird und anschließend beim entstandenen Farbfleck auf dem Reibgewebe eine visuelle Bewertung mit einem Graumaßstab zur Bewertung des Anblutens erfolgt. Die Notenskala reicht dabei von 5 als beste Note bis zu 1 als schlechteste Bewertung, wobei maximal Halbnotenabstände bewertet werden. In der vorliegenden Arbeit wurde eine instrumentelle Bewertung der Reibechtheiten bevorzugt, da dadurch wesentlich feinere Reibechtheitsdifferenzen nachgewiesen werden können, welche jedoch auch jederzeit auf die entsprechenden Graumaßstabs-Echtheitsnoten zu beziehen sind.

Im Hinblick auf die kritischen Naßreibechtheiten, wurde in dieser Arbeit auch der Schwerpunkt der Untersuchungen auf diese Art der Reibechtheiten gelegt.

Es wurden sowohl mit dem Crockmeter, als auch mit dem Reibgerät nach Dr. Ruf die Reibechtheiten bestimmt, wobei zunächst die Fragestellung der Vergleichbarkeit der Reibechtheitsergebnisse im Vordergrund stand. Es zeigte sich, daß beide Geräte – besonders in der Kombination Messung und instrumentelle Reibechtheitsbewertung – als gleichwertig in Bezug auf die Meßwertstreuung gelten können. Des weiteren konnte gezeigt werden, daß beide Prüfgeräte bei Wahl geeigneter Prüfparameter durchaus vergleichbare Ergebnisse liefern, welche linear voneinander abhängen.

Als Cellulosematerialien kamen normale und mercerisierte Baumwollgewebe sowie Gewebe aus Modal- und Lyocellfasern zu Einsatz. Eine wichtige Farbstoffklasse zum Färben von Baumwollmaterialien sind die Reaktivfarbstoffe. In der vorliegenden Arbeit wurden daher speziell die für Reibechtheiten kritischen Farbtöne dieser Farbstoffklasse Schwarz und Rot untersucht. Da Reaktivfarbstoffe eine kovalente Farbstoff-Faser-Bindung aufweisen, kann es bei multifunktionellen Reaktivfarbstoffen zu Vernetzungsreaktionen kommen. In der vorliegenden Arbeit wurde daher systematisch untersucht, inwieweit die Reibechtheit von der Farbstoffkonstitution, Art und Anzahl der Reaktivanker abhängt. Dazu wurden verschiedene Färbungen mit mono-, bi- und trifunktionellen Schwarz- und Rotfarbstoffen sowohl im Auszieh- als auch im KKV-Verfahren durchgeführt.

Es zeigte sich, daß bezüglich der Reibechtheit keine Abhängigkeiten von den vorgenannten Faktoren, d.h. Farbstoffkonstitution und Art der Färbung, zu finden waren. Statt dessen wurde deutlich, wie wichtig Art und Stabilität der gefärbten Fasersubstrate für die Reibechtheit ist. Besonders ein Vergleich von verschieden gefärbten normalen und mercerisierten Baumwollgeweben brachte die Erkenntnis, daß die Reibechtheit weniger von den verwendeten Reaktivfarbstoffen und den möglichen Vernetzungsreaktionen abhängt, als vielmehr von der Art des Substrats.

Es wurde festgestellt, daß für unterschiedliche Farbstoffkonzentrationen eine nahezu lineare Abhängigkeit zwischen den jeweiligen Gewebefarbtiefen und den gemessenen Reibechtheiten besteht.

Basierend auf dieser Abhängigkeit wurde eine „Reibechtheitskennzahl“ eingeführt, welche sich für bestimmte Gewebefarbtiefen berechnen läßt. Mit Hilfe dieser Reibechtheitskennzahl lassen sich die Reibechtheiten unterschiedlicher Gewebefärbungen auf verschiedenen Geweben schnell und aussagekräftig vergleichen. Über Wasch- und Extraktionsversuche konnte gezeigt werden, wie wichtig das vollständige Auswaschen von nicht fixiertem Farbstoff nach dem Färben ist.

Es zeigte sich, daß mercerisiertes Baumwollgewebe gegenüber normalem Baumwollgewebe bei gleichen Gewebefarbtiefen wesentlich bessere Reibechtheiten aufweist. Dies hat einmal mit der stabileren Faserstruktur der mercerisierten Baumwolle zu tun, aber auch damit, daß schon bei geringem Farbstoffgehalt die gleiche Farbtiefe erreicht wird wie bei normaler Baumwolle. Dies ist aber nur bei der intakten Faser der Fall. Abgeriebene Faserfragmente sind von der mercerisierten Baumwolle heller, da sie weniger Farbstoff enthalten. Auch durch eine Flüssigammoniakbehandlung eines gefärbten Baumwollgewebes konnte – durch die Faserquellung, wodurch die diffuse Lichtstreuung reduziert wird (größere Farbtiefe) – eine deutliche Reibechtheitsverbesserung bezogen auf gleiche Gewebefarbtiefen erzielt werden.

Bezüglich dem Zusammenhang von Faserstabilität und Reibechtheit wurden auch normale Lyocellgewebe (Lenzing Lyocell und Tencel) untersucht, welche eine sehr hohe Naßfibrillation aufweisen. Im Vergleich zu speziellen, nicht fibrillierenden Lyocellfasern (Lenzing Lyocell LF und Tencel A100) konnte nachgewiesen werden, daß die schlechteren Reibechtheiten der normalen Lyocellfasern auf deren stärkerem Fibrillierungsverhalten beruhen. In einer weiteren detaillierten Untersuchung konnte gezeigt werden, daß die Reibechtheit bei normalem Baumwollgewebe in starker Weise vom durchschnittlichen Polymerisationsgrad (DP) und dem dadurch indizierten Grad der Schädigung abhängt. Dies macht sich allerdings erst bemerkbar, wenn der DP der Fasern unter 800-1000 fällt.

Der letzte Teil dieser Arbeit beschäftigte sich mit den Reibungskräften, die bei einer Reibprüfung auftreten. Zur direkten Messung der Reibungskräfte wurde ein Crockmeter modifiziert, bei welchem die Reibungskräfte durch einen eingebauten Dehnungsstreifenkraftaufnehmer ersetzt wurden, der sowohl die Reibungskräfte in Hin- als auch in Herrichtung detektieren kann. Über Anschluß an einen Meßcomputer eröffnet sich darüber hinaus die Möglichkeit einer kontinuierlichen Wertaufnahme sowie einer rechnergestützten Meßauswertung.

Zur Validierung dieser neuen Meßmethode wurden zunächst eine Reihe von Geweben mit trockenem und nassem Reibgewebe untersucht und diese Meßergebnisse bewertet und interpretiert. Neben zahlreichen weiteren Untersuchungen erfolgte die Reibungskraftermittlung auch für den Vergleich von normalem, ammoniakbehandeltem und mercerisiertem Baumwollgewebe. Es ließen sich jeweils leicht geringere Reibungskräfte der beiden letztgenannten Behandlungen gegenüber normalem Gewebe feststellen.

Bei den Versuchen wurde immer wieder ein Vergleich zwischen den wirkenden Reibungskräften und den auftretenden Reibechtheiten gezogen sowie die entsprechenden Auffälligkeiten erklärt. In einer Reihe von Appreturbehandlungen mit hydrophob- und weichmachenden sowie vernetzend wirkenden Verbindungen ließen sich reduzierte Reibungskräfte bei gleichzeitig schlechteren Reibechtheiten feststellen. Diese Auffälligkeit wurde bei den vernetzend wirkenden Verbindungen durch eine Versprödung der Fasern erklärt, was durch spezifische Beobachtungen bestätigt werden konnte. Generell führten die untersuchten Appreturen jedoch zu keiner Verbesserung der Reibechtheiten.

Durch Ermittlung von Reibungskräften können somit zwar eine Reihe von Reibechtheitseffekten erklärt werden, jedoch scheidet eine ganzheitliche Erklärung daran, daß die sich bei verschiedenen Vergleichen ergebenden Reibungskraftunterschiede letztlich so gering sind, daß sie in Bezug auf die auftretenden Reibechtheitseffekte eine eher untergeordnete Rolle spielen. Sieht man von dem Unterschied zwischen Trocken- und Naßreibungskräften ab, so lassen sich über Messung der Reibungskräfte keine Rückschlüsse auf die Schädigung und somit auf die Reibechtheit ziehen.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß trotz einer Vielzahl von Einflußfaktoren, die Stabilität und Struktur der Cellulosefasern selbst für die schlechten Reibechtheiten dieser Gewebe verantwortlich sind. Insbesondere bei der Baumwolle ist der Zusammenhalt des lamellaren Faseraufbaus gegenüber intensiven Reibungskräften relativ gering, was sich in den unbefriedigenden Reibechtheiten, insbesondere den Naßreibechtheiten, niederschlägt.

V. Summary

Nowadays, fashionable clothes are found within all areas of daily life. This includes clothes of everyday life and casual clothes as well as work and protective clothing. A substantial design element is the colour of these clothes. Aside from the bright colours which are subject to change with fashion, particularly dark blue, black and deep red hues dominate. An important authenticity criterion of textile fabrics is the rubbing fastness as well as the wash and light fastness.

According to DIN EN ISO 105-X12 rubbing fastness is defined as resistance of the colour of dyed textiles against abrading and staining other textiles with the use. A ranking of 2-3 (wet) and 4 (dry) on a scale of five is considered state of the art. Particularly, textiles made from cotton exhibit deficits in the wet rubbing fastness. Therefore an improvement on the order of one half would be quite desirable for critical colouring.

The aim of this work was to examine the fundamental factors of influence on the rubbing fastness of reactive-dyed cellulose textiles. Another point was to examine whether the covalent dye-fiber linkage might add positive effects to the rubbing fastness.

In the introduction the general causes of the rubbing fastness are described first. During the rubbing examination - under the influence of wetness and mechanics - there may be transfer of non-fixated dye from the test tissue to the rubbing tissue, e.g. from badly washed or directly dyed fabrics. For example, Sulfur or Indigo dyes may transfer pigment particles. In general, abraded coloured fiber fragments from the damaged test fabric can be transferred to the rubbing tissue. In this work, particular attention was devoted to the abrasion of larger fiber particles as well as to smaller fiber fragments on the rubbing tissue. These fragments were examined by SEM and light microscopy to assess the structure, appearance and origin of these fragments.

Next, the different possibilities of assessing rubbing fastness were discussed, as well as their margins of error and parameters influencing the measurements. Solutions to problems were regarded critically and verified by various investigations.

For assessing the rubbing fastness, the Crockmeter was used as well as an additional testing device according to the principle of Dr. Ruf.

In a rubbing test, a coloured test fabric is rubbed with a special cotton rubbing tissue - dry or wet, according to DIN. Afterwards, the dye speck on the rubbing tissue is assessed by visual evaluation with a grey scale. The grey scale goes from 5, the best, to 1, the worst, in half mark intervals.

In this work, an instrumental evaluation of the rubbing fastness was preferred, since more subtle differences in rubbing fastness can be detected but which can be converted at any time to the appropriate grey scale measurements.

Due to the importance of wet rubbing fastness, the main emphasis of this research was devoted to it.

For the rubbing tests, the Crockmeter was used as well as the test device described by Dr. Ruf. The first question addressed the comparability of the rubbing fastness results and was the center of attention. It was shown that both devices - particularly in the combination of measurement and instrumental rubbing fastness evaluation - were equivalent in regard to the measured value distribution. Moreover, it was shown that both testing devices give quite comparable results, which depend linearly on each other with the selection of suitable test parameters.

Normal and mercerised cotton fabrics, as well as fabrics of Modal and Lyocell fiber were used as test fabrics.

An important dye class for colouring cotton materials are reactive dyes. In this work the particularly critical colours of this dye class, black and deep red, were examined. Since reactive dyes form a covalent dye-fiber linkage, multi-functional reactive dyes may lead to a crosslinking of the fibers. Therefore, the extend to which the rubbing fastness depends on the dyestuff constitution, the type and the number of reactive anchorgroups was systematically examined. Concerning the rubbing fastness, no dependency on the above mentioned factors was found. Particularly, a comparison of differently dyed normal and mercerised cotton fabrics showed that the rubbing fastness depends less on the dyestuff used and the possible crosslinking than on the type of substrate.

It was shown that for different concentrations of dye an almost linear dependency exists between the respective fabric shade depth and the measured rubbing fastness. Based on this dependency, one so-called „rubbing-fastness-characteristic-number“ was introduced, which can be calculated for certain fabric shade depths. With the help of this rubbing-fastness-characteristic-number, the rubbing fastness of different dyes on different fabrics can be compared quickly and meaningfully. Examination of wash and extraction treatment showed how important it is to wash off all non-fixated dye after the dyeing process.

It turned out that mercerised cotton fabric demonstrates substantially better rubbing fastness compared to normal cotton fabric with regard on the same shade depths. One reason might be the more stable structure of the mercerised cotton fibers, but also the fact that less of dye show the same shade depths compared to the normal cotton. This is the case only for intact fibers. Fiber fragments abraded from the mercerised cotton are lighter because they contain fewer dye.

Better rubbing fastness was obtained by liquid ammonia treatment, due to the swelling of the fibers, when the same fabric shade depths were compared.

Lyocell fabric (Lenzing Lyocell and Tencel) - which is characterized by a very high wet fibrillation - was examined for the coherence of stability and rubbing fastness. In detailed investigations, it was shown that, compared with special, non-fibrillating Lyocell fabrics (Lenzing Lyocell LF and Tencel A100), the worse rubbing fastness of the normal Lyocell fibers results from their weaker structure due to the fibrillation.

In a further investigation, it was shown that the rubbing fastness of normal cotton fabric depends strongly on the average polymerization degree (DP) and the amount of damage indicated thereby.

The last part of this work deals with frictional forces which occur during a rubbing test. A Crockmeter was modified with a force receiver. Linkage to a measuring computer device offers the possibility of a continuous value recording as well as a computer based measuring analysis. For validating this new measuring method a set of fabrics with dry and wet rubbing tissues was first examined and the results of these measurements were evaluated and interpreted. Besides further examinations, the frictional force of normal, ammonia treated, and mercerised cotton tissues were measured for comparison. Slightly lower frictional forces, compared to normal cotton tissue, have been found for the two last-mentioned treatments.

For many examinations, comparisons between the frictional forces and the occurring rubbing fastness were drawn, and the appropriate characteristics were explained.

In a number of finishing treatments with hydrophobic and softening agents as well as crosslinking agents, reduced frictional forces were found at simultaneously worse rubbing fastness. This characteristic was explained by a higher brittleness of the fibers, which could be confirmed by additional observations. In general, the examined finishes didn't lead to any improvement in rubbing fastness. By assessing frictional forces, a number of rubbing fastness results can be explained; however, a complete explanation was not found. The reason is that the differences in the results of the frictional forces measurements are so small that in the end they play a minor role with respect to the measured rubbing fastness. If one ignores the differences between dry and wet frictional forces, it is not possible to draw conclusions about the damage, and therefore about the rubbing fastness, from the results of the frictional forces measurements.

In summary, it can be said that, despite a multiplicity of factors of influence, the stability and structure of the examined cellulose fibers are responsible for the lacking rubbing fastness of these fabrics.

Specially in cotton the cohesion of the lamellar structure is relatively weak, what could be seen in bad rubbing fastness results, mainly of wet rubbing fastness.

VI. Experimenteller Teil

18. Verwendete Materialien

18.1 Farbstoffe

Die in *Kap. 8.1* aufgeführten Farbstoffe wurden von der DyStar AG zur Verfügung gestellt.

18.2 Gewebe

Für die durchgeführten Versuche wurden Gewebe der unten aufgeführten Materialien verwendet:

normale Baumwolle:	normales gebleichtes Baumwollgewebe mit einem Flächengewicht von 135 g/m ²
mercerisierte Baumwolle:	normales gebleichtes Baumwollgewebe nach der Mercerisierung mit einem Flächengewicht von 140 g/m ²
normale Baumwolle: (Baumwolle-2)	normales gebleichtes Baumwollgewebe mit einem Flächengewicht von 140 g/m ²
Modal:	Modalgewebe mit einem Flächengewicht von 140 g/m ²
Viskose:	Viskosegewebe mit einem Flächengewicht von 140 g/m ²
Lyocell:	Lyocellgewebe mit einem Flächengewicht von 140 g/m ²
Lyocell LF:	Lyocell LF-Gewebe mit einem Flächengewicht von 140 g/m ²
Tencel:	Tencelgewebe mit einem Flächengewicht von 170 g/m ²
Tencel A100:	Tencel A100-Gewebe mit einem Flächengewicht von 180 g/m ²
Wolle:	Wollgewebe mit einem Flächengewicht von 130 g/m ²
Polyester (PES 1):	Polyestergewebe mit einem Flächengewicht von 60 g/m ²
Polyester (PES 2):	Polyestergewebe mit einem Flächengewicht von 100 g/m ²
Polyamid (PA 1):	Polyamidgewebe mit einem Flächengewicht von 40 g/m ²
Polyamid (PA 2):	Polyamidgewebe mit einem Flächengewicht von 180 g/m ²

18.3 Gefärbte Gewebe

Werden für unterschiedliche (Nach-)Behandlungsversuche gefärbte Gewebe verwendet, so handelt es sich – falls eine Angabe der Farbstoffkonzentration fehlt – um die in *Kap. 10.1.1; Tab. 14* besprochenen gefärbten Gewebe.

Diese reaktivgefärbten Baumwollgewebe (normale und mercerisierte Baumwolle) wurden in nahezu gleichen Gewebefarbtiefen nach dem KKV-WG-Verfahren (vgl. *Kap. 19.1*) gefärbt von der Fa. DyStar zur Verfügung gestellt.

Dies gilt auch für den auf mercerisiertem Gewebe gefärbten Schwefelfarbstoff Schwarz S (Oxidation mit Bromat/ Vanadat; Dämpfen: 1 Minute bei ca. 105°C).

19. Färbeverfahren

19.1 KKV-WG-Verfahren

Die Klotzfärbungen wurden entsprechend dem Klotz-Kaltverweil-Wasserglas-Verfahren ausgeführt.

Zusammensetzung der Färbeflotte:

Farbstoffmenge: entsprechend der jeweiligen im Versuch angegebenen
Farbstoffkonzentration

Leonil SR: 3 g/l

Harnstoff: 100 g/l

Wasserglas 37-40 Bé: 95 ml/l

Natronlauge 32,5%: abgestimmt auf die Farbstoffmenge entsprechend unterer
Tabelle:

Farbstoffmenge [g/l]	< 20	30	40	50	60	70-100
Natronlauge [ml/l]	23,5	28,5	25,5	33,5	33,5	38,5

Die Gewebe wurden mit einem Walzendruck von 2 bar und einer Walzengeschwindigkeit von 1 m/min mit der Farbstoffflotte foulardiert (Foulard der Firma E. Benz AG Textilmaschinen, Zürich), auf einen Glasstab gerollt und in einer verschlossenen Hülse 20 h bei Raumtemperatur gelagert. Nach Ende der Verweilzeit wurden die Gewebe in kaltem Wasser gespült und mehrmals in heißem Wasser intensiv gewaschen.

19.2 Auszieh-Verfahren

Alle Ausziehfärbungen wurden in geschlossenen Gefäßen aus Glas oder PE durchgeführt. Die Färbungen erfolgten in einer thermostatisierbaren Schüttelapparatur; Modell 1083 der Firma GFL (Gesellschaft für Labortechnik, Burgwedel).

Zusammensetzung der Färbeflotte:

Farbstoffmenge: entsprechend der angegebenen Farbstoffkonzentration

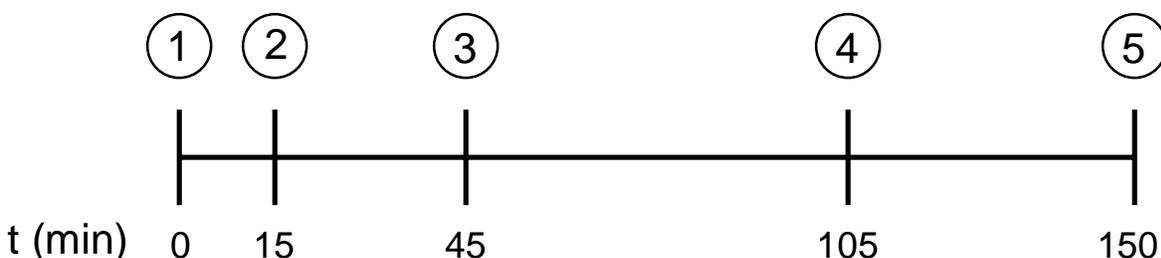
Flottenverhältnis: 1:20

Elektrolytmenge: 50 g/l Natriumsulfat (Na_2SO_4)

Alkalimenge: 5 g/l Sodalösung (hergestellt aus 100 g/l Na_2CO_3)

5 ml/l 6,5%ige Natronlauge

Färbetemperatur: 60°C – isotherm



- 1: Färbebeginn: Farbstoff + Elektrolyt + Wasser
- 2: Zugabe des Gewebes (Entnahme der Referenzprobe)
- 3: Zugabe der Sodalösung (Entnahme Probe 1)
- 4: Zugabe der Natronlauge
- 5: Färbeende (Entnahme Probe 2)

Abb. 123: Färbevorgang bei 60°C

Der zeitliche Ablauf der Ausziehfärbung ist *Abb. 123* zu entnehmen.

40 ml Färbeflotte wurden mit der für die Färbung nötigen Farbstoffmenge in 50 ml Glasfläschchen vorgelegt und in einem thermostatisierbaren Wärmebad auf die erforderliche Temperatur gebracht. Vor Zugabe des Gewebes zur Färbeflotte wurde von dieser eine Probe von 1 ml entnommen, um den genauen Anfangsgehalt an Farbstoff zu bestimmen (Referenzprobe). Nach Zugabe des Gewebes erfolgte eine neutrale Ausziehphase von 30 Minuten, in welcher der Farbstoff auf die Faser aufzieht, ohne zu fixieren. Zur Bestimmung des Neutralauszugs wurde der Flotte nach Beendigung der Ausziehphase erneut eine Probe von 1 ml entnommen (Probe 1).

Anschließend wurde 5 g/l Sodalösung zugegeben, weitere 60 Minuten gefärbt, nochmals 5 ml/l Natronlauge zugesetzt und nach weiteren 45 Minuten die Färbung beendet. Eine Probe nach beendeter Fixierphase diente zur Bestimmung des Badauszugs (Probe 2). Die Gewebestücke wurden der Färbeflotte entnommen, in Zellstoff eingelegt und foulardiert, um sie von nur oberflächlich anhaftendem Farbstoff zu befreien. In 50 ml essigsauerm DMF / Wasser - Gemisch wurde dann der nicht fixierte Farbstoffanteil innerhalb 20 Stunden vom Gewebe extrahiert. Auch von diesem Extrakt wurde eine Probe von 1 ml entnommen (Extrakt). Durch Vergleich der Extinktionswerte mit der Extinktion der Färbeflotte vor Beginn der Färbung konnten Neutralauszug, Badauszug, Fixierausbeute und relative Fixierausbeute bestimmt werden.

Berechnung der Färbekennndaten:

Aus den gemessenen Extinktionen (E) der während der Färbung entnommenen Proben lassen sich Neutral-, Badauszug, Fixierausbeute und relative Fixierausbeute wie folgt berechnen:

Neutralauszug	$NA = 1 - E (\text{Probe1}) / E (\text{Referenz})$
Badauszug	$BA = 1 - E (\text{Probe2}) / E (\text{Referenz})$
Fixierausbeute	$FA = BA - E (\text{Extrakt}) / E (\text{Referenz})$
Relative Fixierausbeute	$rel. FA = FA / BA$

20. UV/Vis-Messungen

Die Messung der Farbstoffextrakte erfolgte mit einem Lambda 2 Spektrometer der Firma Perkin-Elmer. Die Aufnahme der Meßwerte erfolgte mit Hilfe der Standardsoftware PECSS von Perkin-Elmer.

21. Nachbehandlungen

21.1 Färbenachbehandlung durch Nachwäsche und Extraktion

Für die Färbenachwäsche im Laborjigger wurde ein Jigger der Firma E. Benz AG Textilmaschinen (Zürich) verwendet.

Die Extraktion mit Dimethylformamid/Wasser (Volumenverhältnis 1:1) erfolgte für 20 Stunden bei Raumtemperatur auf einem Schüttler bzw. für die im Versuch angegebenen Temperaturen im thermostatisierbaren Schüttler.

21.2 Färbenachbehandlung durch kationische Verbindung

Als kationische Verbindung zur Verbesserung der Naßechtheiten wurde Rewin ACP (quartäre Ammoniumverbindung) der Firma CHT (Tübingen) verwendet.

Die Nachbehandlung erfolgte mit einer 3%igen Behandlungslösung (pH=5,5) für die im jeweiligen Versuch angegebene Temperatur im thermostatisierbaren Schüttler.

21.3 Flüssigammoniak-Behandlung

Die Ammoniakbehandlung erfolgte angelehnt an das in der Praxis verwendete „Sanfor-Set“-Verfahren.

Das entsprechende Gewebe (ca. 15 x 15 cm) wurde für 30 Sekunden in flüssigen Ammoniak getaucht. Nach dem trockenen Abdampfen für ca. 10 Minuten wurde eine Trocknung bei 120°C für 2 Minuten angeschlossen. Zur Beibehaltung der Gewebedimensionen wurde ein kleiner Nadelspannrahmen (14 x 14 cm) verwendet.

21.4 Appreturen

Als Appreturen wurden eingesetzt:

A: Arristan AC (Polyacrylat) der Fa. CHT (Tübingen)

B: Tubingal NPJ (Zubereitung aus Fettsäurekondensationsprodukten und Paraffinwachs) der Fa. CHT (Tübingen)

C: Tubingal MUG (epoxidfunktionelle Polysiloxanverbindung) der Fa. CHT (Tübingen)

Für die unterschiedlichen Nachbehandlungen mit Verbindung **A**, **B** und **C** wurden die entsprechenden Gewebe mit den Behandlungslösungen (**A**=30 g/l; **B,C**=50 g/l) foulardiert (1 bar) und bei 120°C für 4 Minuten getrocknet.

Fluorcarbonausrüstung:

Es wurde eine 5%ige Fluorpolymer-Dispersion der Fa. Colloid Surface Technologies (Wiesbaden) verwendet.

Die Gewebe wurden damit foulardiert (1 bar) und anschließend bei Raumtemperatur getrocknet.

Als Vernetzer kamen zum Einsatz:

D: Knittex FPC konz. (veretherter Dimethyloldihydroxyethylenharnstoff in konzentrierter Form) der Fa. Ciba Spezialitätenchemie (Langweid)

E: Knittex FEL (modifizierter Dimethyloldihydroxyethylenharnstoff) der Fa. Ciba Spezialitätenchemie (Langweid)

zusätzlich: Knittex-Katalysator MO (Säurespender auf Magnesiumchloridbasis) der Fa. Ciba Spezialitätenchemie (Langweid)

Die Nachbehandlung mit Vernetzer **D** (60 g/l Knittex FPC + 20 g/l Katalysator) und Vernetzer **E** (60 g/l Knittex FEL + 15 g/l Katalysator) erfolgte durch Foulardieren (1 bar) der Gewebe mit den Behandlungslösungen, Trocknung bei 110°C für 5 Minuten sowie anschließendem Kondensieren bei 150°C für 5 Minuten.

21.5 Faserschädigung

Zur schrittweisen Schädigung des Schwarz 2b gefärbten Gewebes wurde dieses mit verdünnter (0,1%igen) Essigsäure foulardiert (1 bar) und dann bei den in *Tab. 56* angegebenen Temperaturen und Zeiten im Trockenschrank getrocknet.

Die Ermittlung des durchschnittlichen Polymerisationsgrades erfolgte über Viskosimetrie nach dem Nitratverfahren.

Bestimmung des durchschnittlichen Polymerisationsgrades über Viskosimetrie

Die Bestimmung des durchschnittlichen Polymerisationsgrades (DP) erfolgte mit Hilfe des Nitrat-Verfahrens entsprechend DIN 54 270 Teil 4 [138].

Das Nitrat-Verfahren:

Herstellung der Nitriersäure:

Die Nitriersäure besteht aus 6 Gewichtsteilen Salpetersäure, 5 Gewichtsteilen Phosphorsäure und 3 Gewichtsteilen Phosphorpentoxid.

In einem 2-l-Dreihalskolben mit KPG-Rührer, Thermometer und Tropftrichter werden 236 ml 100%ige rauchende Salpetersäure mit einer Eis/Viehsalz-Kältemischung auf -10 bis -15°C gekühlt. Dann werden unter Rühren 174 ml 85%ige Phosphorsäure zugetropft, wobei die Temperatur ungefähr gehalten werden sollte. In einem verschließbaren Gefäß werden 180 g Phosphorpentoxid (P_2O_5) eingewogen. Dann gibt man über einen Pulvertrichter mit einem Spatel so viel P_2O_5 in den Reaktionskolben, bis ca. 0°C erreicht werden. Nach Abkühlung auf -10 bis -15°C wiederholt man diese Zugabe, bis alles Phosphorpentoxid verbraucht ist; dabei wird die Kältemischung mehrmals erneuert. Nach vollendeter Zugabe rührt man noch 2-3 Stunden und stellt dann das Reaktionsgefäß über Nacht in einen Kühlschrank. Am nächsten Tag wird über eine Glasfilternutsche (G 3) vom ungelösten P_2O_5 abfiltriert. Nach Umfüllen in eine Glasflasche mit Schliffstopfen wird die fertige Nitrierlösung bis zum Gebrauch im Kühlschrank aufbewahrt. Vor dem erstmaligen Gebrauch sollte die Mischung jedoch ein bis zwei Tage lang stehen bleiben.

Probenvorbereitung:

Das Gewebe wird in Kett- und Schußgarne zerlegt. Zur Untersuchung kommen jedoch nur die Kettgarne.

Nitrierung:

In einer 50 ml Glasstöpselflasche werden 100 bis 200 mg der Kettfäden mit 20 ml Nitriersäure übergossen. Dann läßt man für 6 Stunden bei 0°C unter gelegentlichem Umschütteln die Nitriersäure einwirken. Nach dem Nitrieren wird über eine Glasfritte (G 3) abfiltriert und überschüssige Nitriersäure mit einem abgeflachten Glasstab abgepresst. Sodann gibt man die nitrierte Probe in ein Becherglas mit viel eisgeühltem Wasser, wobei man sie mit einer Pinzette eine halbe Minute kräftig hin und her bewegt.

Dies ist nötig, um einen Faserabbau durch freiwerdende Wärme zu verhindern. Anschließend wäscht man die nitrierte Probe 5 Minuten in fließendem, kaltem Leitungswasser, legt sie zweimal je eine halbe Stunde lang in viel kaltes Wasser und zum Schluß noch für 1 Stunde in Methanol.

Bestimmung der Durchflußzeiten:

Nach dem Trocknen der Probe an Luft wiegt man etwa 50 mg in einem 100-ml-Meßkoben ein und löst die Einwaage über Nacht unter leichtem Schütteln in Aceton auf.

Vor dem Einfüllen der Lösung in das Viskosimeter wird diese durch eine Glasfritte (G 3) filtriert. Die Durchflußzeiten von Lösung und reinem Lösungsmittel werden in einem Ubbelohde-Viskosimeter 0a der Fa. SCHOTT gemessen. Dieses Viskosimeter wird zunächst in einem Thermostaten (Julabo VC) der Fa. Ströhlein Labortechnik für 15 Minuten auf die Meßtemperatur von $(20 \pm 0,1)$ °C temperiert. Die Meßzeiterfassung erfolgt vollautomatisch mit Hilfe von Lichtschranken in der Viskosimeterhalterung und der zugehörigen Anzeige- und Steuereinheit AVS 310 der Fa. SCHOTT.

Auswertung:

Die Berechnung des durchschnittlichen Polymerisationsgrades (DP) über die Grenzviskositätszahl erfolgt über folgende Beziehung:

$$DP = [\eta] \cdot 0,909$$

Die Grenzviskositätszahl $[\eta]$ berechnet sich nach: $[\eta]_{c \rightarrow 0} = \frac{\eta_{sp}}{c}$

(Einheit: Volumen/Masse (spezifisches Volumen) in ml/g \equiv cm³/g), wobei die Spezifische Viskosität η_{sp} sich aus den Durchflußzeiten des reinen Lösungsmittels (t_0) und der Lösung (t) berechnen läßt:

$$\eta_{sp} = \frac{(t - t_0)}{t_0} \quad (\text{Einheit: dimensionslos})$$

22. Reißkraftermittlung

Alle Untersuchungen wurden nach DIN 53 859 Teil 2- Weiterreißversuch an textilen Flächengebilden (Schenkel-Weiterreißversuch) [136] mit einem Reißprüfgerät (BZ 2.5 / TN1S) der Fa. Zwick durchgeführt. Verwendeter Kraftaufnehmer: Typ KAP-Z 500N der Firma A.S.T. Angewandte System-Technik (Dresden).

Für die Prüfung werden Gewebeprobe von 5 x 10 cm Größe entsprechend der unteren Abbildung zurecht geschnitten:

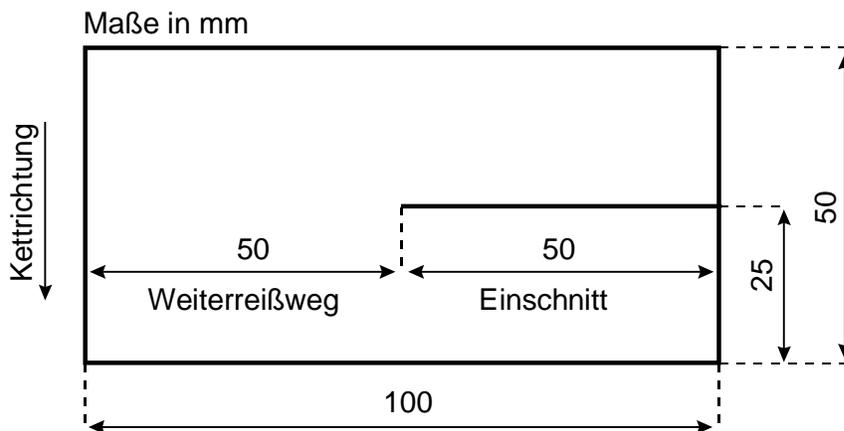


Abb. 124: **Schema des Einschnitts der Schenkel-Weiterreißprobe**

Vor der Messung werden die Proben dem Normalklima 20/65 nach DIN 53 802 [137] angeglichen. Nach Einspannen der Schenkel der Gewebeprobe in die Einspannklemmen des Prüfgerätes erfolgt die Messung mit Hilfe des Computerprogramms testXpert automatisch.

Vorlaufweg: 5 mm
Messweg: 90 mm
Nachlaufweg: 5 mm
Prüfgeschwindigkeit: 100 mm/min

Die ebenfalls vollautomatische Auswertung berechnet das arithmetische Mittel (MW F_{\max} -Spitzen) aus sämtlichen Zugkraft-Höchstwerten.

23. Reibechtheitsprüfung

Die Reibechtheitsprüfungen erfolgten entsprechend DIN ISO EN 105 – X12 [93].

23.1 Reibgewebe

Als Reibgewebe wurde ein ISO 105-F09 [123] entsprechendes Baumwollgewebe der Firma Testex Prüftextilien (Bad Münstereifel) verwendet.

Für eine Reibechtheitsprüfung trocken wurde das trockene Reibgewebe verwendet. Für eine Reibprüfung naß wurde das Reibgewebe auf 100% Feuchte gebracht, wobei abweichend zur DIN ISO EN 105 – X12 folgendermaßen vorgegangen wurde: Das entsprechende trockene Reibgewebe wurde für 1 Minute in destilliertes Wasser gelegt und anschließend im Foulard bei 2,3 bar auf exakt 100% Feuchte gequetscht. Das weitere Vorgehen wird bei den entsprechenden Prüfgeräten (s.u.) erläutert.

23.2 Reibechtheitsprüfung mit dem Crockmeter

Es kam ein Crockmeter Model CM-1 der Firma Atlas Electric Devices (Chicago) zum Einsatz.

Auf den Balken des Crockmeters wurde das Prüfgewebe (ca. 4 x 20 cm) gelegt und mit Magneten befestigt. Über den Reibzapfen wurde das Reibgewebe gestreift und mit einer Federklammer festgeklemmt. Nach Aufsetzen des Reibgewebes erfolgten – entsprechend der Norm - innerhalb von 10 Sekunden 10 Reibbewegungen, wobei jeweils eine Reibstrecke von 10 cm bestrichen wurde.

Die Anzahl der Reibbewegungen (und damit verbunden die Zeitdauer) wurde entsprechend den Angaben der jeweiligen Versuche verändert.

Nach der Reibprüfung erfolgte eine Trocknung des feuchten Reibgewebes bei Raumtemperatur. Dann wurde der oberflächlich anhaftende Faserabrieb mit einem TESA-Klebeband entfernt. Es folgte ein vorsichtiges Glätten des Reibgewebes mit einem Bügeleisen, worauf hin das Reibgewebe für 24 Stunden im Normalklima konditioniert wurde.

Eine visuelle Bewertung des Reibflecks erfolgte mit dem Graumaßstab zur Bewertung des Anblutens (DIN EN 20105 -A03 [123]) oder über instrumentelle Bestimmung des Farbabstands dE zwischen nicht angeschmutztem Reibgewebe und Farbfleck. (vgl. *Kap. 24.2*)

23.3 Reibechtheitsprüfung mit dem Ruf-Reibgerät

Es wurde ein Universal-Reibprüfgerät nach Dr. Ruf von der Firma Karl Schröder KG Materialprüfmaschinen (Weinheim) verwendet.

Auf die Gummimembrane einer Druckkammer wurden jeweils zwei Prüf- bzw. Reibgewebe (5 x 5 cm) gelegt und die 3,5 cm (Doppel-)Lochblenden eingerastet. Durch Anlegen eines Überdrucks (0,4 bar) wölben sich die Gummimembranen und fixieren so die Gewebe. Nach Schließen der Druckkammern wurde der Prüfdruck von 0,5 bar angelegt und das Gerät für die eingestellte Anzahl an Reibbewegungen gestartet. Nach Beendigung des Reibvorgangs wurde der Überdruck langsam abgelassen und die Druckkammern wurde aufgeklappt. Nach Entfernen der Lochblenden wurden die Gewebe entnommen und das feuchte Reibgewebe getrocknet. Von dem Reibgewebe erfolgte die Entfernung des oberflächlich anhaftenden Faserabriebs mit einem Klebestreifen (Selbstklebeetikett), dann wurde vorsichtig mit einem Bügeleisen geglättet und für 24 Stunden im Normalklima konditioniert.

Eine visuelle Bewertung des Reibflecks erfolgte mit dem Graumaßstab zur Bewertung des Anblutens (DIN EN 20105 -A03 [123] oder über instrumentelle Bestimmung des Farbabstands dE zwischen nicht angeschmutztem Reibgewebe und Farbfleck. (vgl. Kap. 24.2)

24. Remissionsmessungen

Die Gewebeproben wurden nach 24-stündiger Klimatisierung im Normklima (20°C, 65% Luftfeuchtigkeit) mit einem Farbmeßgerät der Firma Datacolor (Texflash-Zweistrahlspektrometer) unter Verwendung der Software IRIS-Textilprogramm V 2.3 vermessen.

Glanzblende: mittel
Meßbereich: normal
Weißstandard: Bariumsulfat
Lichtquelle: gepulste Xenon-Blitzlampe
Monochromator: 2 holographische Gitter
Diffuse Beleuchtung, Beobachtungswinkel 0°

24.1 Gewebefarbtiefe

Messblende: 18 mm

Messfleck: 18 mm

Das Gewebe wurde 4-lagig gemessen.

Sämtliche Messungen wurden fünffach durchgeführt und die erhaltenen Werte gemittelt.

Aus den entsprechenden Remissionswerten erfolgte die Berechnung der Gewebefarbtiefe ($K/S_{\text{gew.}}$) mit Hilfe *Tab. 72*.

24.2 Instrumentelle Reibechtheitsbewertung bei Crockmeter und Ruf-Reibgerät

Crockmeter:

Datacolor-Parameter: Messblende: 12 mm

Messfleck: 12 mm

Die Reibgewebe wurden auf einer Lage von 10 weißen Begleitgeweben gemessen. Sämtliche Messungen wurden vierfach durchgeführt (nach jeder Einzelmessung erfolgte eine Drehung der Probe um 90°) und die erhaltenen Werte gemittelt.

Ruf-Reibgerät

Datacolor-Parameter: Messblende: 18 mm

Messfleck: 18 mm

Die Reibgewebe wurden auf einer Lage von 10 weißen Begleitgeweben gemessen. Sämtliche Messungen wurden vierfach durchgeführt (nach jeder Einzelmessung erfolgte eine Drehung der Probe um 90°) und die erhaltenen Werte gemittelt.

Die Bewertung der Reibechtheit nach der Prüfung mit dem Crockmeter bzw. mit dem Ruf-Reibgerät erfolgte über Ermittlung des Farbabstandes dE zwischen dem Farbfleck auf dem Reibgewebe mit einem nicht angeschmutzten Reibgewebe. Für diese Berechnung wurde auf den vom Computerprogramm IRIS angebotenen Programmpunkt "Farbdifferenz" zurückgegriffen. Dabei wurde im Computer automatisch der Farbabstand zwischen dem vermessenem Farbfleck auf dem Reibgewebe und dem ungefärbten Reibgewebe berechnet. Der zum Vergleich herangezogene Ausgangswert von unbenutztem Reibgewebe wurde zu Beginn der Arbeit aus 50 Einzelmessungen ermittelt und dieser Mittelwert im Computerprogramm hinterlegt (vgl. *Kap. 9.6.3*).

25. Mikroskopische Untersuchungen

25.1 Lichtmikroskopie

Für mikroskopische Untersuchungen kam ein Leitz Dialux-Mikroskop sowie ein Wild M420 Makroskop zum Einsatz.

Die Aufnahme der Bilder erfolgte mit einer aufgesetzten Kleinbild-Systemkamera (Kamerakörper Wild MPS 51). Als Film wurde ein Kleinbildfilm mit 200 ASA verwendet. Die Belichtungszeit wurde mit einem Wild Photomat MPS 45 automatisch gesteuert.

25.2 Rasterelektronenmikroskopie

Für rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen kam ein AMR 1000 der Firma Leitz (Wetzlar) zu Einsatz.

Die Aufnahme der Bilder erfolgte mit einer angeschlossenen Polaroid-Kamera. Als Film wurde ein Polaroid Polapan 54 / ISO 400 verwendet.

26. Reibungskraftermittlung

26.1 Kawabata Evaluation System (KES-F-4)

Zur Bestimmung der Reibungskoeffizienten erfolgte mit einem KES FB4 Surface Tester der Kato Tech. Co. Ltd.

26.2 Modifiziertes Crockmeter

Die Ermittlung der Reibungskräfte erfolgte über Einbau eines Dehnungsstreifenkraftaufnehmers (Typ KAP-Z 500N; A.S.T. Angewandte System-Technik) in das Crockmeter (vgl. *Abb. 99*). Dabei wurde in die Verbindungsstange (D in *Abb. 28*) der Kraftaufnehmer eingesetzt.

Als Meßgerät diente das unter *Kap. 22* beschriebene Reißprüfgerät der Fa. Zwick. Die Einstellung der Prüfparameter und die Meßwertaufnahme erfolgte über den angeschlossenen Computer mit dem Programm teXpert. Da das verwendete Programm nur die Aufnahme der Zug- und Druckkräfte des Kraftaufnehmers übernahm, war lediglich eine der Prüfungsdauer (abhängig von der Anzahl der Reibbewegungen) entsprechende Meßdauer einzustellen.

Die so erhaltenen Meßwerte wurden in ein Tabellenkalkulationsprogramm importiert und dort ausgewertet. Zunächst wurden die jeweiligen positiven und negativen Höchstwerte ermittelt. Da sich – durch die Crockmeterkonstruktion bedingt – die Absolutwerte der positiven von den negativen Höchstwerte unterscheiden, wurde eine Normierung der Basislinie durchgeführt. Die Reibungskraftberechnung F_{\max} erfolgt dann mit allen (positiven und negativen) Absolutwerten aus 20 Reibbewegungen. (Ausnahme: der erste positive Kraftwert wird nicht in die Mittelwertbildung einbezogen).

VII. Anhang

Tab. 72: Wichtung von K/S-Werten [139]

λ [nm]	f_{λ}	λ [nm]	f_{λ}
400	0,1071	560	1,7025
420	1,1984	580	1,8831
440	2,4131	600	1,7823
460	2,1759	620	1,2544
480	1,1062	640	0,6114
500	0,6831	660	0,2129
520	0,9402	680	0,0568
540	1,3525	700	0,0133

$$K/S_{\text{gew.}} = \Sigma [(K/S)_{\lambda} \cdot f_{\lambda}]$$

VIII. Literatur

- [1] ANON.
Melliand Textilberichte **21** (1998) 1/2, 21
- [2] ANON.
Melliand Textilberichte **4** (1998), 200.
- [3] T. JOHNSON
Chemical Fibers International **49** (1999) December, 455-459
"Outlook for man-made fibers to 2005/2010"
- [4] ANON.
Melliand Textilberichte **9** (1999), 679
- [5] H. SCHWEPPE
Handbuch der Naturfarbstoffe: Vorkommen, Verwendung, Nachweis
ecommed Verlagsgesellschaft; Landsberg/Lech; 1992
- [6] H. VOGLER
Textilveredlung, **11/12** (1999), 32-36
"Textilveredlung der Antike - Teil 1"
- [7] J.N. LILES
The art and craft of natural dyeing
The University of Tennessee Press; Knoxville; 1990
- [8] Öko-Tex, *Textiles Vertrauen -*
Schadstoffgeprüfte Textilien nach Öko-Tex Standard 100
Hohenstein; Januar 2000
- [9] H. ZAHN
Textilpraxis International **42** (1987), 36-39
"Neues über den Feinbau von Textilfasern"
- [10] T.P. NERELL UND S.H. ZERONIAN
Cellulose chemistry and its applications
Ellis Horwood Ltd., Halsted Press; Chicester; 1985
- [11] H.-P. FINK UND E. WALENTA
Das Papier **48** (1994), 739-748
"Röntgenbeugungsuntersuchungen zur übermolekularen Struktur von Cellulose im Verarbeitungsprozeß"

- [12] A. ISOGAI, ET AL.
Macromolecules **22** (1989), 3168-3172
"Solid-state CP/MAS ¹³C NMR study of cellulose polymorphs"
- [13] A. SARKO, J. SOUTHWICK UND J. HAYASHI
Macromolecules **9** (1976), 857-863
"Packing Analysis of Carbohydrates and Polysaccharides."
- [14] S.C.O. UGBOLUE
Text. Progress **20/4** (1990), 1-43
"Structure/property relationships in textile fibers"
- [15] D. FENGEL
Polysaccharide, Eigenschaften und Nutzung; Eine Einführung. 1985:
in: W. Burchard (Hrsg.); Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo; 1985, 15-24
- [16] *Der Brockhaus: in 15 Bänden*
F.A. Brockhaus GmbH; Leipzig, Mannheim; 1998
- [17] M. PETER UND H.K. ROUETTE
Grundlagen der Textilveredlung: Handbuch der Technologie, Verfahren und Maschinen. Dt. Fachverlag; Frankfurt; .13. überarb. Auflage 1989
- [18] G. JAYME UND K. BALSER
Melliand Textilberichte **1** (1970), 3-11
"Beitrag zur Elektronenmikroskopie und zum Feinbau der Baumwollfaser"
- [19] *"Baumwolle; Faserstoff-Tabellen nach P.-A. Koch"*
Inst. f. Textiltechnik; RWTH Aachen
- [20] W. KLING, C. LANGNER-IRLE UND T. NEMETSCHKE
Melliand Textilberichte, **39** (1958), 879-882.
"Zur Morphologie der Baumwollfaser"
- [21] H.K. ROUETTE
Lexikon für Textilveredlung
Laumann-Verlag; Dülmen; 1995
- [22] B. WULFHORST
Textile Fertigungsverfahren
Carl Hanser Verlag; München, Wien; 1998
- [23] *Celluloseregeneratfasern; Faserstoff-Tabellen nach P.-A. Koch*
Inst. f. Textiltechnik; RWTH Aachen; 1990

- [24] J. LENZ, J. SCHURZ UND E. WRENTSCHUR
Acta Polymerica **43** (1992), 307
"Comparative characterization of solvent spin cellulose and high wet modulus viscose fibres by their long periods"
- [25] I. MARINI
Chemiefasern/Textilindustrie **43./95.** Jahrgang (1993), 878-883.
"Lenzing Lyocell-Fasern"
- [26] *"Lyocell-Fasern; Faserstoff-Tabellen nach P.-A. Koch"*
Inst. f. Textiltechnik; RWTH Aachen; 1997
- [27] J. SCHURZ UND J. LENZ
Macromol. Symp. **83** (1994), 273-289
"Investigations on the structure of regenerated cellulose fibers"
- [28] H.A. COULSEY UND S.B. SMITH
Lenzinger Berichte **75** (1996), 51-61
"The formation and structure of a new cellulosic fibre"
- [29] R. BREIER
Melliand Textilberichte **5** (1999) 411-418
"Modische Griff-Optik-Dissonanzen durch Cellulase-Enzyme"
- [30] K.P. MIECK, M. NICOLAI UND A. NECHWATAL
Lenzinger Berichte **76** (1997), 103-107.
"Die Naßscheuerbeständigkeit cellulosischer Gewebe als Ausdruck der Fibrillierneigung der Faser"
- [31] F. SCHULZ
"Untersuchungen zur Beeinflussung der Fibrillierbarkeit von Lyocellfasern durch Reaktivfärbung"; Diplomarbeit Universität Stuttgart; 1996
- [32] H.J. KOSLOWSKI
Chemiefaser-Lexikon
Dt. Fachverlag; Frankfurt; 1997
- [33] J. SCHURZ
Lenzinger Berichte **74** (1994), 37-40
"Was ist neu an den neuen Fasern der Gattung Lyocell ?"

- [34] K. BREDERECK UND A. COMMARMOT
Melliand Textilberichte **1-2** (1998), 64-68
"Ammoniakbehandlung von cellulosischen Fasern"
- [35] J. BERINGER
"Untersuchungen zur Veredlung von Textilien aus Cellulosefaserstoffen mit flüssigem Ammoniak unter Druck"; Diplomarbeit Universität Stuttgart; 2000.
- [36] D. LÄMMERMANN
Melliand Textilberichte **11** (1991), 949-954
"Fluorcarbone in der textilen Endausrüstung - Eigenschaften und Anwendungen"
- [37] E. BRUNNSCHWEILER UND G. SIEGRIST
Textilveredlung **19** (1984) 11, 305-309
"30 Jahre Reaktivfarbstoffe"
- [38] H. ZOLLINGER
Color Chemistry
VCH Verlagsgesellschaft; Weinheim; 1991
- [39] O.A. STAMM
Helv. Chim. Acta **46** (1963), 2098-3018
"Zur Reaktion von Reaktivfarbstoffen mit Cellulose"
- [40] J. WEGMANN
Melliand Textilberichte **39** (1958), 1006-1012
"Synthetische Färbungen und Drucke"
- [41] T.C. DAWSON, C. PRESTON UND A.S. FERN
J. Soc. Dyers Color. **76** (1960), 210-217
"The reactions of cold-dyeing Procion Dyes with Cellulose"
- [42] D. HILDEBRAND
Melliand Textilberichte **49** (1968), 936-940
"Das maximale Bindungsvermögen der Cellulosefaser für Reaktivfarbstoffe"
- [43] K. BREDERECK, E. BADER UND U. SCHMITT
Textilveredlung **24** (1989), 142-150
"Die Bestimmung der Porenstruktur wassergequollener Zellulosefasern"

- [44] K. BREDERECK, W.A. SCHICK UND E. BADER
Makromol. Chem. **186** (1985), 1643-1655
"Zur Bestimmung der Porenstruktur wassergequollenen Cellulosefasern"
- [45] K. BREDERECK UND B. BLÜHER
Melliand Textilberichte **73** (1992), 652-662
*"Porenstrukturbestimmung von Cellulosefasern durch
Ausschlußchromatographie"*
- [46] T. HORI UND M. MIZUNO
Colloid. Polym. Sci., **256** (1980), 1070-1076
"Dye diffusion in water-swollen cellulose membranes and in bulk water"
- [47] E. BOHNERT
Melliand Textilberichte **42** (1961) 10, 1156-1160
*"Ein experimenteller Nachweis der Bindung von Vinylsulfon-Farbstoffen an
die Zellulosefaser"*
- [48] J. GRÜTZE UND M. WOYDT
Melliand Textilberichte **75** (1994), 308-310
"Eigenschaften von Reaktivfarbstoffen in Abhängigkeit vom Chromophor"
- [49] K.-H. SCHÜNDEHÜTTE
Reactive dyes: chromophore systems in *The Chemistry of Synthetic Dyes*
K. Venkataraman; Vol. VI; New York, London; 1972; 211-325
- [50] U. MROTZECK
Deutscher Färbekalender **94** (1990), 101-112
"Ankerchemie von Remazol-Farbstoffen"
- [51] H.-U. VON DER ELTZ
Melliand Textilberichte **52** (1971), 687-704
"Vinylsulfonfarbstoffe - von der Idee zum Erfolg"
- [52] M. HAELTERS
Melliand Textilberichte **61** (1980), 1016-1026
"Sichere Reaktivfärberei, ein immer wieder neues Ziel"
- [53] W.F. BEECH
Mechanism of dyeing with reactive dyes in Fibre - reactive dyes
SAF International; New York; 1970

- [54] H. GERBER
Textilveredlung **28** (1993) 12, 405-410
"Kennwerte zur Charakterisierung des färberischen Verhaltens von Reaktivfarbstoffen"
- [55] S. ABETA ET AL.
Jpn. Text. News **388** (1987), 79-83
"Characteristics and Advantages of Sumifix Supra Dyes"
- [56] J.-F. LANDRÉ AND A. SCHAUB
Textilveredlung **21** (1986), 425-430
"Physikalische und chemische Reaktionsabläufe beim Färben von Zellulosefasern"
- [57] H. ZOLLINGER
Textil-Rundschau **15** (1960), 75-78
"Substantivität und Affinität"
- [58] U. RUF UND W.B. EGGER
Textilveredlung **13** (1978), 304-308
"Neue Untersuchungen über Eigenschaften hochreaktiver Farbstoffe"
- [59] J. WOLFF UND H. HENK
Textilveredlung **25** (1990) 6, 213-218
"The importance of new chromophoric systems for reactive dyeing"
- [60] H.H. SUMNER UND T. VICKERSTAFF
Melliand Textilberichte **42** (1961), 1161-116
"Methode der Kontrolle von Färbeverfahren mit Reaktivfarbstoffen"
- [61] R. WEINGARTEN
Textilveredlung **3** (1968), 151-159
"Chemische und physikalisch-chemische Zusammenhänge bei der Anwendung der Remazolfarbstoffe"
- [62] D. HILDEBRAND UND W. BECKMANN
Melliand Textilberichte **45** (1964), 1138-1145
"Die Bedeutung der Homogenität für den Umsatz von Reaktivfarbstoffen mit Cellulosefasern"
- [63] H.-J. FLATH
Melliand Textilberichte **2** (1991), 132-139
"Polymerstruktur und Farbstoffdiffusion"

- [64] R. MCGREGOR, R.H. PETERS UND J.H. PETROPOLOUS
Trans. Far. Soc. **58** (1962)
"Diffusion of Dyes into Polymer Films, Part 2"
- [65] H. ZOLLINGER
Textilveredlung **24** (1989), 133-142
"Färbetheorien - Modelle und Wirklichkeit der Diffusion von Farbstoffen in Textilfasern"
- [66] P.B. WEISZ
Trans. Far. Soc. **63** (1967), 1801-1807
"Sorption-diffusion in heterogeneous systems, Part 1"
- [67] P.B. WEISZ UND J.S. HICKS
Trans. Far. Soc. **63** (1967), 1808-1814
"Sorption-diffusion in heterogeneous systems, Part 2"
- [68] T. HORI UND H. ZOLLINGER
Text. Chem. Color. **10** (1986) 18, 19-25
"The role of water in the dyeing process"
- [69] T. IJIMA UND Y. KIMURA
Makrom. Chem., Rapid Commun., 1984. **5**: 301-303
"A nuclear magnetic resonance investigation of the mobility of sodium ions in charged cellulose membrans"
- [70] J. CRANK
J. Soc. Dyers Col. **66** (1950), 366-374
"The diffusion of direct dyes into cellulose, III - The present state of the tTheory and its practical implications"
- [71] H.A. STANDING, J.O. WARWICKER UND H.F. WILLIS
J. Text. Inst. **38** (1947), 335-349
"The diffusion of direct dyes in cellulose"
- [72] M.L. WILLIAMS, R.F. LANDEL UND J.D. FERRY
J. Am. Chem. Soc. **77** (1955), 3701-3707
"The temperature dependance of relaxation mechanisms in amorphous polymers and other glass-forming liquids"

- [73] M. SEKIDO UND K. MATSUI
"Sen`i-Gakkaishi **20** (1964), 778-783
und Chem. Abst. 62 (1965), 13304c,
*"Vat dyeing I. determination of surface concentration and diffusion
coefficients by the cylindrical cellophane-film method"*
- [74] W.B. EGGER, W. JOOS UND C. OSCHATZ
Textilveredlung **19** (1984) 11, 324-329
"Färben nach dem Kaltverweil-Verfahren mit raktantfixierbaren Farbstoffen"
- [75] Y.S.W. LI, C.W.M. YUEN UND K. W. SIN
J. Soc. Dyers Col **114** (1998), 203-209
"Instrumental shade sorting in the past three decades"
- [76] H.G. VÖLZ
Industrielle Farbprüfung: Grundlagen und Methoden
VCH Verlagsgesellschaft; Weinheim, New York, Basel; 1990
- [77] Internet-URL: <http://www.fotowand.de/texte/fwtc-cie.htm>,
Fotowand; 1999; Abruf: 15.11.1999
"Die CIE-Farb Räume und die Normlichtarten"
- [78] A.N. Gilchrist und J. Nobbs
J. Soc. Dyers Col. **115** (1999), 4-7
"Colour by numbers"
- [79] T.F. CHONG
Rev. Prog. Coloration **18** (1988), 47-55
"Instrumental measurement and control of colour"
- [80] Internet-URL: <http://people.wiesbaden.netsurf.de/~awe/codip/farb222.htm>,
Entstanden: 22.10.1998; Abruf: 16.11.1999
"Phänomen Farbe"
- [81] *Farbmessung; DIN 5033*,
Beuth Verlag; Berlin; Ausgabe 1979 - 03
- [82] H.A. CHRIST
Textilveredlung **20** (1985) 7/8, 241-242
"Eine farbmetrische Formel zur Bestimmung der Standardfarbtiefe"

- [83] W. GRIESSER, B. MEYER UND J.V. DIEST
Textilveredlung **22** (1987) 3, 104-109
"Festlegung der Standard-Farbtiefe"
- [84] P.K. RABE UND O. KOCH
Melliand Textilberichte **38** (1957), 173-177
"Die Hilfstypen in der Beziehung zur Bewertung der Echtheit von gefärbten bzw. bedruckten Textilien"
- [85] *Textilien - Farbechtheitsprüfungen Teil A01: Allgemeine Prüfgrundlagen; DIN EN ISO 105 -A01*
Beuth Verlag; Berlin; Ausgabe 1995 - 12
- [86] P. KUBELKA UND F. MUNK
Z. Tech. Phys. **12** (1931), 593
- [87] T. LANCENDORFER
Melliand Textilberichte **7** (1990), 493-497
"Möglichkeiten der Mikroskopie bei der Qualitätsbeurteilung und Fehlererkennung an Fasern und Flächengebilden"
- [88] R. HESSE
Textile Fasern: Rasterelektronenmikroskopie der Chemie- und Naturfasern
Deutscher Fachverlag; Frankfurt; 1988
- [89] M.L. ROLLINS, ET AL.
American Dystuff Reporter **5** (1965), 36-48
"Electron microscopy of chemically modified cotton"
- [90] E. WAGNER
Textilveredlung **33** (1998) 5/6, 85-90
"Professionelle mikroskopische Querschnitte"
- [91] P.A. ANNIS, T.W. QUIGLEY UND K.E. KYLLO
Textile Chemist and Colorist **24** (1992) 9, 78-82
"Hand Techniques for Cross-Sectioning Fibers and Yarns"
- [92] J.N. BISCHOFF
"Versuch einer Geschichte der Färberkunst"; 1780
- [93] *Textilien - Farbechtheitsprüfungen Teil X12: Reibechtheit von Färbungen; DIN EN ISO 105 -X12; Ausgabe 1995 - 06*
Beuth Verlag; Berlin

- [94] C. HEID
Melliand Textilberichte **5** (1986), 345-353
"Reib(un)echtheiten von Textilien - ein vielseitiges Problem"
- [95] *Römpf Lexikon Chemie*
Georg Thieme Verlag; Stuttgart, New York; 1998
- [96] N. BIGLER
Textilveredlung **4** (1969) 3, 166-181
"Untersuchungen über die Reibecktheit von Färbungen"
- [97] N. BIGLER
SVF-Fachorgan **19** (1964) 7, 492-504
"Das mikroskopische Bild der Baumwolle und seine Bedeutung für die Praxis"
- [98] W. BOBETH
Textile Faserstoffe - Beschaffenheit und Eigenschaften
Springer Verlag; Berlin, Heidelberg, New York; 1993
- [99] N. BIGLER
Textilrundschaue **17** (1962), 119-130
"Ein Beitrag zur Textilmikroskopie der Baumwolle"
- [100] M. KEHREN UND L. BRANDT
Melliand Textilberichte **41** (1960) 1, 78-79
"Trocken- und Naßreibecktheit farbiger Berufskleidung"
- [101] C.H. GILES, D.G. DUFF UND R.S. SINCLAIR
Rev. Prog. Coloration **12** (1982), 58-65
"The relationship between dye structure and fastness properties"
- [102] H.E. MILSON, W.H. WATKINS UND G.L. ROYER
American Dyestuff Reporter **36** (1947), 45-70
"Studies on wool dyeing: crocking"
- [103] P. FYNN
American Dyestuff Reporter, 1955. **January 17** (1955) , 34-40
"A study of factors which influence the fastness to crocking"
- [104] P. HEERMANN
Koloristische und textilchemische Untersuchungen
Berlin; 1903; 224-245

- [105] *8. Ausgabe der "Verfahren, Normen und Typen"*
Echtheitskommission des Vereins Deutscher Chemiker, 1939
- [106] P. KRAIS UND W. LÜDICKE
Monatszeitschrift für Textilindustrie **48** (1933), 105
"Einfache Vorrichtung zur Prüfung der Reibechtheit von Färbungen"
- [107] ANON.
American Dyestuff Reporter **25** (1936) 10, 263
"The Durfee crock testing and recording machine"
- [108] G. STAMM
Textilveredlung **13** (1978) 2, 65-66
"Apparat zur Prüfung der Reibechtheit von Färbungen und Drucken auf Textilien"
- [109] C.R. Trommer
American Dyestuff Reporter **45** (1956) 12, 357-359
"Modification of the AATCC crockmeter for yarn testing"
- [110] J.R. ABRAMS UND T.C. NORMAN
American Dyestuff Reporter **55** (1966) 16, 616-617
"New crock testing machine: the Rotary Vertical Crockmeter. Report of Committee RA 38, colorfastness to crocking test methods"
- [111] F. RUF
Textil-Rundschau **11** (1956) 10, 609-610
"Reibechtheit - universeller"
- [112] F. RUF
Melliand Textilberichte **36** (1955) 7, 755
"Gerät zur Prüfung der Reibechtheit an Flocke, Garn und Gewebe"
- [113] D.P. BISHOP
Textile Progress **26** (1998) 3
"Fabrics: Sensory and Mechanical Properties"
- [114] E. FINNIMORE
Chemiefasern / Textilindustrie **11** (1982), 826-828
"Objektive Griffbeurteilung nach dem KES-F System"

- [115] M. GREUEL
B+W / B+M **4** (1991), 22-25.
"Das Kawabata-Meßgeräte- und -Berechnungssystem"
- [116] R.B. RAMGULAM, J. AMIRBAYAT UND I. PORAT
Journal of Textile Institute **84** (1993) 1, 99-106.
"Measurement of fabric roughness by a noncontact method"
- [117] R. JEFFRIES
Journal of Textile Institute, 1955. **46**: 391-399
"Measurement of the extent of delustring of filament fabrics"
- [118] W. EISSLER, R. PFEFFER-HAHN, UND H.-D. MEYER
Melliand Textilberichte **8** (1987), 560-562
"Entwicklung von optoelektronischen Meßgeräten zur Bestimmung der Haarigkeit von Garnen und textilen Flächengebilden"
- [119] *Technical Manual of the American Association of Textile Chemists and Colorists*
Prüfverfahren 8 - 1972; Vol. 50 (1974), 112
- [120] *Technical Manual of the American Association of Textile Chemists and Colorists*
Prüfverfahren 165 - 1988; Vol. 65 (1989), 305
- [121] *Textilien - Farbechtheitsprüfungen Teil F09: Spezifikation für Baumwollreibe-
gewebe; ISO/DIS 105-F09; Ausgabe 1999 - 08, Beuth Verlag; Berlin*
- [122] W. SCHILLER
*Echtheitsprüfungen in der Praxis - erläutert am Beispiel der Reibe-
chtheit*
BAM Bundesamt für Materialforschung und -prüfung; Berlin
- [123] *Textilien - Farbechtheitsprüfungen Teil A03: Graumaßstab zur Bewertung
des Anblutens; DIN EN 20105 -A03 / ISO 105-A03; Ausgabe 1994 - 10
Beuth Verlag; Berlin.*
- [124] J.P. PATTON
Textile Chemist and Colorist **21** (1989) 3, 13-16
"Crock test problems can be prevented"
- [125] *Textilien - Farbechtheitsprüfungen Teil F02: Spezifikation für Reibgewebe
aus Baumwolle und Viskosefasern; ISO/DIS 105-F02, Ausgabe 1999 - 08
Beuth Verlag; Berlin.*

- [126] H. HERLINGER UND G. SCHULZ
Melliand Textilberichte **2** (1990), 126-129
"Ursachen ungenügender Naßreibechtheiten bei tiefen Färbungen"
- [127] Bedienungsanleitung für den Universal-Reibechtheitsprüfer nach Dr. Ruf
Fa. Schröder; Weinheim
- [128] O. BLUM
Textilpraxis **7** (1961), 725-728.
"Kritische Betrachtung der Ergebnisse von zwei Reibechtheitsprüfungen"
- [129] B. MEYER
Textilveredlung **25** (1990) 12, 406-409
"Farbmetrische Echtheitsbestimmung"
- [130] *Textilien - Farbechtheitsprüfungen Teil A04: Methode zur instrumentellen
Bewertung des Anblutens der Begleitgewebe; DIN EN ISO 105-A04,
Ausgabe 1999 - 10
Beuth Verlag; Berlin.*
- [131] H. ULSHÖFER
J. Soc. Dyers Col. **102** (1986), 307-309.
"Colorimetric evaluation of change in colour"
- [132] V. KUHN
Textilveredlung **26** (1991) 4, 108-112
*"Schädigung von Baumwolle durch schwarze Schwefelfarbstoffe beim
Lagern"*
- [133] H.-W. STEFANI
Dissertation Universität Stuttgart, in Vorbereitung
- [134] F. STRAUß
*Untersuchungen über Faserschädigungen bei mit Reaktivfarbstoffen
gefärbtem Cellulosematerial";* Dissertation Universität Stuttgart 1997
- [135] *Textilien - Farbechtheitsprüfungen Teil D02: Bestimmung der Reibechtheit:
Organische Lösemittel; DIN EN ISO 105 -D02, Ausgabe 1995 - 12
Beuth Verlag; Berlin*
- [136] *Prüfung von Textilien: Weiterreißversuch an textilen Flächengebilden -
Schenkel-Weiterreißversuch; DIN 53 859 Teil 2, Ausgabe 1979 - 01
Beuth Verlag; Berlin.*

- [137] *Prüfung von Textilien: Angleichen der Proben an das Normalklima;*
DIN 53 802, Ausgabe 1979 - 07
Beuth Verlag; Berlin.
- [138] *Prüfung von Textilien: Bestimmung der Grenzviskosität von Cellulosen -*
Nitratverfahren; DIN 54 270 Teil 4, Ausgabe 1977 - 08
Beuth Verlag; Berlin
- [139] W. BAUMANN ET. AL.
Melliand Textilberichte **8** (1986), 562-566
"Bestimmung der relativen Farbstärke und des Restfarbabstandes durch
Reflexionsmessungen"

Lebenslauf

Persönliche Daten:

Name: Frank Strauß
geboren: am 26.05.1970 in Plochingen
Familienstand: verheiratet, 1 Kind
Nationalität: deutsch

Schulausbildung:

1976 – 1980 Grundschule Plochingen
1980 – 1989 Gymnasium Plochingen
Abschluß: Allgemeine Hochschulreife

Bundeswehr:

06/89 – 08/90 Grundwehrdienst in Germersheim, Bremen und Leipheim

Hochschulausbildung:

10/90 – 07/97 Grund- und Hauptstudium Chemie an der Universität Stuttgart
07/93 Vordiplom
01/97– 07/97 Diplomarbeit am Institut für Textil- und Faserchemie
Betreuung: Prof. Dr. K. Bredereck
Thema: *„Untersuchungen über Faserschädigungen bei
mit Reaktivfarbstoffen gefärbtem Cellulosematerial“*
Studienabschluß: Diplomchemiker
08/97 – 06/00 Promotion am Institut für Textil- und Faserchemie
Betreuung: Prof. Dr. K. Bredereck
Thema: *„Grundlegende Aspekte der Reibechtheit
von reaktivgefärbten Cellulosematerialien“*
09/97– 05/00 wissenschaftlicher Angestellter
am Institut für Textil- und Faserchemie
der Universität Stuttgart