

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg  
Fachbereich Ökotoxikologie  
Studiengang Ökotoxikologie

**Entwicklung eines Messverfahrens für den  
Glättungseffekt bei Textilien**

**-Diplomarbeit-**

vorgelegt am 10.08.06

von

Susan Niemeyer

Oldenfelder Stieg 3a

22143 Hamburg

Betreuung:

Prof. Dr. W. Lichtenberg

Korreferent:

Dr. Martin Büscher

# Inhalt

<b>1 Einleitung.....</b>	<b>4</b>
<b>2 Entwässerung von Textilien.....</b>	<b>5</b>
2.1 Mechanische Entwässerung.....	5
2.2 Mechanische / thermische Entwässerung .....	6
2.3 Thermische Entwässerung .....	7
2.4 Restfeuchte .....	10
<b>3 Bügeln als Glättungsverfahren.....</b>	<b>11</b>
3.1 Historische Entwicklung.....	11
3.2 Kennzeichnung moderner Bügelgeräte .....	15
3.3 Einflussfaktoren.....	17
<b>4 Problematik der Bewertung des Bügelergebnisses .....</b>	<b>21</b>
4.1 Beschreibung der Methode .....	21
4.2 Problematik .....	23
<b>5 Experimentelle Anordnung .....</b>	<b>25</b>
5.1 Vorrichtung zum definierten Knittern .....	25
5.2 Messaufbau zur Glättungsbewertung .....	26
5.3 Datenerfassung und –vorverarbeitung .....	29
5.3.1 Hardware .....	29
5.3.2 Software.....	32
<b>6 Versuchsdurchführung .....</b>	<b>37</b>
6.1 Präparieren des Prüfgewebes .....	37
6.2 Vorbereiten des Bügeleisens.....	39
6.3 Ermittlung der Messdaten.....	40

<b>7 Auswertung und Diskussion der Ergebnisse.....</b>	<b>45</b>
7.1 Rohdaten.....	45
7.2 Auswertungsverfahren.....	50
7.3 Resultate und Interpretation .....	53
<b>8 Empfehlungen für das weitere Vorgehen .....</b>	<b>61</b>
8.1 Variation des Verfahrens.....	61
8.2 Aussagefähigkeit des Messverfahrens.....	63
8.3 Mögliche Gestaltung der Prüfmethode .....	65
Zusammenfassung / Abstract.....	66
Abbildungsverzeichnis.....	68
Tabellenverzeichnis.....	69
Literaturverzeichnis .....	70
Anhang: CD mit Versuchsbericht und Messdaten	

## **1 Einleitung**

Die Bewertung des Glättungseffekts beim Bügeln erfolgt z. Z. nach einem unbefriedigenden Verfahren. Wünschenswert ist eine objektive Beurteilungsmethode. Deren Entwicklung ist Gegenstand dieser Arbeit.

Die experimentellen Untersuchungen wurden im Hansecontrol-Prüfinstitut unter Mitwirkung des Haushalttechnischen-Labor der HAW Hamburg durchgeführt. Das ursprüngliche Ziel war eine Optimierung der Restfeuchte bei Wäsche-Trocknern. Voraussetzung dafür ist aber die Entwicklung eines objektiven Glättungsmessverfahrens.

Zunächst war die Beurteilung der Wäscheglättung über die Ermittlung des Abstands zwischen Bügelsohle und Bügelunterlage vorgesehen. Dessen Wert sollte durch eine Kapazitätsmessung erfasst werden. Die Abhängigkeit der Dielektrizitätskonstante des Textils von der Wäscheefeuchte verhindert jedoch die Messung.

Die Betrachtung des theoretischen Hintergrundes reduzierte sich im wesentlichen auf die Erörterung der Einflussfaktoren für den Glättungsprozess. Wichtiger erscheint hier die experimentelle Erprobung einer praktikablen Methode. Die Einzelheiten der Programmierung sind in dieser Arbeit nicht beschrieben, weil dies den Rahmen gesprengt hätte.

Um das Lesen der Arbeit zu erleichtern, ist im Folgenden der Seitenumbruch so gewählt, dass Bilder oder Tabellen mit der zugehörigen Erläuterung auf dem gleichen Blatt stehen, wobei mancherorts, nur teilweise beschriebene Seiten unvermeidlich sind.

## **2 Entwässerung von Textilien**

Bei der Entwässerung von Textilien wird das Wasser dem Textil zuerst mechanisch entzogen. Die Restfeuchte wird dann durch thermische Trocknung weiter gesenkt. Ziel der Entwässerung ist die Entfernung von Spülwasserresten und die Beschleunigung des Trocknungsprozesses.

### **2.1 Mechanische Entwässerung**

Unter mechanischer Entwässerung wird die Verringerung des Wassergehaltes der Wäsche verstanden (Hloch, 1989, S. 138). Sie erfolgt durch Schleudern in der Wäscheschleuder, im Waschvollautomaten oder im Waschtrockner unter Ausnutzung der Zentrifugalkraft oder durch Pressen der Textilien in einer Wäschepresse oder einer Wäschemangel.

In der Waschmaschine wird zunächst ein Teil des Haftwassers abgepumpt. (Hloch, S.139) Dann wird stärker gebundenes Haftwasser und Absorptionswasser herausgeschleudert. Wenn das Schleudern der Wäsche nicht in der Waschmaschine stattfindet, ist es erforderlich eine zusätzliche Wäscheschleuder einzusetzen. Dabei wird die Wäsche durch die Zentrifugalkraft ringförmig an den gelochten oder konischen (mit bodennahen Abflussschlitz) Trommelmantel gepresst, das Wasser wird dadurch nach außen gedrückt.

Der Entwässerungsgrad ist bestimmt durch die Drehfrequenz  $f$  und den Durchmesser der Trommel, da die Zentrifugalkraft  $F_Z$  auf eine Masse  $m$  mit dem Trommelradius  $r$  und dem Quadrat der Drehfrequenz wächst:

$$F_Z = m * r * (2\pi * f)^2$$

Das Verhältnis der Restwassermenge  $m_W$  zur Trockenwäschemasse  $m_T$  ist die Restfeuchte  $f_R$  und wird als Maß für die Entwässerung angegeben:

$$f_R = m_W / m_T$$

Die Restfeuchte von Baumwolle aus einer Wäscheschleuder mit einer Drehzahl von  $1400 \text{ min}^{-1}$  erreicht etwa 55% genau wie bei einem Waschvollautomaten mit  $1200 \text{ min}^{-1}$ . Bei einer Wäscheschleuder mit einer Drehzahl von  $2800 \text{ min}^{-1}$  wird eine Restfeuchte von ca. 50% erreicht. Die Restfeuchte ist abhängig von der Faserart; sie ist z.B. bei Synthefasern deutlich niedriger als bei Naturfasern wie Baumwolle oder Leinen. Da die Feuchtigkeit durch Schleudern nicht vollständig aus der Wäsche entfernt wird, muss das verbleibende Wasser verdunstet werden. (Lichtenberg S. 85)

### 2.2 Mechanische / thermische Entwässerung

**Mangeln** und Muldenmangeln dienen zum Plätten von Wäsche, die das Textil gleichzeitig trocknen (K. Kröll, S.331). Muldenmangeln arbeiten im Prinzip wie Heimbügler, sie haben aber einen größeren Durchmesser und eine größere Arbeitsbreite und weisen bis zu vier parallel angeordnete Rollen auf. Mangeln können direkt mit Strom oder Gas beheizt werden oder indirekt mit Dampf oder Heißwasser. (Lichtenberg S.94)

Bei der **Doppelmuldenmangel** wird die Wäsche zunächst auf der einen und dann auf der anderen Seite erwärmt. In den Mulden drehen sich hohle Plättwalzen, wodurch die Wäsche gegen die Mulden gedrückt und mitgenommen wird. Damit einheitlicher Druck auch auf Wäschestücke unterschiedlicher Stärke ausgeübt werden kann, sind die Walzen mit elastischem Material umwickelt. Der Plättdruck lässt sich mittels Pneumatik Zylindern mit Druckausgleich regulieren, hier bei lassen sich die erste Walze und die Mulde heben und senken. (K. Kröll, S.331-332)

Auf die kombinierte mechanischthermische Trocknung durch Bügeln wird im Abschnitt Glättung näher eingegangen.

## 2.3 Thermische Entwässerung

An das Waschen und die Entwässerung schließt sich die Trocknung an. Diese kann auf zwei Arten erfolgen:

- durch natürliche Lufttrocknung (Wäscheleine)
- durch künstliche Lufttrocknung (Tumbler)

Dabei gilt: je wärmer die Luft und je stärker die Luft- bzw. Wäschebewegung, desto kürzer ist der Trocknungsprozess.

Wenn das Trocknen auf der Leine nicht möglich ist, können Tumbler ( Wäschetrockner) eingesetzt werden. Für den privaten Haushalt werden zwei unterschiedliche Bauarten von Trockner angeboten:

Der Ablufttrockner (offenes System) und der Kondensationstrockner (geschlossenes System). Bei beiden Typen erfolgt die Trocknung in einer rotierenden Trommel, in die warme Luft eingeblasen wird. Dadurch, dass die Luft vor Eintritt in die Trommel aufgeheizt wird, sinkt die **relative** Feuchte auf wenige Prozent ab, wodurch die Luft in der Trommel begierig die Wäschefeuchte aufnimmt. Der Luft wird durch den Verdunstungsprozess gleichzeitig Wärme entzogen.

### Ablufttrockner

Beim Ablufttrockner wird mit Hilfe eines Gebläses die Umgebungsluft angesaugt und nach Aufheizen in die Trommel weitergeleitet. Die warme Luft durchströmt die Wäsche, nimmt dabei deren Feuchtigkeit auf und wird als Abluft in den Aufstellraum (weniger empfehlenswert) oder durch Abluftrohre, –Schläuche oder Kanäle ins Freie geleitet.

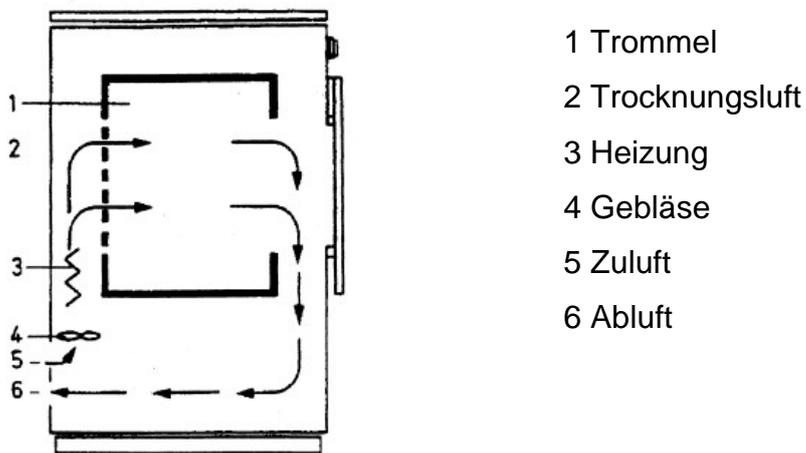
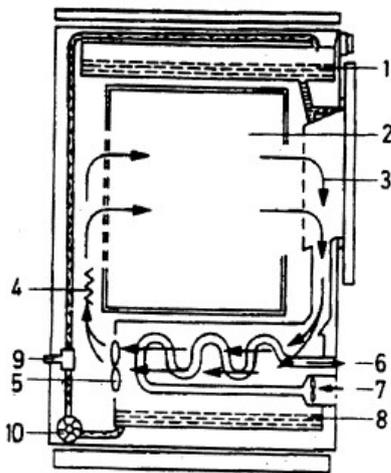


Bild 1: Ablufttrockner (Kutsch et al., S.394)

### Kondensationstrockner

Im geschlossenen Lüftungssystem des Kondensationstrockners wird die Trocknungsluft durch ein Gehäuse umgewälzt. Die erwärmte Luft gelangt nach Durchströmen der Wäsche zum Entzug der Feuchtigkeit in den Kondensator und wird danach erneut erhitzt und wieder dem Luftkreislauf zugeführt. Die Kondensation wird bei den marktüblichen durch Luftkühlung erreicht. (Lichtenberg S.86)



- 1 Sammelbehälter für Kondensat
- 2 Trommel
- 3 Trocknungsluft
- 4 Heizung
- 5 Gebläse für Trocknungsluft
- 6 Kühlluft-Austritt
- 7 Kühlluft- Eintritt
- 8 Auffanggefäß für Kondensat
- 9 Anschluss für Kondensatablauf
- 10 Kondensatpumpe

Bild 2: Kondensationstrockner (Kutsch et al., S.395)

## 2.4 Restfeuchte

Feuchte gesteuerte Trocknungsprogramme sind auf den gewünschten Trocknungsgrad, entsprechend der vorgesehenen Nachbehandlung der Wäsche und die Faserart der Textilien abgestimmt. Da unterschiedliche Textilien (z.B. Baumwolle, Synthetik) nicht das gleiche Aufnahmevermögen für Feuchtigkeit haben, unterscheidet sich auch die Programmparameter für gleiche Restfeuchte bei Baumwoll- und Pflegeleicht-Programmen.

Tabelle 1: Beispiele für Trocknungsgrade (HEA 1998, S.15)

Trocknungsgrad	Restfeuchte	
	in % ca.	
	Baumwolle/ Kochwäsche	Pflegeleicht/ Mischgewebe
extratrocken	-2	0
schrantrocken	0	2
bügelfeucht	13	10
mangelfeucht	20	1)

<sup>1)</sup>Pflegeleichte Textilien werden nicht gemangelt.

Eine negative Restfeuchte bedeutet, dass die Textilien nach dem Trocknungsprozess weniger Wasser enthalten als nach dem Lagern, gemäß DIN (24h bei  $65 \pm 5$  % Luftfeuchte und  $20 \pm 2$  °C Raumtemperatur).

## 3 Bügeln als Glättungsverfahren

### 3.1 Historische Entwicklung

Bereits vor mehr als 2000 Jahren haben sich die Chinesen der HAN-Dynastie (Schierbaum, S. 32ff.) die Wirkung von Wärme und Hitze zum Glätten ihrer Kleidungsstücke zu Nutze gemacht. Sie benutzten dazu pfannenähnliche Geräte aus Bronze oder Messing, die mit glühender Kohle gefüllt wurden. Zur Vermeidung von Rußbildung wurde Sand über die Glut geschüttet. Der erwärmte Pfannenboden erlaubte das Glätten von Kleidungs- und Wäschestücken. In der chinesischen Bügelpfanne (Bild 3), die bis zum 13. Jahrhundert in Gebrauch war, ist die Urform des heutigen Bügeleisens zu sehen.



Bild 3: Chinesische Bügelpfanne

Seit dem 1. Jahrhundert n. Chr. setzten die Römer dann schon Holzpressen zum Glätten von Textilien nach der Wäsche ein. Die Holzpressen bestanden aus zwei Brettern. Zwischen diese wurde die Wäsche eingelegt und mit Schraubspindeln zusammengepresst. In älterer Form wurde eine ähnliche Vorrichtung im Weinbau als Kelter benutzt. Die Holzpresse diente zum Glätten größerer Wäschestücke wie Bettlaken und Tischwäsche. In Mittel- und Nordeuropa verwendete man aber im Allgemeinen ein Rundholz, die altnordische Bezeichnung dafür ist mondull, hochdeutsch Mandel. Die Wäsche wurde über dieses Holz gewickelt, das auf dem zugehörigen Brett, dem Mandelbrett, zum Glätten hin und hergezogen wurde. Statt dieser Methode kam im 14. Jahrhundert das Glätten durch eine hölzerne Maschine auf, die ihrer Form nach der mittelalterlichen Kriegsmaschine zum Schleudern von Wurfgeschossen ähnelt und daher deren Namen Mänge

übernahm, eine Bezeichnung, die in Erinnerung an das Mandelholz im Volksmund zu Mandel oder Mangel umgeformt wurde. (Barleben, S. 39f.)

In den folgenden Epochen wurde mit Bügelgeräten aus unterschiedlichsten Materialien experimentiert, wobei sich unter anderem an Werkzeugen aus Holz, Glas, Steingut, Keramik oder Terrakotta versuchte wurde, mit denen das Bügelgut auf die unterschiedlichsten Weisen geglättet, gemangelt, gerollt und gepresst wurde.

Plissierstäbe sowie die sogenannten Rüschen- und Tollstäbe zählen zu den ältesten metallischen Bügelgeräten der jüngeren Kulturgeschichte. Sie dienten vornehmlich der Herstellung und Pflege der ab dem 16. Jahrhundert modischen Halskrausen. (Schierbaum, S.71)

Erste Bügeleisen finden sich schon im 15. Jahrhundert. Sie hatten auch schon die Schiffchenform. Zuerst bestanden sie nur aus einem einzigem Metallstück, die zum Erhitzen auf oder in den Herd gestellt wurden. Der Griff wurde dabei auch dementsprechend heiß. Deshalb wurden wärmeisolierte Handgriffe erzeugt, die in die neu aufgeheizten Eisen eingehängt werden konnten. Diese Plättleisen gab es in verschiedensten Formen und Gewichten. Manche wogen sogar 15 Pfund. Die Arbeit damit war anstrengend, aber äußerst effektiv. Der Name für diesen Bügeleisentyp war "Satzbügeleisen" (Bild 4). Sie wurden wahrscheinlich so genannt, weil sie zum Aufwärmen auf die Herdplatte gesetzt wurden. Der Name könnte auch daher rühren, dass mehrere solcher Bügeleisen am oder im Herd vorgehalten wurden, also ein ganzer Satz an Bügeleisen, oft bestehend aus verschiedenen Größen.

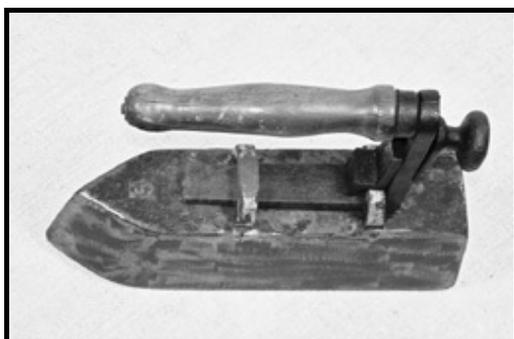


Bild 4: Satzbügeleisen

Schon etwas leichter waren die Bügeleisen, die innen hohl waren. Ein Eisenteil, der direkt ins Herdfeuer gelegt wurde, konnte von hinten beim geöffnetem Türchen des Bügeleisens eingeschoben werden. Dieser Teil war vorne spitz wie ein Stachel. Daher wird dies Bügelgerät "Stachel- oder Stachelbügeleisen " (Bild 5) genannt. Im Herdfeuer waren gleich mehrere dieser eisernen Einsätze zum Aufwärmen. (Davon leitet sich auch die Redewendung "Eisen im Feuer haben" ab). Somit konnte man laufend die Eisen auswechseln und ohne größere Unterbrechung bügeln.

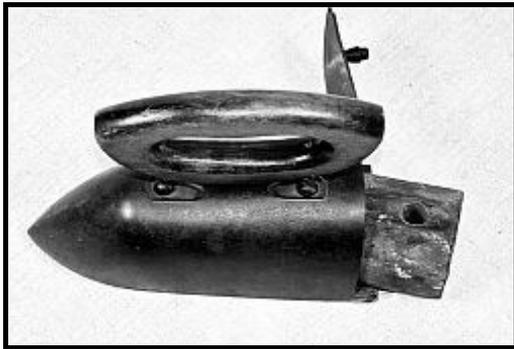


Bild 5: Stachelbügeleisen

Bei den Kohlebügeleisen (Bild 6) wurde die Wärme im Inneren des Bügeleisens durch ein Kohlefeuer erzeugt. Dieses Kohlebügeleisen konnten von oben her geöffnet werden. In den sich auftuenden Hohlraum kamen die Holzkohlen, wie sie auch heute noch zum Grillen verwendet werden. Die Glut der Holzkohlen sorgte für die Erwärmung des Bügeleisens. Oft spritzten jedoch Glutteile aus den Öffnungen und hinterließen kleine Brandlöcher. Auch entwich bei diesen Eisen beim Bügeln giftiger Rauch, was bei nicht genügender Raumbelüftung gesundheitsschädigend war. (Internet: 1)

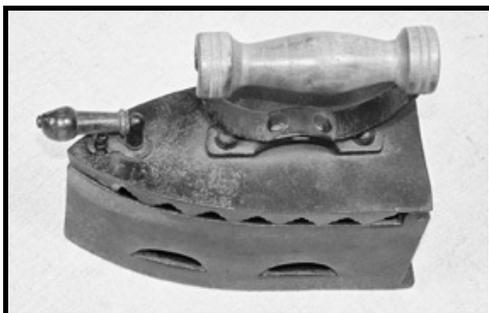


Bild 6: Kohlebügeleisen

Abgasgünstiger waren jedoch Bügeleisen, die mit Spiritus, Metatabletten oder Gas beheizt waren. Die Gasbügeleisen wurden in der Mitte des 19. Jahrhunderts mit der Erschließung des Leuchtgases als Energiequelle entwickelt. Sie konnten auf zwei Weisen beheizt werden. (Hansenclever, S.15) Das Bügeleisen wurde entweder direkt in einem Gasofen erwärmt oder durch einen integrierten Gasbrenner, wobei die Gaszufuhr durch einen Schlauch erfolgte.

Einen weiteren wesentlichen Fortschritt bedeuteten in den zwanziger Jahren der Einbau eines Temperaturreglers und in den fünfziger Jahren die Einführung des elektrischen Dampfstoßerzeugers.

Zu Beginn der Entwicklung des Bügeleisens stand für den Glättungseffekt neben der Wärmeeinwirkung vornehmlich der Druck und somit das Gewicht im Vordergrund. Im Laufe der fortschreitenden Entwicklung nahmen die Faktoren Wärme und Feuchtigkeit an Bedeutung für ein zufriedenstellendes Bügelergebnis zu. Das Gewicht eines modernen Bügeleisens liegt heute bei ungefähr 1,5 kg, was zu einer buchstäblichen Erleichterung der Bügelarbeit geführt hat.

Im Wesentlichen sind drei Entwicklungsphasen zu unterscheiden

- das Eisen mit Griffstück, dem Hitze zugeführt wurde
- das Hohlkörper-Eisen, das mit einem glühenden Bolzen erhitzt wurde und das Glut-Eisen, das seine Hitze aus Holzkohle bezog
- schwere Handbügeleisen, die zunächst mittels Gas oder Spiritus und später elektrisch beheizt wurden

Anfangs war das Bügeln mit Dampf weitestgehend den Konfektionsbetrieben vorbehalten. Dabei wurde Hochdruckdampf in einem eigenen Kesselhaus erzeugt und über Dampfleitungssysteme an die angeschlossenen Handbügel-Plätze und Bügelpressen weitergeleitet. Der Dampf stand am Bügelarbeits-Platz über ein Hebelventil oder einen Elektro-Kontaktschalter zur Verfügung. Die Dampfmenge ließ sich je nach Bedarf durch ein Regulierventil an der Dampfleitung dosieren. (DNZ International, Band 113)

### 3.2 Kennzeichnung moderner Bügelgeräte

Die heutigen Bügeleisen sind fast durchweg mit einem Dampferzeugungssystem ausgestattet. Nach dem Funktionsprinzip sind zwei Systeme zu unterscheiden:

<b>Dampfbeheizte Bügeleisen</b>	<b>Elektro-Dampfbügeleisen</b>
Werden nur mit Hilfe des zugeführten Dampfes erwärmt und benötigen eine relativ lange Anheizzeit.	Haben eine elektrisch beheizte Bügelsohle; die Sohlentemperatur kann mit einem Temperaturregler an das Bügelgut angepasst werden.

Bild 7: Dampfbügeleisensysteme

Den jeweiligen Bügelaufgaben entsprechend werden beide Eisentypen in diversen Formen und Gewichtsklassen angeboten.

Heute werden außerdem Kleindampferzeuger angeboten, die unmittelbar am Bügellarbeits-Platz aufgestellt werden können. Da die Dampfqualität besser ist als bei den früheren Großdampfanlagen, konnte auch das Gewicht der Bügeleisen verringert werden. Ein weiterer Vorteil ist, dass der während der Aufheizphase störende Kondensataustritt und die daraus resultierende Mitführung des Kondensats im Material weitgehend begrenzt werden konnten.

Mit der Entwicklung der Teflon-Sohle in den 60er Jahren war es zum ersten Mal möglich, auf einen Bügellappen zum Schutz vor Wasserflecken und Versengungen zu verzichten und das Bügelgut bedenkenlos sowohl von der linken, als auch von der rechten Wareseite zu bearbeiten. Der Teflonschuh erlaubt ein wesentlich leichteres Gleiten über die Textilien, vermindert die Glanzbildung und ermöglicht das Bügeln hitzeempfindlicher Materialien ohne Verbrennungsgefahr.

Zur Regelung der Temperatur werden Bimetallregler oder andere Thermostat-Bauformen eingesetzt.

Ein Bimetallregler besitzt als Geber für die Temperatur einen Bimetallstreifen, der bei Raumtemperatur gestreckt ist und sich mit zunehmender Temperatur krümmt (E. Samal, S.299). Die Krümmung wird darauf zurückzuführen, dass der Bime-

tallstreifen aus zwei aufeinandergeschweißten Materialien mit unterschiedlichen Ausdehnungskoeffizienten zusammengesetzt ist (W. Hönnmann, S.228) . Die Folge dieser Ausdehnungsdifferenz ist, dass jeder Krümmungsradius einer bestimmten Temperatur zugeordnet ist.

Thermostate, die aus einer Einheit von Messgeber, Sollwertsteller und Proportional Regler mit Stellglied besteht (G.W. Schanz, S.57). Anstatt des Bimetallstreifens wird häufig eine Druckdose mit Kapillarrohr verwendet, die mit einer Flüssigkeit oder Paste gefüllt sind, die sich temperaturabhängig ausdehnt (in E. Schrüfer, F. Freiburger, S 627).

Bimetallregler haben den Nachteil, dass je nach Kontakteinstellung Temperaturabweichungen bis zu 40 K hingenommen werden müssen. Die Folgen sind schwankende Dampfqualität bis hin zum Wasseraustritt. (DNZ International, Band 113 )

Meist werden Bügeleisen mit einer Dampfsprüheinrichtung verwendet. Mit Betätigung einer Taste, die am Griff angebracht ist, wird ein Magnetventil geöffnet und die Dampfzufuhr über einen hitzebeständigen Schlauch zum Bügeleisen freigegeben. Der Dampf tritt aus Bohrungen in der Bügeleisensohle aus.

Im Allgemeinen ist nur die Sohlenspitze perforiert. Der geschlossene Teil der Bügelsohle wirkt bei seiner Bewegung über das Bügelgut besser auf das befeuchtete Material ein und kann es sofort fixieren.

Im **gewerblichen Bereich** werden vorwiegend Bügelpressen und Dämpfpuppen verwendet. In den vergangenen beiden Jahrzehnten stand hauptsächlich die Automatisierung des Bügelprozesses bei Bügelpressen, durch Programmsteuerung des Arbeitsablauf im Mittelpunkt der Rationalisierungsbestrebungen. Im übrigen wird im gewerblichen Bereich häufig mit speziellen Finishgeräten gearbeitet.

Auf das gewerbliche Bügeln wird in dieser Arbeit jedoch nicht näher eingegangen. (Fachwissen Bekleidung)

### 3.3 Einflussfaktoren

Beim Bügeln wird die Verformung von textilen Flächen durch folgende Faktoren bestimmt:



#### **Wärme**

Textilfasern befinden sich bei Raumtemperatur in einem halbplastischen Zustand. Durch die Einwirkung von Wärme beim Bügeln, Dämpfen, Pressen oder auch beim Tragen erhöht sich die Plastizität von Textilien, so dass eine Veränderung der Form bei gleichzeitiger Druckanwendung möglich ist.

Bei Abkühlung durch Wärmeabgabe an die Umgebung oder über eine Absaugvorrichtung am Bügelbrett während des Bügelns wird der halbplastische Zustand wiederhergestellt. Bei Natur- und Regeneratfasern, die durch Feuchtigkeit Aufnahme aufgequollen sind, ist die Wirkung der Wärme auf die Verformbarkeit höher. Bei der Verformung von synthetischen Materialien hingegen spielt die Faserquellung keine Rolle.

Die Temperaturen, die während eines Bügelprozesses einzuhalten sind, richten sich nach der Wärmebeständigkeit des Faserstoffes, aus dem eine textile Fläche zusammengesetzt ist (Tabelle 2).

Tabelle 2: Wärmebeständigkeit von Faserstoffen (DIN EN 60311, S.12)

Kennzeichen	Sohlentemperatur T °C	Material, z. B.
• (1 Punkt)	$70 < T < 120$	Acetat, Elastan, Polyamid, Polypropylen
•• (2 Punkte)	$100 < T < 160$	Cupro, Polyester, Seide, Triacetat, Viskose, Wolle
••• (3 Punkte)	$140 < T < 210$	Baumwolle, Leinen

### Feuchtigkeit

Beim Bügeln wird zur Überwindung der Bügelstarre Dampf als Träger von Wärme und Feuchtigkeit eingesetzt. Dieser strömt aus den Bügeleisen auf das Bügelgut. Zum Einfluss der Feuchtigkeit auf das Bügelgut existieren eine ganze Reihe von Hypothesen. Es ist erwiesen, dass zu feuchtes oder zu trockenes Bügelgut zu unbefriedigenden Bügelergebnissen führt.

Der Feuchtetransport innerhalb des Bügelgutes kann auf dreierlei Art erfolgen:

- durch Dampfdiffusion in der eingeschlossenen Porenluft
- durch an der Faseroberfläche absorbierte Wassermoleküle
- durch flüssiges Kapillarwasser zwischen den Fasern

Bei Untersuchungen über die Wirkung des Dampfes beim maschinellen Bügeln hat sich gezeigt, dass bereits geringfügige Änderungen der Bügelbedingungen Einfluss darauf haben, ob Feuchtigkeit in die Faser eindringt, auf ihr kondensiert oder von ihr abgegeben wird. Außerdem zeigte sich, dass die Umformung einer Faser wesentlich beständiger ist, je länger der Dampf auf das Bügelgut einwirkt. Beim Bügeln mit niedrigen Temperaturen wird bei feuchtem Bügelgut dieselbe Bügelwirkung eher erreicht als bei trockenem Bügelgut.

Ferner spielt die Restfeuchtigkeit des Materials nach dem Bügelvorgang eine wesentliche Rolle für die Bügelqualität. Bei zu hoher Restfeuchte kann es, bei weiteren Handhabung, zum erneuten Knittern des Bügelgutes kommen.

(F. Krowatschek, S.40)

Die für das Bügeln zweckmäßige Restfeuchte hat nach Flick, T.W. folgende Werte (Tabelle 3): (Flick, T.W., S.24)

Tabelle 3: Restfeuchte vor dem Bügeln

<b>Material</b>	<b>Restfeuchte</b>
Baumwolle	9%
Leinen	12%
Viskose	11%
Wolle	18%
Seide	14%
Acryl	3%
Polyamid	2%
Polyester	2%

### **Druck**

Zur Einbringung von Wärme in das Bügelgut und zur Umformung muss die Sohle mit einem bestimmten Druck während einer ausreichenden Zeit auf dem Bügelgut aufliegen. Die Höhe des Drucks ist individuell sehr unterschiedlich, und seine Bedeutung wird in der Praxis meist überschätzt. Anhand von Bügelfehlern wird deutlich, dass der angewandte Druck oft zu hoch ist. Diese Feststellung gilt für das handgeführte Bügeleisen ebenso wie für Bügelmaschinen.

Auch ist zu beachten, dass sich die einzelnen Bügelfaktoren untereinander ergänzen und zusammenwirken. Eine Erhöhung der Bügelkraft bei Bügelpressen verbessert beispielsweise die Wärmeleitung. Ein durch Wärmezufuhr erweichtes Bügelgut erfordert hingegen geringere Bügelkräfte als ein Bügelgut im trockenen Zustand.

Beim Handbügeln reicht in der Regel ein geringer Bügeldruck aus, um textile Flächegebilde umzuformen. Ein hoher Bügeldruck wird dagegen beim Heißprägen oder beim Dressieren benötigt. Genügend hoher Druck lässt sich jedoch nur durch den Einsatz von Bügelmaschinen erzeugen.

#### **Zeit**

Die Kontaktzeit wird dadurch begrenzt, dass eine zu starke Erwärmung des Bügelgutes vermieden werden muss.

Andererseits wird die Glättung durch eine lange Kontaktzeit begünstigt. Es ist aber nicht sinnvoll, die Wärmequelle weiter einwirken zu lassen, nachdem die Feuchtigkeit vollständig verdampft ist. Daher muss für die Kontaktzeit ( d.h. Bügelgeschwindigkeit) ein Kompromiss gewählt werden, der das optimale Glättungsergebnis liefert. (F. Krowatschek, S.36)

## 4 Problematik der Bewertung des Bügelergebnisses

### 4.1 Beschreibung der Methode

#### Bewertung nach Norm EN 60311:2003

Diese Vergleichsmethode ist für Vergleichszwecke zwischen verschiedenen Bügeleisen geeignet.

Unmittelbar nach dem Bügeln wird der Prüfstoff  $24\text{h} \pm 4\text{h}$  in einer Atmosphäre mit einer relativen Feuchtigkeit von  $65\% \pm 15\%$  belassen.

Der Prüfstoff wird auf ein flaches Brett gelegt und das Mittelstück wie in Bild 8 dargestellt bewertet.

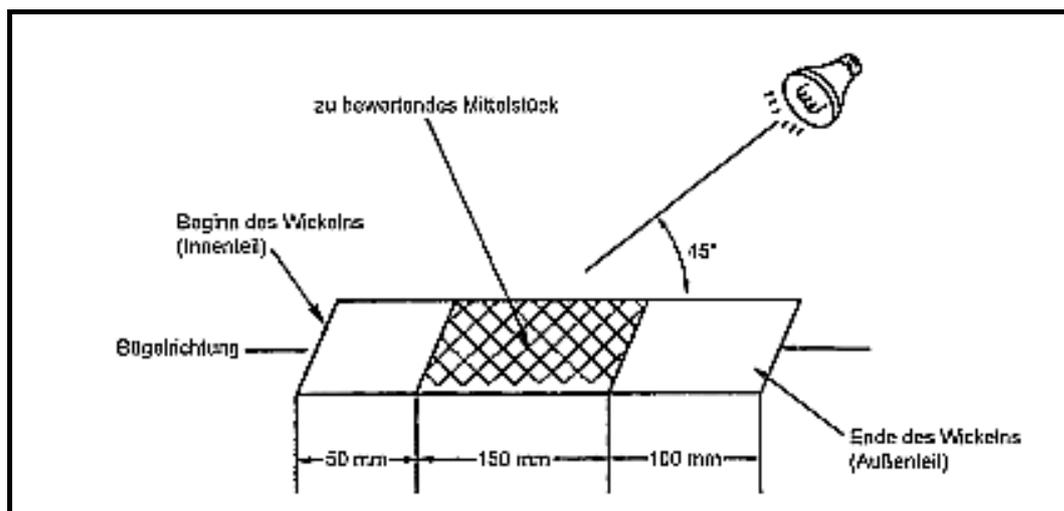


Bild 8: Prüfstoff bewerten (DIN EN 60311, S.33)

Wenn notwendig wird der Prüfstoff in einem Winkel von  $45^\circ\text{C}$  beleuchtet. Die Ergebnisse werden mit den in Bild 9 gezeigten Karten verglichen.

Für Vergleichsprüfungen verschiedener Bügeleisen wird die Bewertung unter Verwendung derselben Materialien für den Prüfstoff vorgenommen. Die Prüfungen werden wiederholt und die schlechteren Ergebnisse angegeben.

### Vergleichskarten aus der Bügeleisen Norm

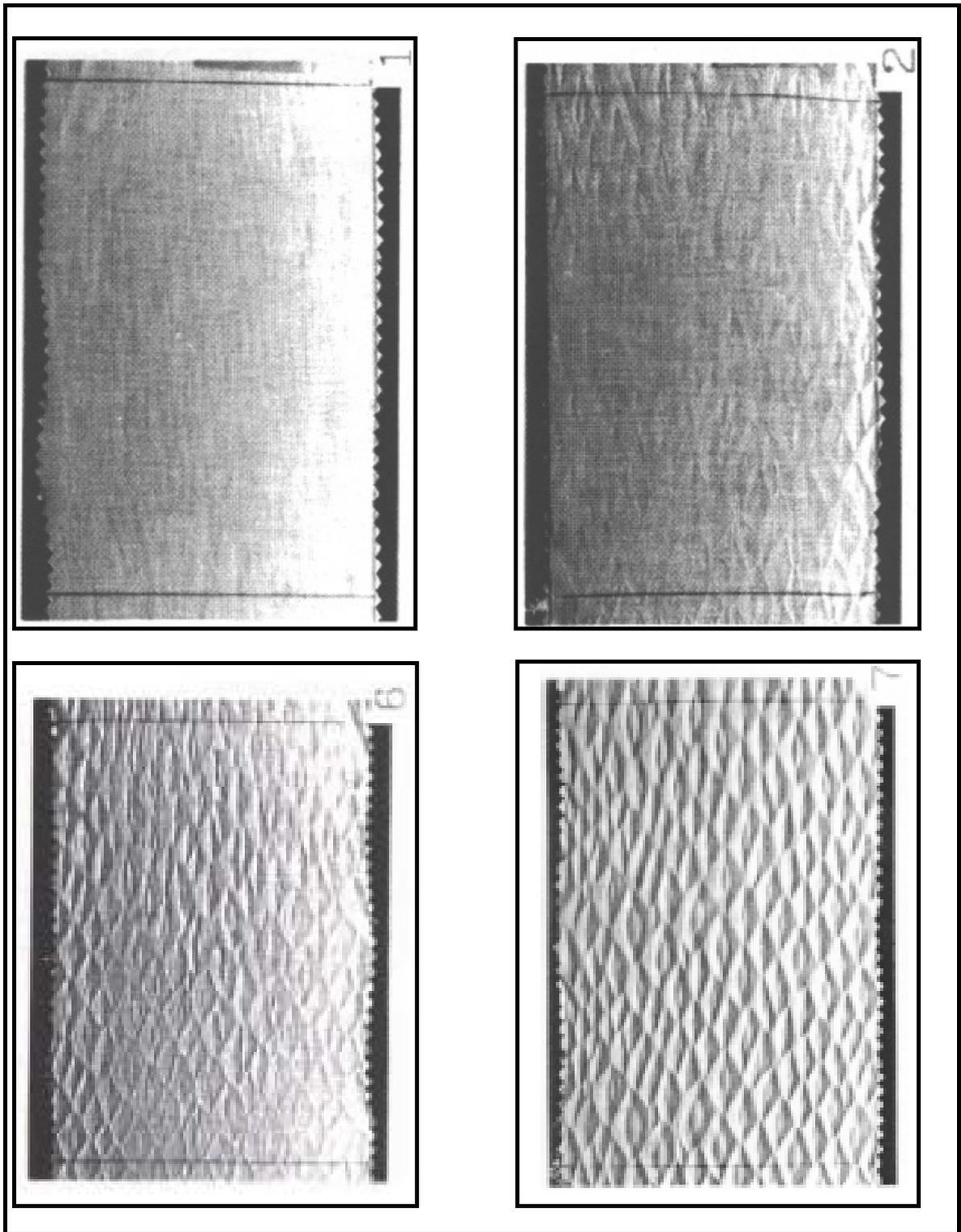


Bild 9: Vergleichskarten (DIN EN 60311, S.34, 35)

In der Bügeleisen Norm gibt es insgesamt sieben Vergleichskarten. In Bild 9 sind jeweils die beiden besten und die beiden schlechtesten abgebildet.

(Karte 1 = beste Ergebnis und Karte 7 = schlechtestes Ergebnis)

## 4.2 Problematik

### Beleuchtung:

In der Norm ist nicht im Detail angegeben, wie der Stoff beleuchtet werden soll (Spektrum, Beleuchtungsstärke, Beleuchtungswinkel). Außerdem ist nicht beschrieben, ob der Stoff senkrecht oder z.B. unter einem 45° Winkel betrachtet werden soll.

### Vergleichskarten:

Die in der Norm verwendeten Karten 3, 4, 5 sind einander sehr ähnlich, und durch die unterschiedliche Belichtung entsteht der Eindruck, dass die Karte Nr.5 glatter ist als Karte Nr.3 (siehe Bild 10). Eine Zuordnung auf einer siebenstufigen Skala ist somit weniger reproduzierbar.

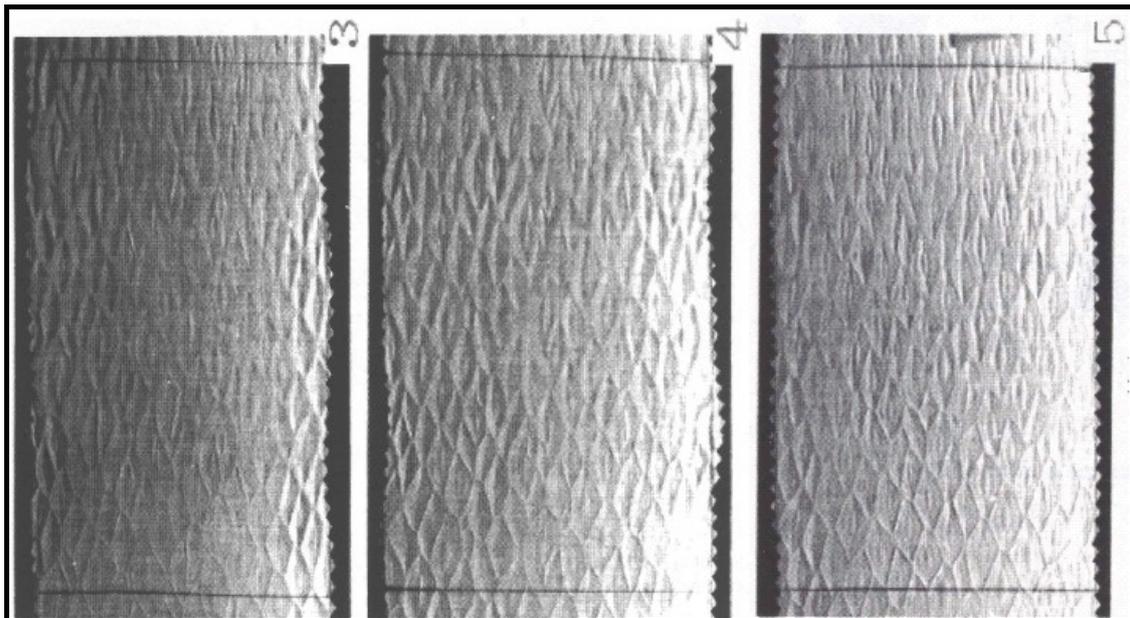


Bild 10: Vergleichskarten (DIN EN 60311, S.34, 35)

Insgesamt erscheint eine objektive Bewertung der Textilglättung nach dieser Methode nur sehr eingeschränkt möglich. Die Beurteilung der Qualität von Bügeleisen wäre unter Heranziehung eines zweiten Geräts, zu Referenzzwecken eher möglich. Das Referenzgerät ist aber nicht in der Norm spezifiziert.

Wie subjektiv die visuelle Wahrnehmung einzuschätzen ist, sei am Beispiel der "optischen Täuschung" veranschaulicht.

### **Optische Täuschungen**

Eine optische Täuschung ist eine Wahrnehmungstäuschung und wird durch Unregelmäßigkeit des Zusammenspiels von Gehirn und Auge erfahrbar.

Optische Täuschungen können nahezu alle Aspekte des Sehens betreffen. Es gibt Tiefenillusionen, Farbillusionen, geometrische Illusionen und einige mehr.

Optische Täuschungen werden in der Wahrnehmungspsychologie untersucht, da aus ihnen Rückschlüsse über die Verarbeitung von Sinnesreizen im Gehirn gewonnen werden können. Optische Täuschungen nutzen meist die Tatsache aus, dass die Wahrnehmung subjektiv ist und vom Gehirn beeinflusst wird.

### **Beispiele :**

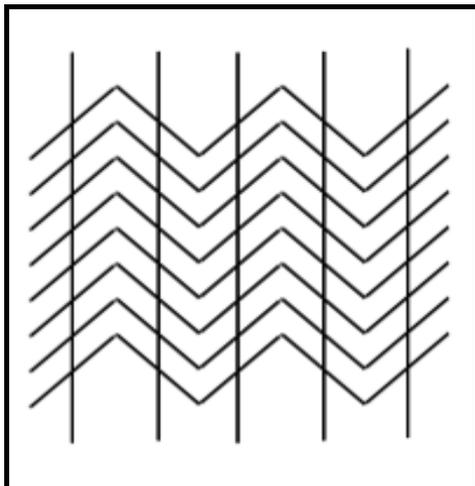


Bild 11: senkrechte Linien (Internet: 2 )

#### *Relativität von „Graden“*

Bei diesem Beispiel (Bild 11) entsteht der Eindruck, dass die senkrechten Linien gekrümmt sind, obwohl sie exakt grade und parallel sind. Sie wirken aber infolge der diagonalen Durchkreuzung gekrümmt.

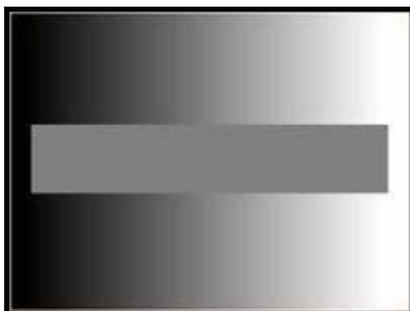


Bild 12: Helligkeitsunterschied (Internet: 2)

#### *Relativität von „Helligkeit“*

Die Wahrnehmung von Helligkeitsunterschieden ist sehr subjektiv. Ein Farbton, den wir in der Dämmerung als hell wahrnehmen, erscheint bei Sonnenlicht dunkler. Physikalisch ist die Interpretation korrekt. Unser Gehirn greift auch beim betrachten des Beispiels (Bild 12) auf die Erfahrung zurück. So scheint das Grau links bei dunklem Hintergrund heller und im hellen Hintergrund dunkler, obwohl der graue Balken überall die gleichen Grauwerte aufweist

## 5 Experimentelle Anordnung

### 5.1 Vorrichtung zum definierten Knittern

Die Vorrichtung (Bild 13) zum definierten Knittern des Stoffes besteht aus einer Standfläche aus Aluminium, auf der ein Zylinder von 10 mm Höhe und 90 mm Durchmesser (ebenfalls aus Aluminium) mit einem Messingstab (16 mm  $\varnothing$  x 210 mm) verschraubt ist.

Zum Beschweren des Stoffes werden vier runde "Klötzer" (DIN-Vokabel) á 1 kg, (90 mm  $\varnothing$  x 10 mm mit einem Loch in der Mitte von 16,05 mm  $\varnothing$ ) bestehend aus Eisen verwendet. "Eisen hat eine Dichte von 7,87 g/cm<sup>3</sup> bei 20°C" (F. Kohlrausch, S.259). Das Eisen sollte brüniert, um ein Rosten im Klimaschrank zu verhindern. Damit der Stoff nicht zu fest gewickelt wird, ist dafür noch ein Stift (8 mm  $\varnothing$  x 175 mm) vorgesehen.

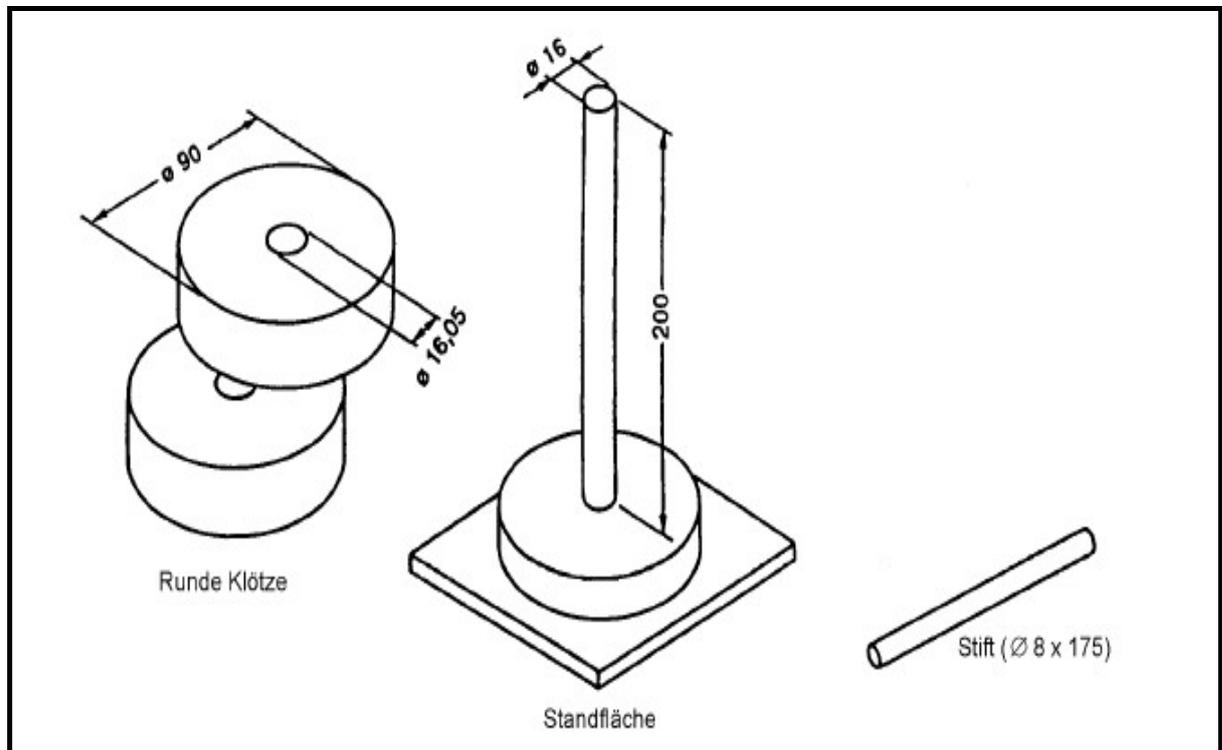


Bild 13: Knittervorrichtung (DIN EN 60311, S.31)

## 5.2 Messaufbau zur Glättungsbewertung

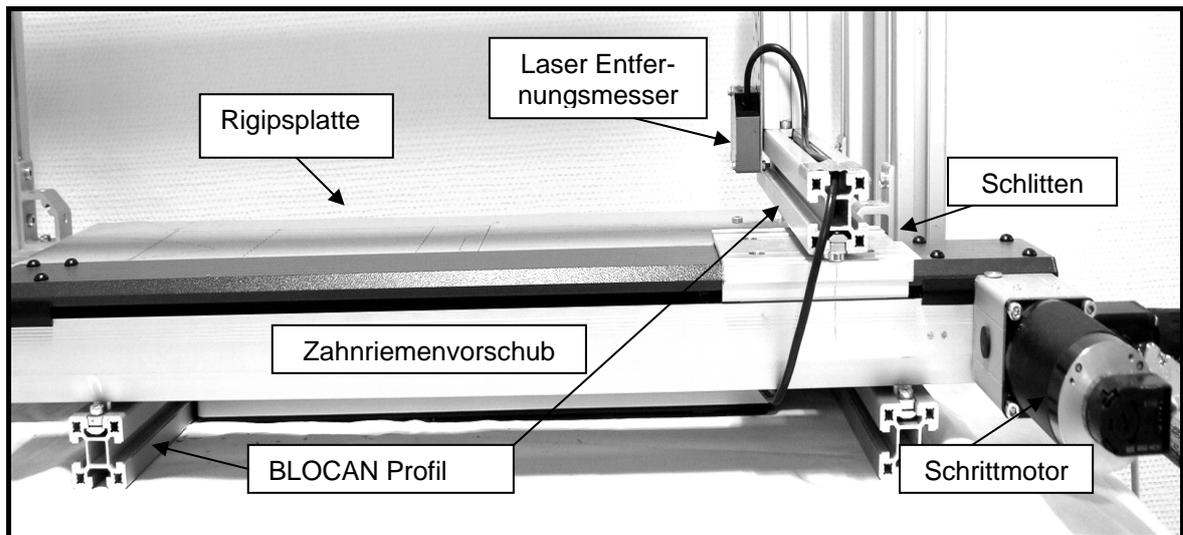


Bild 14: Messaufbau

### Bauteile:

#### BLOCAN Profil Montagesystem

Dieses aus Aluminium gefertigte Montagesystem ermöglicht schnelle und einfache Aufbauten und wird in einer große Auswahl verschiedener Bauteile in sehr unterschiedlicher Form angeboten (Internet: 3).



Bild 15: BLOCAN Profil (Internet: 4)

### Laser- Abstandssensor OD50-10N152

Beim dem Abstandssensor (Bild 16) handelt es sich um das Modell OD50-10N152 der Fa. Sick AG. Dieser Lasersensor misst Abstände zwischen 40 mm und 60 mm mit einer Auflösung von  $8 \mu\text{m}$ . Am Linearausgang steht ein dem Abstand proportionaler Strom von 4 bis 20 mA zu Verfügung. Die Leistungsendstufe des Sensors kann diesen Strom bis zu einem Widerstand von  $R = 300 \Omega$  aufrechterhalten. Bei einer Entfernung von 50 mm beträgt der Lichtfleckdurchmesser 0,5 mm (Bild 17) (Internet: 5).

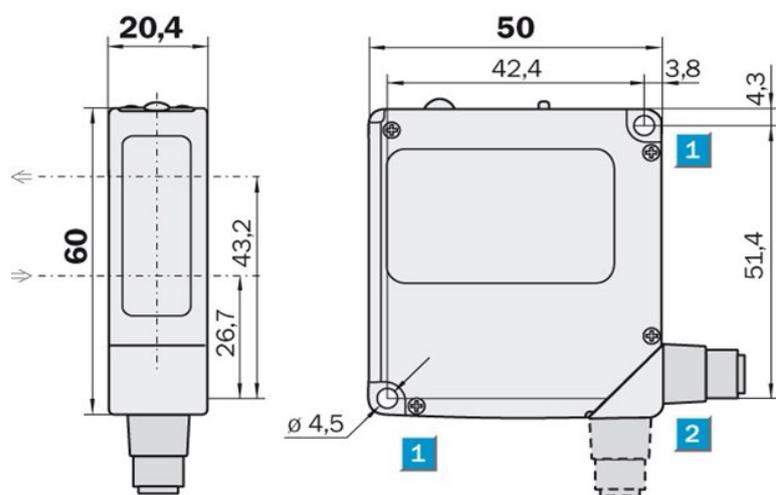


Bild 16: Maßzeichnung Abstandssensor

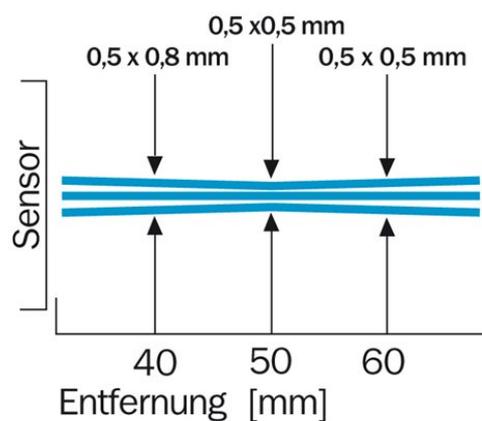


Bild 17: Lichtfleckdurchmesser

## Zahnriemenvorschub

Der geschlossene Zahnriemenvorschub Modell BL1 der Fa. ISEL- Automaten (Bild 18) besteht aus einer Führungsschiene und einem darauf angebrachten Schlitten. Ein Hybrid-Zweiphasen-Schrittmotor MS-160 treibt den Zahnriemenvorschub an.

Der Zahnriemenvorschub ermöglicht eine maximale Hublänge von  $x = 425$  mm, Gesamtprofillänge 750 mm. (Internet: 6)

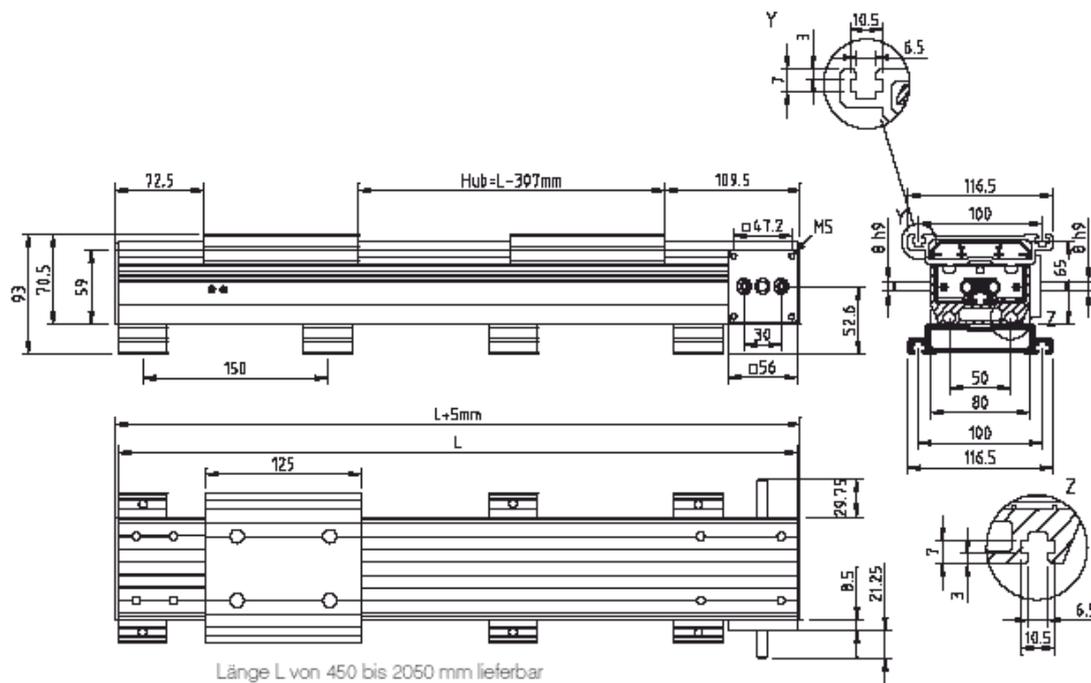


Bild 18: Maßzeichnung Zahnriemenvorschub

### 5.3 Datenerfassung und –vorverarbeitung

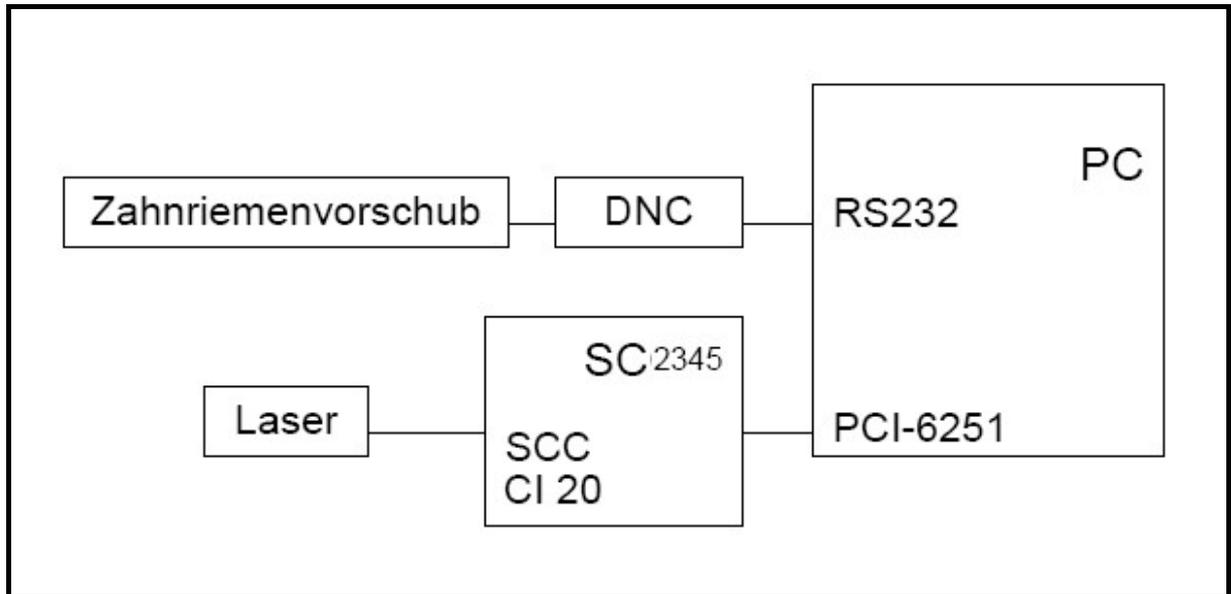


Bild 19: Versuchsaufbau

- DNC = Direkte numerische Steuerung (Direkt Numerical Control)  
(CNC= Computer Numerical Control)
- RS232 = serielle Schnittstelle
- SC2345 = Signal- Bearbeitungsbox (Signal Conditioning Box)
- SCC (CI) = 2- Kanal- Stromeingangsmodul (Current Input)
- PCI = Hochgeschwindigkeits- Multifunktions- Datenerfassung

#### 5.3.1 Hardware

Die benötigte Hardware umfasst folgende Teile:

- Gerüst und Bügelgrundplatte
- Montagevorrichtung und Antrieb des Bügeleisens
- Halterung des Laser- Abstandssensor am Zahnriemenvorschub
- Ankopplung des Sensors an den PC (Ein- und Ausgabe)

### **Gerüst und Bügelgrundplatte**

Aus der Mindestlänge des Bügelweges, die in DIN 60311 festgelegt ist, den Abmessungen von handelsüblichen Haushaltsbügeleisen und dem zur Verfügung stehenden Hub des Zahnriemenvorschubs ergeben sich die Abmessungen der Bügelgrundplatte (Bild 20). Die Bügelgrundplatte ist eine handelsübliche Gipskartonplatte (Rigips) mit den Abmessungen 670 X 260 mm.

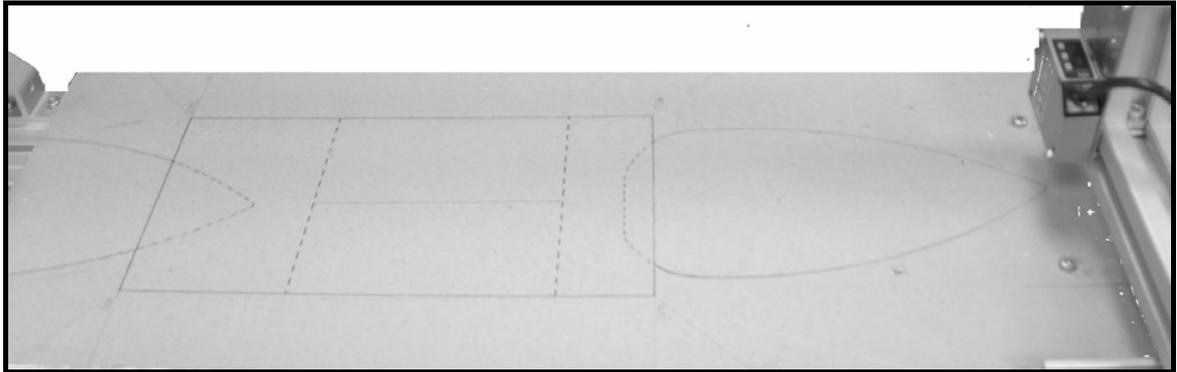


Bild 20: Bügelgrundplatte

### **Montage des Laser- Abstandssensors am Zahnriemenvorschub**

Der Laser- Abstandssensor wird mit Hilfe des Schrittmotors und des Zahnriemenvorschubs bewegt.

Da die Antriebseinheit nicht vom Hersteller des Blocan- Systems (Fa. „Rose und Krieger“) gefertigt wurde, besteht keine Kompatibilität zwischen Zahnriemenvorschub und Profilschienensystem. Daher musste eine spezielle Vorrichtung angefertigt werden, um die „BLOCAN“ Profilschiene auf dem Schlitten des Zahnriemenvorschubs zu befestigen.

### Halterung und Antrieb des Bügeleisen

Das Bügeleisen wird mit Hilfe des Schrittmotors und des Zahnriemenvorschubs mit einer Geschwindigkeit von 100 mm/s einmal über den Stoff gezogen. Wie in der Norm angegeben, setzt die Zugkraft 2 cm über der Sohlenspitze an. Die Befestigung ist so angebracht, dass sich das Bügeleisen einfach und schnell montieren lässt. (Bild 21)

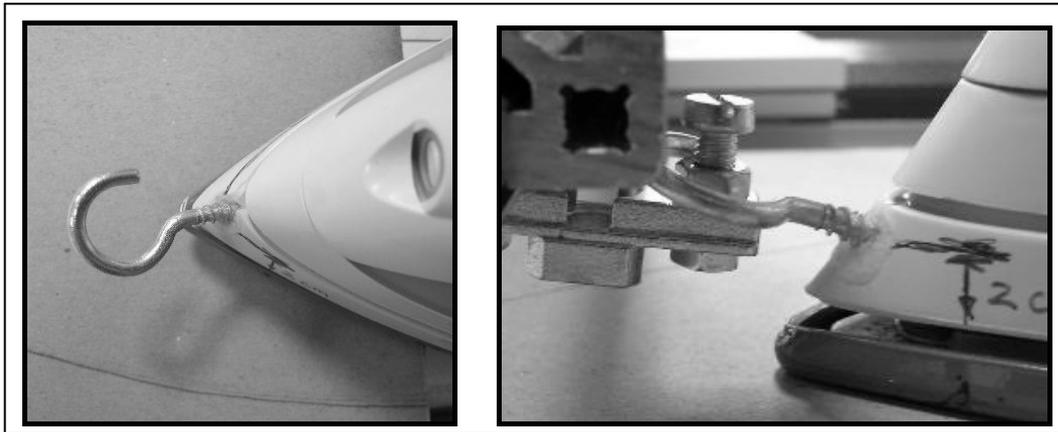


Bild 21: Befestigungshaken des Bügeleisens

Um das Bügeleisen während des Aufheizvorgangs absetzen zu können sind am Bügeleisengriff zwei Metallplatten befestigt. Mit der unteren wird das Bügeleisen auf zwei BLOCAN Profile gehängt (Bild 22).

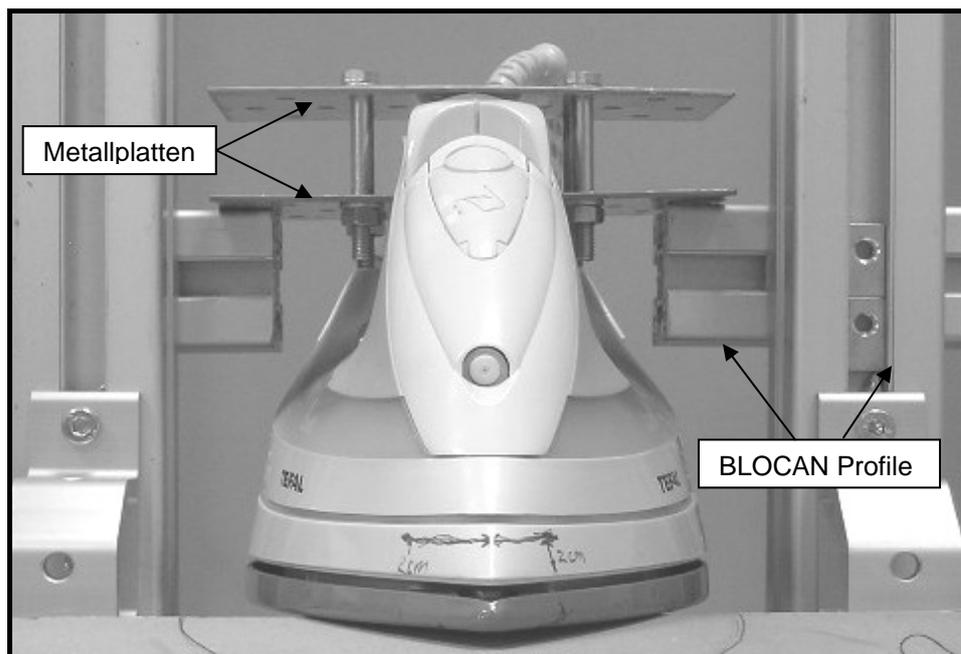


Bild 22: Aufheizposition Bügeleisen

### **Ankopplung des Abstandssensors an den PC**

Die Messergebnisse (Abstandswerte) für bestimmte Messorte werden dem Rechner in digitaler Form mitgeteilt. Dazu wird das Ausgangssignal des Abstandssensors über eine PCI- Schnittstellenkarte der Fa. National Instruments gelegt. Zu dieser Schnittstellenkarte gehört eine "Signal Conditioning Box", in der je nach Anwendung verschiedene Eingangsmodule zwischengeschaltet werden können. In diesem Fall kommt ein analoges Stromeingangsmodul zum Einsatz. Im Stromeingangsmodul wird der Strom in eine proportionale Spannung gewandelt, die vom AD-Konverter verarbeitet werden kann.

### **5.3.2 Software**

Die zur Ansteuerung der Hardware und zur Auswertung der Messdaten benötigte Software wird in der Sprache „LAB Windows/ CVI“ von „National Instruments“ programmiert. Bei dieser Programmiersprache handelt es sich um einen C-Compiler, der durch Module zur Datenerfassung und Schnittstellenansteuerung ergänzt ist. Der Vorteil dieser Programmiersprache liegt in der sehr einfachen Verarbeitung von Messwerten, die über die Schnittstellenkarte erfasst werden.

### **Ansteuerung der Hardware**

Die Ansteuerung der Hardware beschränkt sich auf die Ansteuerung des Zahnriemenvorschubs, da das zweite Hardwaremodul lediglich manuelle Einstellungen ermöglicht und auf den Modus „kontinuierlich Messen“ eingestellt ist.

Der Zahnriemenvorschub wird von einer CNC/ DNC- Steuerung betrieben. Diese kann entweder vorprogrammiert (CNC- Modus) oder während des Betriebs vom PC über die serielle Schnittstelle angesteuert werden (DNC- Modus). Bei dieser Anwendung wurde die direkte Ansteuerung vom PC gewählt, da mit dieser Methode eine höhere Flexibilität erreicht wird und Statusmeldungen an den PC ausgegeben werden. Der Zahnriemenvorschub hat die Aufgabe, den Laser und das Bügeleisen zu bewegen und zu positionieren. Für diese Funktion stellt die Steuerungs- Software zwei Befehle zur Verfügung:

- Bewegung zu Position
- Bewegung relativ

Darüber hinaus werden als weitere Befehle benötigt:

- Initialisierung: Versetzen der Hardware auf einen definierten Ausgangszustand

Nach erfolgreicher Ausführung eines Befehls gibt die DNC Steuerung jeweils eine Bestätigungsmeldung. In Tabelle 4 sind die benötigten Befehle aufgelistet. Diese hardwarenahen Befehle sind für die Nutzer der Mess-Software unhandlich. Die Ansteuerung des Zahnriemenvorschubs erfolgt daher automatisiert in Subroutinen.

Tabelle 4: Übersicht über die benötigten Befehle

Befehl	Code	Beispiel
Initialisierung	@<Gerät><Achsenanzahl>	@01
Referenzfahrt	@<Gerät>R<Achsenanzahl>	@0R1
Bewegung relativ	@<Gerät>A<Schritte>,<Geschwindigkeit>	@0A5000,900
Bewegung zu Position	@<Gerät>M<Position>,<Geschwindigkeit>	@0M 5000,900

( Das Programm sieht eine Steuerung in mehreren Achsenrichtungen vor, von denen im vorliegenden fall natürlich nur eine genutzt wird.)

### Einbindung der Messdaten

Die Treibersoftware der Schnittstellenkarte ermöglicht das Erstellen von „Tasks“. Dies sind Variable , die in „LAB Windows/CVI“ angesprochen werden können. Hinter jedem „Task“ verbirgt sich ein Messkanal, dem über die Treibersoftware verschiedene Attribute zugewiesen werden können.

Die Mess-Software fragt diesen Kanal während einer Messfahrt in einer Schleife fortwährend ab und speichert die Werte.

### Struktur des Messprogramms

Beim Messprogramm handelt es sich um eine Event-gesteuerte Software. Nach Starten des Programms werden erst dann Routinen aufgerufen, wenn eine Bedienerereingabe erfolgt, oder ein System- Event ausgelöst wird. Event-gesteuerte Software erleichtert das Implementieren eines „GUI“ (Graphical User Interface),

wobei Betätigen eines Buttons oder Wählen einer Menüoption sogenannte User events ausgelöst und damit die gewünschten Routinen aufgerufen werden können.

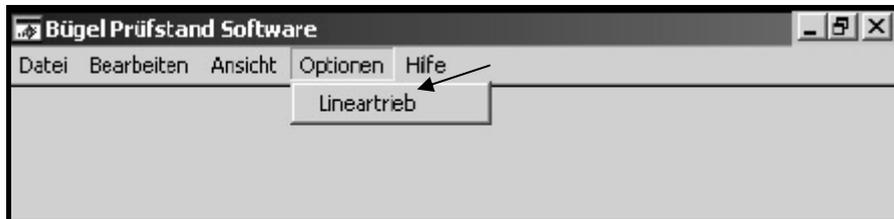


Bild 23: Fenster "Bügel - Prüfstand - Software"

Nach dem Starten der Bügel- Mess- Software wird das Hauptfenster angezeigt. Der Benutzer muss zunächst den Zahnriemenvorschub initialisieren. Dazu muss zuerst der „Optionen“ -Button gedrückt werden (Bild 23). Es erscheint ein Pull-down-Menü. Nach Anklicken der Option "Bügeln" öffnet sich das Fenster (Bild 24), und durch Betätigen des "INIT" –Buttons wird der Zahnriemenvorschub dann initialisiert. Danach stehen dem Anwender verschiedene Variaten zur Verfügung. Neben der Möglichkeit den Schlitten des Zahnriemenvorschubs zu Testzwecken direkt zu bewegen ("Bewegung zu Position" und "Bewegung relativ"), kann der Bediener "Dauerlauf" und "Messfahrt" wählen. Darüber kann der Nutzer die Messmethode bestimmen. Mit „OK“ schließt der Nutzer die Eingabe ab.

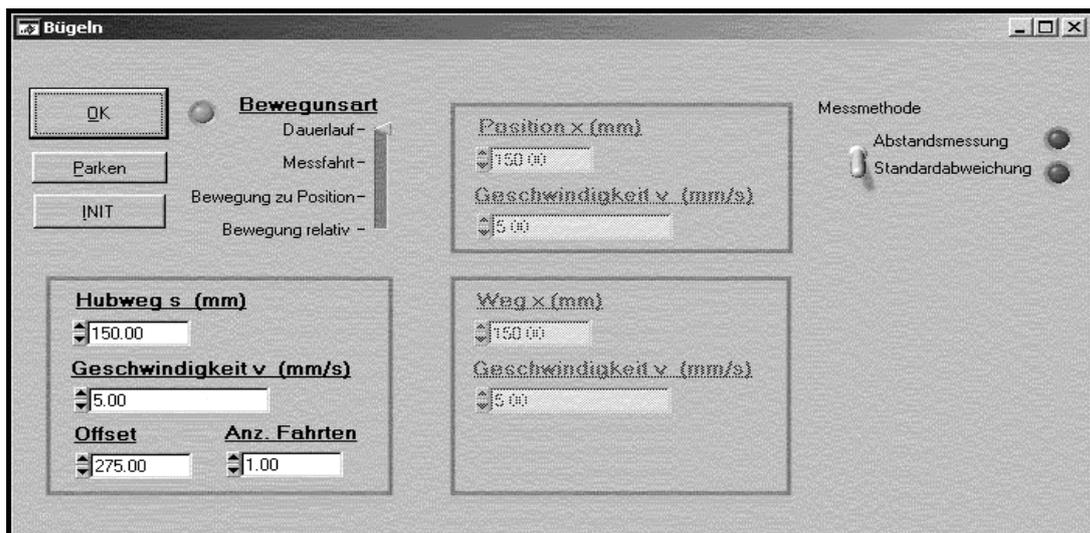


Bild 24: Fenster "Bügeln"

Einstellbar sind in den Maskenfeldern der Hubweg, die Geschwindigkeit, die Anzahl der Fahrten und der Offset (d.h. der Ort des Messbeginns).

Bei der *Abstandsmessung* werden die Referenzwerte ohne Testgewebe aufgenommen. Die Referenzwerte werden später von den Messwerten subtrahiert, um die Stärke des Stoffes zu ermitteln.

Für die eigentliche Messung wird die Messmethode Standardabweichung gewählt.

Für das Starten der Messung wird zunächst nacheinander "Datei", "Neu", "Messung" angeklickt (Bild.25)

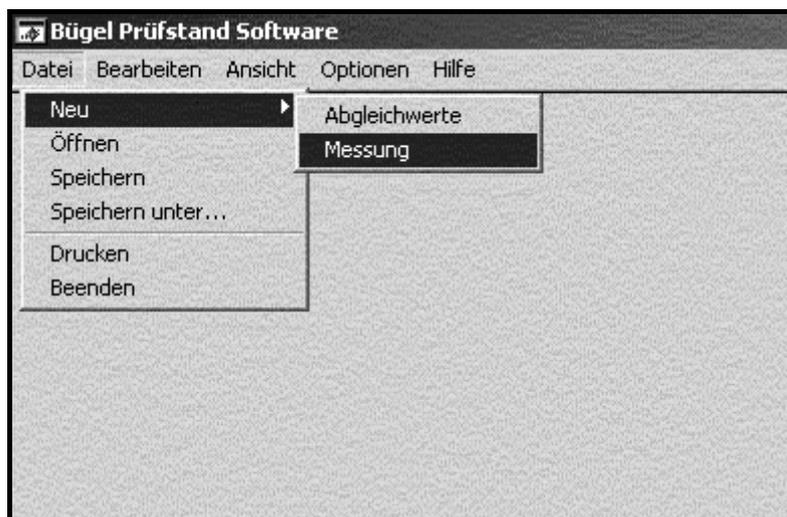


Bild 25: Fenster "Messung"

Danach öffnet sich das Fenster "Messung" (Bild 26). Mit Drücken des "Start-Buttons" beginnt die Messung. Nach Ende der Messung können die Messwerte als Textdatei gespeichert werden, die von anderen Programmen, z.B. Excel, geöffnet werden können.

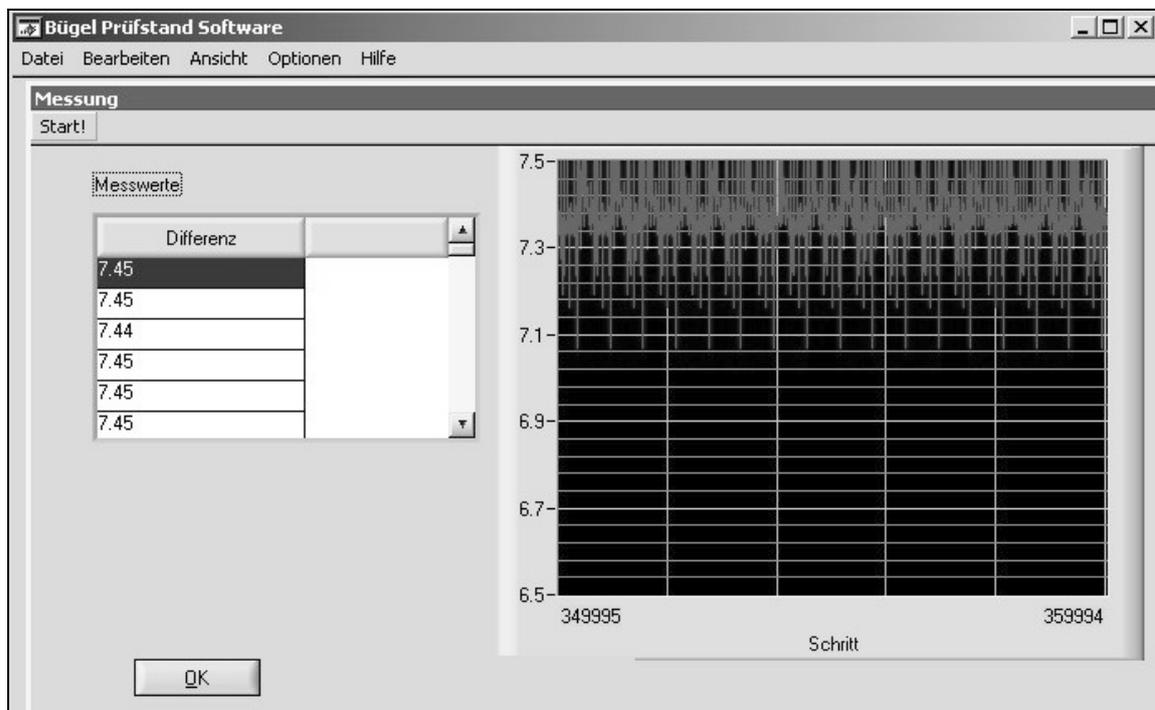


Bild 26: Fenster "Starten der Messung"

Um einen Überblick über den ungefähren Verlauf zu bieten, werden die einzelnen Messergebnisse grafisch dargestellt.

## **6 Versuchsdurchführung**

### **6.1 Präparieren des Prüfgewebes**

#### **Prüfgewebe**

Das Gewebe wird nach DIN EN 60311 vorbereitet und geknittert. Wegen des zeitlichen Aufwandes für die Versuchsvorbereitung werden die Versuche nur mit Baumwollgewebe durchgeführt. In der Norm sind Muster aus Textilmaterial lt. ISO 105-F als Testgewebe vorgesehen. Für die Prüfung wurde stattdessen Material gemäß der Waschmaschinen-Norm DIN EN 60456, 2005 verwendet.

#### **Vorbereiten des Prüfgewebe**

Das Muster wird gewaschen, im Trockner nach ISO 6330 getrocknet und durch Dampfbügeln geglättet, um alle Knitter zu entfernen. Die restliche Feuchtigkeit wird dann durch Bügeln ohne Dampf verdunstet.

Die Muster werden mit einer Schere in 15 cm x 30 cm große Prüfrechtecke zerschnitten und in trockener Atmosphäre bei einer Temperatur von  $(20 \pm 5) \text{ }^\circ\text{C}$  mindestens 48 h lang aufbewahrt.

An die Ecken der Stoffbahnen werden mit einer Nadel kleine Schlaufen aus Nähgarn genäht, um später Gewichte zum Spannen des Stoffes daran zu befestigen.

Zur Vorbereitung des Prüfstoffs vor dem Knittern wird das getrocknete Gewebe gleichmäßig mit Heißwasser (Temperatur  $45 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ ) eingesprüht, bis der Wasseranteil 10 % bis 50 % der Masse des Prüfstoffes erreicht (je nachdem welche Restfeuchte der Prüfstand haben soll). Danach wird der Prüfstoff locker aufgerollt und mindestens 24 h, aber nicht länger als 72 h bei einer Temperatur von  $30 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$  und einer relativen Luftfeuchte von 90 % bis 95 % gelagert.

Auch die Knittervorrichtung soll eine Temperatur von  $30 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$  aufweisen.

### Wickeln und Knittern des Prüfstoffs

Der Prüfstoff wird um Stab und Stift als Kern gewickelt (Bild 27). Das Ende des Prüfstoffes wird mit Klebeband auf dem Wickel befestigt und der Stift entfernt.

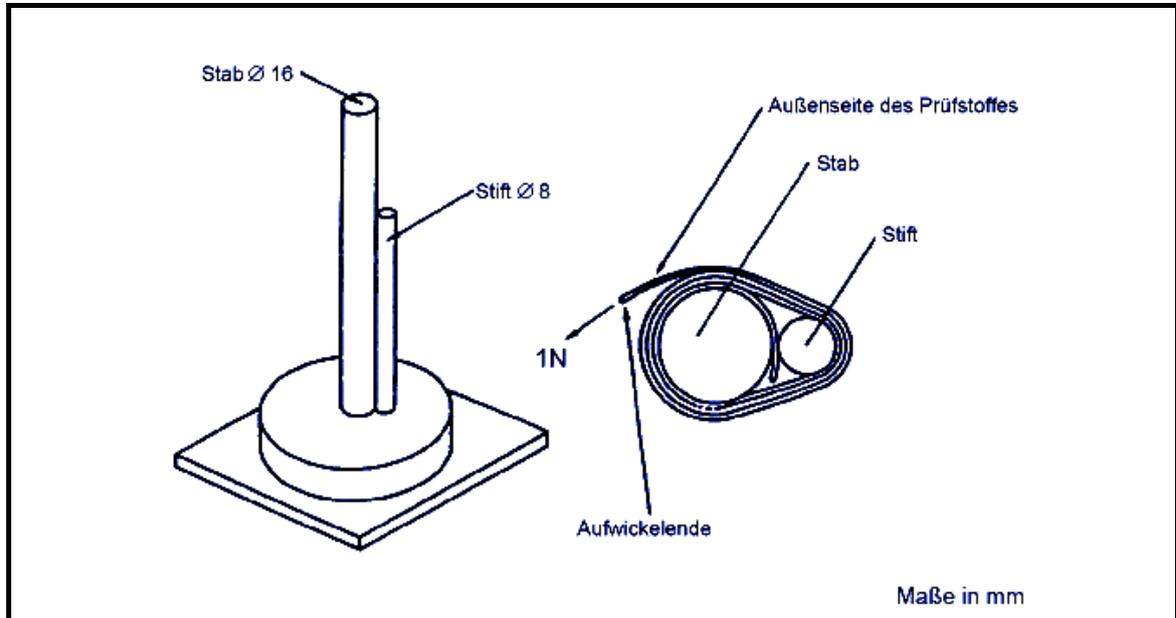


Bild 27: Wickelstab und Stift (DIN EN 60311, S.31)

Runde Metallscheiben mit einer Gesamtmasse von 4 kg werden über den Kern des Stabes geschoben, um so den Stoff zu belasten (Bild 28).

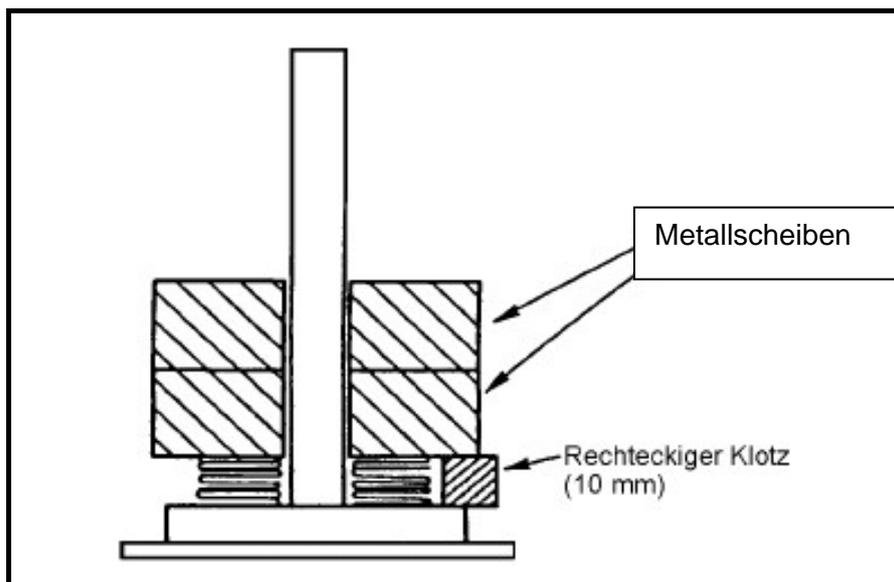


Bild 28: Knittervorgang (DIN EN 60311, S.32)

Die Vorrichtung mit Wickel und aufgesetzten Metallscheiben wird 30 min lang in einem Wärmeschrank bei einer Temperatur von  $(30 \pm 5) \text{ }^\circ\text{C}$  und einer relativen Feuchte von 90 % bis 95 % belassen. Der Prüfstoff wird dann von der Vorrichtung abgenommen und noch einmal im gewickelten Zustand vor seiner Verwendung zwischen 2 und 24 h im Wärmeschrank bei  $(30 \pm 5) \text{ }^\circ\text{C}$  und einer relativen Feuchte von 90 % bis 95 % gelagert.

## 6.2 Vorbereiten des Bügeleisens

Für die Prüfung wird ein Dampfbügeleisen – Modell Turbo Pro 550 – der Fa. TEFAL (Bild 29) verwendet.



Bild 29: Dampfbügeleisen

Der Temperaturregler des Bügeleisens wird so eingestellt, dass die Höchsttemperatur der Sohle beim Prüfen von Baumwolle  $200^\circ\text{C}$  erreicht. Die Spitzentemperatur wird mit einem Feindraht-Thermometer (Drahtdurchmesser 0,3 mm) überprüft.

Die Bügelprüfungen werden unmittelbar durchgeführt nachdem der Regler die Beheizung zum dritten Mal abgeschaltet hat. Der Wasserbehälter des Bügeleisens wird bis zu dem vom Hersteller festgelegten Fassungsvermögen gefüllt. Vor der Verwendung wird das Bügeleisen mit maximaler Dampfdosierung 15 s bis 20 s lang betrieben.

### 6.3 Ermittlung der Messdaten

Die Prüfungen werden bei einer relativen Feuchte von  $(60 \pm 15) \%$  durchgeführt. Der geknitterte Stoff wird aus dem Wärmeschrank genommen und langsam auf der Bügelunterlage ausgerollt. Die Stoffbahn wird von der im gerolltem Zustand außenliegenden Seite zur Innenseite hingebügelt (Bild 30).

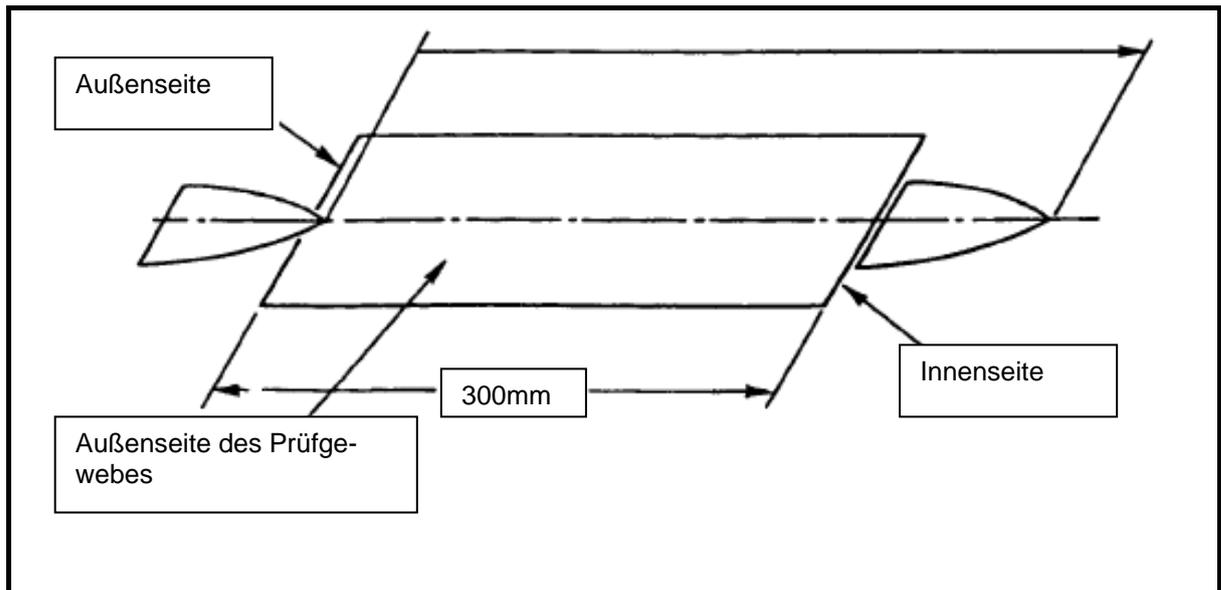


Bild 30: Bügelrichtung

An den kleinen Schlaufen werden mit ca. 8 cm langen Fäden 4 Gewichte zu je  $125 \pm 1\text{g}$  befestigt, um den Stoff definiert zu spannen (Bild 31, 32). Damit ein diagonaler Verlauf der Fäden gewährleistet ist, sind in die Kanten der Rigipsplatte Führungsschrauben eingebracht.

Je Prüfung werden, drei Messungen durchgeführt. Aus den Messwerten wird dann der Mittelwert berechnet.



Bild 31: gespannter Stoff

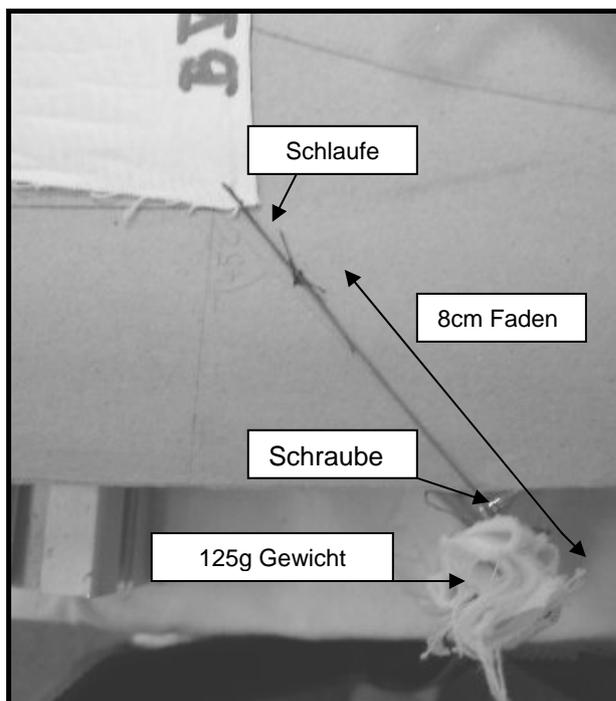


Bild 32: Detail: Spannfaden mit Gewicht

### Abscannen des geknitterten Stoffes

Der Laser wird mit einer Geschwindigkeit von 100 mm/s zur Position "270" gefahren. Dafür wird die Bewegungsart "Bewegung zu Position" gewählt und mit "OK" bestätigt. (Bild 33)

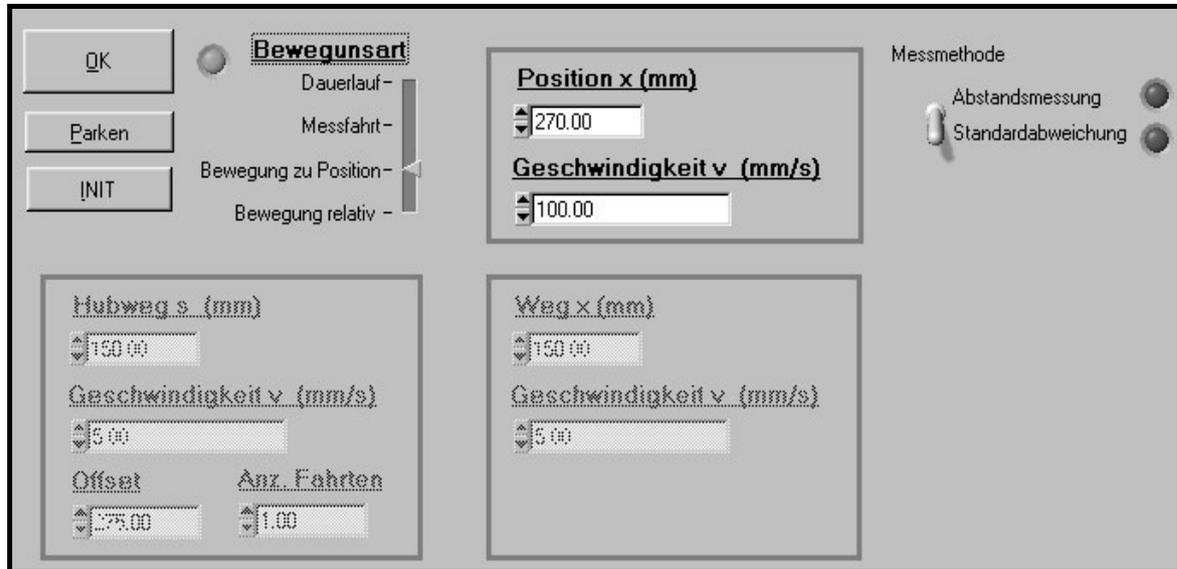


Bild 31: Bewegungsart/ Position

Für die Messung wird dann auf Dauerlauf umgestellt und die Einstellung lt. Bild 34 gewählt, die mit "OK" bestätigt wird, woraufhin sich das Fenster schließt.

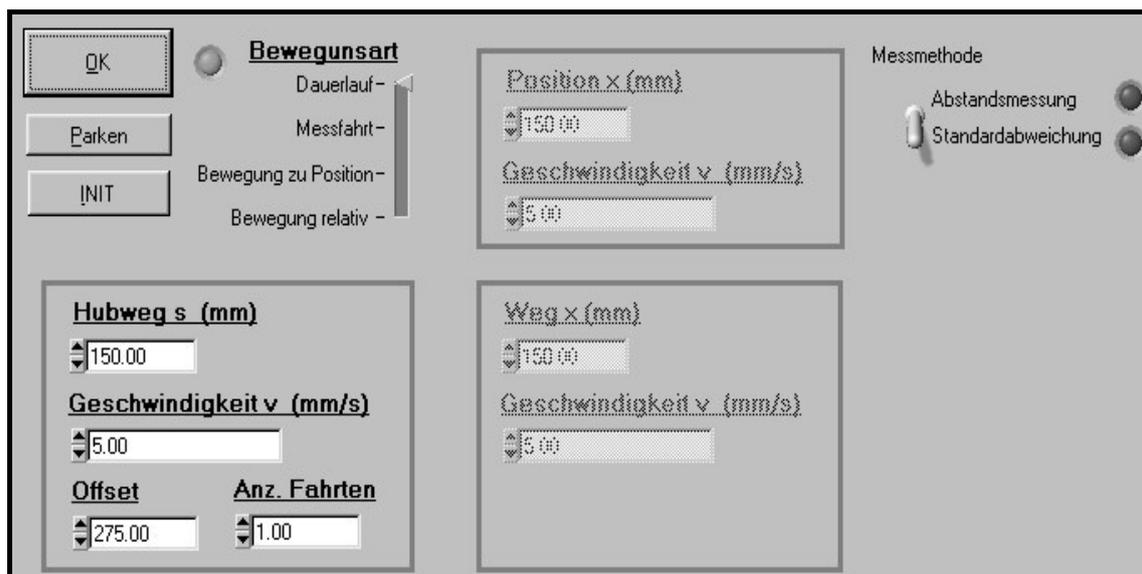


Bild 32: Bewegungsart/ Hubweg

Nach der Messung fährt der Schlitten auf Position 0 zurück. Die Messergebnisse werden dann als Textdatei gespeichert werden.

### **Bügeln des Textilmusters**

Das Bügeleisen wird zunächst aufgeheizt, bis es die geforderte Temperatur erreicht hat.

Um das Bügeleisen am Zahnriemenvorschub zu befestigen, wird dieser mit der Bewegungsart "Bewegung zu Position" auf Position 425 gefahren. Dann wird das Bügeleisen am Zahnriemenvorschub eingehakt (Bild 35).

Zum Bügeln wird im Fenster "Bewegung zu Position" dann als Geschwindigkeit "100 mm/s" und als Position "0 mm" eingestellt. Mit "OK" wird die Einstellung bestätigt, und der Bügelvorgang beginnt sofort.

Bei der Position "0 mm" stoppt der Zahnriemenvorschub, und das Bügeleisen muss abgenommen werden.



Bild 33: Bügeleisen am Zahnriemenvorschub

### Abscannen des gebügelten Stoffmuster

Ablauf siehe „Abscannen des geknitterten Stoffes“ - die Messung wird  $(2 \pm 0,5)h$  nach dem Bügeln durchgeführt.



Bild 34: Stoff gespannt, gebügelt

## 7 Auswertung und Diskussion der Ergebnisse

### 7.1 Rohdaten

Die Rohdaten sind auf der als Anhang beigefügten CD gespeichert, und zwar in folgender Struktur:

Tabelle 5: Rohdaten Struktur

<b>Probenbezeichnung</b>	<b>Restfeuchte (gemessen)</b>	<b>Dateiname</b>
<b>A</b>	<b>1- 5 % Restfeuchte</b>	<b>Probe A</b>
I	2 %	A I, 2%
II	4 %	A II, 4%
III	5 %	A III, 5%
IV	5 %	A IV, 5%
<b>B</b>	<b>6- 10 % Restfeuchte</b>	<b>Probe B</b>
I	6 %	B I, 6%
II	7 %	B II, 7%
III	10 %	B III, 10%
IV	10 %	B IV, 10%
<b>C</b>	<b>11 – 15 % Restfeuchte</b>	<b>Probe C</b>
I	11 %	C I, 11%
II	11 %	C II, 11%
III	12 %	C III, 12%
IV	13 %	C IV, 13%
<b>D</b>	<b>16 –20 % Restfeuchte</b>	<b>Probe D</b>
I	16 %	D I, 16%
II	17 %	D II, 17%
III	19 %	D III , 19%
IV	19 %	D IV, 19%
<b>E</b>	<b>21 - 25 % Restfeuchte</b>	<b>Probe E</b>
I	22 %	E I, 22%
II	24 %	E II, 24%
III	24 %	E III, 24%
IV	25 %	E IV, 25%

Probenbezeichnung	Restfeuchte (gemessen)	Dateiname
<b>F +3 kg Belastung</b>	<b>8-9% Restfeuchte</b>	<b>Probe F</b>
I	8 %	F I +3 kg, 8%
II	8 %	F II +3 kg 8%
III	9 %	F III +3 kg 9%
IV	9 %	F IV +3 kg 9%

Die Dateien sind jeweils im txt und im xls- Format abgelegt.

Um einen Überblick über die Messprofile zu geben, ist in Bild 37- 42 jeweils ein Datensatz je Probengruppe grafisch dargestellt. In den Grafiken sind jeweils die Stoff Nr., die Restfeuchte und die Lagerzeit des Stoffes im Klimaschrank nach dem Knittervorgang angegeben. Die Versuche, die mit zusätzlicher Belastung durchgeführt wurden, sind durch Angabe der Zusatzmasse ebenfalls gekennzeichnet. Die Abkürzung "miw" steht für Mittelwert.

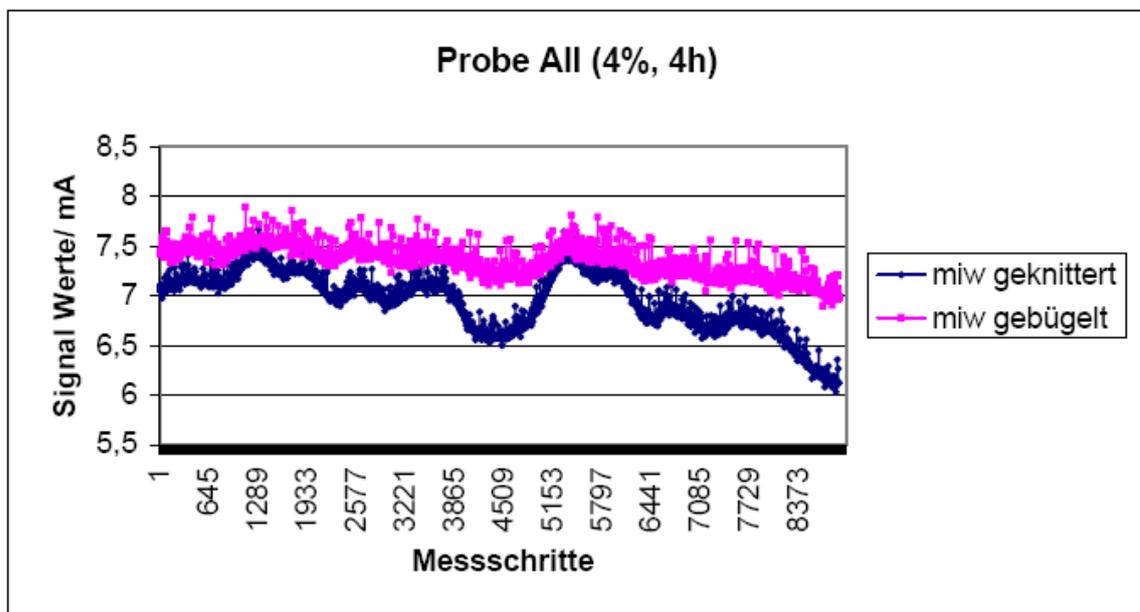


Bild 35: Rohdatendiagramm, Probe A II

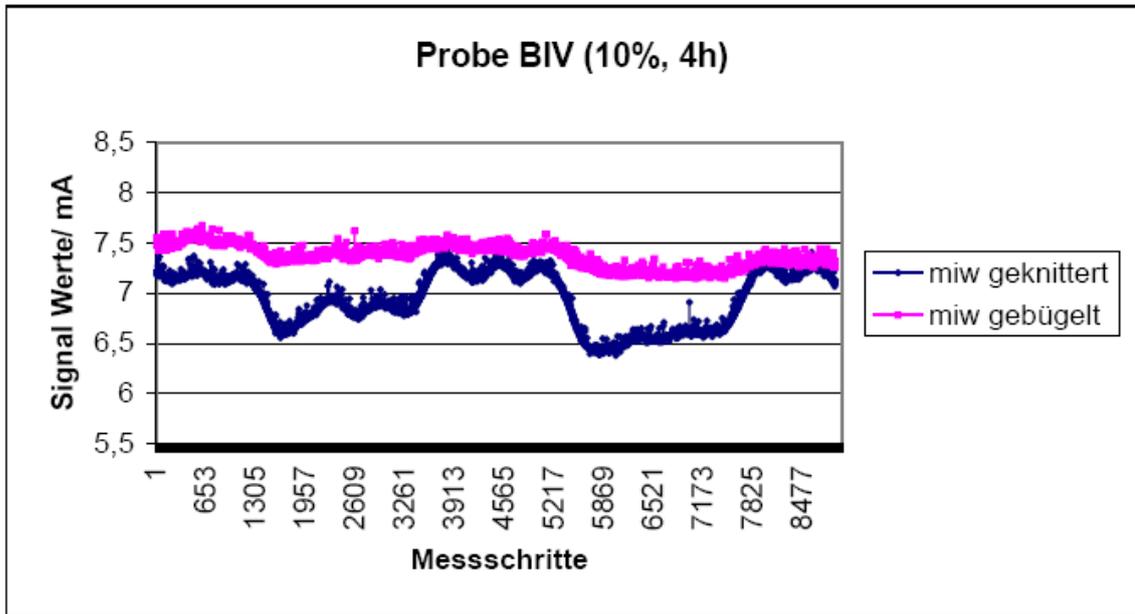


Bild 36: Rohdatendiagramm, Probe B IV

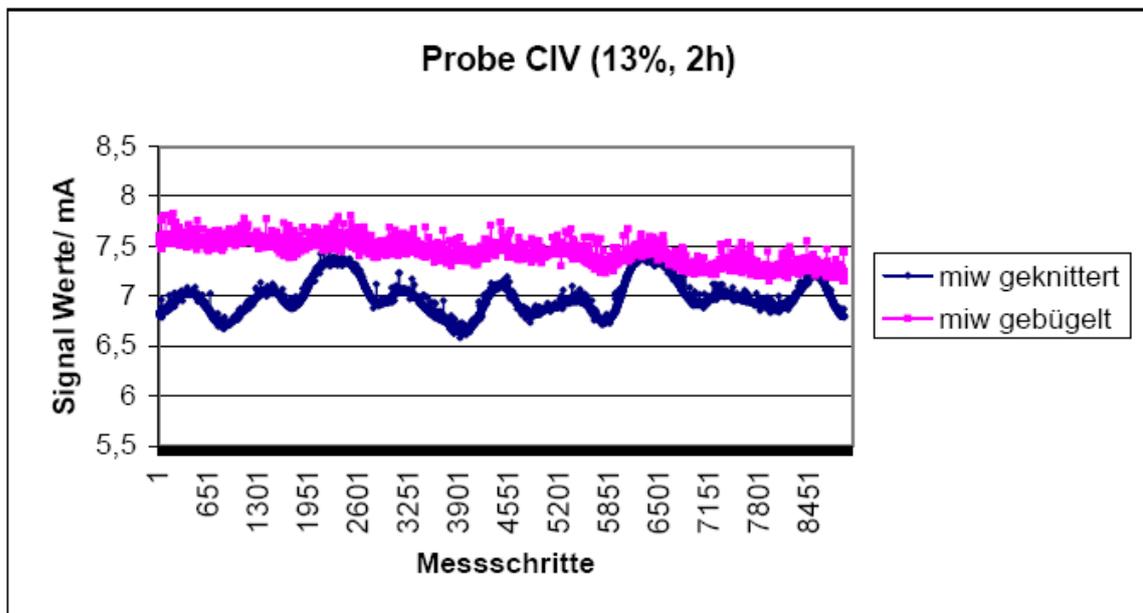


Bild 37: Rohdatendiagramm, Probe C IV

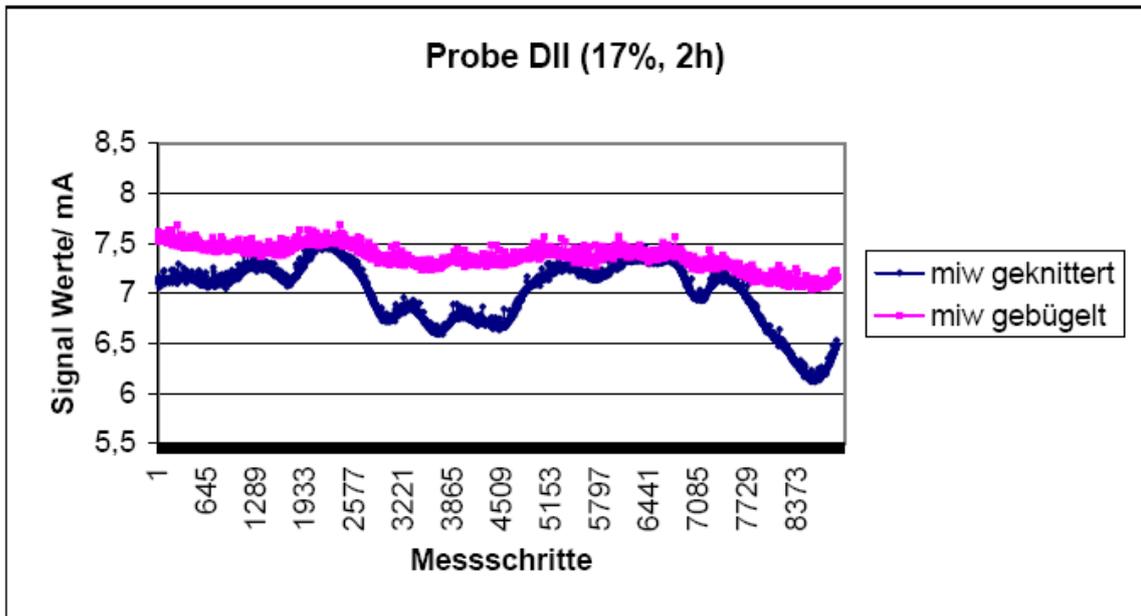


Bild 38: Rohdatendiagramm, Probe D II

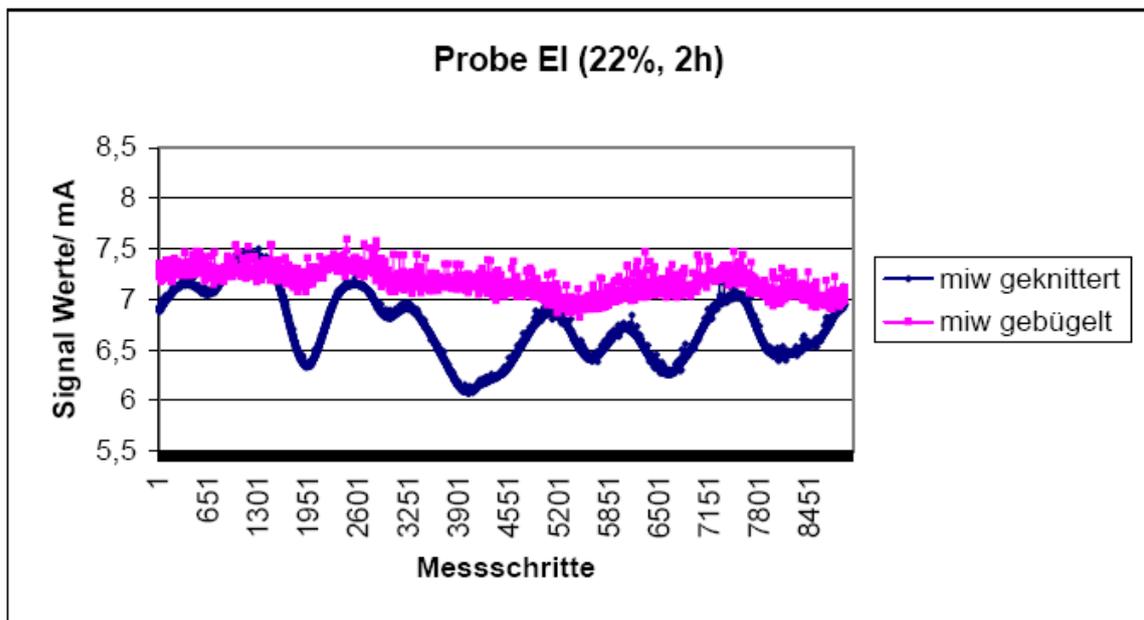


Bild 39: Rohdatendiagramm, Probe E I

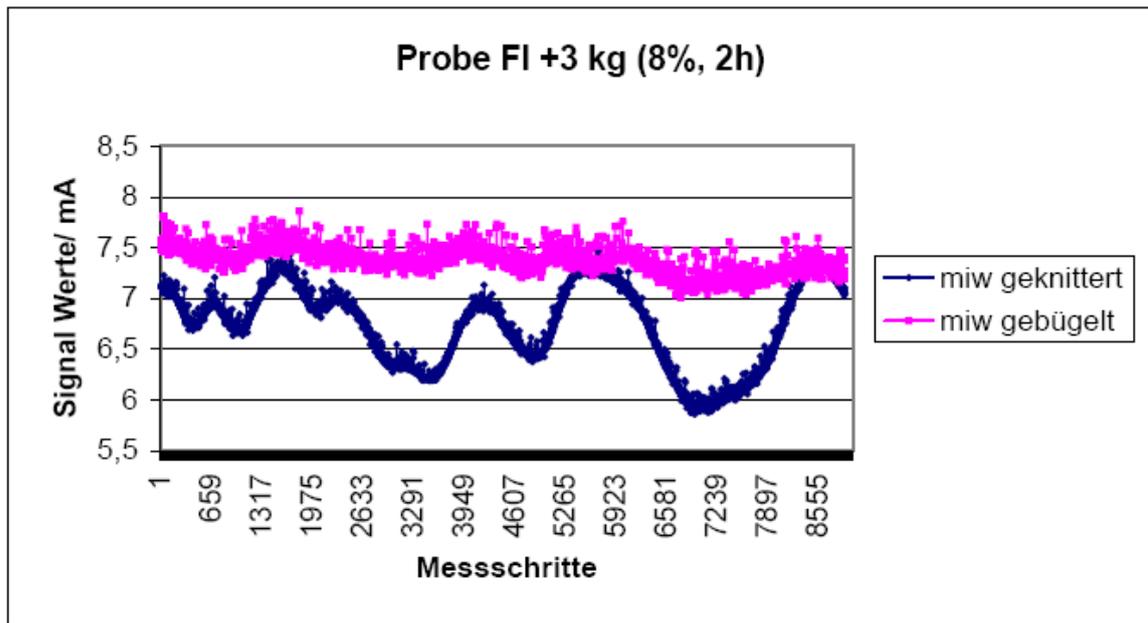


Bild 40: Rohdatendiagramm, Probe F I

## 7.2 Auswertungsverfahren

### Auswertung der Rohdaten für die Ergebnisdarstellung

Zur Auswertung der Rohdaten wird die Messwert Datei zunächst unter Excel geöffnet. Aus den jeweils drei Messdurchläufen am geknittertem und am gebügelttem Stoff wird für jeden Messpunkt der Mittelwert gebildet. Die Mittelwerte für den geknitterten und den gebügelten Stoff sind als Signalhöhe des Abstandmessers in mA angegeben (Beispiel: Tabelle 6).

Die Berechnungen werden im folgenden am Beispiel des Textilmuster A IV veranschaulicht.

Tabelle 6: Rohdaten (Mittelwerte) in mA

Rohdaten (miw) in mA		
geknittert	gebügelt	Schritte
7,27	7,49	1
7,27	7,49	2
7,27	7,49	3
7,27	7,48	4
7,28	7,49	5
7,27	7,49	6
:	:	:
:	:	:
6,90	7,29	8888
6,89	7,27	8889
6,90	7,29	8900

Aus den Signal-Werten x in mA kann der Abstand y in  $\mu\text{m}$  berechnet werden.

$$((x \text{ (in mA)} / 8) + 3,5) * 1000 = y \text{ (in } \mu\text{m)}$$

Die Position des Abstandssensors wird dem Programm zunächst in Einheiten von "Schritten" (des Antriebmotors für den Zahnriemenvorschub) mitgeteilt. Die Messstrecke wird von Excel dann in cm umgerechnet. 1 Schritt entspricht ungefähr 0,0017 cm. Tabelle 7 gibt die auf diese Weise ermittelten Werte wieder.

Tabelle 7: Aufbereitete Werte

Abstandswerte in $\mu\text{m}$		Messstrecke in cm
gekittert	gebügelt	
4409	4436	0,0017
4409	4436	0,0034
4409	4436	0,0051
4409	4435	0,0068
4409	4436	0,0085
4409	4436	0,0102
⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮
4361	4408	15,1079
4362	4412	15,1096
4361	4412	15,1113

Mit dieser Skalierung ergibt sich die grafische Darstellung in Bild 43.

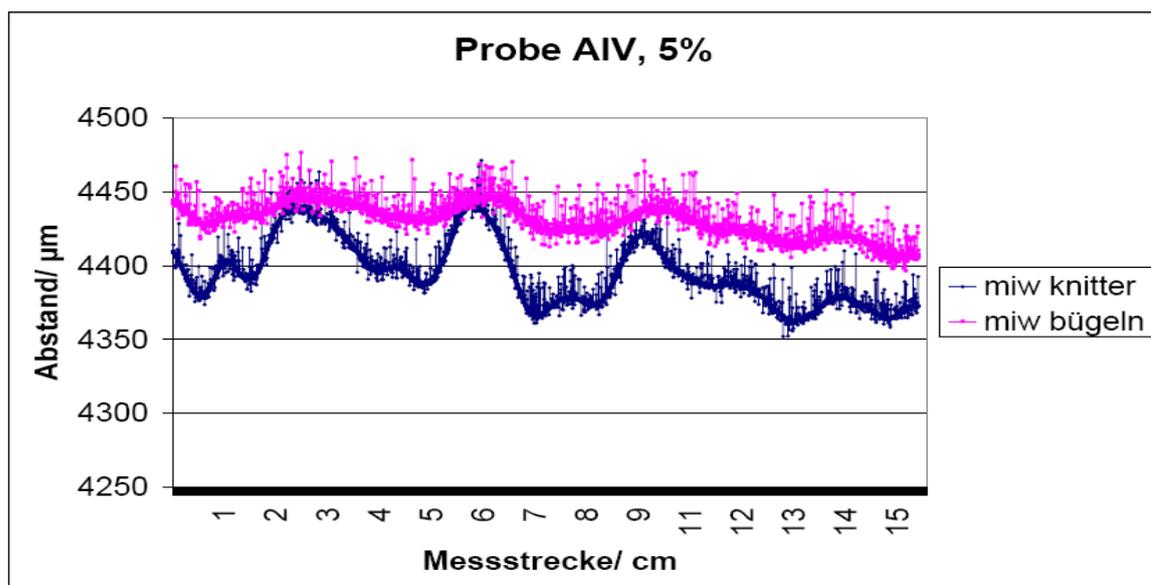


Bild 41: Abstandsverlauf

Da die Messreihe in dieser Phase der Auswertung noch Ausreißer enthält, empfiehlt es sich, diesen vor der weiteren Verarbeitung mit dem Programm Excel zu entfernen.

Dazu wird geprüft ob die Abweichung des aktuellen Abstandswertes  $Y_i$  sich um mehr als 10 Einheiten vom Mittelwert  $\bar{Y}_i$  aus dem linken und rechten Nachbarn unterscheidet.

$$\bar{Y}_i = \frac{Y_{i-1} + Y_{i+1}}{2}$$

Ist die Abweichung zu groß, wird  $Y_i$  durch  $\bar{Y}_i$  ersetzt.

Nach dem die Ausreißer heraus gerechnet sind, wird mit den korrigierten Messwerten eine Grafik erstellt, in die als Trendlinie eine Parabel 2. Grades inklusive Bestimmtheitsmaß ( $R^2$ ) eingefügt wird. Das Bestimmtheitsmaß kann als Maß für den erzielten Glättungseffekt dienen. Je näher  $R^2$  an 1 liegt, desto wirkungsvoller war der Bügelprozess. Ein Polynom höherer Ordnung würde eine zu hohe Welligkeit bedeuten; die Parabel 2. Grades entspricht in guter Näherung der Verformung der Bügelunterlage bei Erwärmung und Feuchtaufnahme. Ein typischer Höhenverlauf der Unterlage ist in Bild 42 skizziert – ersichtlich genügt zur Beschreibung der Verformung innerhalb des Messbereiches eine Parabel 2. Grades.

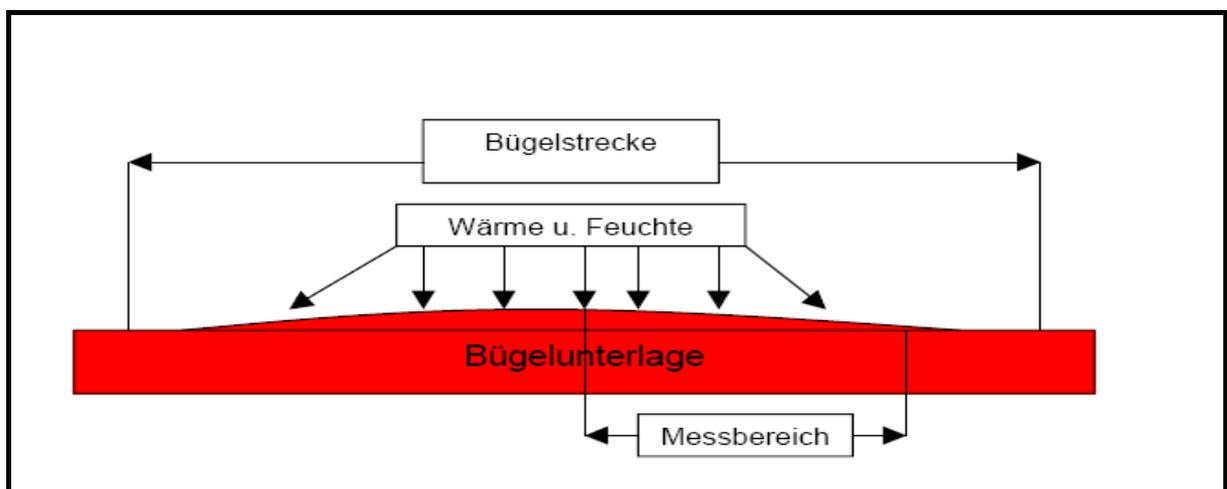


Bild 42: Skizze Bügelunterlage

In Bild 45 ist der Messbereich-Ausschnitt der Bügelunterlage grafisch dargestellt.

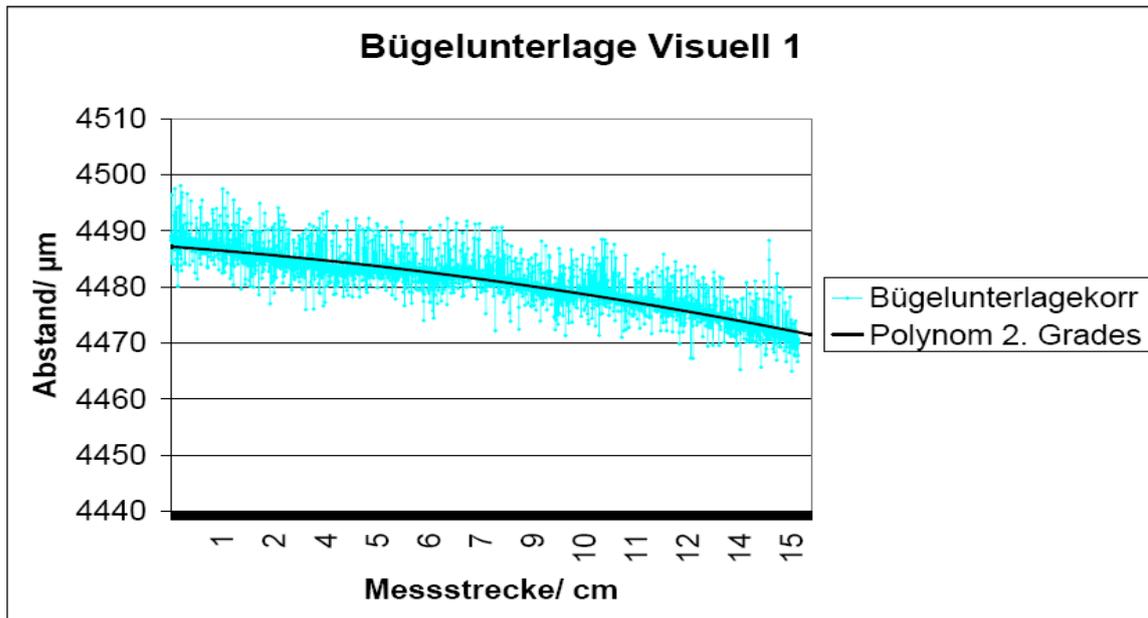


Bild 43: Messbereich der Bügelunterlage

Das Bestimmtheitsmaß ( $R^2$ ) wird unter Excel nach der bekannten statistischen Formel berechnet (s. z.B. Hippmann, S. 114).

### 7.3 Resultate und Interpretation

#### Übersichtstabelle

In der Tabelle 8 sind für jede Probe die "Visuelle Glätte" und das Bestimmtheitsmaß ( $R^2$ ) vor und nach den Bügeln wiedergegeben.

Das in dieser Arbeit angestrebte objektive Messverfahren der Textilglätte soll die subjektive Beurteilung durch Vergleich mit den Karten lt. Prüfnorm (siehe Abschnitt 4.1) ersetzen. Dieser Vergleich ergibt eine Bewertungsziffer zwischen 1 und 7 (Bestnote 1, schlechteste Note 7) die in dieser Arbeit im Folgenden als "**visuelles Glättemaß**" bezeichnet ist. Die Auswertung der Abstandsmessung liefert ein "**geometrisches Glättemaß**"  $R^2$ , dessen Berechnung und Bedeutung auf den Vorseiten erläutert ist. Die Werte liegen zwischen 0 und 1, wobei 1 die beste und 0 die schlechteste Note darstellt.

Tabelle 8: Übersichtstabelle ( visuelle/ geometrische Glätte)

Probenbezeichnung	Visuelles Glättemaß "VG"		Geometrisches Glättemaß "R <sup>2</sup> "		
	geknittert	gebügelt	geknittert	gebügelt	
<b>A</b>	I	7	3	0,45	0,64
	II	7	3	0,55	0,71
	III	7	4	0,39	0,34
	IV	7	3	0,39	0,69
<b>B</b>	I	7	4	0,03	0,47
	II	7	3	0,16	0,67
	III	7	3	0,11	0,55
	IV	7	4	0,10	0,49
<b>C</b>	I	7	3	0,40	0,75
	II	7	3	0,27	0,43
	III	7	3	0,55	0,41
	IV	7	3	0,01	0,84
<b>D</b>	I	7	3	0,13	0,71
	II	7	3	0,24	0,66
	III	7	4	0,38	0,52
	IV	7	4	0,40	0,67
<b>E</b>	I	7	4	0,41	0,49
	II	7	3	0,39	0,90
	III	7	3	0,10	0,29
	IV	7	3	0,31	0,75
<b>F</b>	I	7	4	0,09	0,09
	II	7	4	0,20	0,20
	III	7	4	0,38	0,38
	IV	7	4	0,12	0,12

Die **Messkurven** sind in Bild 44 - 49 wiedergegeben. Jedes Diagramm enthält:

1. die korrigierten  $Y_{K,i}$  Abstandswerte für den geknitterten Zustand
2. eine Ausgleichskurve 2.Grades  $P_K$  für die Messwerte
3. das Bestimmtheitsmaß  $R_K^2$  der Ausgleichskurve
4. die korr. Abstandsmesswerte  $Y_{B,i}$  für den gebügelten Zustand
5. eine Ausgleichskurve 2.Grades  $P_B$  für die Messwerte
6. das Bestimmtheitsmaß  $R_B^2$  der Ausgleichskurve

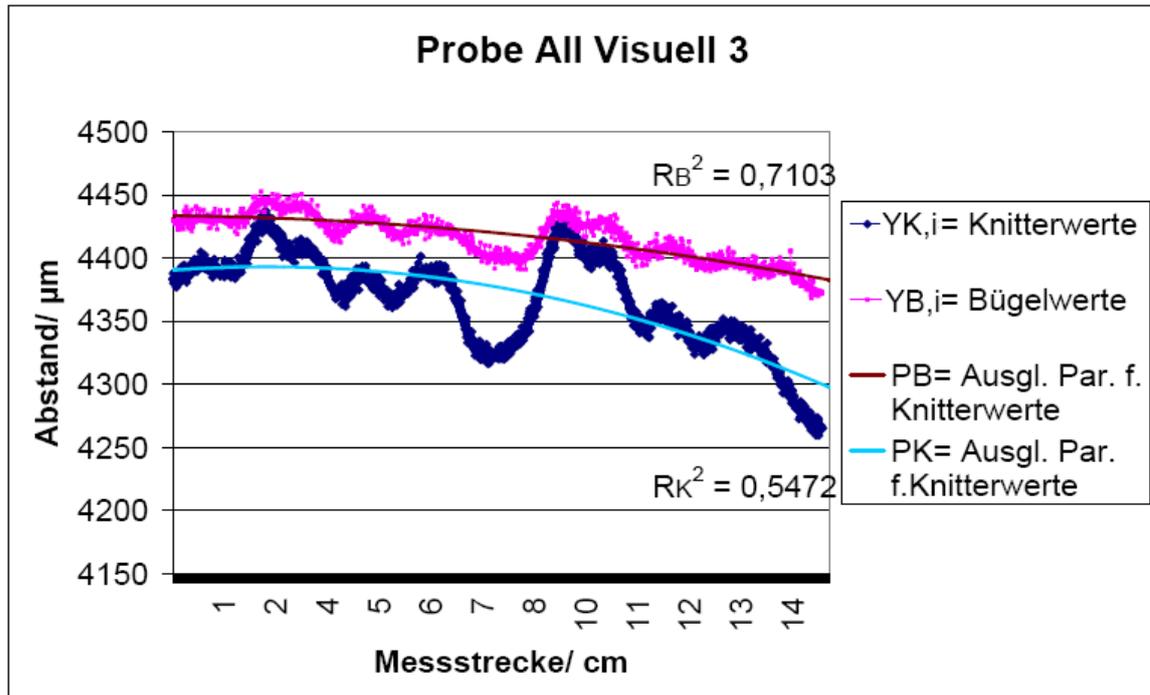


Bild 44: Messkurve " Probe A II "

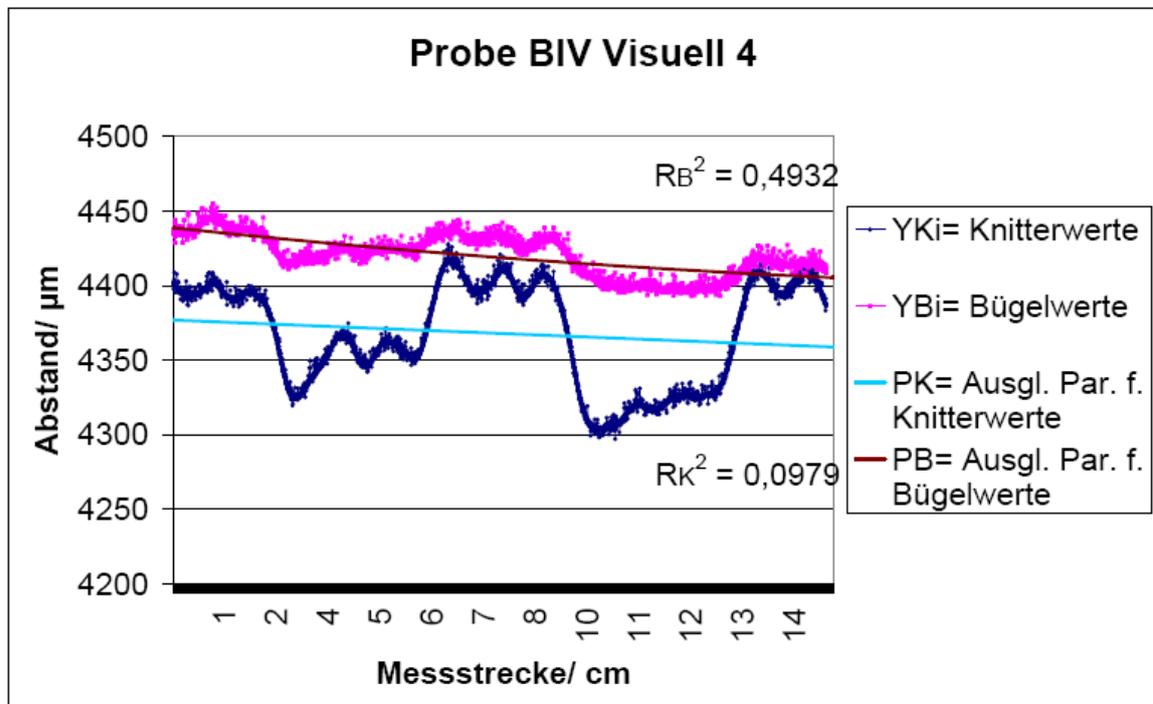


Bild 45: Messkurve " Probe B IV "

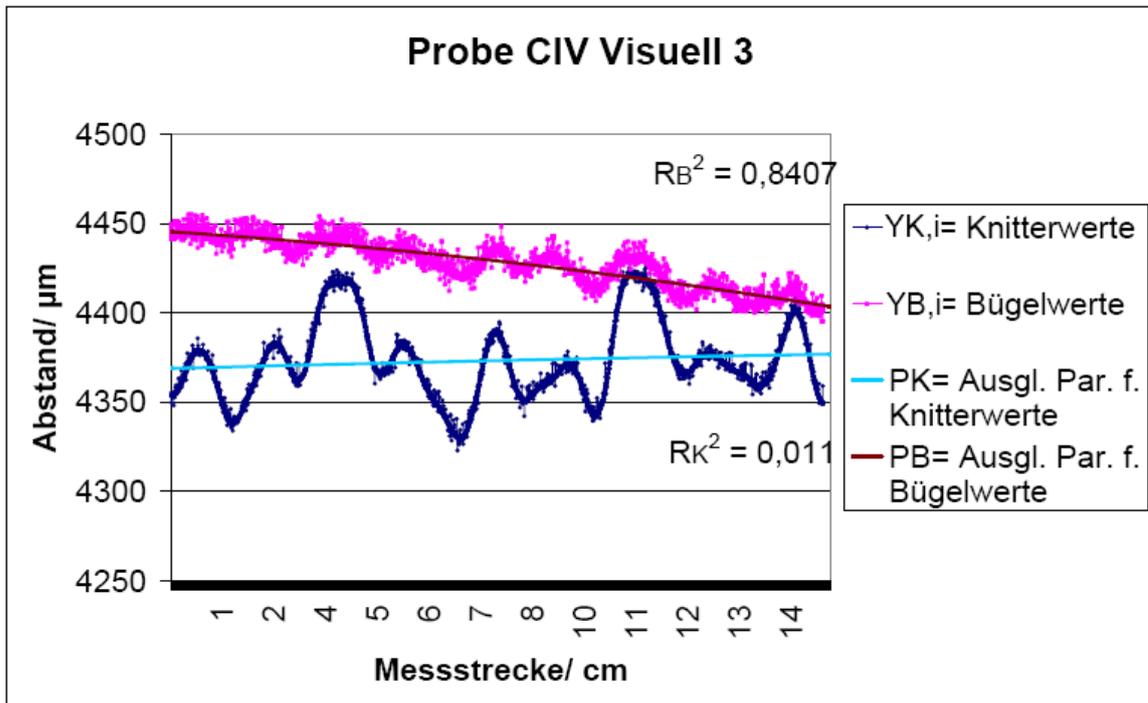


Bild 46: Messkurve " Probe C IV "

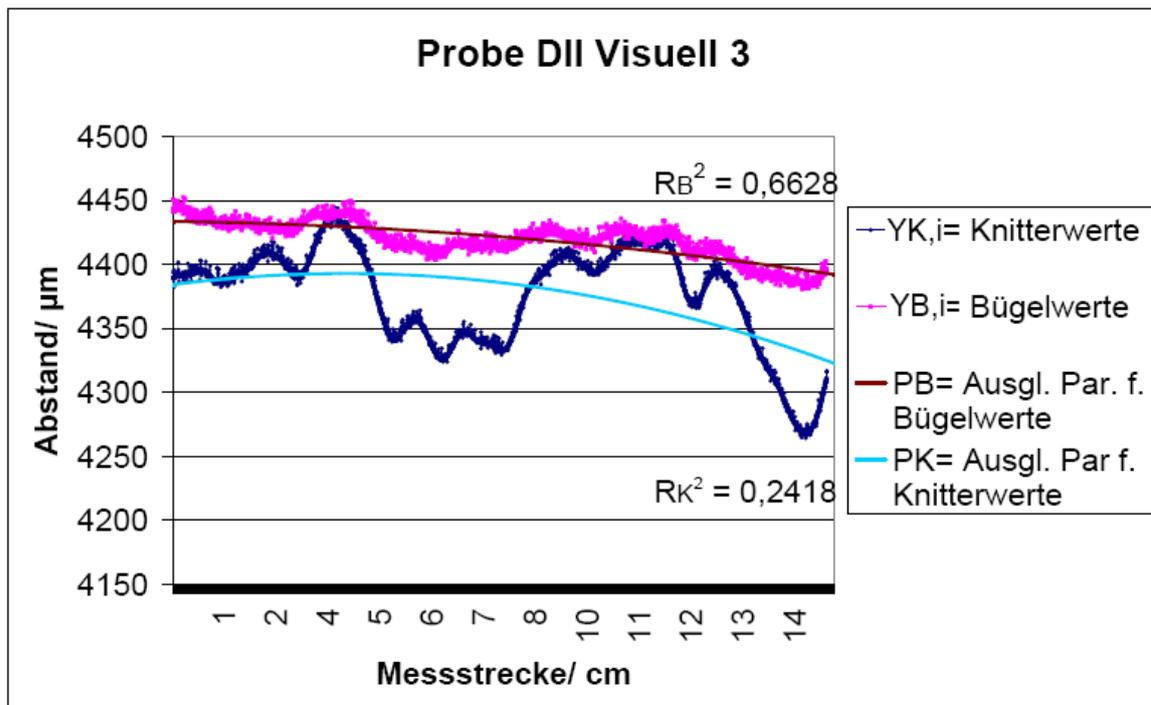


Bild 47: Messkurve " Probe D II "

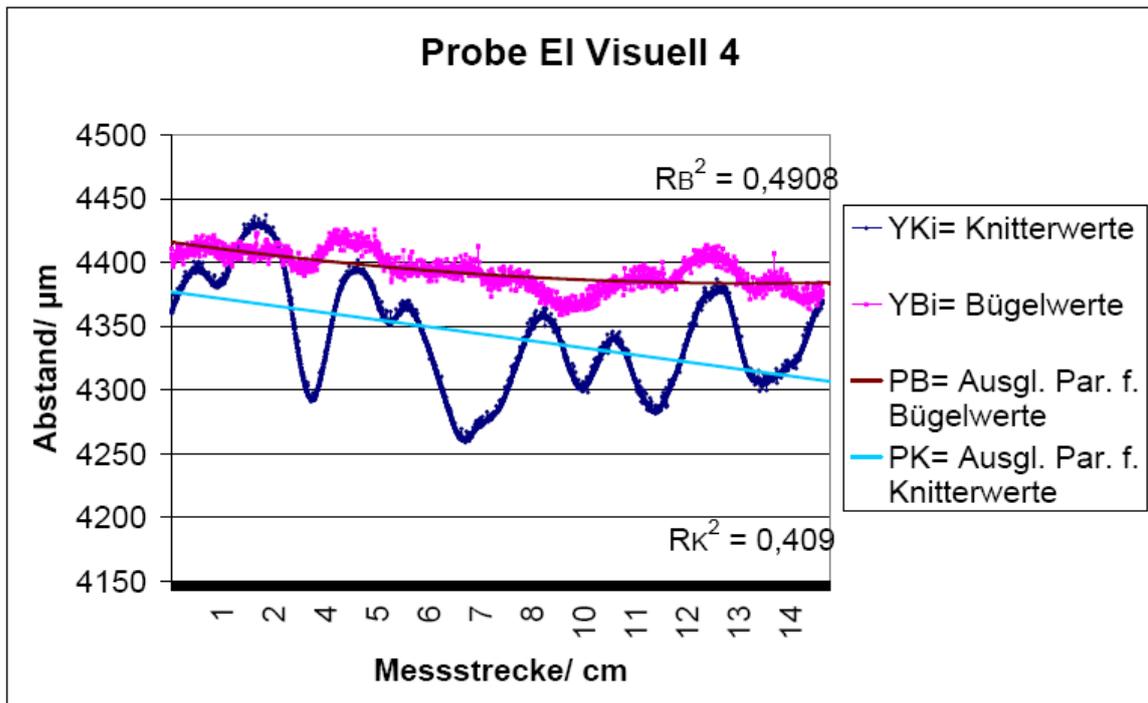


Bild 48: Messkurve "Probe E I"

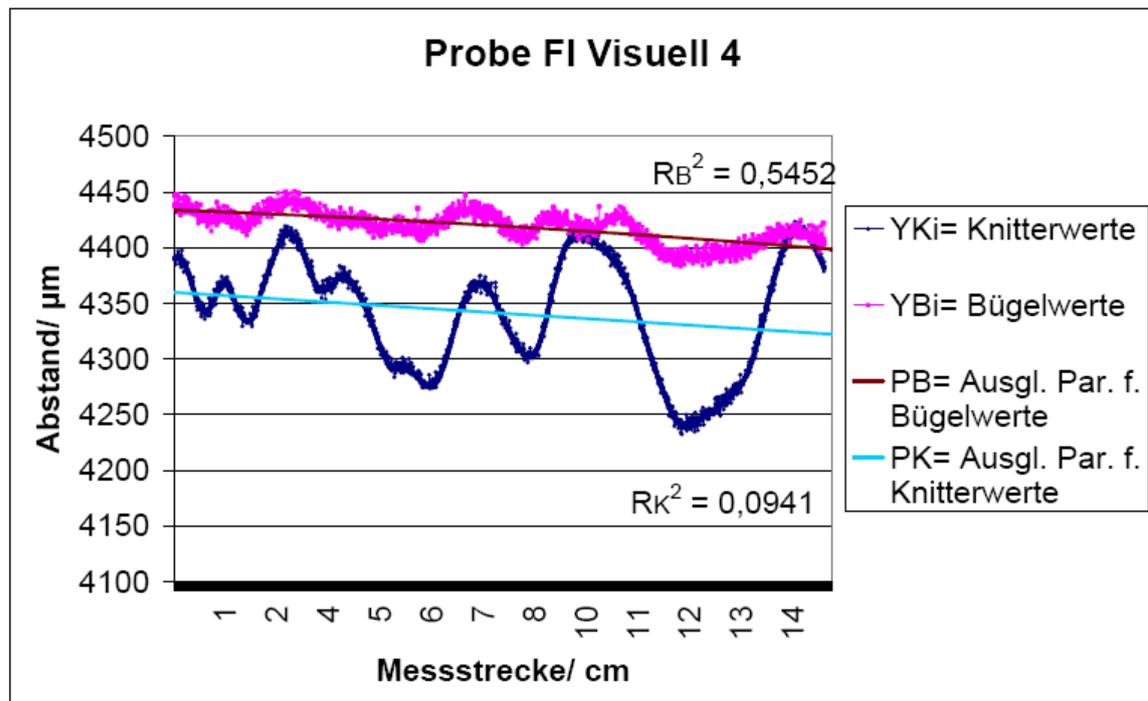


Bild 49: Messkurve "Probe F I"

### Interpretation

In Bild 50 sind die  $R^2$ -Werte, die jeweils zum gleichen visuellen Glättemaß gehören, über den visuellen Glättemaß aufgetragen.

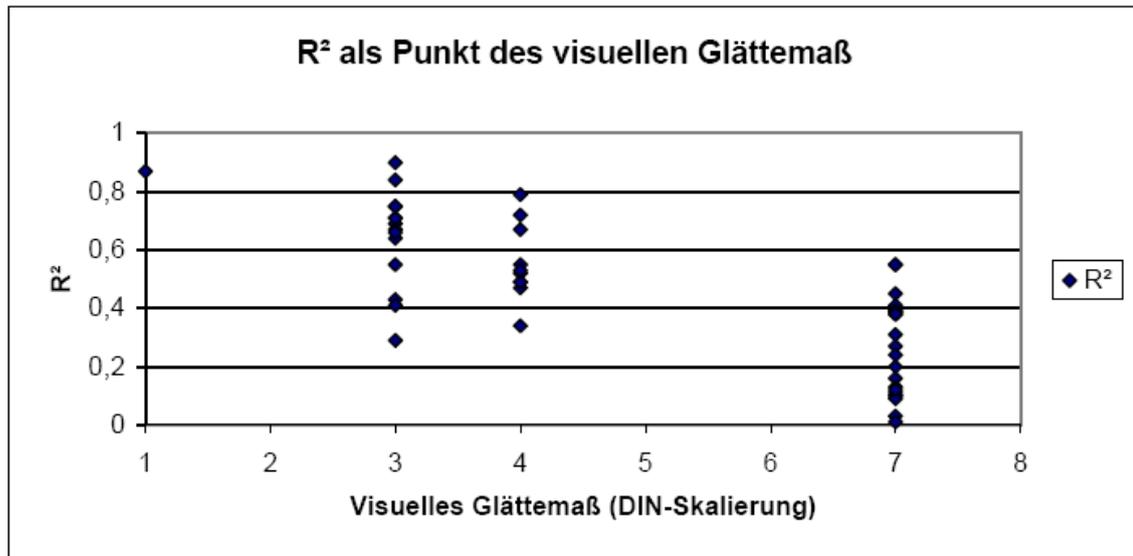


Bild 50:  $R^2$  als Punkt der visuellen Glätte

In Bild 51 sind die Mittelwerte von  $R^2$  mit einem Fehlerbalken (Fehlerbalkenlänge entspricht der Standardabweichung) und einer Trendlinie in Abhängigkeit vom visuellen Glättemaß "VG" (Skalierung nach DIN) dargestellt. Über den visuellen Glättemaß 1 wurde der  $R^2$ -Wert der Bügelunterlage angesetzt, da keiner der Proben das visuelle Glättemaß 1 zugestanden wurde.

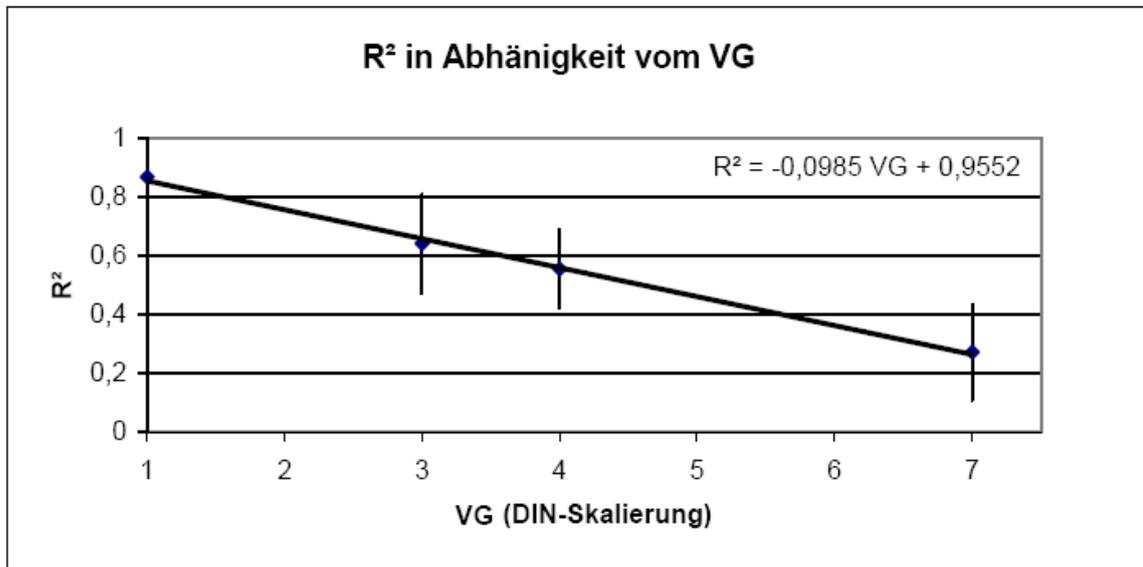


Bild 51: "R² in Abhängigkeit vom VG" (DIN-Skalierung)

Wie zu erwarten, nähert sich das geometrische Glättemaß mit besserer visueller Glätte niedrigeren Werten. Der Glättungseffekt wird also offensichtlich durch die objektive Abstandsmessung sinnvoll erfasst – einer höheren visuellen Bewertung entspricht ein kleinerer Wert von  $R^2$ .

Die Gleichung der Abstandsgraden ist im Diagramm angegeben. Durch Invertieren dieser Formel lässt sich aus den " $R^2$ "-Werten das entsprechende visuelle Glättemaß "VG" berechnen:

$$R^2 = - 0,0985 \text{ VG} + 0,9552$$

$$\approx - 0,1 \quad \text{VG} + 1$$

$$\text{VG} = 10 (1 - R^2)$$

Dem  $R^2$ - Wert 0,3 entspricht mithin das visuelle Glättemaß 7, dem  $R^2$ - Wert 0,9 das visuelle Glättemaß 1.

Wie schon unter 4.1.2 erwähnt, ist eine zweifelsfreie Einordnung der Glätte anhand der Karten lt. Prüfnorm bei einer siebenstufigen Skala, kaum möglich. Es erscheint empfehlenswert, die Stufen 3, 4, 5 zu nur einer Bewertungsstufe zusammenzufassen. Dann entsteht eine fünfstufige Skala, wobei die neue Stufe 3 der bisherigen Stufe 4 entspräche, die Stufe 4 der bisherigen 6 und die Stufe 5 der bisherigen 7.

Werden die “R<sup>2</sup>-Werte“ über der neuen visuellen Skala “VG<sub>n</sub>“ dargestellt (Bild 52), ergibt sich für den Zusammenhang zwischen visueller Glätte und geometrischer Glätte:

$$R^2 = -0,1492 \text{ VG}_n + 1,0309$$

$$\approx -0,15 \text{ VG}_n + 1$$

$$\text{VG}_n = 6,7 (1 - R^2)$$

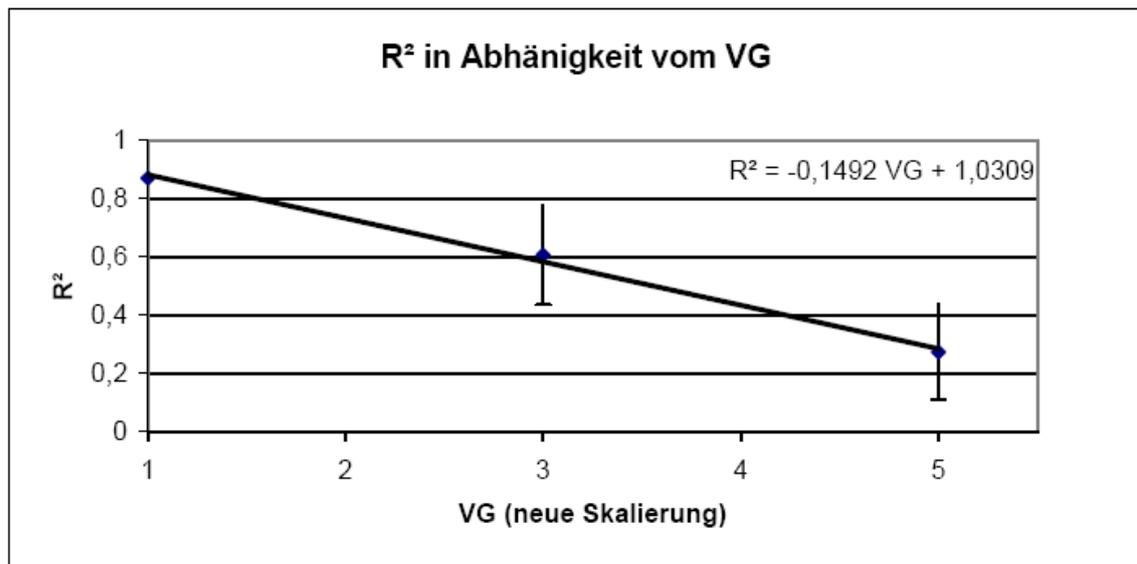


Bild 52: “R<sup>2</sup> in Abhängigkeit vom VG“ (neue Skalierung)

Die **ursprüngliche Zielsetzung** der Arbeit beinhaltete eine Optimierung der Restfeuchtwerte von Wäsche für das Erzielen eines guten Bügelergebnisses. Beim gegenwärtigen Stand der Entwicklung des Messverfahrens kann jedoch kein sicherer Zusammenhang zwischen der Restfeuchte der Wäsche vor dem Bügeln und dem Erzielten Glätteeffekt festgestellt werden.

## 8 Empfehlungen für das weitere Vorgehen

### 8.1 Variation des Verfahrens

**Nach Abschluss der Auswertung** wurden eine Reihe von Verbesserungsmöglichkeiten für das Verfahren deutlich, die zum Teil noch im terminlichen Rahmen der Arbeit erprobt werden konnten.

- Die Erfassung des Textilprofils längs einer einzigen Geraden liefert einen unzureichenden Aufschluss über das Glättungsergebnis. Daher wurden Messungen mit einer vierfachen Abtastung des Textils entlang paralleler Geraden durchgeführt, siehe Bild 53.

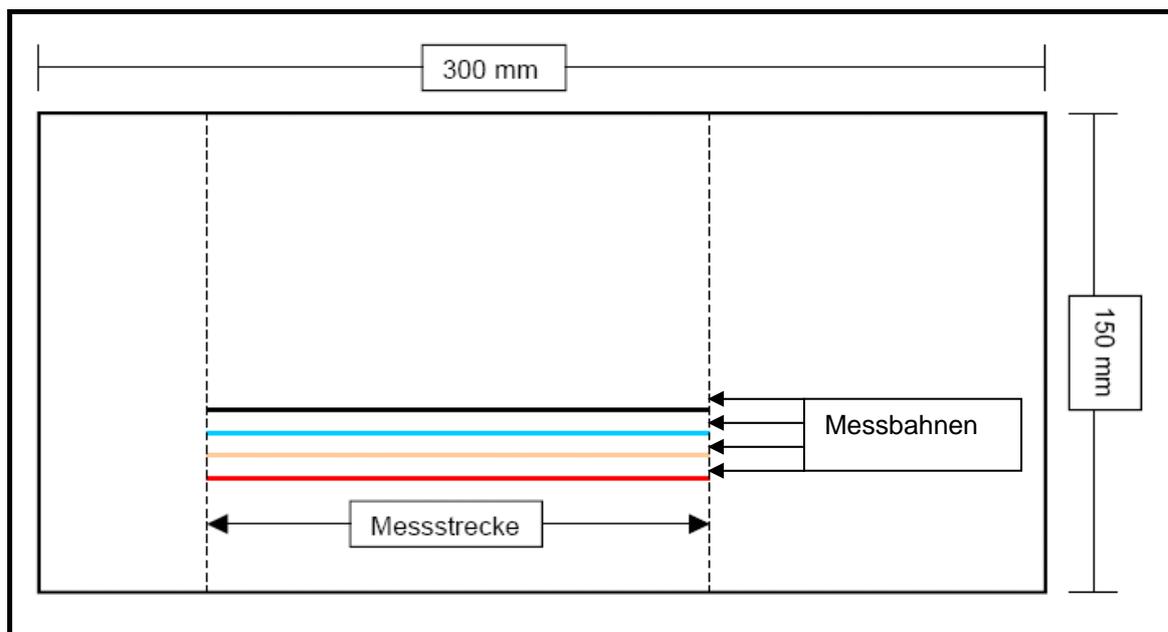


Bild 53: Vierfache Abtastung des Textils

- Die Messung jeder Messgeraden wird wie zuvor ausgewertet. Aus den vier  $R^2$ - Ergebnissen wird ein Mittel  $R_m^2$  gebildet, das dann als geometrisches Glättemaß dient. Die Abstandmesswerte für die vier Parallelen sind in Bild 54 wiedergegeben.

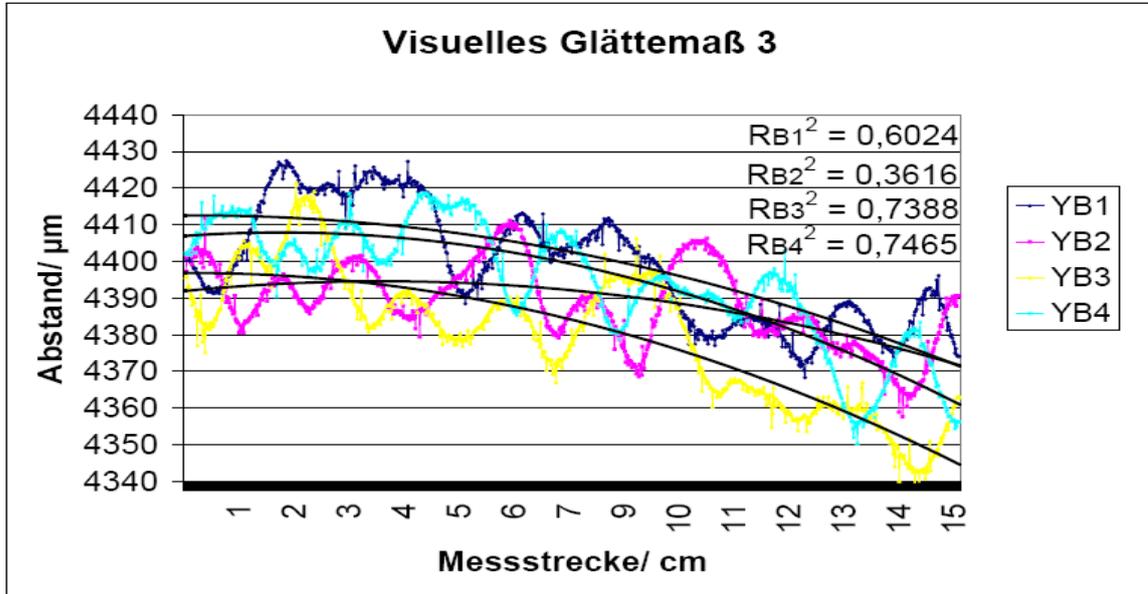


Bild 54: Abstandswerte bei vier Parallelen

In Bild 55 sind die wie beschrieben errechneten  $R_m^2$  -Werte eingetragen, und zwar über der modifizierten visuellen Glätteskala von 1- 5.

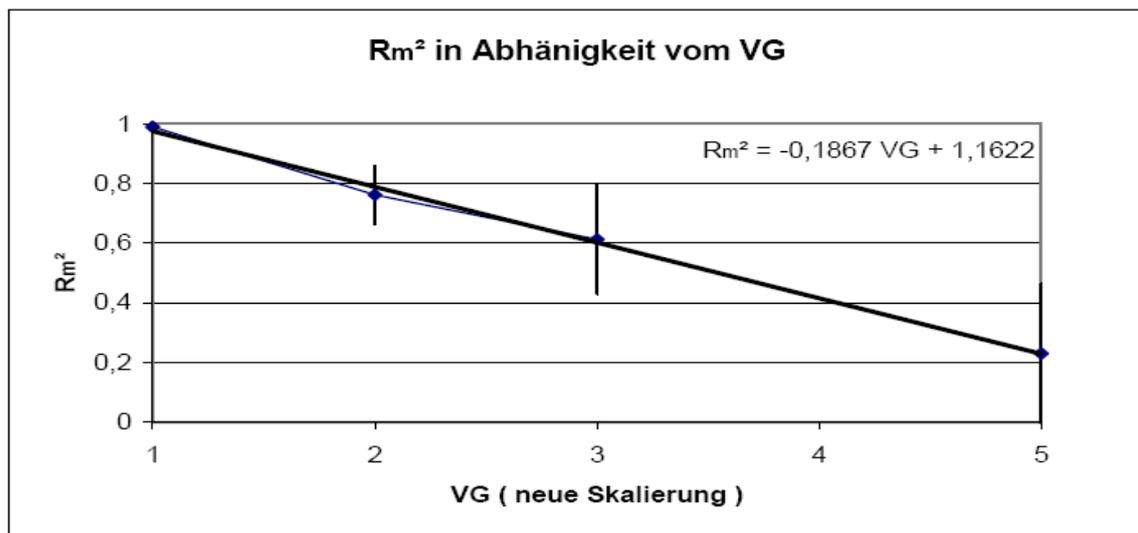


Bild 55: " $R_m^2$  in Abhängigkeit vom VG" (neue Skalierung)

Aus der Gliederung der Ausgleichsgraden

$$R_m^2 = -0,1867 \text{ VG}_n + 1,1622 \quad \text{ergibt sich} \quad \text{VG}_n = 5 (1,2 - R_m^2)$$

- Das Programm wurde so umgeschrieben, dass als y- Werte unmittelbar der Abstand in hunderstel mm ausgegeben wird.

### 8.2 Aussagefähigkeit des Messverfahrens

Das Messverfahren in der beschreibenden Form liefert nicht die quantitativ präzisen Ergebnisse, die angestrebt waren. Wesentliche Kritikpunkte sind:

- Die Gewebepreparation ist sehr aufwändig. Das in der Norm vorgesehene Gewebe ist nur mit großen Schwierigkeiten zu beschaffen. Das benutzte Ersatzgewebe mit etwas höherer Fadenzahl repräsentiert nur eine der Textilien, die für Bügelwäsche verarbeitet werden. Der Zeitaufwand für das Knittern und die weitere Verarbeitung des Bügelversuchs ist aber so hoch, dass die Verwendung mehrerer Testgewebe sich verbietet.
- Als Bügelunterlage wird eine Rigipsplatte benutzt, um definierte Abstandsverhältnisse zu gewährleisten. Das Verhalten von Gipskarton unterscheidet sich natürlich von dem der praxisüblichen Unterlage (Brett oder Gitter mit bezogener Schaumstoffauflage). Strenggenommen müssten die Härte der Unterlage und die Wasserdampf- Aufnahmefähigkeit gleich gewählt werden – dann ist jedoch kein präziser Abstand definierbar.
- Die Befestigung des Testgewebes auf der Unterlage hält in der praktizierten Form (Gewicht an den Ecken) den Stoff zwar plan, aber die Handhabung ist umständlich. Zeitdruck geht zur Lasten des Ergebnisses.
- Das Abscannen des Gewebes mit dem Abstandssensor liefert nur bei langsamer Bewegung des Messschlittens reproduzierbare Ergebnisse. Dann ist aber der Zeitaufwand für eine Messung unverhältnismäßig hoch, insbesondere beim Scannen mehrerer paralleler Bahnen.

- Bei der Umrechnung der Abstands-Messwerte wird eine gleichmäßige Verformung der Bügelunterlage angenommen, die sich im Messbereich durch eine Parabel zweiten Grades annähern lässt. Dies ist nicht frei von Willkür.

Die genannten Einflüsse führen insgesamt zu einer begrenzten Aussagefähigkeit der Messung. Das Ziel ist insoweit nicht erreicht. Beabsichtigt war eine objektive Nachbildung des visuellen Wahrnehmungsprozess bei der Bewertung von Textilglätte, für den Schatteneffekte vorrangig sind. Insofern liegt es nahe, eine optische Bearbeitung nachzubilden, jedoch bleibt dabei die Frage der relevanten Ortsfrequenz offen. Deshalb wurde hier die Alternative der Abstandsmessung vorgezogen, um das Profil des Textils zu erfassen. Jedoch zeigt die Arbeit einen Weg auf, wie eine objektive Bewertung des Glättungseffekts erreicht werden kann: Zu hoffen ist, dass bei Fortführung der Versuche eine ausreichende Aussagefähigkeit erzielt wird.

### 8.3 Mögliche Gestaltung der Prüfmethode

Die Stoffbahnavorbereitung und die Knittervorrichtung haben sich durchaus als zweckmäßig erwiesen. Die lange Lagerung des geknitterten Stoffes im Klimaschrank führt trotz hoher Vorgaben für die Luftfeuchte zu einem Austrocknen des Textils, so dass die gewünschte Restfeuchte für den Bügelvorgang nicht mehr vorhanden ist. Die Lagerzeit sollte an die angestrebte Restfeuchte angepasst werden.

Statt der praktizierten Stoffbahnfixierung auf der Unterlage wäre ein Anklemmen weniger Zeitaufwendig und wahrscheinlich auch völlig ausreichend.

Für das Abscannen sind detaillierte Parameter vorzugeben. Wünschenswert wäre eine mehrdimensionale Abtastung des Stoffes. Dies könnte so geschehen, dass statt eines Abstandssensor mit einer Empfängerzeile ein flächiges Target verwendet wird, ähnlich wie bei einer Digitalkamera. Dann wäre statt der sukzessiven Abtastung der Parallelenbahnen nur ein Durchlauf nötig.

Die Gestaltung des Auswertungsverfahrens ist in 7.2, detailliert dargestellt. Auch bei Optimierung des Messverfahrens ist nicht damit zu rechnen, dass eine Skala mit mehr als fünf Schritten sinnvoll ist. Entsprechend sollte die Prüfnorm formuliert werden.

## **Zusammenfassung**

In der vorliegenden Arbeit wird die Entwicklung eines Messverfahrens für den Glättungseffekt des Bügels bei Textilien beschrieben. Die bisherige Prüfmethode (Vergleich mit Musterkarten) ist außerordentlich subjektiv. Daher ist die Etablierung eines objektiven Messverfahrens anzustreben.

Eingangs wird ein Überblick über die unterschiedlichen Wege der Textilentwässerung einschließlich der thermischen Verfahren gegeben. Speziell das Bügeln wird ausführlich unter besonderer Berücksichtigung der dabei wirksamen Einflussfaktoren behandelt.

Bei der Erläuterung der experimentellen Anordnung wird zunächst die Knittervorrichtung vorgestellt. Für die objektive Glättungsbewertung wird ein Messaufbau konstruiert und angefertigt. Die Datenerfassung erfolgt rechner-gekoppelt. Die erforderliche Hardware und die Programmsteuerung sind im Detail beschrieben. Die Versuchsdurchführung erfordert zunächst das Präparieren des Prüfgewebes. Die Textilglättung wird in Abhängigkeit von der eingestellten Restfeuchte untersucht. Aus den Rohdaten werden durch Skalieren und Differenzbildung gegen ein Ausgleichspolynom die eigentlichen Resultate gewonnen.

Bei der Interpretation der Ergebnisse wird eine Umrechnung auf die vertraute Bewertungsskala vorgenommen, die zu modifizieren ist. Abschließend erfolgt eine kritische Stellungnahme zur Aussagefähigkeit des Verfahrens. Daraus ergeben sich Empfehlungen für das weitere Vorgehen und die Umgestaltung der Prüfnorm.

## **Abstract**

In this diploma thesis the development of a measuring procedure for the evaluation of the smoothing effect by ironing textiles is described. The so-far test method (comparison with examples) is extremely subjective. Therefore, the design of an objective procedure is worth while.

Initially a survey on the different ways of dewatering textiles including thermal methods is given. Especially ironing is discussed extensively with particular consideration of the influencing factors.

Explaining the experimental arrangement begins with introducing the wrinkling device. For evaluating the smoothing effect objectively a measuring setup is designed and constructed. Data acquisition is carried out by computer assistance. The hardware required and the program controls are described in detail.

Making the investigations calls at first for the preparation of the test tissues. The smoothing effect is studied depending on the actual residual moisture. From the raw data the final results are obtained by scaling and subtracting a fitting polynomial.

When interpreting the results a conversion is applied to make use of the familiar rating scale, which has to be modified. Finally a critical statement is given concerning the significance of the method. Recommendations for further proceeding and for remarking the testing standard are derived.

## Abbildungsverzeichnis

Bild 1: Ablufttrockner (Kutsch et al., S.394) .....	8
Bild 2: Kondenstrockner (Kutsch et al., S.395).....	9
Bild 3: Chinesische Bügelpfanne .....	11
Bild 4: Satzbügeleisen .....	12
Bild 5: Stachelbügeleisen.....	13
Bild 6: Kohlebügeleisen .....	13
Bild 7: Dampfbügeleisensysteme.....	15
Bild 8: Prüfstoff bewerten (DIN EN 60311, S.33) .....	21
Bild 9: Vergleichskarten (DIN EN 60311, S.34, 35).....	22
Bild 10: Vergleichskarten (DIN EN 60311, S.34, 35).....	23
Bild 11: senkrechte Linien (Internet: 2 ) .....	24
Bild 12: Helligkeitsunterschied (Internet: 2).....	24
Bild 13: Knittervorrichtung (DIN EN 60311, S.31) .....	25
Bild 14: Messaufbau .....	26
Bild 15: BLOCAN Profil (Internet: 4).....	26
Bild 16: Maßzeichnung Abstandssensor .....	27
Bild 17: Lichtfleckdurchmesser .....	27
Bild 18: Maßzeichnung Zahnriemenvorschub .....	28
Bild 19: Versuchsaufbau .....	29
Bild 20: Bügelgrundplatte .....	30
Bild 21: Befestigungshaken des Bügeleisens .....	31
Bild 22: Aufheizposition Bügeleisen .....	31
Bild 23: Fenster "Bügel - Prüfstand - Software".....	34
Bild 24: Fenster "Bügeln" .....	34
Bild 25: Fenster "Messung" .....	35
Bild 26: Fenster "Starten der Messung" .....	36
Bild 27: Wickelstab und Stift (DIN EN 60311, S.31).....	38
Bild 28: Knittervorgang (DIN EN 60311, S.32).....	38
Bild 29: Dampfbügeleisen .....	39
Bild 30: Bügelrichtung .....	40
Bild 31: Bewegungsart/ Position .....	42
Bild 32: Bewegungsart/ Hubweg .....	42
Bild 33: Bügeleisen am Zahnriemenvorschub.....	43
Bild 34: Stoff gespannt, gebügelt .....	44
Bild 35: Rohdatendiagramm, Probe A II.....	46
Bild 36: Rohdatendiagramm, Probe B IV .....	47
Bild 37: Rohdatendiagramm, Probe C IV .....	47
Bild 38: Rohdatendiagramm, Probe D II .....	48
Bild 39: Rohdatendiagramm, Probe E I.....	48
Bild 40: Rohdatendiagramm, Probe F I.....	49
Bild 41: Abstandsverlauf .....	51
Bild 42: Skizze Bügelunterlage .....	52
Bild 43: Messbereich der Bügelunterlage .....	53
Bild 44: Messkurve " Probe A II " .....	55
Bild 45: Messkurve " Probe B IV " .....	55
Bild 46: Messkurve " Probe C IV " .....	56
Bild 47: Messkurve " Probe D II " .....	56
Bild 48: Messkurve "Probe E I " .....	57

Bild 49: Messkurve " Probe F I "	57
Bild 50: $R^2$ als Punkt der visuellen Glätte	58
Bild 51: " $R^2$ in Abhängigkeit vom VG" (DIN-Skalierung)	59
Bild 52: " $R^2$ in Abhängigkeit vom VG" (neue Skalierung)	60
Bild 53: Vierfache Abtastung des Textils	61
Bild 54: Abstandswerte bei vier Parallelen	62
Bild 55: " $R_m^2$ in Abhängigkeit vom VG" (neue Skalierung)	62

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Beispiele für Trocknungsgrade (HEA 1998, S.15)	10
Tabelle 2: Wärmebeständigkeit von Faserstoffen (DIN EN 60311 , S.12)	18
Tabelle 3: Restfeuchte vor dem Bügeln	19
Tabelle 4: Übersicht über die benötigten Befehle	33
Tabelle 5: Rohdaten Struktur	45
Tabelle 6: Rohdaten (Mittelwerte) in mA	50
Tabelle 7: Aufbereitete Werte	51
Tabelle 8: Übersichtstabelle ( visuelle/ geometrische Glätte)	54

## Literaturverzeichnis

### Printmedien:

- Barleben, Ilse: Kleine Kulturgeschichte der Wäschepflege, Düsseldorf (Henkel), 1951
- DNZ International (deutsche Nähmaschinen Zeitung): Bielefeld (Bielefeld Verlag –Anst.), 1992
- Fachwissen Bekleidung: Haan- Gruiten (Verlag Europa- Lehrmittel) , 1993
- Flick, Th.-W., Das Bügeln in der Chemischreinigung in WRP Heft 5/1986
- Hasenclever, Kasper D.: Handbuch für das Textilreinigungsgewerbe, Frankfurt/ Main (Deutscher Fachverlag) 1986
- HEA-e.V.: Bilderdienst: Wäschepflege im Haushalt, Frankfurt (VVEW-Verlag), 1998
- Hippmann,H.-W.; Statistik, Stuttgart (Schäffer, Poeschel) 1997
- Hloch, Hans G.: Reinigung und Pflege von Textilien im Haushalt, München (Merkur Verlag), 1989
- Hönnmann, Dr.-Ing. Wilfried: Taschenbuch für: Heizung+ Klima Technik (einschl. Brauchwassererwärmung und Kältetechnik), München (R. Oldenbourg Verlag GmbH) 1990
- Kohlrausch, F.: Praktische Physik; Stuttgart (B,G, Teubner), 1986
- Kröll, K.: Trocknungstechnik: Trockner und Trocknungsverfahren, Berlin Heidelberg New York (Springer Verlag), 1978
- Krowatschek, F., "Ist der Bügelvorgang ein chaotisches System?" in Bekleidung + Wäsche, Bekleidung + Maschenware: Zeitschrift für die gesamte Bekleidungsindustrie, Heft 15, 1991
- Kutsch, Thomas; Piorkowsky, Michael- B.; Schätzke, Manfred: Einführung in die Haushaltswissenschaft, Stuttgart (Verlag Eugen Ulmer), 1997
- Lichtenberg, Wolfhart: Technik im Haushalt, Hamburg (Verlag Handwerk und Technik GmbH.),1994
- Samal, Dr.-Ing. Erwin †, bearbeitet von Becker, Prof. Dr.-Ing. Wilhelm, Grundriss der praktischen Regelungstechnik: München Wien (R. Oldenbourg Verlag), 1990
- Schanz; Günter, W.: Sensoren Fühler für Messtechnik, Heidelberg (Hüthig Verlag GmbH), 1988

- Schierbaum, Wilfried: Bekleidungslexikon; Berlin (Fachverlag Schiele & Schön GmbH) , 1993
- Schrüfer, Prof. Dr. rer. nat. Elmar: Lexikon Mess- und Automatisierungstechnik, Düsseldorf (VDI-Verlag GmbH), 1992

#### Internetseiten:

- 1 <http://www.waeschepflegemuseum.at/start.htm>
- 2 <http://de.wikipedia.org> , 8.05.06 (Internetlexikon)
- 3 <http://www.rk-online.de>, 9.05.06 (Rose + Krieger)
- 4 <http://www.phoenix-mecano.ch/delpresse/rk-bloc-profilm.pdf> ,  
9.05.06 (Blocan Profil Montagesystem)
- 5 <http://ecatalog.sick.com> , 1.05.06 (Sick Sensor)
- 6 <http://www.iselautomation.de> , 1.05.06 (isel automation KG)

#### Normen:

- DIN EN 60311, 2005 (Bügeleisennorm)
- DIN EN 60456, 2005 (Waschmaschinenennorm)
- ISO 6330, 2001 (Wasch und Trocknungsverfahren)

## **Eidesstattliche Erklärung**

Ich versichere, dass ich die vorliegende Arbeit ohne fremde Hilfe selbstständig verfasst und nur die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angaben der Quelle kenntlich gemacht.

Hamburg, den 10.08.06

## **Danksagung**

Herr Prof. Dr. Lichtenberg hat die Arbeit seitens der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg/ Fachbereich Ökotoxikologie betreut. Auch Ihm herzlichen dank für seine Umfangreiche Unterstützung!

Herrn Dr. Martin Büscher (Fa. Hansecontrol) danke ich für die zur Verfügung gestellten Messmittel, die Begleitung des Projektes und zahlreiche Anregungen sowie hilfreiche Diskussionen.

Herrn Sven Schefer (Fa. Hansecontrol) danke ich für die Hilfe bei der Programmierung der Datenerfassung.

Herrn Oliver Döring (Elektrotechnik Student) danke ich für die Hilfe beim messtechnischen Aufbau und der Programmierung der Datenerfassung.

Mein herzlicher Dank gilt auch den Mitarbeitern, des Hartwaren-Labors von Hansecontrol, für Ihre zahlreichen Anregungen sowie hilfreichen Diskussionen.