

Anwendung des Dualen Entwurfs
auf die Entwicklung
eines robotergesteuerten 3D-Nähsystems

Markus Brozio

Alle Rechte dieser Veröffentlichung liegen bei Markus Brozio, Aachen. Die nicht gewerbliche und gezielte Weitergabe in elektronischer, gedruckter oder anderer Form zu Privat- und Forschungszwecken ist gestattet. Jede darüber hinaus gehende Verbreitung, z. B. der Verkauf, die Verbreitung auf elektronischen und sonstigen Datenträgern oder die Verbreitung im Internet, ist untersagt.

Die gedruckte Fassung der Arbeit erscheint in der „Aachener Reihe Mensch und Technik“ im Wissenschaftsverlag Mainz. Sie ist im Buchhandel erhältlich und stellt die juristisch gültige Dissertation entsprechend der Promotionsordnung des Fachbereichs 4 „Fakultät für Maschinenwesen“ der RWTH Aachen dar.

© 2001 Markus Brozio (www.broziotech.de)

„D 82 (Diss. RWTH Aachen)“

Vorwort

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Angestellter am Hochschuldidaktischen Zentrum und dem Lehrstuhl Informatik im Maschinenbau (HDZ/IMA) der RWTH Aachen. Auch wenn eine Dissertation in erster Linie das Werk eines Einzelnen ist, so kann sie nicht ohne die aktive und passive Unterstützung Dritter entstehen.

Der Leiter des HDZ/IMA, Herr Prof. Dr.-Ing. Klaus Henning, übernahm nicht nur die Aufgabe des Erstberichters, sondern hielt die Arbeit während der Erstellungsphase durch gezielte Interventionen immer auf dem richtigen Weg. Mein besonderer Dank gilt meinem Zweitberichter Herrn Prof. Dr.-Ing. Burkhard Wulfhorst vom Institut für Textiltechnik der RWTH Aachen (ITA). Seine engagierten und konstruktiven Rückmeldungen waren mir eine große Hilfe.

Wertvolle Anregungen bekam ich auch von meinen Kolleginnen und Kollegen des Bereichs „Kommunikations- und Organisationsentwicklung“, die mir zudem auch in der Endphase den zeitlichen Freiraum zur Fertigstellung dieser Arbeit gaben. Mein Dank gilt aber auch den am Projekt beteiligten Industriepartnern. Besonders erwähnen möchte ich Herrn Philipp Moll, den Vater des 3D-Nähens, der mir in zahlreichen und teilweise kontroversen Diskussionen wichtige Hinweise und Denkanstöße gab. Eine große Hilfe stellte auch Herr Dr. Georg Tetzlaff vom Institut für Nähtechnik e. V. in Aachen dar. Seine kooperative und unkomplizierte Unterstützung findet sich insbesondere bei den in dieser Arbeit genannten Fakten wieder. Weiterhin danke ich Thomas Mehta, Beate Recker, Ansgar Paschen und Katja Roesch für wichtige Hilfen und Hinweise. Schließlich müssen hier noch die vielen moralischen Unterstützerinnen und Unterstützer erwähnt werden, die mich oft sogar unbewußt motiviert und angespornt haben.

Aachen, im April 2001

Markus Brozio

Meinem Opa
Alfred Brozio

Inhaltsverzeichnis	Seite
1 Einleitung.....	1
1.1 Problemstellung.....	1
1.2 Vorgehensweise.....	3
2 Die Situation der deutschen Textil- und Bekleidungsindustrie	6
2.1 Die textile Kette.....	6
2.2 Die wirtschaftliche Bedeutung der Produzenten	8
2.3 Der Verbrauchermarkt	10
2.4 Wirtschaftliche Entwicklung ausgewählter Industriezweige der textilen Kette	12
2.4.1 Systematik.....	12
2.4.2 Textilindustrie	12
2.4.3 Bekleidungsindustrie.....	13
2.4.4 Betriebsmittelhersteller.....	14
2.5 Fazit.....	15
3 Notwendigkeit für die Entwicklung eines 3D-Nähroboters	17
3.1 Branchenperspektiven.....	17
3.2 Innovationsfeld „Textile Kette“.....	18
3.2.1 Forschungsbedarf innerhalb der Kette	18
3.2.2 Qualitätsförderung durch Kooperation einer textilen Fertigungskette (QualiTex)	19
3.2.3 Bekleidung nach Maß.....	22
3.2.4 KWIK (Kooperative Wertschöpfung in der textilen Kette)	24
3.3 Integriertes 3D-Nähsystem.....	24
3.4 Fertigung in der Bekleidungsindustrie.....	25
3.4.1 Bekleidungsfertigungsstätten.....	25
3.4.2 Zuschnitt und Näherei	27
3.5 Fazit.....	32
4 Der Duale Entwurf als Methode für den angemessenen Automatisierungsgrad....	34
4.1 Die Methode des Dualen Entwurfs.....	34
4.2 Die Lösungsvarianten des Integrierten 3D-Nähsystems.....	35
4.2.1 Variante 0: Technische Ausgangslage in der Bekleidungsfertigung	35
4.2.2 Variante 1: Erste Vision	36

4.2.3 Variante 2: Erste visionäre Konkretisierungen.....	38
4.2.4 Variante 3: Reduzierung auf das Notwendigste – die Pilotanlage.....	40
4.2.5 Variante 4: Die Weiterentwicklung der Pilotanlage	43
4.2.6 Zwischenfazit.....	44
4.3 Anwendung der Entwurfsphasen nach Ochterbeck auf die 3D-Nähzelle.....	45
4.4 Fazit.....	49
5 Die Pilotanlage Bekleidung des Integrierten 3D-Nähsystems.....	50
5.1 Überblick.....	50
5.2 Die Komponenten im Detail.....	51
5.2.1 Einzellagenzuschnitt mit Fehlererkennung	51
5.2.2 Transportsystem und 2D-Arbeitsplätze.....	52
5.2.3 3D-Nähzelle.....	54
5.2.4 Leitsystem.....	62
5.3 Vor- und nachgelagerte Arbeitsstationen.....	63
5.4 Fazit.....	64
6 Zielgröße Qualität	65
6.1 Methodik	65
6.2 Begriffsbestimmung „Qualität“	65
6.3 Problembeschreibung.....	69
6.3.1 Qualitätsrelevante Merkmale in der Bekleidungsfertigung am Beispiel Rock	69
6.3.2 Qualitätsanforderungen in der Rockfertigung	70
6.4 Lösungsmöglichkeit: Dreidimensionales Nähen am Formkörper.....	72
6.5 Qualitätsrelevante Aspekte im Gesamtsystem	73
6.5.1 Fehlererkennung und Einzellagenzuschnitt.....	73
6.5.2 Transportsystem.....	74
6.5.3 2D-Nähplätze	75
6.5.4 Leitsystem.....	75
6.5.5 3D-Nähzelle.....	76
6.6 Bewertung	77
7 Zielgröße Flexibilität.....	84
7.1 Problembeschreibung.....	84

7.1.1	Flexibilitätsrelevante Merkmale in der Bekleidungsfertigung am Beispiel Rock	84
7.1.2	Flexibilitätsanforderungen in der Rockfertigung.....	87
7.2	Lösungsmöglichkeit: Veränderbarer Formkörper	88
7.3	Flexibilitätsrelevante Aspekte im Gesamtsystem.....	89
7.3.1	Einzellagenzuschnitt und Fehlererkennung.....	89
7.3.2	Transportsystem, 2D-Nähplätze und Leitsystem	90
7.3.3	3D-Nähzelle.....	91
7.4	Bewertung	96
7.5	Fazit.....	101
8	Perspektiven für den industriellen Einsatz der 3D-Nähtechnik.....	102
8.1	Einführung.....	102
8.2	Relevante Veränderungen im gesellschaftlichen Umfeld.....	102
8.3	Unmittelbare industrielle Anwendung in der Bekleidungsindustrie	105
8.3.1	Weiterentwicklung der 3D-Nähzelle.....	105
8.3.2	Szenario 1: Nachfragegesteuerte integrierte textile Kette	107
8.3.3	Szenario 2: Anbieternetzwerk mit dem Konfektionär als Produktmanager .	109
8.3.4	Szenario 3: Visionen zum Einkaufen über das Internet	111
8.4	Unmittelbare industrielle Anwendung in der Automobilindustrie	111
8.5	Unmittelbare industrielle Anwendung im Bereich der technischen Textilien	112
9	Ausblick.....	115
9.1	Industrielle Anwendung der 3D-Nähtechnik	115
9.2	Auswirkung auf die Arbeitsplätze	116
9.2.1	Die Methode des Erweiterten Dualen Entwurfs als Bewertungsinstrument	116
9.2.2	Ausgangslage und Anwendung der Methode des Erweiterten Dualen Entwurfs.....	117
9.2.3	Mögliche Ergebnisse	122
9.3	Perspektiven der deutschen Textil- und Bekleidungsindustrie	125
10	Zusammenfassung.....	127
11	Literaturverzeichnis.....	128

1 Einleitung

1.1 Problemstellung

Die deutsche Textil- und Bekleidungsindustrie einschließlich der Betriebsmittelherstellung befindet sich bereits seit geraumer Zeit in einem Zustand des kontinuierlichen Arbeitsplatzabbaus mit einhergehender Standortverlagerung insbesondere bei der Bekleidungsherstellung. Die Produktion von Haus- und Heimtextilien hingegen ist stabil und bei der Industrie für technische Textilien handelt es sich um eine Wachstumsbranche. Der deutsche Textilmaschinenbau hat am Weltmarkt einen Anteil von 30 – 35 % und ist somit führend. Trotzdem gibt es auch hier in einzelnen Branchen, z. B. bei der Herstellung von Nähmaschinen, rückläufige Umsätze und einen internationalen Verdrängungswettbewerb.

Bereits seit Jahrzehnten läßt die deutsche Bekleidungsindustrie im Ausland fertigen. Dies erfolgt entweder in eigenen Produktionsstätten oder unter Einbeziehung von Vermittlern. Daraus ergeben sich unmittelbare Auswirkungen auf die vorgelagerte Textilindustrie, da die Flächenherstellung häufig ebenfalls nicht mehr in Deutschland stattfindet. Statt dessen erfolgt sie in Ländern, die diese Technologie beherrschen, z. B. Indien, die dann wiederum direkt die Nähereien z. B. in Pakistan oder Sri Lanka beliefern. In Deutschland verblieben sind bei der Bekleidungsherstellung bis auf wenige Ausnahmen nur die Musterfertigung sowie Nachlieferungen, die innerhalb weniger Tage zur Verfügung stehen müssen. Auch die Fertigung teurer modischer Textilien ist in Deutschland verblieben.

In der näheren Industrie sind sowohl die Nähmaschinenhersteller als auch die näheren Betriebe in Länder mit niedrigen Lohnkosten abgewandert. Ein Gegentrend dazu ist die Tatsache, daß in einigen Branchen wie der Automobilzulieferindustrie das Interesse wächst, technische Textilien in Deutschland zu produzieren. Als Beispiel kann die Einkaufsstrategie der Automobilhersteller herangezogen werden, die komplette Sitze von Systemherstellern beziehen. Die Zulieferung des in räumlicher Nähe des Automobilherstellers angesiedelten Systemherstellers erfolgt zur Vermeidung einer Lagerhaltung direkt an das Fließband der Automobilwerks. Die Fertigung der Sitzbezüge erfolgt jedoch bisher ähnlich wie die Bekleidungsfertigung im Ausland, woraus erhebliche logistische Probleme resultieren. Schließlich muß der Sitzbezug genau zu dem richtigen Auto passen, wobei die Vormeldezeit bzw. verbindliche Bestellung der Automobilhersteller sehr kurz ist. Daraus resultiert der Wunsch

des Systemlieferanten nach einer vollständigen Eigenfertigung des Sitzes, um so eine gefährliche Abhängigkeit vom Zulieferer zu vermeiden.

Zur Verlangsamung des Arbeitsplatzabbaus in Deutschland und zur Stärkung des Textilmaschinenbaus müssen in Deutschland völlig neue Wege gegangen werden. Ein zentraler ist das Integrierte 3D-Nähsystem, in dessen Mittelpunkt die 3D-Nähzelle steht. Drei Neuerungen charakterisieren das System:

1. Das Werkstück, z. B. der Rock, ist fest aufgespannt, und die Nähmaschine wird mit einem herkömmlichen Industrieroboter an den Nahtbahnen entlanggeführt. Diese Vorgehensweise ist genau entgegengesetzt der bisherigen, bei der eine Näherin das Werkstück entlang der feststehenden Nadel führt.
2. Das spätere dreidimensionale Produkt wird bereits im dreidimensionalen Zustand an einem Formkörper genäht. Hierdurch entfallen die Probleme, die entstehen, wenn ein räumlicher Körper in einem zweidimensionalen Nähvorgang hergestellt werden soll.
3. Die Positionierung auf dem Formkörper erfolgt rechnerüberwacht ohne menschlichen Eingriff, d. h. Maschinen sind zuverlässig in der Lage, biegeschlaffe Materialien präzise und sicher ohne Beschädigung zu greifen, zu transportieren und zu adaptieren.

Diese Neuerungen sind in der nähenden Industrie ohne Vorbild und können in ihrer Bedeutung mit der Einführung des Roboters in der Automobilfertigung zu Beginn der 70er Jahre verglichen werden.

Zur Nutzung aller Vorteile der 3D-Nähzelle ist ihre Einbindung in ein Gesamtsystem erforderlich, das die vorlaufenden Tätigkeiten vom Zuschnitt an und die nachlaufenden Tätigkeiten bis zum Versand umfaßt. Dies bedingt weitere Entwicklungen, wie einen leistungsfähigen Einzellagenzuschnitt und ein Transportsystem mit automatischen Greifeinrichtungen.

Ergebnis ist ein Fertigungssystem, das Textilien in höchster Qualität, mit genauer Paßform und innerhalb einer Grundform auch sehr flexibel fertigen kann. Hierdurch ergeben sich neue Möglichkeiten für die gesamte textile Kette, beginnend beim Rohstoff, der Garn- und Flächenherstellung, der Veredelung und der Konfektion bis hin zum Vertrieb. Ebenso müssen die Textilmaschinenhersteller, z. B. zur Vermarktung Integrierter 3D-Nähsysteme, eingebunden werden. Der hochentwickelte deutsche Textilmaschinenbau kann das Konzept marktreif machen und dabei auch den Textilmaschinenbau langfristig stabilisieren.

Ziel dieser Arbeit ist die Reflexion des Entwicklungsprozesses im Hinblick auf den notwendigen bzw. möglichen Automatisierungsgrad. Daraus ist eine Empfehlung für weitere Entwicklungsschritte des Integrierten 3D-Nähsystems mit den speziellen Zielen „Qualität“ und „Flexibilität“ abzuleiten. Dabei ist die Methode des Dualen Entwurfs anzuwenden, und die zeitlichen und finanziellen Ressourcen sind zu beachten. Schließlich sind Perspektiven für die deutsche Textil- und Bekleidungsindustrie sowie die Betriebsmittelhersteller aufzuzeigen.

1.2 Vorgehensweise

Die vorliegende Arbeit entstand im Rahmen des Verbundprojekts Integriertes 3D-Nähsystem, das vom Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie innerhalb des Programms „Produktion 2000 – Strategien für die Produktion im 21. Jahrhundert“ gefördert wurde. In dem von Oktober 1995 bis Dezember 1999 durchgeführten Projekt entwickelten mehr als 15 deutsche Forschungsinstitute und Unternehmen der textilen Kette 3D-Nähsysteme zur Fertigung eines körperbetonten Damenrocks bzw. eines Autositzes. Zum Projektabschluß konnten die fertig entwickelten, erprobten und aufeinander abgestimmten Teilsysteme der Bekleidungsline der Öffentlichkeit vorgestellt werden. Die bereits fertig geplante Integration zum Gesamtsystem am vorgesehenen Standort in Deutschland scheiterte jedoch aus verschiedenen Gründen. Die vorliegende Arbeit soll einen Beitrag zur Umsetzung leisten.

Es ergibt sich für die Arbeit die in Bild 1-1 dargestellte Vorgehensweise. Das Bild zeigt die unterschiedlichen Systemgrenzen, beginnend bei der textilen Kette speziell in der Bundesrepublik Deutschland und endend bei dem Nähroboter des Integrierten 3D-Nähsystems. Darin eingetragen sind der Aufbau und die zugehörigen Kapitel der vorliegenden Arbeit. Die beiden Pfeile zeigen die prinzipielle Vorgehensweise, die vom Allgemeinen (Ausgangslage der Branche) ausgehend hin zum Speziellen (Nähroboter) wieder zum Allgemeinen (Perspektive der Branche) führt.

Die Ausgangslage zu Beginn der Projektlaufzeit wird durch die zahlenmäßige Entwicklung der deutschen Textil- und Bekleidungsbranche einschließlich der Betriebsmittelhersteller seit der deutschen Vereinigung in Kapitel 2 beschrieben. Eine erste Einschränkung des Themengebiets erfolgt durch einen Blick auf die Oberbekleidung, speziell die Damenröcke, die Jacken bzw. Sakkos sowie die Anzüge bzw. Kostüme.

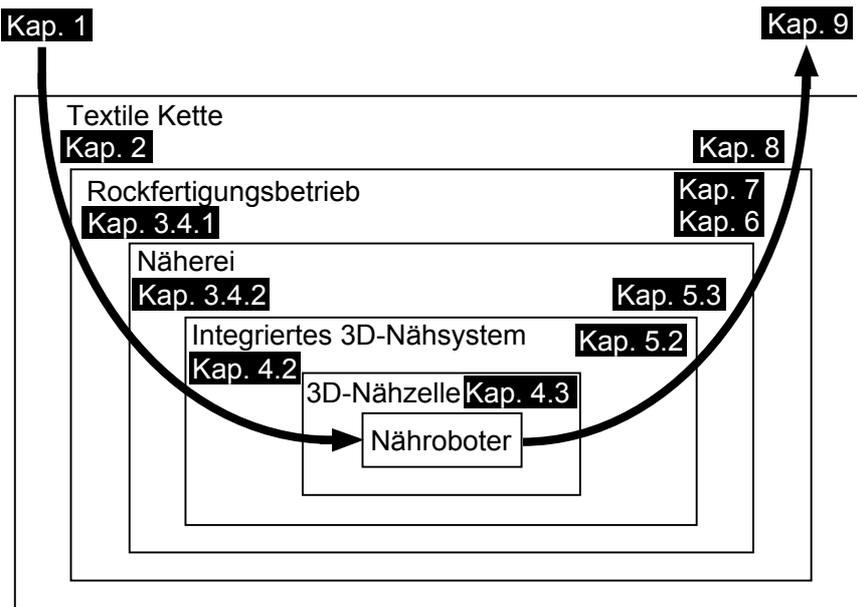


Bild 1-1: Aufbau der Arbeit

Aus diesen Fakten wird in Kapitel 3 die Notwendigkeit für die Entwicklung eines 3D-Nähroboters hergeleitet. Dies erfolgt, indem zunächst das Innovationsfeld „Textile Kette“ betrachtet wird, bevor eine Ist-Analyse der derzeitigen Fertigung in der Bekleidungsindustrie erfolgt.

Zur Findung des optimalen Automatisierungsgrades wird in Kapitel 4 die Methode des Dualen Entwurfs eingeführt, die in Kapitel 4.2 als Reflexionsinstrument angewendet wird. Hier werden die im Projektverlauf entwickelten Varianten des Integrierten 3D-Nähsystems beleuchtet und anhand der 3D-Nähzelle wird die praktische Anwendung der ausgewählten Methode gezeigt (Kapitel 4.3). Die Beschreibung der gefundenen und realisierten Lösungen der Einzelsysteme der Nähzelle und des Integrierten 3D-Nähsystems erfolgt im anschließenden Kapitel 5.

Die Zielgrößen Qualität und Flexibilität werden in den folgenden eng verzahnten Kapiteln 6 und 7 behandelt. Dabei werden zunächst die Problembereiche herausgearbeitet, bevor technischen Lösungsmöglichkeiten aufgezeigt werden. Die Diskussion der qualitäts- bzw. flexibilitätsrelevanten Aspekte im Gesamtsystem führt jeweils zu einer abschließenden Bewertung.

Die Perspektiven für den industriellen Einsatz der 3D-Nähtechnik (Kapitel 8) basieren auf den Entwicklungen im Innovationsfeld „Textile Kette“ (Kapitel 3.2), den Ergebnissen aus den Kapiteln 6 und 1 sowie auf Veränderungen im gesellschaftlichen Umfeld, die in Kapitel 8.2

herausgearbeitet werden. Der Ausblick in Kapitel 9 behandelt schwerpunktmäßig die Auswirkungen auf die Arbeitsplätze in zukünftigen Integrierten 3D-Nähsystemen, wobei als Bewertungsinstrument die Methode des Erweiterten Dualen Entwurfs, die auf dem Dualen Entwurf (Kapitel 4) basiert, zur Anwendung kommt. Zusätzlich wird ein kurzer Ausblick für die gesamte Branche vorgenommen.

2 Die Situation der deutschen Textil- und Bekleidungsindustrie

2.1 Die textile Kette

Die Textil- und Bekleidungsindustrie stellt einen bedeutenden Wirtschaftszweig nicht nur weltweit, sondern auch in der Bundesrepublik Deutschland dar. Die Textilbranche umfaßt viele Teilbereiche, die sich in ihrer Bedeutung und ihrer wirtschaftlichen Entwicklung teilweise voneinander unterscheiden. Betrachtet werden muß auch die Verbraucherseite, da Bekleidung und andere textile Produkte von jedem Menschen benutzt werden. In diesem Kapitel wird ein Überblick über die wirtschaftliche Situation der Branche in Deutschland im Jahr 1995 gegeben, da auf dieser Grundlage das Verbundprojekt Integriertes 3D-Nähsystem konzipiert und begonnen wurde. Zeitliche Entwicklungen werden ab dem Jahr 1991, dem ersten Kalenderjahr nach der deutschen Vereinigung, aufgezeigt. Zusätzlich werden noch die wichtigsten Zahlen für das Jahr 1998, d. h. die neuesten beim Statistischen Bundesamt verfügbaren Daten, angegeben.

Die gesamte Textil- und Bekleidungsbranche einschließlich der Betriebsmittelhersteller, des Handels und der Verbraucher wird als „Textile Kette“ bezeichnet (Bild 2-1).

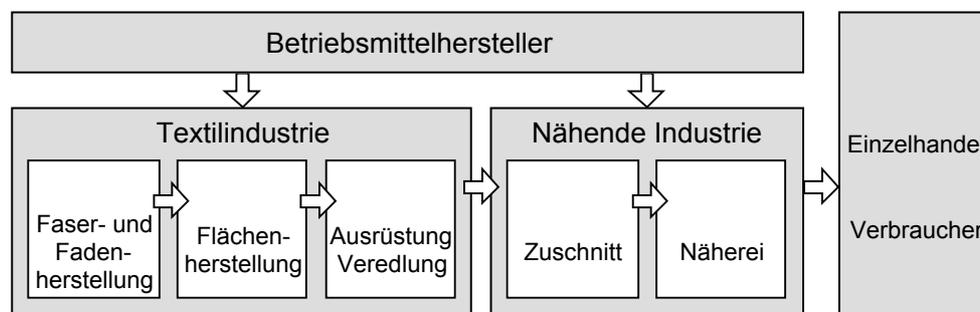


Bild 2-1: Die Textile Kette (Moll 1996)

Diese Kette wird üblicherweise in vier Teilbereiche unterteilt:

- die Betriebsmittelhersteller, d. h. im wesentlichen die Textilmaschinen- und die Bekleidungsmaschinenbauer,
- die Textilindustrie mit den Teilbereichen der Faser- und Fadenherstellung, der Flächenherstellung und der Ausrüstung bzw. Veredlung,

- die nähende Industrie, die neben der Bekleidungsindustrie und der Industrie für Haus- und Heimtextilien auch die Hersteller von technischen Textilien, wie z. B. von Autositzbezügen oder Airbags, umfaßt, mit ihren wesentlichen Teilbereichen Zuschnitt und Näherei,
- den Groß- und Einzelhandel sowie den Endverbraucher.

Zusammengeschlossen sind die einzelnen beteiligten Unternehmen in unterschiedlichen Verbänden, wie z. B. Gesamttextil - Gesamtverband der Textilindustrie in der Bundesrepublik Deutschland e.V. (Eschborn), dem Gesamtverband der deutschen Textilveredlungsindustrie TVI-Verband e.V. (Frankfurt am Main), dem Bundesverband Bekleidungsindustrie e.V. (Köln), der Fachgemeinschaft Textilmaschinen im VDMA (Frankfurt am Main) oder der Fachgemeinschaft Bekleidungs- und Ledertechnik im VDMA (Bonn). Schließlich haben sich noch die Einzelhändler im Bundesverband des deutschen Textileinzelhandels (Köln) zusammengeschlossen.

Die Betrachtung des logischen Ablaufs der textilen Produktion und der überwiegenden Materialflußrichtung aufgrund der vertikalen Integration der textilen Kette zeigt Bild 2-2. Den Anfang macht der Rohstoff in Form von Natur- oder Chemiefasern. Der nächste Schritt für die Naturfasern und teilweise auch für die Chemiefasern ist die Spinnerei, in der unter Anwendung zahlreicher Arbeitsschritte das Garn entsteht. Anschließend erfolgt die Flächenherstellung entweder in Form von Maschenwaren oder als Gewebe. Im Bild nicht dargestellt ist die Herstellung von Vliesstoffen, die in der Bekleidungstechnik vor allem als einbügelbarer Einlagestoff verwendet werden. Veredelungen können während des Herstellungsprozesses erfolgen, um

- die Materialien zu reinigen,
- die Materialien zu färben oder zu bedrucken und um die
- Oberfläche zur Verbesserung der Trage- und Gebrauchseigenschaften zu verändern.

Die meisten Veredelungsprozesse werden auf die Flächen angewendet, wie z. B. das Fixieren und Färben (Wulfhorst 1998). Für die Bekleidungsfertigung ist die Tuchausrüstung, die etwa 16 bis 18 Arbeitsgänge benötigt, zur Herstellung hochwertiger Gewebe von besonderer Bedeutung (Kießling, Matthes 1993). Nach Abschluß der textilen Produktionskette erfolgt die Konfektionierung, d. h. „die industrielle Herstellung von Bekleidung, Haus- und Heimtexti-

lien sowie Technischen Textilien“ (Wulfhorst 1998, S. 243), sowie die Auslieferung über den Handel zum Verbraucher.

Die gesamte textile Kette mit ihrer Vielgliedrigkeit und der sich daraus ergebenden gegenseitigen Abhängigkeit der Akteure ist bei Veränderungen auch nur einzelner Teile im Hinblick auf Neben-, Rück- und Fernwirkungen immer zu berücksichtigen.

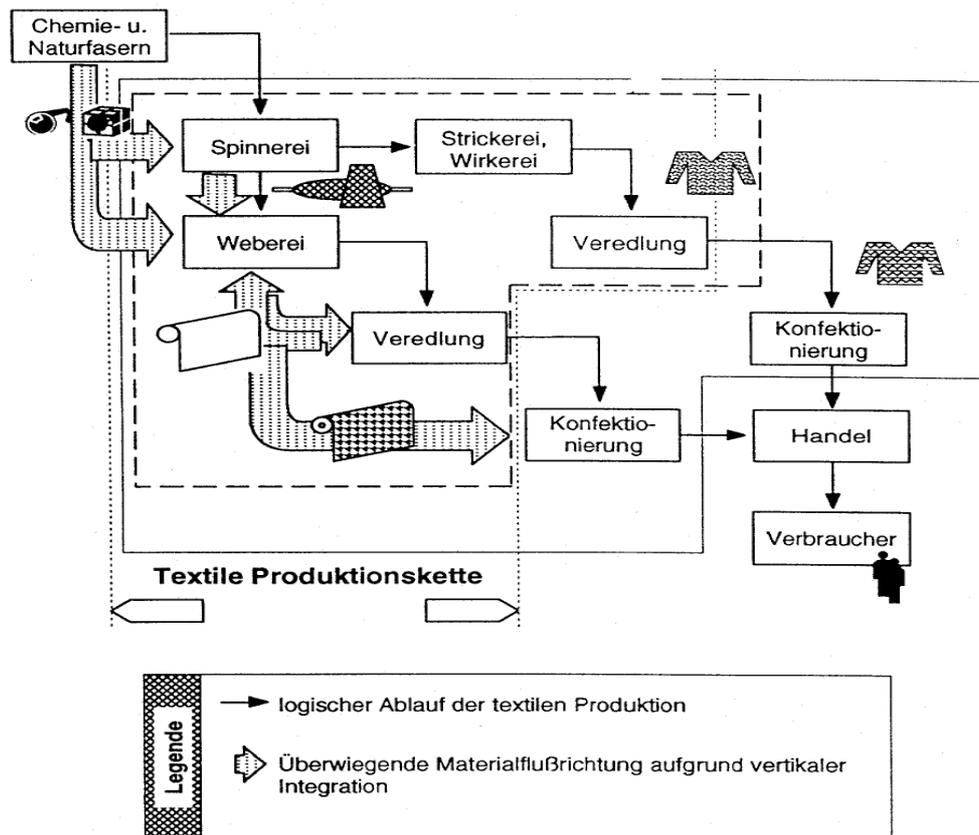


Bild 2-2: Logischer Ablauf und Materialflußrichtung in der textilen Kette (Henning, Afflerbach 1996a)

2.2 Die wirtschaftliche Bedeutung der Produzenten

Die wirtschaftliche Bedeutung der Betriebe der textilen Kette läßt sich an den Produktionswerten der deutschen Unternehmen festmachen. Diese stellen

„den Wert der Verkäufe von Waren und Dienstleistungen aus eigener Produktion sowie von Handelsware an andere (in- und ausländische) Wirtschaftseinheiten dar, vermehrt um den Wert der Bestandsveränderung an halbfertigen und fertigen Erzeugnissen aus eigener Produktion und um den Wert der selbsterstellten Anlagen.

Firmeninterne Lieferungen und Leistungen sind nicht einbezogen“. (Statistisches Bundesamt 2000b)

Aus Tabelle 2-1 wird im Vergleich mit ausgewählten Industriezweigen deutlich, daß das Textil- und Bekleidungsgewerbe im Jahr 1995 mit einem Produktionswert von 55,59 Mrd. DM einen Anteil von rund einem Prozent hatte, wobei der Anteil 1991 noch rund 1,5 % betrug und seitdem kontinuierlich sank. Bis zum Jahr 1998 gingen die Produktionswerte weiter auf 31,68 Mrd. DM (Textilgewerbe) bzw. 22,56 Mrd. DM (Bekleidungsgewerbe) zurück.

Jahr	1991		1992		1993		1994		1995	
	Betrag [Mrd.DM]	Anteil [%]								
Unternehmen	4713,63	100,0	4980,46	100,0	5013,75	100,0	5229,18	100,0	5469,25	100,0
davon										
Fahrzeugbau	275,82	5,85	286,68	5,76	242,29	4,83	258,47	4,94	288,90	5,28
Maschinenbau	263,11	5,58	257,17	5,16	233,62	4,66	236,44	4,52	261,21	4,78
Chemische Industrie	184,24	3,91	180,68	3,63	171,96	3,43	183,20	3,50	204,59	3,74
Textil- und Bekleidungsgewerbe	72,65	1,54	68,63	1,38	63,10	1,26	59,88	1,15	55,59	1,02
Textilgewerbe	43,50	0,92	41,33	0,83	37,27	0,74	35,51	0,68	32,40	0,59
Bekleidungsgewerbe	29,15	0,62	27,30	0,55	25,83	0,52	24,37	0,47	23,19	0,42
Ledergewerbe	8,71	0,18	8,15	0,16	8,03	0,16	7,51	0,14	7,21	0,13

Tabelle 2-1: Produktionswerte in der Bundesrepublik Deutschland (Statistisches Bundesamt 2000a)

In Tabelle 2-2 sind die von bundesdeutschen Betrieben mit mehr als 20 Beschäftigten für eigene und fremde Rechnung produzierten Stückzahlen einiger im Hinblick auf das Integrierte 3D-Nähsystem ausgewählter Bekleidungsprodukte aufgeführt. Insbesondere sind hier die rund 15,6 Millionen Damenröcke und Hosenröcke aus Webware zu nennen, die von deutschen Herstellern im In- und vor allem im Ausland produziert wurden. Die Steilmann Gruppe z. B. hatte bis zur Schließung der meisten ihrer bundesdeutschen Fertigungsbetriebe im Jahr 2000 noch einen gesamten Inlandsfertigungsanteil von rund 9 % und lag damit über dem „branchenüblichen Maß“ (TextilWirtschaft 2000). Die zeitliche Entwicklung der Produktionszahlen ist insgesamt negativ. So wurden im Jahr 1997 bei einer Gesamtproduktion von rund 43,2 Mio. Oberbekleidungsstücken aus Webware für Frauen und Mädchen nur noch 10,3 Mio. Röcke und Hosenröcke gefertigt. Einen vergleichbaren Rückgang gibt es auch bei der Männer- und Knabenkonfektion (BBI 1998).

	Menge [1.000 Stück]	Wert [TDM]		Menge [1.000 Stück]	Wert [TDM]
Oberbekleidung aus Webware für Frauen oder Mädchen	50.072	3.463.950	Oberbekleidung aus Webware für Männer oder Knaben	19.173	1.594.935
Röcke und Hosenröcke	15.648	723.079			
Kostüme	2.137	233.103	Anzüge	1.469	307.442
Kombinationen	518	85.174	Kombinationen	> 26 (*)	>4.718 (*)
Jacken	4.436	500.725	Sakkos	3.633	482.580

(*) wegen der Geheimhaltung von Stückzahlen einzelner Meldepositionen ist die tatsächliche Stückzahl höher

Tabelle 2-2: Produktion ausgewählter Produkte des bundesdeutschen Bekleidungsgebietes im Jahr 1995 (BBI 1997)

Schließlich trägt auch die chemische Industrie mit ihrer Chemiefaserproduktion zur textilen Kette bei. Sie erzielte 1995 in 45 Betrieben mit 24.288 Beschäftigten einen Umsatz von 7,24 Mrd. DM bei einem Exportanteil von 59,7 % (Gesamttextil 1996).

2.3 Der Verbrauchermarkt

Der deutsche Verbrauchermarkt bestand 1995 aus 81,8 Mio. Einwohnern, darunter 42 Mio. Frauen aller Altersstufen (Statistisches Bundesamt 2000a). Im gleichen Jahr betrug der Einzelhandelsumsatz von Bekleidung und Textilien insgesamt 123,5 Mrd. DM, wobei für Damenbekleidung 49,4 Mrd. DM und Herrenbekleidung 29,6 Mrd. DM ausgegeben wurden (BTE 1996). Daraus ergibt sich, daß Frauen im Jahr 1995 durchschnittlich knapp 1200,- DM und Männer durchschnittlich 740,- DM für Bekleidung ausgegeben haben¹.

Das Statistische Bundesamt hat zur Erfassung der Ausgaben pro Haushalt für West- und Ostdeutschland je drei Typen privater Haushalte definiert. Die Ausgaben westdeutscher Haushalte für Bekleidung und Schuhe im Jahr 1995 sind in Tabelle 2-3 und die ostdeutscher Haushalte in Tabelle 2-4 aufgeführt.

¹ Diese Werte dienen nur der Anschauung, da sie den Bekleidungskauf deutscher Einwohner im Ausland und von Ausländern in Deutschland vernachlässigen. Hinzu kommt die Einbeziehung der Kinder und Babys in die Bevölkerungszahl ohne Berücksichtigung der Ausgaben von 6,6 Mrd. DM für Baby- und Kinderbekleidung.

Haushaltstyp	Typ 1: 2-Personen-Haushalte Renten- und Sozialhilfe- empfänger/innen mit geringem Einkommen		Typ 2: 4-Personen-Haushalte Arbeiter/innen und Angestellte mit mittlerem Einkommen ein/e alleinverdienende/r Ehepartner/in		Typ 3: 4-Personen-Haushalte Angestellte und Beamte mit höherem Einkommen	
	Betrag [DM]	Anteil [%]	Betrag [DM]	Anteil [%]	Betrag [DM]	Anteil [%]
Gesamtausgaben	2.211,40	100,00	4.103,06	100,00	5.854,91	100,00
davon						
Oberbekleidung	52,35	2,37	123,96	3,02	196,83	3,36
sonstige Bekleidung	30,64	1,39	90,74	2,21	128,83	2,20
Schuhe	16,87	0,76	60,01	1,46	84,33	1,44

Tabelle 2-3: Ausgaben für den privaten Verbrauch je Haushalt und Monat in Westdeutschland einschließlich Westberlin im Jahr 1995 (Statistisches Bundesamt 2000a)

Haushaltstyp	Typ 1: 2-Personen-Haushalte Rentenempfänger/innen mit geringem Einkommen		Typ 2: 4-Personen-Haushalte Arbeiter/innen und Angestellte mit mittlerem Einkommen 1-2 Arbeitseinkommen- bezieher/innen		Typ 3: 4-Personen-Haushalte Angestellte und Beamte mit höherem Einkommen 1-2 Arbeitseinkommen- bezieher/innen	
	Betrag [DM]	Anteil [%]	Betrag [DM]	Anteil [%]	Betrag [DM]	Anteil [%]
Gesamtausgaben	2.385,59	100,00	3.364,35	100,00	4102,72	100,00
davon						
Oberbekleidung	72,36	3,03	101,98	3,03	155,26	3,78
sonstige Bekleidung	36,37	1,52	67,25	2,00	88,74	2,16
Schuhe	21,06	0,88	52,71	1,57	67,42	1,64

Tabelle 2-4: Ausgaben für den privaten Verbrauch je Haushalt und Monat in Ostdeutschland einschließlich Ostberlin im Jahr 1995 (Statistisches Bundesamt 2000a)

Die Tabellen zeigen, daß mit Ausnahme der Renten- und Sozialhilfeempfänger in Westdeutschland die Haushalte rund 3 % ihrer Ausgaben in Oberbekleidung investieren, wobei die Haushalte mit höherem Einkommen nicht nur absolut, sondern auch relativ mehr Geld insbesondere für Oberbekleidung ausgeben. Analog zur negativen Produktionsentwicklung sind auch die Ausgaben für Bekleidung im zeitlichen Verlauf relativ und absolut rückläufig. Da die Gesamtausgaben der Haushalte jedoch gestiegen sind, hat eine Verlagerung der Ausgaben weg von der Bekleidung hin zu anderen Produkten und Dienstleistungen stattgefunden (Statistisches Bundesamt 2000a).

2.4 Wirtschaftliche Entwicklung ausgewählter Industriezweige der textilen Kette

2.4.1 Systematik

In diesem Kapitel werden jeweils der Umsatz, die Beschäftigtenzahlen und die Anzahl der Unternehmen der Textil- und Bekleidungsindustrie sowie der Betriebsmittelhersteller in ihrem zeitlichen Verlauf dargestellt. Die zeitlichen Grenzen sind durch die deutsche Einheit (1991) und die Neueinteilung der Wirtschaftszweige im Rahmen der EU-Harmonisierung, die erstmals 1995 angewendet wurde, bestimmt. Infolge der Umstellung von der „Systematik der Wirtschaftszweige, Fassung für die Statistik im produzierenden Gewerbe (SYPRO), Ausgabe 1979“ auf die „Klassifikation der Wirtschaftszweige 1993 (WZ93)“ wurden Unternehmen teilweise anderen Gruppen zugeordnet, so daß vergleichende Aussagen für den Zeitraum bis 1994 und den Zeitraum ab 1995 nicht, bzw. nur sehr eingeschränkt, möglich sind (Statistisches Bundesamt 2000b). Dennoch werden zur Information auch die Zahlen für das Jahr 1998 angegeben.

Das Statistische Bundesamt definiert Unternehmen als „kleinste rechtlich selbständige Einheiten, die aus handels- und/oder steuerrechtlichen Gründen eigene Bücher führen und gesonderte Jahresabschlüsse aufstellen müssen“. Als Unternehmen gelten auch rechtlich selbständige Tochtergesellschaften, jedoch keine Zweigniederlassungen im Ausland (Statistisches Bundesamt 2000b).

2.4.2 Textilindustrie

Die Textilindustrie erwirtschaftete Ende 1994 in 1131 Unternehmen mit mehr als 167.000 Beschäftigten einen Umsatz von 31,45 Mrd. DM (Bild 2-3 und Bild 2-4). Das waren insgesamt 16,2 % weniger Unternehmen, 41,7 % weniger Beschäftigte und 21 % weniger Umsatz als 1991. Der Abwärtstrend bei den Beschäftigten setzte sich darüber hinaus fort, so daß 1998 in der statistisch neu gefaßten Branche knapp 129.000 Beschäftigte in 1081 Unternehmen einen Umsatz von etwas mehr als 35 Mrd. DM erwirtschafteten.

Beim Beschäftigungsabbau ist zu berücksichtigen, daß insbesondere noch 1991 in Ostdeutschland insgesamt ein großer Rückgang der Anzahl der Beschäftigten zu verzeichnen war. Weitere Ursachen für den unterschiedlich starken Rückgang des Umsatzes und der Be-

schäftigung sind in einer Produktivitätssteigerung und der Produktionsverlagerung in das Ausland zu suchen (vgl. Kapitel 2.5).

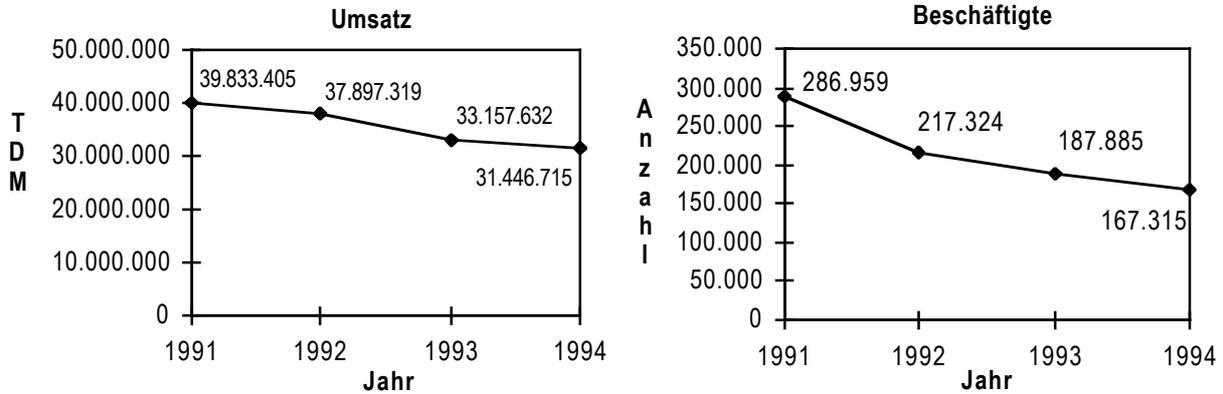


Bild 2-3: Umsatz- und Beschäftigungsentwicklung der deutschen Textilindustrie (Statistisches Bundesamt 2000a)

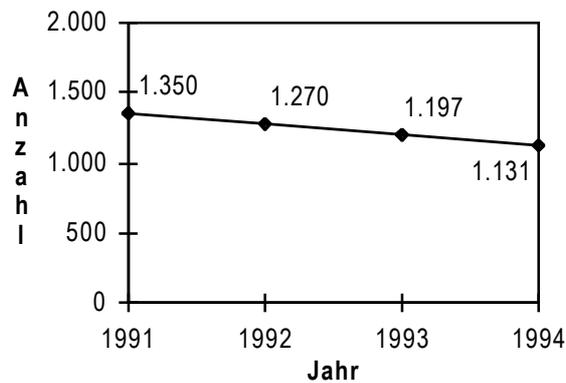


Bild 2-4: Anzahl der Unternehmen der deutschen Textilindustrie (Statistisches Bundesamt 2000a)

2.4.3 Bekleidungsindustrie

Die Entwicklung in der Bekleidungsindustrie verläuft ähnlich wie in der Textilindustrie. Der Umsatz sank im Vergleich von 1994 zu 1991 um 15,8 %, die Zahl der Beschäftigten um 42,4 % und die Anzahl der Unternehmen um 30,8 % (Bild 2-5 und Bild 2-6). Insgesamt waren 1994 noch rund 124.000 Menschen in der deutschen Bekleidungsindustrie beschäftigt. Der starke Unternehmensrückgang geht einher mit einer in diesem Zeitraum besonders starken Verlagerung von Fertigungsstätten ins Ausland (vgl. Kapitel 2.5). Bis zum Jahr 1998 ging der Umsatz weiter auf 22,6 Mrd. DM zurück, wobei dieser von 79.000 Beschäftigten in 678 Unternehmen erwirtschaftet wurde.

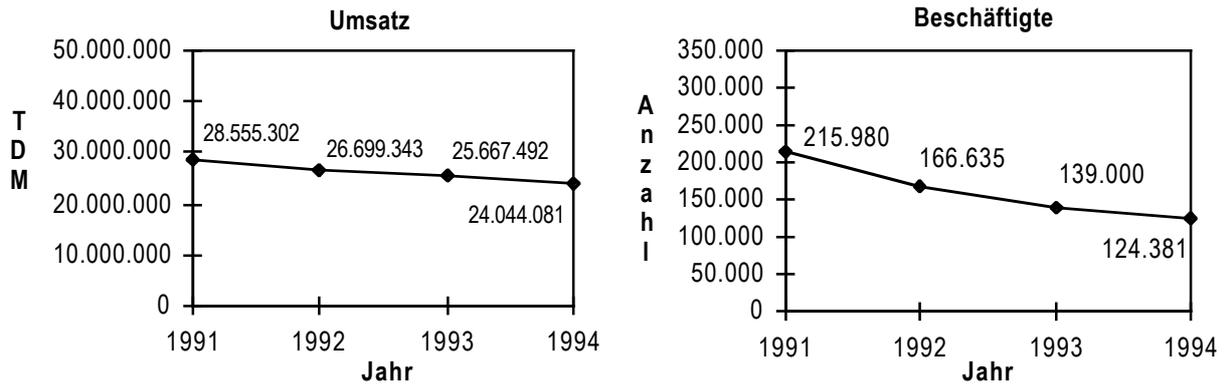


Bild 2-5: Umsatz- und Beschäftigungsentwicklung der deutschen Bekleidungsindustrie (Statistisches Bundesamt 2000a)

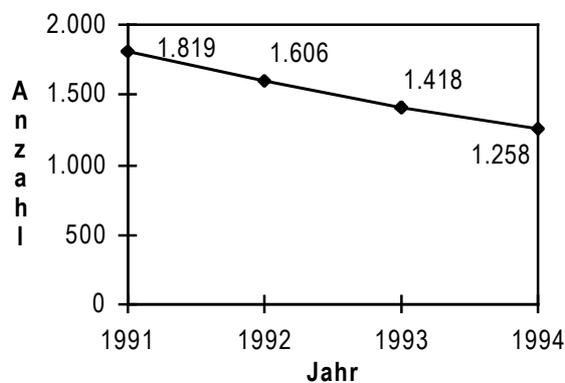


Bild 2-6: Unternehmen der deutschen Bekleidungsindustrie (Statistisches Bundesamt 2000a)

2.4.4 Betriebsmittelhersteller

Textilmaschinenbau

Bis zum Jahr 1994 unterliegen die amtlichen statistischen Angaben zu den Herstellern von Textil- und Nähmaschinen der Geheimhaltung (Statistisches Bundesamt 2000a), so daß hier auf die ungenaueren Angaben der Fachgemeinschaft Textilmaschinen im VDMA zurückgegriffen werden muß. In Bild 2-7 (links) ist der Produktionswert der deutschen Textilmaschinenproduktion zwischen 1991 und 1994 aufgetragen. Trotz zwischenzeitlicher Rückgänge ist auch bei einer längerfristigen Betrachtung eine positive Entwicklung zu verzeichnen, die 1998 zu einem Umsatz von rund 9,4 Mrd. DM führte. Die Verteilung auf die fünf Fachzweige der Textilmaschinenindustrie war im Mittel der Jahre 1995 bis 1997 wie in Bild 2-7 (rechts) dargestellt. Von besonderer Bedeutung ist der hohe Exportanteil, der seit Jahren bei rund 90 % liegt. Damit beträgt der Weltmarktanteil rund 30 %, bei Spinnerei-, Wirk- und

Strickmaschinen sogar mehr als 40 %, so daß die Bundesrepublik Deutschland mit großem Abstand in dieser Branche bereits seit 1968 Weltmarktführer ist (Waldmann 1999).

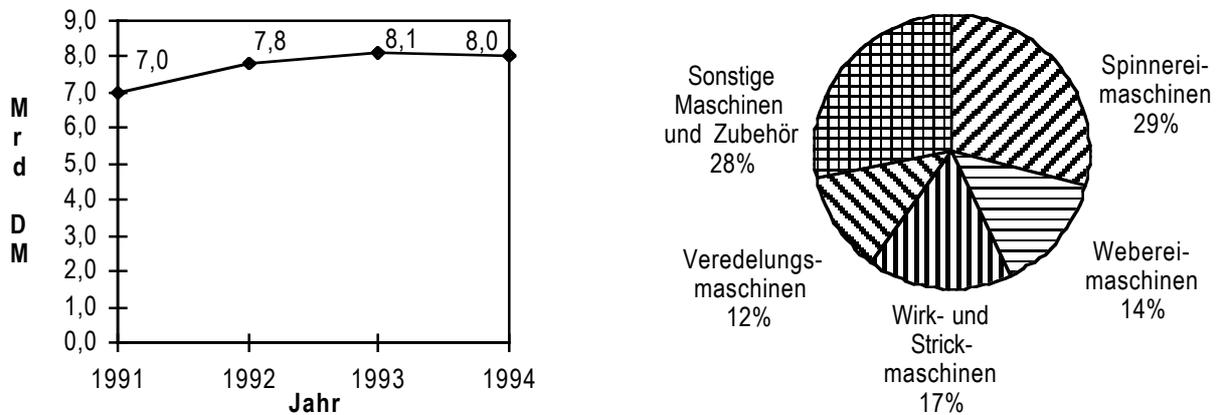


Bild 2-7: Die deutsche Textilmaschinenproduktion (links) und im Mittel zwischen 1995 und 1997 nach Fachzweigen aufgeteilt (Waldmann 1999)

Die Zahl der Beschäftigten lag 1998 bei rund 32.600 Mitarbeitern, die eine Produktion von 9,1 Mrd. DM erzielten (VDMA 2000). Die Anzahl der Unternehmen des Textilmaschinenbaus liegt bei mehr als 130, der Zahl der Mitgliedsfirmen in der Fachgemeinschaft Textilmaschinen im VDMA (Waldmann 1999).

Bekleidungs- und Ledermaschinen

In diesem Bereich des Maschinenbaus sieht die Entwicklung schlechter aus als beim Textilmaschinenbau. Die Zahl der Beschäftigten ist von 14.800 im Jahr 1990 (nur Westdeutschland) über 6.400 (Gesamtdeutschland) im Jahr 1996 bis auf rund 4.500 (Gesamtdeutschland) zu Beginn des Jahres 2000 zurückgegangen (VDMA 1997, Straub 2000). Der Rückgang beim Produktionswert fällt relativ betrachtet etwas geringer aus: Von 1,56 Mrd. DM für Westdeutschland im Jahr 1990 fiel der Betrag auf knapp 0,8 Mrd. DM in Gesamtdeutschland im Jahr 1996 (VDMA 1997).

2.5 Fazit

Mit Ausnahme des Textilmaschinenbaus geht die Zahl der Beschäftigten und der Unternehmen in der textilen Kette in Deutschland bereits seit Jahrzehnten zurück. Ein geringerer Rückgang ist bei den Umsätzen zu verzeichnen. Zur Kostensenkung verlagern viele Unternehmen, insbesondere die Bekleidungsunternehmen, ihre Produktion ins Ausland. Im Rahmen

der 1995/1996 durchgeführten Studie „In Nordrhein-Westfalen erfolgreich produzieren durch Rückverlagerung von Produktionen aus Billiglohnländern in der Bekleidungsindustrie“ wurden 41 Unternehmen der Bekleidungsfertigung zur Produktionsverlagerung ins Ausland befragt. Die Ergebnisse zeigt Bild 2-8, wobei der Verlagerungsschub nach 1990 durch die Öffnung der Grenzen zu Osteuropa bedingt war (Krantz, Peffekoven 1997).

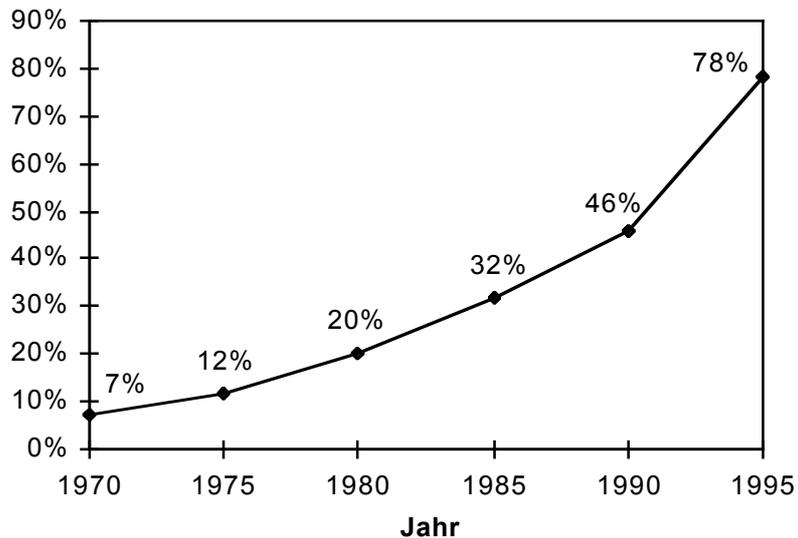


Bild 2-8: Entwicklung der Auslandsfertigung ausgewählter Unternehmen der Bekleidungsfertigung (Krantz, Peffekoven 1997)

In derselben Studie wurde das Interesse der Unternehmen an neuen Technologien abgefragt. Dabei sahen „66 % der Bekleidungsunternehmen keine oder nur geringe Möglichkeiten, durch weitere technologische Entwicklungen die Inlandsproduktion zu sichern“. Auf der anderen Seite sehen befragte Experten in der Konstruktion von Nähanlagen, die hochproduktiv zu angemessenen Preisen eine flexible Fertigung gewährleisten, eine wichtige Maßnahme zur Erhöhung der Inlandsproduktion. Die Autoren schließen ihre Kurzfassung der Studie mit der Aussage

„So werden zukünftig insbesondere auf dem Gebiet der Forschung und Entwicklung Unternehmenskooperationen innerhalb der textilen Kette erforderlich sein“.
(Krantz, Peffekoven 1997, S. 4)

Im folgenden Kapitel wird daher unter besonderer Berücksichtigung unternehmensübergreifender Forschungsprojekte die Notwendigkeit der Entwicklung eines 3D-Nähroboters hergeleitet.

3 Notwendigkeit für die Entwicklung eines 3D-Nähroboters

3.1 Branchenperspektiven

Aus der in Kapitel 2 dargestellten Situation der deutschen Textil- und Bekleidungsbranche ergibt sich ein grundsätzlicher Handlungsbedarf für die Forschungseinrichtungen und die Industrie in der Bundesrepublik Deutschland. Das übergeordnete Ziel der Aktivitäten muß die Sicherung des Textilstandorts Deutschland sein. Dies beinhaltet in erster Linie

- die Sicherung und Weiterentwicklung des technologischen Know-hows und
- die Sicherung der Arbeitsplätze in den Betrieben und der Forschung.

Aufgrund des großen Handlungsfelds des Systems „Textile Kette“ ist eine Betrachtung einzelner Teilsysteme sinnvoll. In Kapitel 1.2 wurde mit Bild 1-1 eine Unterteilung eingeführt, die die Basis für die Gliederung der vorliegenden Arbeit darstellt. Innerhalb dieses Kapitels werden die Subsysteme der textilen Kette bis zum Integrierten 3D-Nähsystem hinunter unter dem Aspekt des obengenannten Handlungsbedarfs näher betrachtet (Bild 3-1).

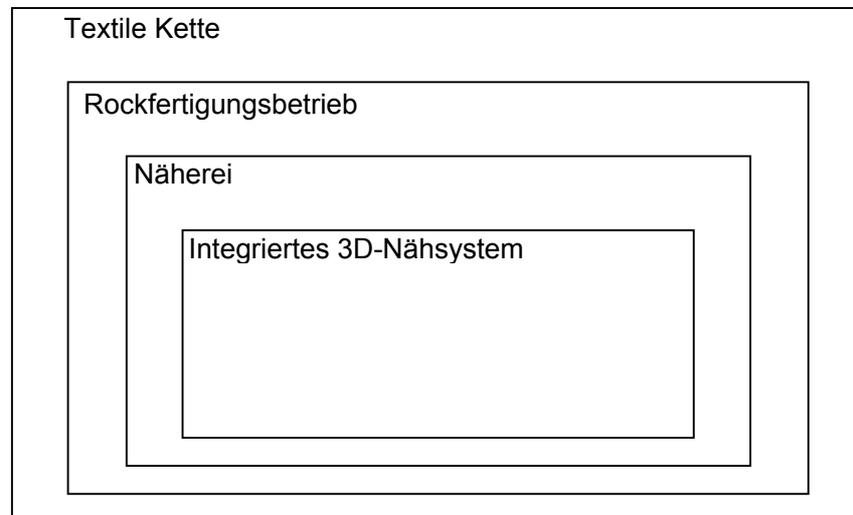


Bild 3-1: In diesem Kapitel betrachtete Subsysteme der textilen Kette

3.2 Innovationsfeld „Textile Kette“

3.2.1 Forschungsbedarf innerhalb der Kette

Innerhalb des Themenfelds Textile Kette gibt es viele Ansätze für übergreifende Forschungs- und Entwicklungsvorhaben, die die unterschiedlichsten Prozesse betrachten. Allen gemeinsam ist, daß sie die Notwendigkeit zwischenbetrieblicher Kooperationen erkennen und solche auf organisatorischer und/oder technischer Ebene etablieren wollen. In solchen Innovationsnetzwerken schließen sich verschiedene Partner horizontal oder vertikal zusammen, um gemeinsam den verschärften Wettbewerb zu bestehen. Hartmann u.a. (1998) nennen als Ziele von Innovationsnetzwerken:

- neue Wege beschreiten, um innovatives Denken anzuregen
- starke Denkorganisationen gemeinsam kreieren
- Ideen und Erfahrungen teilen
- berufliche Fähigkeiten weiterentwickeln
- gemeinsamen Bildungsbedarf ermitteln und decken
- neueste Entwicklungen ergründen
- Mitarbeiter über die innovativen Entwicklungen informieren und zum Mitwirken anregen
- personelle und fachliche Ressourcen optimal nutzen
- Lösungen für spezifische Probleme finden und damit im speziellen
 - die Beschleunigung von Fertigungs- und Vermarktungsprozessen durch die Entwicklung neuer Managementtechniken, den Einsatz neuer IKT [Informations- und Kommunikationstechnologien, d. Verf.] und der Schnittstellenoptimierung und
 - die Erhöhung kundenbezogener Flexibilität erreichen“. (Hartmann u.a. 1998, S. 264f)

Die Praxis zeigt, daß gerade in der textilen Kette Kooperationen sehr selten anzutreffen sind, bzw. sich auf reine Handelsbeziehungen beschränken (Steilmann 1999). Hier ist eine neue Denkweise dringend erforderlich, da erfolgreiche Kooperationen einen wesentlichen Schritt zur Erhaltung des Textilstandorts Deutschland darstellen.

Am Beispiel von vier ausgewählten Innovationsnetzwerken sollen die Forschungsaktivitäten in die textile Kette eingeordnet werden (Bild 3-2).

- Im Vorhaben QualiTex (Qualitätsförderung durch zukunftsweisende Kooperation einer textilen Fertigungskette) wurde innerhalb der Textilindustrie eine Kooperation unter Qualitätsgesichtspunkten aufgebaut (im Bild rot eingetragen).

- Das Vorhaben Bekleidung nach Maß beschäftigte sich im wesentlichen mit der Schnittstelle zwischen dem Endverbraucher und der Bekleidungsfertigung, mit dem Ziel der Herstellung von sogenannter Maßbekleidung (im Bild blau eingetragen).
- Im Projekt Kooperative Wertschöpfung in der textilen Kette (KWIK) entsteht ein Netzwerk bestehend aus einem Textilhersteller, einem Konfektionär und einem Versandhändler (im Bild gelb eingetragen).

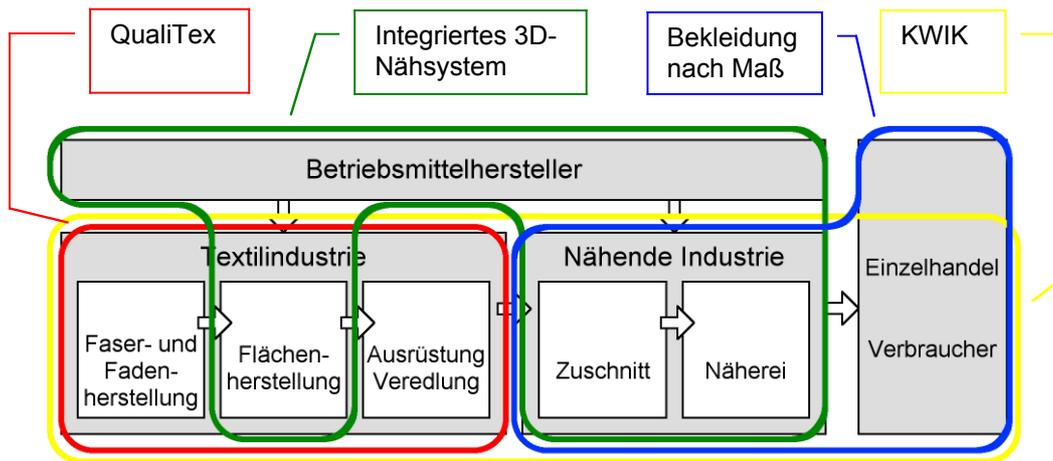


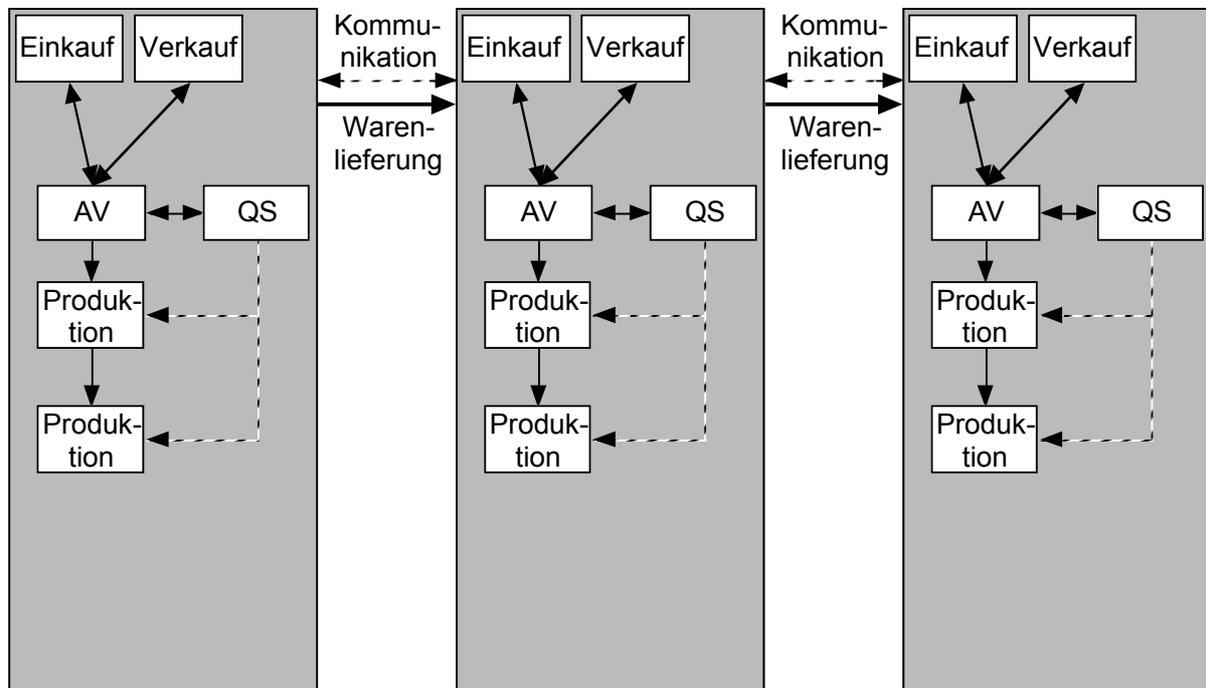
Bild 3-2: Einordnung ausgewählter Forschungsvorhaben in die Textile Kette

Von diesen Vorhaben nicht abgedeckt wird die Integration der Betriebsmittelhersteller, da die bestehenden Fertigungstechnologien grundsätzlich unverändert bleiben. An dieser Stelle setzt das Verbundprojekt Integriertes 3D-Nähsystem an, das durch Automatisierung in der Näherei neue Technologien einführt, die unmittelbare technische Auswirkungen auf die vorgelagerten Prozesse haben.

3.2.2 Qualitätsförderung durch Kooperation einer textilen Fertigungskette (QualiTex)

Das Forschungsvorhaben QualiTex hatte zwischen 1993 und 1996 die Entwicklung inner- und überbetrieblicher Kunden- und Lieferantenbeziehungen in drei bundesdeutschen Unternehmen der Textilbranche zum Ziel. Beteiligt waren eine Wollkämmerei, eine Kammgarnspinnerei und eine Tuchfabrik. Die wissenschaftliche Begleitung erfolgte durch das Hochschuldidaktische Zentrum und den Lehrstuhl Informatik im Maschinenbau der RWTH Aachen (HDZ/IMA) und das Institut für Textiltechnik der RWTH (Afflerbach u.a. 1997).

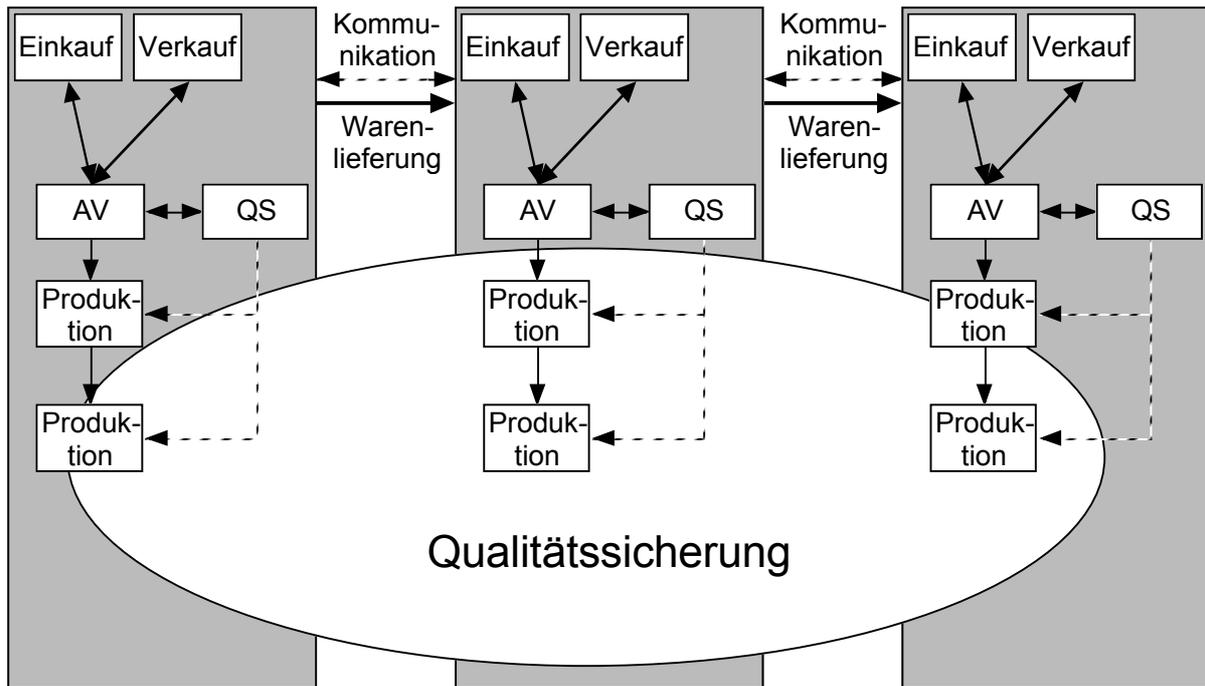
Die Analyse des üblichen Informationsverlaufs im Zusammenhang mit der Qualitätssicherung in der Kette der beteiligten Betriebe zeigt, daß jeder Betrieb über ein eigenes Qualitätssicherungssystem verfügte (Bild 3-3). Die Kommunikation zwischen den Betrieben erfolgte nur auf der administrativen Ebene und nicht auf der Produktionsebene.



AV: Arbeitsvorbereitung
 QS: Qualitätssicherung

Bild 3-3: Üblicher Informationsverlauf (Afflerbach u.a. 1997)

Diese nicht nur innerhalb der textilen Kette weitverbreiteten Strukturen sollten im Rahmen von QualiTex verändert werden, indem auf der Produktionsebene eine betriebsübergreifende Qualitätssicherung aufgebaut wird. Hierzu wurden im ersten Schritt die Kommunikationsstrukturen innerhalb der Betriebe betrachtet und durch fachliche und überfachliche Qualifizierungsmaßnahmen weiterentwickelt. Im zweiten Schritt wurden diese Maßnahmen auf die zwischenbetriebliche Ebene übertragen. Dabei wurden gemeinsame Qualitätsstandards in der Kette Kämmerei – Spinnerei – Tuchfabrik definiert und mit Hilfe zahlreicher „weicher“ Maßnahmen, wie z. B. gegenseitige Betriebsbesichtigungen auf der Ebene der Produktionsmitarbeiter, umgesetzt. Die als Projektziel angestrebte Kommunikations- und Kooperationsstruktur zwischen den Partnern zeigt das folgende Bild 3-4.



AV: Arbeitsvorbereitung
 QS: Qualitätssicherung

Bild 3-4: Angestrebte Kommunikations- und Kooperationsstruktur (Afflerbach u.a. 1997)

Zum Projektabschluß konnten schließlich einige praktische Ergebnisse erzielt werden:

- gemeinsame Schulungen der Mitarbeiter,
- Austausch über Neuentwicklungen im Bereich von Forschung und Entwicklung,
- abgestimmtes Vorgehen,
- tägliche, offene Informationspolitik über Entwicklungen, Chancen und Gefahren des Konkurrenzverhaltens, der Rohstoff- und Produktmärkte,
- Einführung eines Gütezertifikats, das über die branchenüblichen Informationen hinaus für den Kunden zusätzliche Qualitätsdaten aufweist,
- gegenseitiger Informationsaustausch auf allen Ebenen und Funktionen.

Im Rahmen des Projekts wurde die Erfahrung gemacht, daß die projektauslösende Ausgangslage der Textilbranche von den Mitarbeitern in den Betrieben sehr unterschiedlich wahrgenommen wurde. Jüngere Mitarbeiter der mittleren Ebene sahen die direkte Existenzbedrohung und waren tiefgreifenden Veränderungen gegenüber positiv eingestellt. Ältere Mitarbeiter dagegen hatten sich mit dem Niedergang häufig abgefunden und sahen ihn als natürlichen Prozeß an, gegen den man nicht angehen kann.

Hinzu kommt eine Branchenstruktur, die sich durch ihre traditionelle Vielgliedrigkeit auszeichnet und in den Prozessen der textilen Kette ständig präsent ist.

„Die zersplitterte Struktur der Branche reduziert den Dialog über Qualität auf das unmittelbare Kunden-Lieferanten-Verhältnis und damit schwerpunktmäßig auf technische Aspekte. Die Beschränkung auf wenige objektivierbare Qualitätskriterien engt einerseits den Spielraum für die Produktgestaltung ein, andererseits fördert er die Beherrschbarkeit von Organisations- und Produktionsabläufen. Die Produktion optimaler Qualitäten – unabhängig von der späteren Verwendung – wird damit zunehmend zur selbstverständlichen Erwartung“. (Afflerbach u.a. 1997, S. 601)

Die Erfüllung der hohen Qualitätserwartungen an bundesdeutsche Produkte stellt somit die deutsche Textil- und Bekleidungsindustrie laufend vor neue Herausforderungen, bietet aber gleichzeitig Chancen im weltweiten Wettbewerb.

3.2.3 Bekleidung nach Maß

Zwischen 1996 und 1999 wurde das öffentlich geförderte Forschungsprojekt Bekleidung nach Maß (BKM) durchgeführt, das die Herstellung individueller an den Kunden angepaßter Kleidungsstücke zum Ziel hatte. Dabei muß begrifflich zwischen „Maßbekleidung“ und „Konfektion körperangepaßter Bekleidung“ unterschieden werden:

„Eine ‚Anfertigung von Maßbekleidung‘ umfaßt Aufnehmen der Körpermaße mit 3-D-Verfahren, Herstellen des Schnittes durch rechnerdokumentierte Basisschnitte sowie Einzellagenzuschnitt und Einzelfertigung.

Bei der ‚Konfektion körperangepaßter Bekleidung‘ werden die Körpermaße durch Ausmessen oder mit Schlupfgrößen erfaßt, der Schnitt wird vom digitalisierten, gradierten Basisschnitt abgeleitet und kann in Serienfertigung montiert werden“. (Moll, Schütte 1999, S. 182)

Entsprechend dieser Definition handelt es sich beim Projekt BKM um die Konfektion körperangepaßter Bekleidung. Die einzelnen Prozeßschritte, beginnend bei der automatischen Maße Erfassung und endend bei der flexiblen Produktionstechnik, sind in Bild 3-5 dargestellt.

Zunächst werden die Meßdaten berührungslos mit dem Laser-Lichtschnitt-Verfahren erfaßt, indem 4 bis 16 Kameras den Körper abfahren und die 3D-Koordinaten aus den Reflexionen des auf den Körper auftretenden Laserstrahls registrieren (Tecmath o.J.). Die so gewonnenen Informationen werden auf ein 3D-Menschmodell projiziert, das aus den Daten die passende Schlupfgröße errechnet. Bei der Anprobe dieser Schlupfgröße werden die letzten Maßab-

weichungen vom Fachverkäufer manuell ermittelt und in den Rechner eingegeben. Schließlich wählt der Kunde das gewünschte Tuch und die Form des Anzugs aus. Mit diesen Daten wird die individuelle Schnittkonstruktion durchgeführt, indem die vorhandenen Basis-schnitte entsprechend variiert werden, um so die Konstruktionsmaße an die zentrale Produktionsleittechnik zu übertragen. Die Produktion erfolgt in einer Werkstatt, die eine flexible Fertigung der zahlreichen Varianten erlaubt (Bekleidung nach Maß 2000).

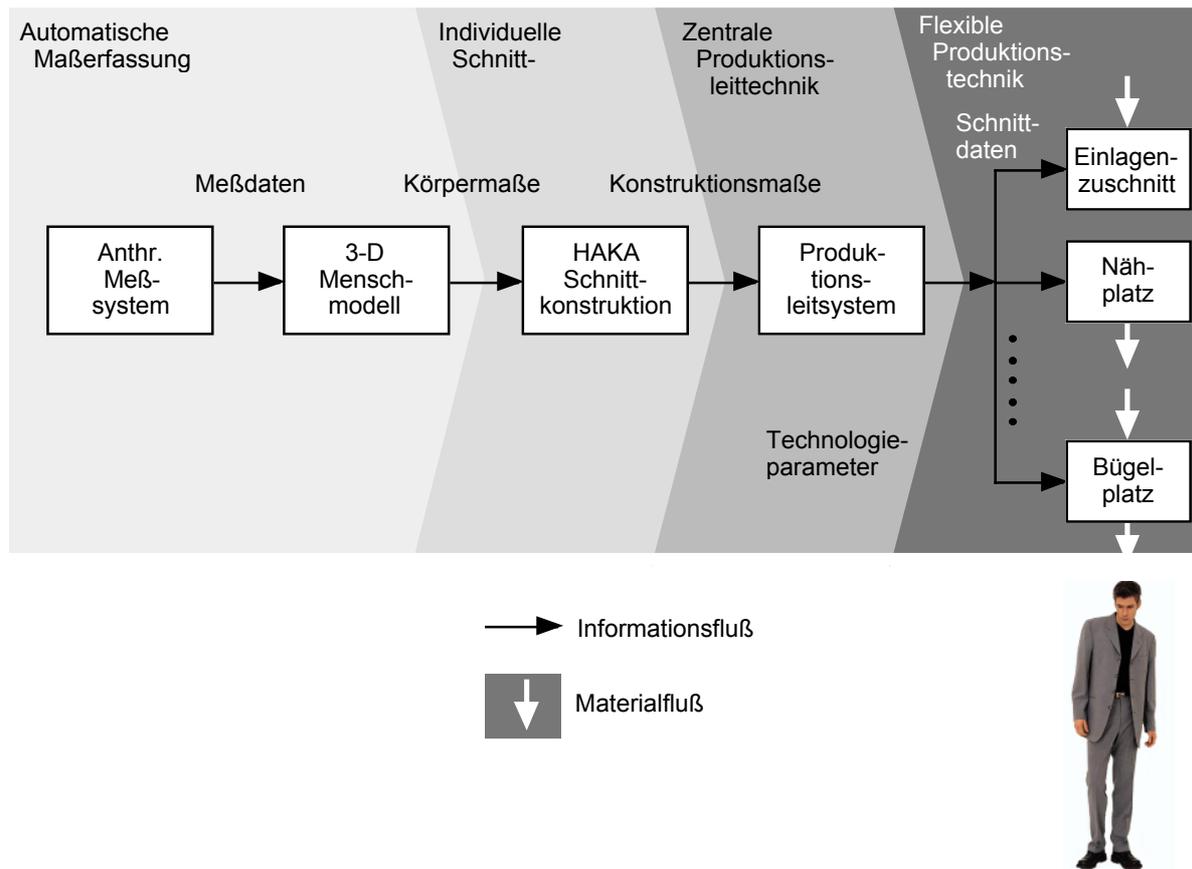
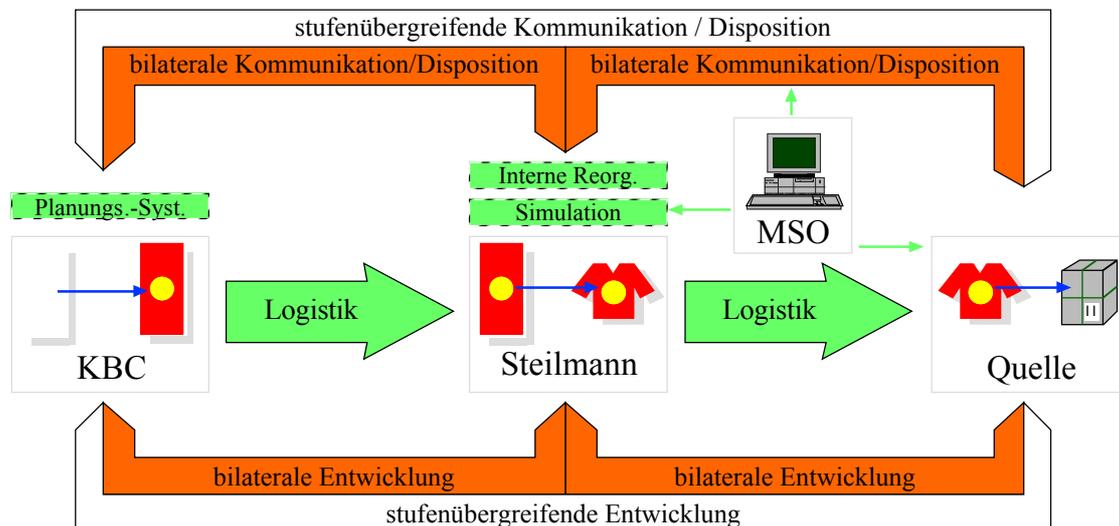


Bild 3-5: Prinzipskizze des Forschungsvorhabens „Bekleidung nach Maß“ (Bekleidung nach Maß 2000)

Das entwickelte Verfahren wird inzwischen kommerziell eingesetzt, wobei sich die Preise für die Kunden in Abhängigkeit der gewählten Tuche auf dem Niveau konventioneller Massenfertigung bewegen. Die Produktion der Bekleidung erfolgt in der Bundesrepublik Deutschland, so daß die Lieferzeit bei einem Herrenanzug ungefähr fünf Wochen beträgt. Eine Weiterentwicklung der Technik erfolgte durch die zusätzliche Möglichkeit der Vermessung auch von Damen. Schließlich gibt es inzwischen neben dem beschriebenen System noch weitere Systeme anderer Hersteller (Puls 2000).

3.2.4 KWIK (Kooperative Wertschöpfung in der textilen Kette)

Dieses Projekt, das zwischen 1998 und 2001 durchgeführt wird, hat die Schaffung neuer Kooperationsformen zwischen den Partnern aus der Textilindustrie, der Konfektion und dem Handel als Ziel (Bild 3-6).



Legende: MSO, KBC, Steilmann und Quelle sind die am Projekt beteiligten Unternehmen

Bild 3-6: Die Kooperation innerhalb des Vorhabens KWIK (Koukal, Artschwager 2000)

Hierfür werden zunächst die internen Organisationsstrukturen und die Verflechtungen zwischen den Unternehmen auf administrativer und logistischer Ebene analysiert und in Form von Geschäftsprozeßmodellen abgebildet. Im nächsten Schritt werden gegebenenfalls erforderlich werdende Restrukturierungen der Geschäftsprozesse durchgeführt. Die innerbetrieblichen Planungen und die interorganisationale Transparenz werden durch ein rechnerbasiertes System unterstützt (Koukal, Artschwager 2000).

3.3 Integriertes 3D-Nähsystem

Das Projekt Integriertes 3D-Nähsystem wurde zeitlich zwischen den Projekten QualiTex und KWIK durchgeführt. Ziel des Vorhabens war es, durch die Automatisierung des Nähvorgangs den Standort Deutschland für die Bekleidungsindustrie zu sichern, so daß es in der Folge auch einen Bedarf an Betrieben der vorgelagerten Stufen der textilen Kette in der Bundesrepublik Deutschland gibt. Weitere positive Auswirkungen hat der Produktionsstandort Deutschland auch auf den Textilmaschinenbau und die Forschung in allen Gebieten der textilen Kette (Moll 1995b).

Zentraler Baustein des neuen Nähsystems ist eine neuartige Nähmaschine, die, von einem Roboter geführt, an einem dreidimensionalen Formkörper die Nähte schließt (Bild 3-7). In dem Forschungsprojekt erfolgte die Integration dieser Technik in ein teilautomatisiertes Nähsystem, das wiederum in eine herkömmliche Fertigungsstätte eingebunden werden kann. Bevor die Entwicklung dieses Integrierten 3D-Nähsystems in Kapitel 4 näher beschrieben wird, ist im folgenden die Betrachtung der Ist-Situation in der Bekleidungsfertigung notwendig.

Zuschnitte werden auf dreidimensionalem Formkörper aus Metall oder Kunststoff (= Formkörper) positioniert, der so geformt ist, daß er genau dem späteren Volumen des Produkts entspricht

Zuschnitte werden mit rechter Wareseite nach innen positioniert, so daß die Nahtzugaben in Nähposition nach außen überstehen

Spezial-Roboternähmaschine (sehr leicht, ohne Transportelemente) ist am Roboter befestigt, wird von diesem an der Nahtlinie entlanggeführt und näht die Zuschnitte zusammen

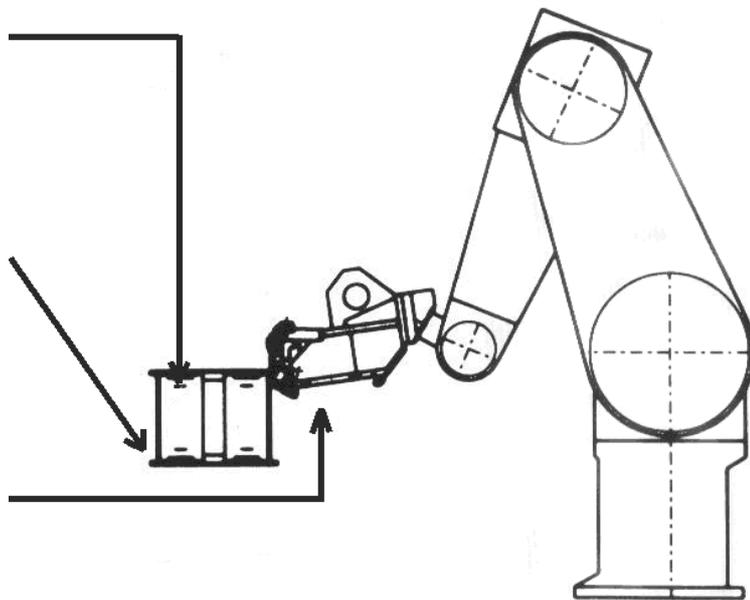


Bild 3-7: Prinzipskizze der 3D-Nähtechnologie (Moll 2000)

3.4 Fertigung in der Bekleidungsindustrie

3.4.1 Bekleidungsfertigungsstätten

Innerhalb der Prozeßkette eines Konfektionärs von der Entwicklung über die Produktion bis zum Vertrieb an die Groß- bzw. Einzelhändler stellen die Fertigungsstätten die Einheiten dar, deren Technologie in den Grundzügen in den letzten Jahrzehnten unverändert geblieben ist: Die Näherin führt die zu vernähenden Teile weitgehend manuell durch die Nähmaschine, wobei die Handlingszeit i. d. R. deutlich länger als die reine Nähzeit ist (Tetzlaff 2000). Die erzielbare Produktqualität hängt zu großen Teilen von der Sorgfalt und Geschicklichkeit der Näherin ab. Einzelne Tätigkeiten, wie z. B. das Aufsetzen von Taschen oder die Bundfertigung bei Röcken, konnten in der Vergangenheit automatisiert werden. Im Gegensatz hierzu

stehen für die Schnittkonstruktion und Gradierung zahlreiche rechnerbasierte Systeme zur Verfügung, die auch im großen Umfang genutzt werden. In Tabelle 3-1 sind die betrieblichen Aufgaben im Rockfertigungsprozeß eines deutschen Massenkönfektionärs dargestellt.

Firmenzentrale			
Die Produktentwicklung mit dem Produktentwurf und der Schnitterstellung.			
Die Warenbeschaffung mit dem Einkauf der Rohware und Zutaten, der Wareneingangskontrolle und der Lagerung der Rohware.			
Die Produktion mit der Erstellung von Fertigungsrichtlinien bedingt durch die Gestaltung.			
betriebliche Aufgabe		Personal (insgesamt 65)	
		Leiter	Arbeitskräfte
Fertigungsstätte	Arbeitsvorbereitung	1	-
	Zeitaufnahme und Ermittlung der Vorgabezeiten	-	1
	Zuschnitt	1	6
	Fixieren	-	3
	Einrichten und Etikettieren	-	3
	Vorfertigung	-	3
	Nähen (3 Bänder)	$3 \cdot 1$	$2 \cdot 11 + 1 \cdot 12$
	Bügeln	1	4
	Qualitätskontrolle	-	4
	Komplettierung	-	4
	Endabnahme	-	4
	Lieferung an das Fertigwarenlager	-	4
Firmenzentrale			
Der Versand mit dem Fertigwarenlager, der Endkomplettierung, der Endqualitätskontrolle.			
Der Vertrieb mit dem Marketing, dem Verkauf und der Kundenbetreuung.			
Die Logistik			

Tabelle 3-1: Gliederung der betrieblichen Aufgaben eines deutschen Konfektionärs mit besonderer Betrachtung einer inländischen Fertigungsstätte (nach Qureshi 1996)

Sowohl die Firmenzentrale als auch die Fertigungsstätte des Konfektionärs befinden sich in der Bundesrepublik Deutschland. In der obenstehenden Tabelle ist die Fertigungsstätte, die

eine Tageskapazität von rund 500 Röcken pro Band im Einschichtbetrieb hat, herausgehoben (Qureshi 1996). Neben den betrieblichen Aufgaben ist die Personalverteilung grob dargestellt, wobei der Betriebsleiter die Aufgaben der Arbeitsvorbereitung wahrnimmt. Es wird deutlich, daß in der Näherei und im Zuschnitt die meisten Arbeitskräfte beschäftigt sind.

3.4.2 Zuschnitt und Näherei

Wie in Kapitel 3.4.1 herausgearbeitet, sind im Zuschnitt und der Näherei die erfolgversprechendsten Ansatzpunkte für den Einsatz neuer Fertigungsverfahren zu sehen. Als technologischer Lösungsansatz bietet sich die 3D-Nähtechnik an, die unter dem Markennamen „robosew“ bereits erfolgreich erprobt wurde. Die Technologie zeichnet sich durch zahlreiche Vorteile aus:

- „- Es werden sehr glatte, gleichmäßige Nähte in hoher und stets konstanter Qualität erzeugt.
 - Die Weite in der Naht ist aufgrund des dreidimensionalen Fügevorgangs korrekt verteilt.
 - Die genähten Hüllen besitzen stets ein konstantes, exaktes Volumen.
 - Aufgrund der Überlappung von Arbeitsschritten und eines konstanten, durchgängigen Nähvorganges ohne Stopps wird die Leistung bedeutend gesteigert.
 - Der Personalbedarf wird auf ein Minimum reduziert, die Fertigungskosten sinken. Eine Fertigung in Hochlohnländern wird dadurch wieder wirtschaftlich“.
- (Moll, Händler 1996, S. 241)

Für die Übertragung dieser Technologie auf die Bekleidungsfertigung sind zahlreiche neue Lösungen erforderlich, die insbesondere die vielen Modell- und Größenvarianten, aber auch die grundsätzlich andere Geometrie der herzustellenden Hüllen berücksichtigen müssen.

Technologische Grenzen

Mit der 3D-Nähtechnik lassen sich systembedingt nur Nähte fertigen, die bestimmte Kriterien erfüllen. In der „Robosew guideline“ (Händler 1997) sind diese Kriterien umfassend beschrieben, deren wichtigsten die folgenden sind:

- Bei den Strichtypen sind der Doppelsteppstich (301), der Doppelkettenstich (401) und seit 1997 auch der auch Überwendlichstich (504) und der Safetystich (401 + 504) möglich.
- Es können nur Nähte an der Nähgutkante (Kantennähte, Saumnähte, Einfaßnähte usw.) hergestellt werden.

- Der Abstand der Naht zur Nähgutkante darf höchstens 20 mm beim Doppelsteppstich und höchstens 25 mm (äußere Nadel) bzw. 32,6 mm (innerste Nadel, Nadelabstand 3,8 mm) betragen. Beim Doppelkettenstich ist der Mindestabstand theoretisch 3 mm bzw. in der praktischen Anwendung beträgt er Nähgutdicke plus 1 - 2 mm.
- Die zu verbindenden Nähgutteile müssen gleiche Nahtlängen aufweisen.
- Radien: Der minimale Außenradius R_a muß 10 mm betragen und der minimale Innenradius R_i muß 75 mm bei einem Kreisbogen von mindestens 180° betragen. Bei Kreisabschnitten darf R_i kleiner als 75 mm sein, wobei dies im Einzelfall genau zu prüfen ist.
- Rechtwinkligen Ecken können nicht genäht werden.
- Mit sich selbst zu faltende Teile sind nur mit einem großem Handlingaufwand erzeugbar und sollten daher möglichst vermieden werden.
- Die Mindestbreite bzw. -länge eines Teils muß Nahtbreite plus 10 - 20 cm betragen.
- Schließlich ist das falten- und spannungsfreies Anlegen der Zuschnitte an den Formkörper erforderlich.

Neben diesen Regeln für den Nähvorgang bzw. die Schnittkonstruktion sind auch Einschränkungen, die sich durch den Einsatz eines Formkörpers ergeben, zu berücksichtigen. Am bzw. im Formkörper muß sich die Haltetechnik befinden, die das Nähgut während des Nähvorgangs und eventueller Formkörperrotationen festhält. Des weiteren muß die Fertigung unterschiedlicher (Konfektions)größen berücksichtigt werden, die entweder durch einen größenverstellbaren Formkörper oder einen Formkörperwechsel realisiert werden kann. Schließlich muß ein ausreichender Raum zur (automatischen) Beschickung und Entnahme vorgesehen werden.

Produktauswahl

Bei der Auswahl eines mit der 3D-Nähtechnologie zu fertigenden Produkts sind neben technologischen auch wirtschaftliche Aspekte zu berücksichtigen. Insbesondere sollte das Kleidungsstück in großen Mengen und über einen großen Zeitraum produziert werden. Weiterhin sollten nach ersten Überlegungen möglichst viele Nähte dreidimensional genäht werden können. Aus diesen Gründen wurden im Rahmen des Projekts Integriertes 3D-Nähsystem die Produkte Damenblazer und Rock näher betrachtet (Qureshi 1996).

Die Entscheidung fiel schließlich zugunsten des körperbetonten Damenrocks aus, da hier, insbesondere bedingt durch die geringere Anzahl der Nähte (bis zu sieben am Jackenrumpf gegenüber zwei am Rock) und die einfachere Geometrie, der Aufwand für den Formkörper deutlich geringer gehalten werden kann (Kramer, Held 2001).

Auswahl der Arbeitsgänge

Die Untersuchung der Arbeitsgänge von 14 unterschiedlichen Standardröcken führte zu einer detaillierten Aufstellung der für 3D-Nähvorgänge in Frage kommenden Arbeitsgänge. In Tabelle 3-2 und Tabelle 3-3 ist ein möglicher Fertigungsablauf für das Modell 40189 eines deutschen Konfektionärs dargestellt (Qureshi 1996). Die Farben kennzeichnen dabei die Randbedingungen, unter denen der Arbeitsgang mit einem 3D-Nähsystem ausgeführt werden kann (Legende in Bild 3-8).

	Arbeitsgänge, die vom Roboter des 3D-Nähsystems ohne Hilfsvorrichtungen ausgeführt werden können. Nahtende und Nahtanfang liegen frei.
	Arbeitsgänge, die vom Roboter des 3D-Nähsystems ohne Hilfsvorrichtungen ausgeführt werden können, allerdings liegen Nahtenden und Nahtanfang übereinander. Die Raumkurve muß spiralförmig ausgelegt werden.
	Arbeitsgänge, die vom Roboter des 3D-Nähsystems nur mit Hilfe einer Falt-, Wende- oder Umlegvorrichtung ausgeführt werden können.
	Arbeitsgänge, die vom Roboter des 3D-Nähsystems mit Hilfe einer Zuführ-, Fixier- oder Positioniervorrichtung ausgeführt werden können.
	Arbeitsgänge, die vom Roboter mit einer Bügelvorrichtung ausgeführt werden können.
Verwendete Abkürzungen:	
HM	Hintere Mitte
RT	Rückenteil
RV	Reißverschluß
RWS	Rechte Wareseite
SN	Seitennaht
TA	Tailienabschluß
VT	Vorderteil

Bild 3-8: Legende der folgenden Tabellen 3-2 und 3-3

Formkörper					Modell 40189	Stichtyp
Oberrock				Futter		
VT	RT		TA	Futter	Arbeitsgangfolge	
					Schlaufenband fertigen und schneiden	406
					Taillebund mit Stanzband fixieren	Bügeln
					Taillebund dreifach umbügeln	Bügeln
					RV-Schlitz rollieren	503
					Abnäher falten und schließen	301
					SN schließen	301
					SN-Nahtzugabe versäubern	504
					Abnäher falten und schließen	301
					Abnäher falten und schließen	301
					HM-Naht schließen	301
					SN schließen	301
					HM-Nahtzugabe versäubern	504
					SN-Nahtzugabe versäubern	504
					Saumumfang versäubern	504
					Abnäher zur Mitte umbügeln	Bügeln
					HM-Naht umbügeln	Bügeln
					SN umbügeln	Bügeln
					Schlaufen an Taillenkante heften RT RWS	301
					Schlaufen an Taillenkante heften VT RWS	301
					Taillebund an Oberrock positionieren und annähen	301
					Etiketten + Aufhänger an Taillebund heften RWS	301
					Futterrock an Taillebund annähen	301
					Futterrock-Ansatznaht versäubern	504
					Saumecke des Obertritts abnähen	301
					Saumecke wenden	
					Schlitzobertritt bügeln	Bügeln
					Schlitzuntertritt durch Bügeln ablängen	Bügeln
					Gummi an den Seiten annähen	301
					Nahtzugabe am RV-Schlitz heften und einschneiden	301
					RV einnähen	301

Tabelle 3-2: Fertigungsablauf für das 3D-Nähsystem für das Modell 40189 (Teil 1)

								Futtersaum zweifach einlegen und steppen	301
								am Futterrock Gehschlitz rollieren	503
								Taillebund wenden	
								Taillebund an den Seiten und an der Bundunterkante steppen, dabei Nahtzugabe an den Seiten einschlagen	301
								Gummi 1x mittig steppen	301
								Taillebund an der Bundoberkante steppen	301
								Schlaufen einschlagen, hochlegen und annähen	301
								Schlitzuntertritt steppen (Saum hochlegen)	301
								Saum staffieren	105
								Rock wenden	

Tabelle 3-3: Fertigungsablauf für das 3D-Nähsystem für das Modell 40189² (Teil 2) (Qureshi 1996)

Die Entscheidung für das Modell 40189 fiel aufgrund der sehr einfachen Konstruktion des Rocks. Im Gegensatz zu einem Faltenrock läßt sich bei einem körperbetonten Rock das Volumen genau mit einem Formkörper abbilden. Eine Vereinfachung der Arbeitsgänge stellen auch die Verwendung von Gummizügen und der vollständige Verzicht auf Taschen dar.

Eine kritische Betrachtung der möglichen 3D-Arbeitsgänge insbesondere unter den Aspekten der technischen Machbarkeit und der zu erzielenden Qualität führte zu einer Einengung der im Forschungsvorhaben betrachteten Arbeitsgänge (Bild 3-9), aus denen schließlich in weiteren Schritten die endgültige Arbeitsgangfolge des Integrierten 3D-Nähsystems abgeleitet wurde.

² In der zitierten Arbeit von Y. Qureshi wird dieses Modell fälschlicherweise als 40819 bezeichnet.

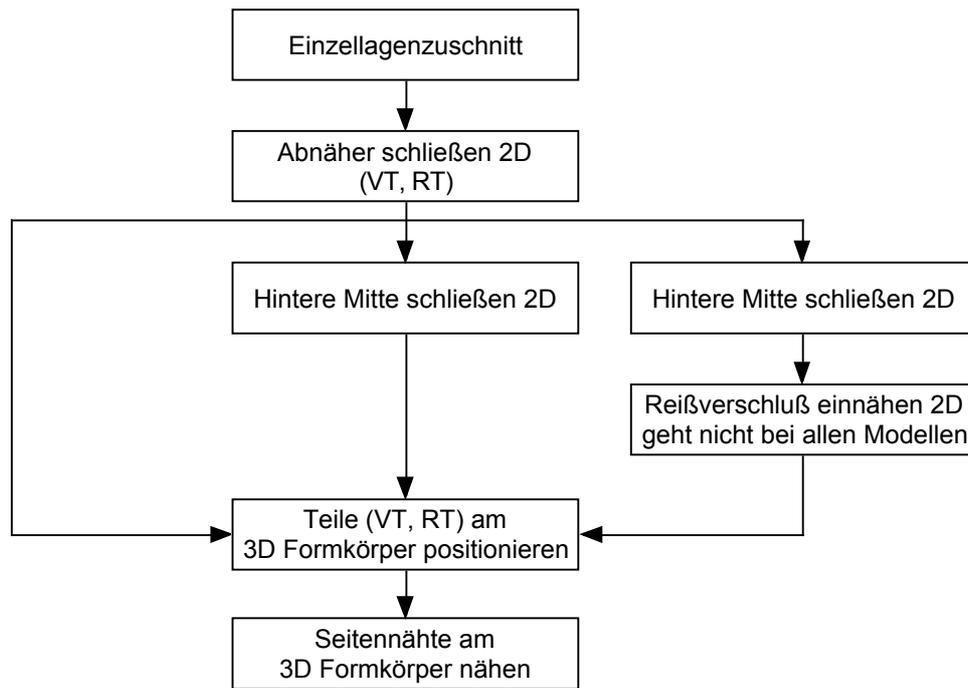


Bild 3-9: Arbeitsgänge, die in der Bekleidungsline Rock betrachtet wurden (Tetzlaff 1997)

3.5 Fazit

Die Anwendung der 3D-Nähtechnologie in der Bekleidungsfertigung erfordert eine Weiterentwicklung der vorhandenen Systeme zur Fertigung von Kopfstützen- und Autositzbezügen. Ein wesentliches Ziel ist die Integration des 3D-Nähroboters in den gesamten Fertigungsprozeß in der Näherei. Insbesondere sollen die Handlingtätigkeiten und die Beschickung der Nähzelle automatisiert werden. Daraus leitet sich ein Einzelteiltransport ab, der zu einer Einzelteil- anstelle der bisher üblichen Bündelfertigung führt. Schließlich müssen neue Roboternähmaschinen zur Realisierung von komplizierten Stichtypen wie der Überwendlichnaht entwickelt werden.

Das Integrierte 3D-Nähsystem läßt sich für eine erste Betrachtung des Entwicklungsbedarfs in die drei Teilsysteme Zuschnittsystem, Transportsystem und 3D-Nähzelle unterteilen. Das Zuschnittsystem muß die Zuschnitteile absolut sicher trennen, damit ein automatisches Abräumen möglich ist. Dieses System muß die Zuschnitteile sicher greifen und darf den Stoff nicht beschädigen. Die Automatisierung, d. h. der Wegfall von Menschen als Kontrolleure beim Abräumen, bedingt zusätzlich eine Fehlererkennung vor dem Zuschnitt.

Das automatische Transportsystem bedient die im Integrierten 3D-Nähsystem erforderlichen herkömmlichen 2D- und Handarbeitsplätze. Hierfür müssen passende Zuführungen entwickelt werden.

Die 3D-Nähzelle wird vom Transportsystem bedient, wobei eine genaue Positionierung der zu vernähenden Teile auf dem Formkörper erforderlich ist. Der Formkörper selbst muß möglichst einfach und schnell aus den vorliegenden 2D-Schnittmustern generierbar sein. Die Fertigung unterschiedlicher Konfektionsgrößen und eventuell anderer Modellvarianten erfordert flexible bzw. verstellbare Formkörper. Zum Halten der Zuschnitteile am Formkörper ist zusätzlich eine Haltetechnik erforderlich. Eine wichtige Aufgabe besteht in der Entwicklung der Safety-Roboter Nähmaschine und der zugehörigen Roboterprogrammierung.

Innerhalb des Gesamtsystems sind Fehlererkennungssysteme erforderlich, die Material-, Ausrichtungs- und Nahtfehler erkennen. Schließlich steuert und überwacht ein zentrales Leitsystem das gesamte Integrierte 3D-Nähsystem.

Da die gesamte Entwicklung in einem personalintensiven Umfeld mit hohen manuellen Fertigungsanteilen erfolgt und die zu entwickelnde Technik sehr anspruchsvoll ist, stellt sich bei der Entwicklung zwangsläufig die Frage nach dem Grad der Automatisierung. Neben sozialen Aspekten ist auch die Zweckmäßigkeit der Automatisierung unter den Aspekten der Qualität, Zuverlässigkeit und Flexibilität zu beachten. Mit der Methode des Dualen Entwurfs liegt ein Instrument vor, das die Ermittlung des angemessenen Automatisierungsgrads unterstützt. Im folgenden Kapitel wird die Methode vorgestellt und ihr Beitrag zur Entwicklung des Integrierten 3D-Nähsystems dokumentiert und reflektiert.

4 Der Duale Entwurf als Methode für den angemessenen Automatisierungsgrad

4.1 Die Methode des Dualen Entwurfs

Das Integrierte 3D-Nähsystem stellt einen neuen technischen Prozeß dar, der zu einem neuen Prozeß menschlicher Arbeit führt. Die Verknüpfung beider Prozesse erfolgt immer durch eine Mensch-Maschine-Schnittstelle. Selbst bei hochautomatisierten Systemen existiert eine solche Schnittstelle, z. B. in Form eines Leitstandes (Bild 4-1).

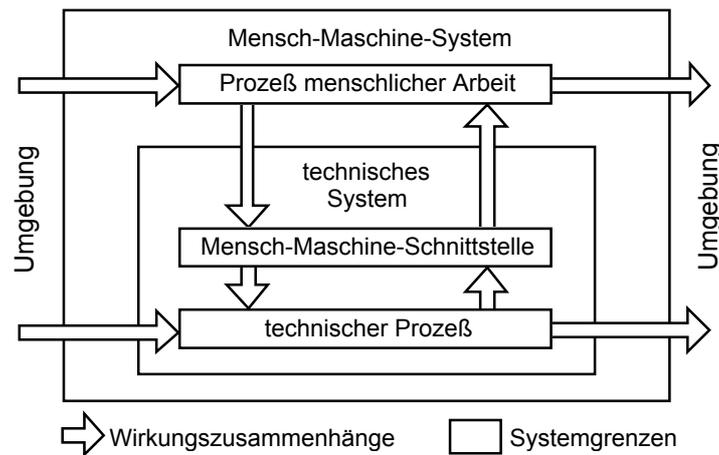


Bild 4-1: Mensch-Maschine-System (Ochterbeck 1989)

Zur Gestaltung von Mensch-Maschine-Systemen hat Ochterbeck (1989) die allgemeine Methode des Dualen Entwurfs entwickelt. Der Duale Entwurf hat zum Ziel, bei der Entwicklung von Mensch-Maschine-Systemen eine optimale Kombination zwischen technischen und tätigkeitsorientierten Lösungen zu finden. Hierzu werden zunächst Lösungsvarianten konzipiert und in das Schema nach Bild 4-2 eingeordnet. Anschließend wird in einem iterativen Prozeß, der durch die Pfeile angedeutet wird, die Lösung entwickelt.

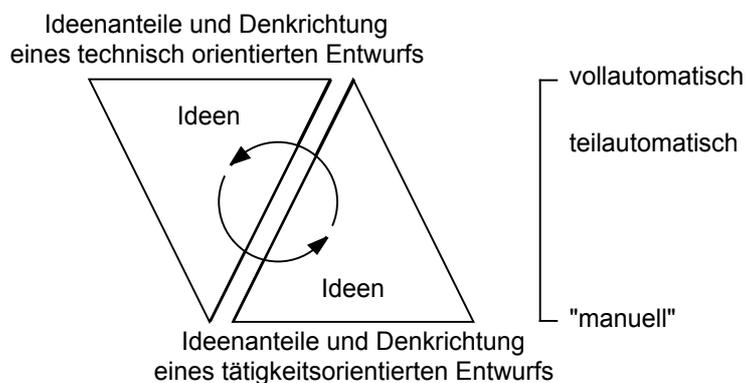


Bild 4-2: Das Prinzip des Dualen Entwurfs (Ochterbeck 1989)

Für die Anwendung des Dualen Entwurfs in der Praxis sind Werkzeuge, z. B. in Form von praxiserprobten Vorgehensweisen, erforderlich. Beim Dualen Entwurf hat sich die Unterteilung in eine Analysephase und eine folgende Synthesephase bewährt (Bild 4-3), die in insgesamt elf Einzelschritte von der Ist-Analyse bis zur Implementierung des Systems untergliedert sind.

Phase 1	<ul style="list-style-type: none"> • Ist-Zustand analysieren
Analysephase	<ul style="list-style-type: none"> • Modell bilden • Lösungsvarianten aufzeigen und ggf. simulieren
<hr/>	
Phase 2	<ul style="list-style-type: none"> • Alternativen auswählen
Synthesephase	<ul style="list-style-type: none"> • „Planfeststellung“ durchführen • Arbeitsplatzinhalte entwerfen • Komponenten entwerfen und Prototypen realisieren • Komponenten interaktiv erproben • Auswahlentscheidung treffen • Einsatzkomponenten realisieren • System implementieren

Bild 4-3: Dualer Entwurf – Entwurfsphasen (Ochterbeck 1989)

Im folgenden Kapitel 4.2 werden die im Projekt entwickelten Lösungsvarianten zur Ermittlung des optimalen Automatisierungsgrades für das gesamte Integrierte 3D-Nähsystem anhand der Entwicklung des Anlagenlayouts durchlaufen und reflektiert. Die an den Entwurfsphasen aus Bild 4-3 orientierte Vorgehensweise wird im Kapitel 4.3 anhand der zentralen und technisch anspruchsvollsten Komponente, der 3D-Nähzelle, dokumentiert.

4.2 Die Lösungsvarianten des Integrierten 3D-Nähsystems

4.2.1 Variante 0: Technische Ausgangslage in der Bekleidungsfertigung

Das Entwicklungsprojekt Integriertes 3D-Nähsystem baut einerseits auf dem in Kapitel 3.4.1 dargestellten Ist-Zustand in der Bekleidungsfertigung und andererseits auf der in Kapitel 3.3 vorgestellten 3D-Nähtechnik auf. Diese Technik wurde zu Beginn der 1990er Jahre durch die Firma Moll automatische Nähsysteme (Alsdorf) entwickelt und industriell in der Automobil-

branche eingesetzt. Gefertigt wurden die Hüllen für Kopfstützen (Robosew 2000) und Autositze (Robosew 3002, Bild 8-6). Die Systeme bestanden aus mehreren Formkörpern, die auf einer Palettenumlaufanlage (3002) bzw. einem Drehkreuz (2000) montiert waren (Moll 1995a). An der ersten Station erfolgt die manuelle Beschickung der Nähanlage, an der nächsten das automatische dreidimensionale Nähen und an der dritten Station schließlich die automatische Entnahme.

In Bild 4-4 ist die Einordnung der bisherigen Fertigungstechnologie in der Bekleidungsindustrie in das Schema des Dualen Entwurfs dargestellt. Aufgrund der durch die menschliche Tätigkeit dominierten Fertigung und die Verwendung von seit Jahrzehnten prinzipiell unveränderten Maschinen erfolgt die Einordnung auf dem manuellen Niveau des Schemas. Strenggenommen stimmt diese Einordnung nicht ganz, da zur Fertigung moderne Nähmaschinen eingesetzt werden, die teilweise (z. B. Bund- und Taschenfertigung) einen relativ hohen Automatisierungsgrad besitzen. Jedoch rechtfertigt der im Vergleich zu anderen Industrien, wie z. B. der Automobilindustrie, sehr geringe Automatisierungsfortschritt in den letzten Jahrzehnten diese Einordnung.

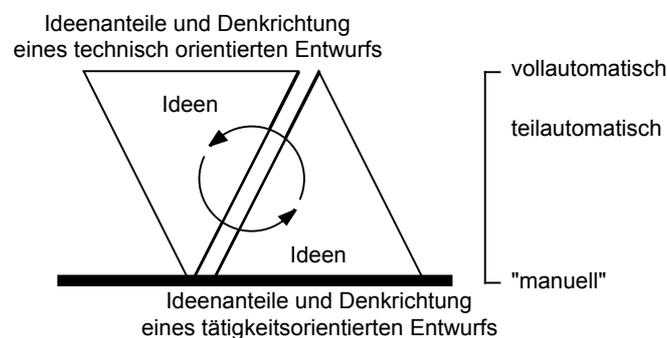


Bild 4-4: Die Ausgangslage der Bekleidungsfertigung aus der Sicht des Dualen Entwurfs

4.2.2 Variante 1: Erste Vision

Die erste Vision wurde in einer Zeichnung dokumentiert, die eine vollautomatische linear angeordnete Fertigungsanlage darstellt (Bild 4-5). Da zu Projektbeginn für die Bekleidungsline noch kein Produkt feststand, enthielt die erste Konzeption noch eine Fixierstation im Anschluß an das Zuschnittsystem. Der stehende Formkörper wurde durch zwei Nähroboter bedient. Menschen und konventionelle Arbeitsplätze sind in der ersten Version nicht explizit vorgesehen. Im Sinn des Dualen Entwurfs handelt es sich hierbei um einen vollständig technikorientierten Ansatz.

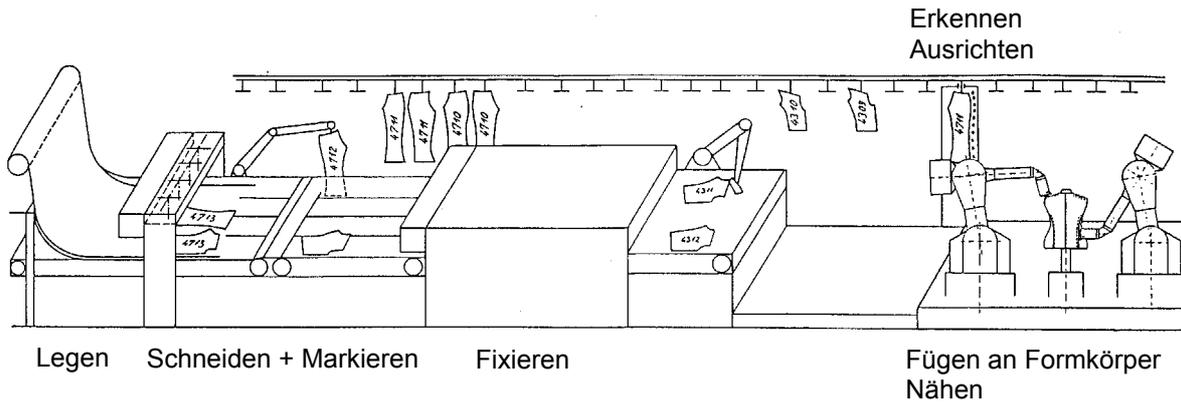


Bild 4-5: Die erste Prinzipskizze des Integrierten 3D-Nähsystems von 1995 (Moll 1995b)

Im Verlauf des ersten Projektjahres wurde vom HDZ/IMA der RWTH Aachen ein Blockdiagramm des Systems erstellt, das die Funktionseinheiten, deren Verknüpfungen untereinander und die Verantwortlichkeiten der Projektpartner darstellt (Bild 4-6).

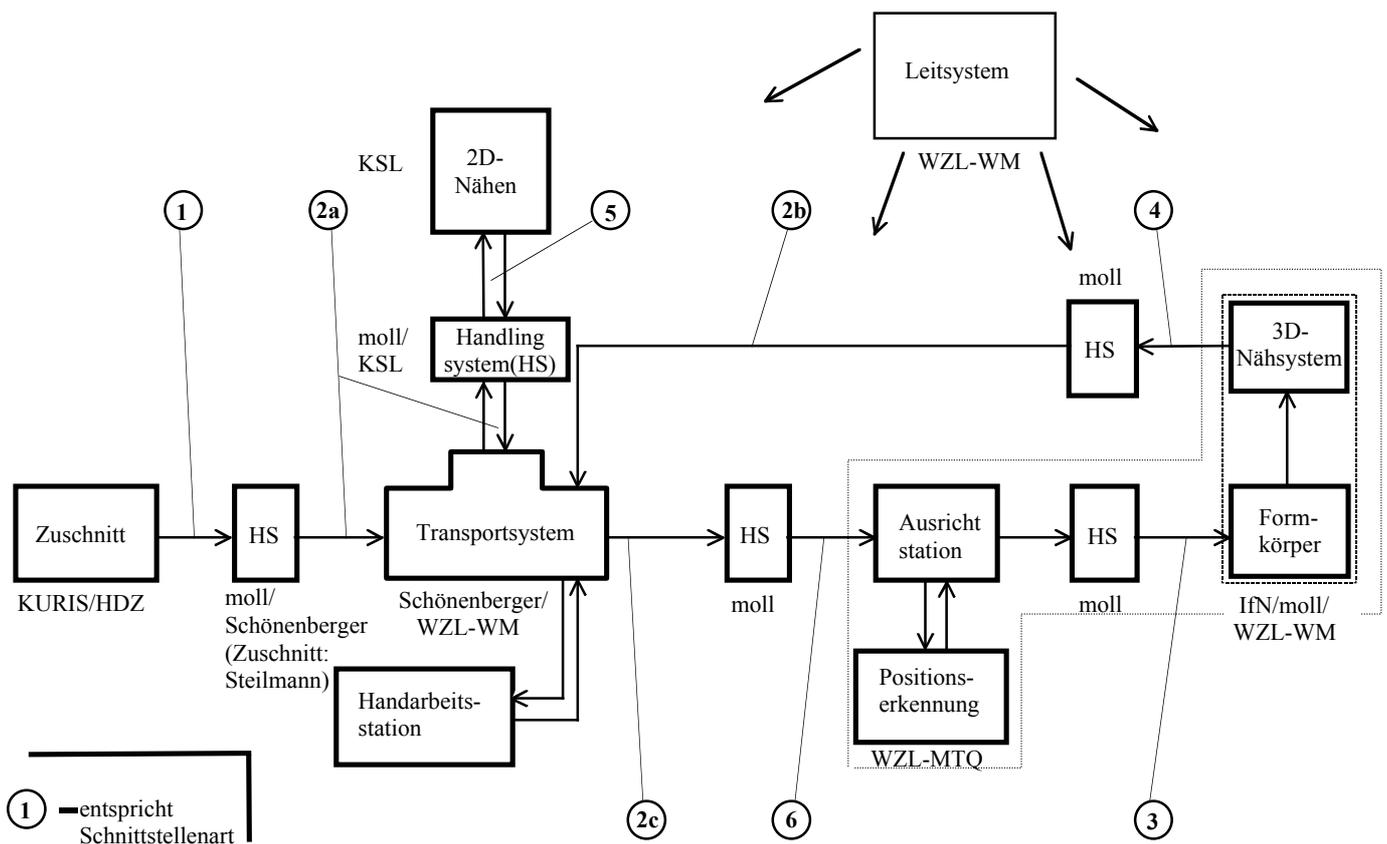


Bild 4-6: Blockdiagramm des Integrierten 3D-Nähsystems vom Juli 1996 (Nolden 1996)

Das Ziel der Skizze war die Systematisierung und die verbindliche Festlegung der Verantwortlichkeiten für die zahlreichen Schnittstellen im Gesamtsystem. Gleichzeitig wurde auch

die Problematik der Handlingsysteme, d. h. die Notwendigkeit zur Entwicklung zahlreicher neuer System zur Handhabung des biegeschlaffen Materials, dokumentiert. Manuelle Arbeitsplätze tauchen nur indirekt in den Funktionseinheiten „Handarbeitsstation“, „2D-Nähen“ und „Leitsystem“ auf, indem hier unausgesprochen von menschlicher Bedienung ausgegangen wird. In den Diskussionen zu diesem Zeitpunkt wurde der Mensch bei den Handlingsystemen explizit ausgeschlossen.

Gepägt von dem Automatisierungsrückstand in der Bekleidungsindustrie entstand die Vision vom großen Technologiesprung zu einem vollautomatischen System, indem die gesamte Denkrichtung der beteiligten Entwickler von einem technisch orientierten Entwurf ausging. Die entsprechende Einordnung in das Schema des Dualen Entwurfs zeigt das Bild 4-7.

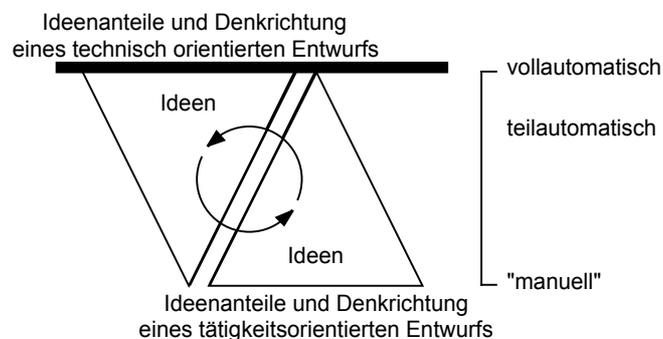


Bild 4-7: Die Vision des Integrierten 3D-Nähensystems aus der Sicht des Dualen Entwurfs

4.2.3 Variante 2: Erste visionäre Konkretisierungen

Der erste konkrete Layoutentwurf des Transportsystemherstellers zeigte ein umfangreiches Transportsystem, das die erforderlichen Systemeinheiten miteinander verbindet (Bild 4-8). Erstmals tauchen hier ausdrücklich menschliche Arbeitsplätze auf. Als neue Station wurden zwei gesonderte Qualitätssicherungsarbeitsplätze eingeführt. An den Schnittstellen zwischen den von verschiedenen Partnern zu entwickelnden Einzelsystemen ließ dieser Entwurf immer noch viele Fragen offen und dokumentierte so den aktuellen Entwicklungsstand. Die Weiterentwicklung schon bestehender Systeme machte Fortschritte, wohingegen bei den neuen Komponenten, insbesondere bei den Handlingsystemen, keine konkreten Fortschritte erzielt wurden (Bargostovan 1996). Neben den technischen Schwierigkeiten waren unbewußte Probleme bei der Zusammenarbeit zwischen den Projektpartnern die Ursache hierfür (Brozio, Zweig 2000).

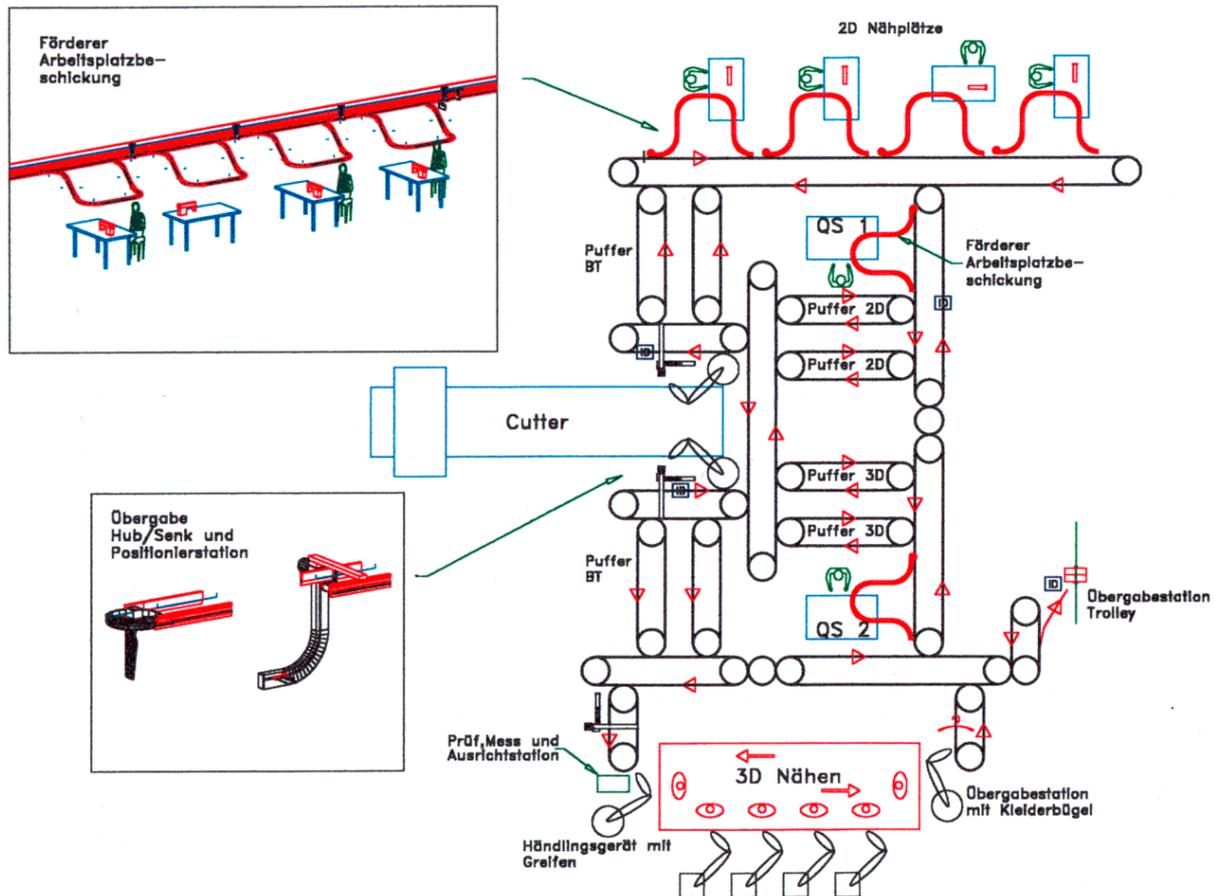


Bild 4-8: Erste Anlagenskizze des Transportsystemherstellers vom Oktober 1996 (Bös, Ehrenreich 1996)

Nach der Methode des Dualen Entwurfs gewinnen die Ideenanteile und die Denkrichtung eines tätigkeitsorientierten Entwurfs Einfluß auf den Automatisierungsgrad des Integrierten 3D-Nähsystems. Indizien hierfür sind die erstmalige explizite Nennung menschlicher Tätigkeiten im zukünftigen System. Entsprechend ist die Einordnung im Schema im folgenden Bild 4-9. Der vorliegende Layoutentwurf schließlich machte den beteiligten Akteuren zum einen den großen Entwicklungsaufwand deutlich und zum anderen diente er der Motivation, da er das Projektziel anschaulich visualisierte.

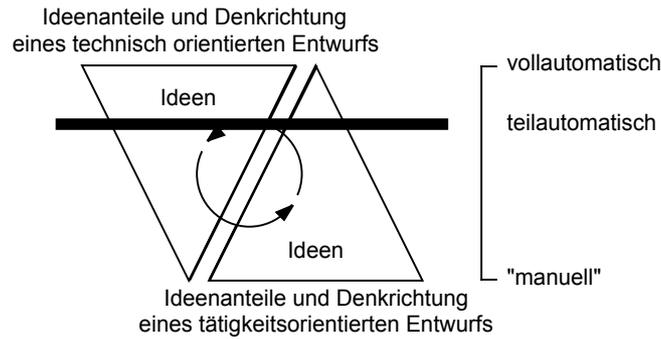


Bild 4-9: Die ersten Konkretisierungen des Integrierten 3D-Nähsystems aus der Sicht des Dualen Entwurfs

4.2.4 Variante 3: Reduzierung auf das Notwendigste – die Pilotanlage

Trotz des eher visionären Entwurfs (Bild 4-8) und seiner folgenden Variationen verlief die Entwicklung des Integrierten 3D-Nähsystems eher schleppend, da die Partner auch nach zwei von vier Jahren Projektlaufzeit weiter an diesen aus finanziellen und zeitlichen Gründen nicht realisierbaren Entwürfen festhielten. Aus diesem Grund initiierte der Verfasser einen Workshop der Projektkoordination bei dem bewußt ohne Einbindung der beteiligten Unternehmen mit Hilfe von Kreativitätstechniken ein auf die absolut notwendigen Komponenten reduzierten Layoutentwurf entstand (Bild 4-10).

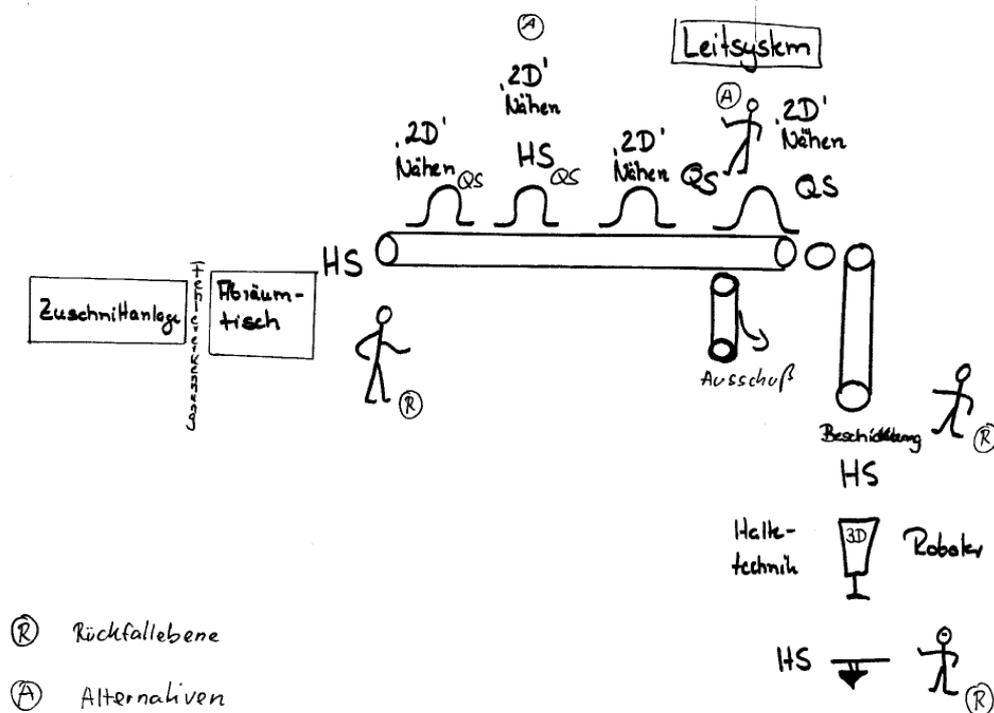


Bild 4-10: Anlagenskizze als Ergebnis eines vom Autor gestalteten Workshops der Projektkoordination im November 1997 (Brozio 1997)

Hierbei wurden vor dem Hintergrund der Methode des Dualen Entwurfs als mögliche Komponenten neben den Maschinen bewußt Menschen als Bausteine vorgegeben. Die Anmerkung „Rückfallebene“ in dem Entwurf stellte ein Kompromißangebot an die Verfechter der möglichst weitgehenden Automatisierung dar (Brozio 1997). Die in Bild 4-10 gezeigte Handzeichnung wurde im weiteren Projektverlauf ein fester Bestandteil der Eingangsstatements der Projektbesprechungen, was ihre Bedeutung in dieser Projektphase unterstreicht.

Dieser Entwurf stellte jedoch keine konkrete Planung dar, sondern war der Anstoß zur Entwicklung einer im Rahmen des Forschungsprojekts tatsächlich realisierbaren Pilotanlage. Anhand der Zeichnung wurde der Transportsystemhersteller aufgefordert, eine Stellungnahme zu dem Entwurf in Form eines aus Expertensicht technisch funktionierenden Layouts zu erstellen. Der folgende Layoutentwurf bildete schließlich die Grundlage für eine kontinuierliche Weiterentwicklung des Anlagenlayouts bis zum Projektende. Das Bild 4-11 zeigt einen Zwischenstand der Entwicklung vom Oktober 1998. Bei der Weiterentwicklung des Layouts wurden insbesondere die Entwicklungsfortschritte der einzelnen Teilsysteme und der Handlingsysteme berücksichtigt, so daß immer wieder neue Varianten entstanden.

Wesentliche Veränderungen des Gesamtsystems erfolgten auch im Bereich der 2D-Arbeitsplätze. Genaue Betrachtungen der Arbeitsgangfolge und ihrer Variationsmöglichkeiten führten zu einer zweimaligen Veränderung der Arbeitsgangfolge. Hierdurch konnten die ursprünglich für Vorder- und Hinterrock getrennt vorgesehenen Arbeitsplätze „Abnäher schließen“ jeweils zu Beginn der Bearbeitung zu einem Arbeitsplatz am Schluß der 2D-Bearbeitungsschritte reduziert werden. Untersuchungen zur realisierbaren Fertigungsgeschwindigkeit führten weiterhin zum Ergebnis, daß die beiden Arbeitsplätze „Versäubern“ und „Hintere Mitte schließen“ von einer Näherin nacheinander bedient werden können (vgl. Bild 3-9). Die hierzu erforderlichen Pufferbereiche des Transportsystems sind im ausreichenden Maß vorhanden (Dietrich 2001).

In bezug auf den Automatisierungsgrad konnte in der Pilotanlage ein Näh-arbeitsplatz durch ein vollautomatisiertes Nähsystem, die 3D-Nähzelle, ersetzt werden. Die bestehenden 2D-Näh-arbeitsplätze für die vorgelagerten Arbeitsgänge wurden unverändert übernommen. Weitere Automatisierungen erfolgten durch das automatische Transportsystem und den Einzel-lagenzuschnitt, bei dem das manuelle Legen der Lagen beim Mehrlagenzuschnitt entfällt.

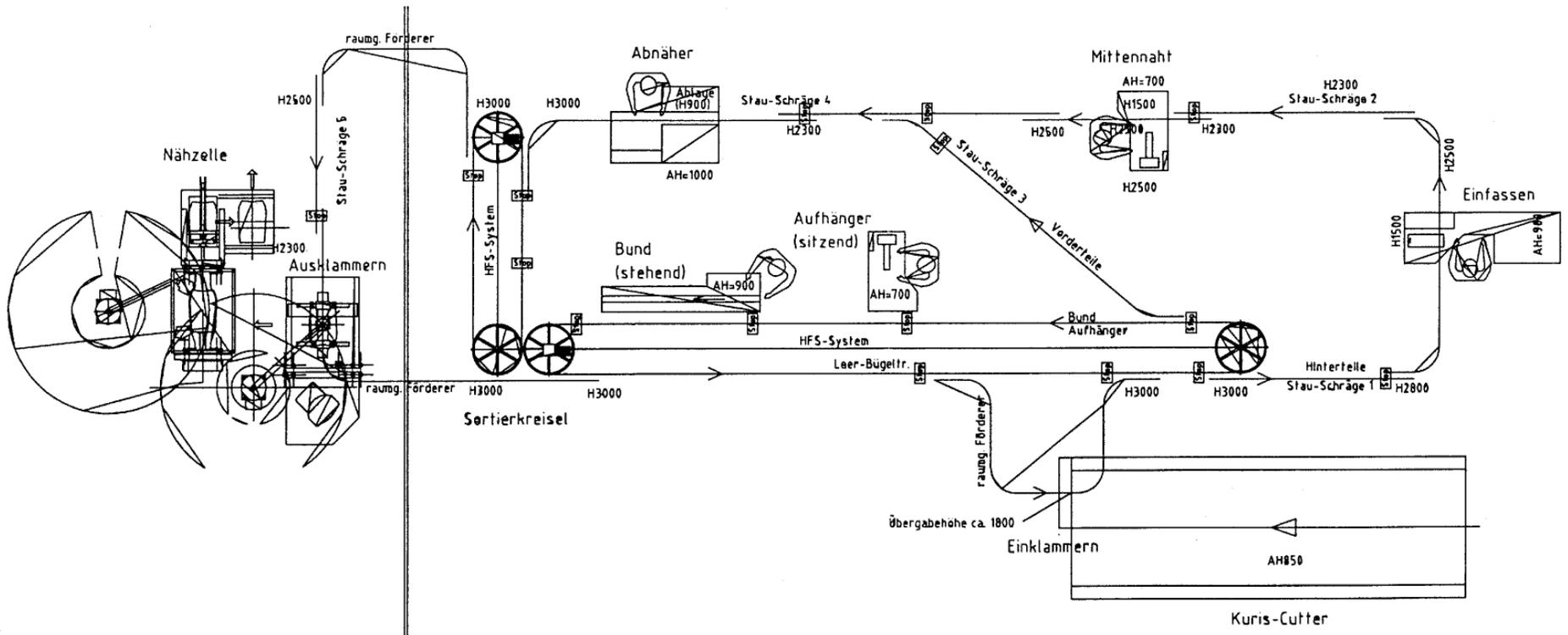


Bild 4-11: Planungsstand der Pilotanlage vom Oktober 1998 (Dietrich 1998)

Daraus ergibt sich eine Einordnung in das Schema des Dualen Entwurfs nach Bild 4-12, bei der der Automatisierungsgrad unter dem der vorherigen Variante (Bild 4-9) liegt.

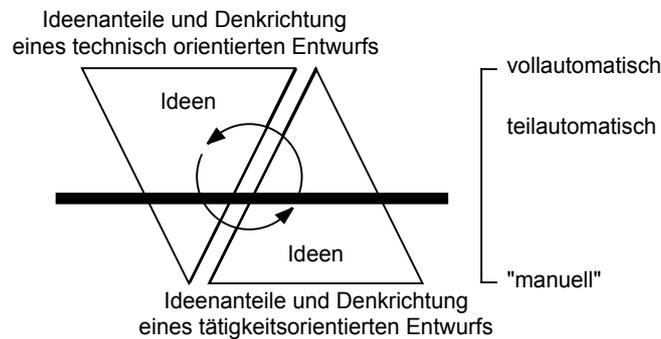


Bild 4-12: Die Pilotanlage aus der Sicht des Dualen Entwurfs

4.2.5 Variante 4: Die Weiterentwicklung der Pilotanlage

Während des Projektverlaufs wurden bereits erste Ideen für eine weitere Automatisierung der Pilotanlage entwickelt. Dies erfolgte zu erheblichen Teilen in einem offenen Industriearbeitskreis, der die letzten beiden Jahre des Projekts begleitete. In diesem Arbeitskreis, der verantwortlich vom Verfasser geleitet wurde, diskutierten die Experten mit externen Industrievertretern und potentiellen späteren Nutzern Integrierter 3D-Nähssysteme mögliche Perspektiven für diese Technologie. Als Diskussionsgrundlage wurden vom Verfasser Leitfragen und mögliche Tendenzen formuliert, die von den Experten aufgegriffen wurden. Unter dem Aspekt des Automatisierungsgrades ergaben sich neben Leistungssteigerungen der Einzelsysteme zwei Ansatzpunkte für neue bzw. wesentlich veränderte Systeme (Brozio 1999).

- Die bisher unveränderten 2D-Arbeitsplätze könnten z. B. so angeordnet werden, daß ein Orientierungswechsel der Zuschnitteile von der vertikalen Ausrichtung im Transportsystem zur horizontalen Ausrichtung an den Nähmaschinen durch neu konstruierte bzw. anders ausgerichtete Nähmaschinen vermieden wird.
- Eine Orientierungsänderung beim Formkörper in der Nähzelle, d. h. eine stehende Anordnung anstelle der realisierten liegenden Ausführung, bietet Potential für eine Leistungssteigerung des Gesamtsystems.

Die zweite Option wurde bereits funktionsfähig realisiert und wird als konkrete Perspektive für die industrielle Anwendung des Integrierten 3D-Nähsystems in Kapitel 8.3.1 vorgestellt. Die Realisierung weiterer Systeme mit einem höheren Automatisierungsgrad als dem, den die

Systeme in der Pilotanlage aufweisen, führt, grafisch dargestellt, wieder zu der Einordnung gemäß Bild 4-9.

4.2.6 Zwischenfazit

Die Methode des Dualen Entwurfs wurde von Ochterbeck primär für den Vergleich verschiedener Lösungsvarianten vor der Umsetzung entwickelt. Im Gegensatz hierzu erfolgt nun ein Vergleich der Lösungsvarianten, die sich im Verlauf des Entwicklungsprozesses ergeben haben. Sie sind im folgenden Bild 4-13 in das Schema des Dualen Entwurfs eingezeichnet.

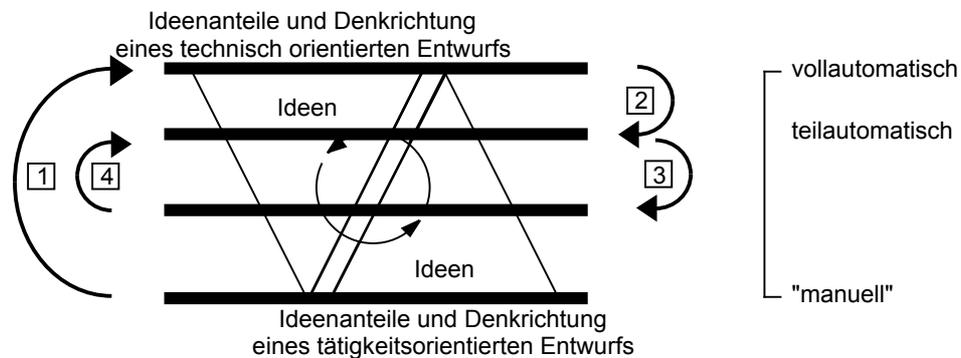


Bild 4-13: Die Entwicklung des Integrierten 3D-Nähsystems aus der Sicht des Dualen Entwurfs

Beginnend bei einer rein manuellen Ausgangslage wurde die Vision eines vollautomatisierten Nähsystems entworfen, so daß im Sinn des Dualen Entwurfs ein Sprung von einem Extrem in das andere erfolgt (1 in Bild 4-13). Während des Projektverlaufs wurde der Grad der Automatisierung mehrfach reduziert (2 und 3), so daß schließlich nur ein bisher „manueller“ Arbeitsgang (Seitennähte schließen) voll automatisiert wurde. Hauptgründe für diese Reduzierung des Automatisierungsgrades waren die beschränkten finanziellen Mittel, der beschränkte zeitliche Rahmen und die hohen technischen Anforderungen. Die zentrale Komponente des Integrierten 3D-Nähsystems, die 3D-Nähzelle, konnte jedoch vollständig und erfolgreich realisiert werden. Weitere Automatisierungsschritte sind bereits vorbereitet und können in Zukunft umgesetzt werden (4), so daß der Automatisierungsgrad wieder steigt.

Das Bild 4-13 stellt die Zusammenfassung der Entwicklung des gesamten Integrierten 3D-Nähsystems dar, die das Ergebnis umfangreicher Entwicklungsschritte ist. Am Beispiel der zentralen Komponente des Nähsystems, der 3D-Nähzelle, werden die Entwurfsphasen nach

Bild 4-3 dokumentiert. Anhand der anspruchsvollen Entwicklungsaufgabe zeigt sich, daß die Phasen nach Ochterbeck praxisgerecht sind und im Ergebnis zu einem Automatisierungsgrad führen, der die vielfältigen Randbedingungen erfüllt. Die Beschreibung der gefundenen Lösung folgt detailliert im anschließenden Kapitel 5, so daß sich Kapitel 4.3 auf die Beschreibung des Prozesses beschränkt.

4.3 Anwendung der Entwurfsphasen nach Ochterbeck auf die 3D-Nähzelle

Ochterbeck unterteilt den Entwurfsprozeß in die Analyse- und die Synthesephase, die wiederum in praxisnahe Einzelschritte unterteilt sind. Die *Ist-Analyse* stellt den ersten Schritt dar, dessen Ergebnisse in Kapitel 3.4 dokumentiert sind. Die *Modellbildung* erfolgte im Rahmen der Antragstellung und wurde durch die Skizze in Bild 4-14 dargestellt.

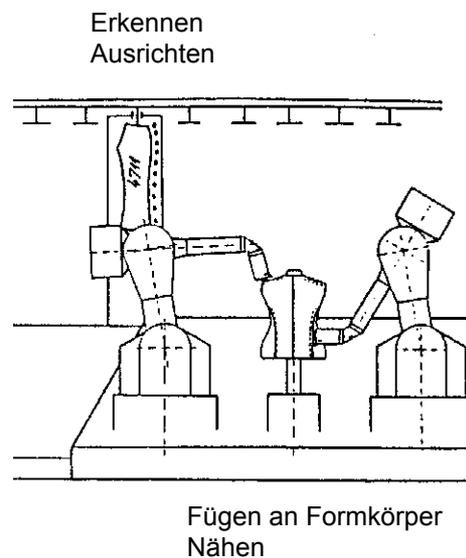


Bild 4-14: Skizze (Auszug) der 3D-Nähzelle aus dem Antrag des Verbundprojekts (Moll 1995b)

Zu erkennen ist ein stehender Jackenformkörper, an dem zwei robotergeführte Nähmaschinen gleichzeitig arbeiten. Das Hängetransportsystem ist am oberen Bildrand dargestellt, wobei sämtliche Übergabesysteme zum Formkörper fehlen. Ebenso ist die Haltetechnik nicht näher bestimmt. Die Ausrichtstation ist senkrecht hinter dem Transportsystem angeordnet. Die Nummer im Zuschnitteil macht deutlich, daß alle Teile innerhalb des Systems eine fest definierte Nummer erhalten, die eine Steuerung durch ein rechnerbasiertes Leitsystem ermöglicht.

Die Entwurfsphase *Lösungsvarianten aufzeigen* ist die wesentliche bei der Anwendung der Methode des Dualen Entwurfs. Hier werden noch vor einer Realisierung alle Varianten mit dem Ziel eines optimalen Automatisierungsgrades entwickelt. Die wichtigsten der geprüften Varianten sind in den folgenden Bildern (Bild 4-15 bis Bild 4-17) dargestellt. Die in der Synthesephase *ausgewählte Alternative* ist dabei jeweils fett umrandet.

Formkörper		
Stehend	Liegend	
Mehrere		Einer
Flexibel	Verstellbar	Starr
Zwischengrößen		Konfektionsgrößen
Alle Größen (34 – 56)	Einige Größen	Eine Größe

Bild 4-15: Die Lösungsvarianten des Formkörpers als Morphologischer Kasten

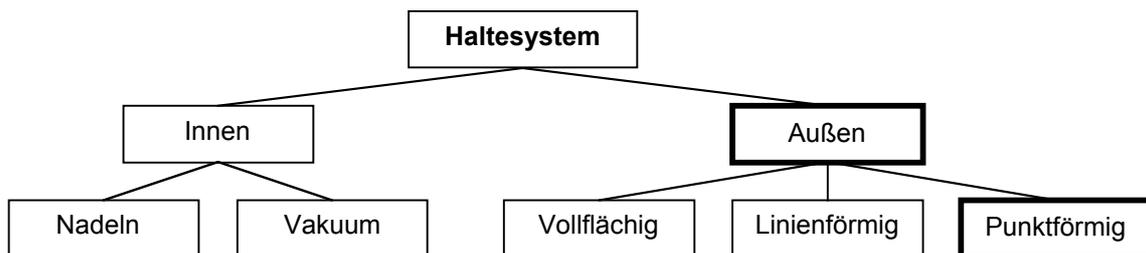


Bild 4-16: Die Lösungsvarianten des Haltesystems

Positionsüberwachung	
Vertikal	Horizontal
Hintergrund einfarbig	Hintergrund gemustert
Ecken gleichzeitig aufnehmen	Ecken einzeln aufnehmen
Schwellwertverfahren	Texturanalyse

Bild 4-17: Die Lösungsvarianten der Positionsüberwachung als Morphologischer Kasten

Bei den übrigen Teilsystemen standen folgende wesentliche Varianten zur Auswahl:

- Formkörpergenerierung: unterschiedliche mathematische Verfahren,
- Nähmaschine mit dem Roboter: Stichtyp, Roboterfabrikat, On- oder Offlineprogrammierung, Anzahl der Roboter,
- Ausrichtstation: Integration der Ausrichttechnik in die Positionsüberwachung oder in die Handlingtechnik,
- Handlingtechnik: manuell oder automatisch, unterschiedliche Greifertypen,
- Rockabzug: manuell, halbautomatisch, vollautomatisch,
- Stichbildungsüberwachung: Kameratyp, Auswertungsalgorithmen.

Eine entscheidende Abhängigkeit bestand zwischen der Ausrichtung der Positionsüberwachung und dem Formkörper. Der Entwickler der Positionsüberwachung bevorzugte die horizontale Ausrichtung seines Systems. Zur Vermeidung eines weiteren Ausrichtungswechsels und wegen der vermeintlich leichteren faltenfreien Aufbringung der Zuschnitteile auf den Formkörper durch Ausnutzung der Schwerkraft wurde schließlich die Entscheidung zugunsten des liegenden Formkörpers getroffen. In der Folge wurde ein sehr aufwendiges Formkörpergestell erforderlich, in dem unter Verwendung zahlreicher Antriebe die gesamte Einheit Formkörper, Formkörperverstellung und Haltetechnik drehbar gestaltet werden mußte. Diese Problematik, die auch einen großen Zeitaufwand erforderte, führte zur Parallelentwicklung einer Nähzelle mit stehendem Formkörper, wobei die Positionsüberwachung noch nicht realisiert werden konnte. Bei allen Variantenbetrachtungen wurde der Einsatz von Menschen innerhalb der Nähzelle von den Entwicklern ausgeschlossen, da gerade menschliche Arbeitsplätze durch automatische ersetzt werden sollten. Jedoch wurden durch die Einrichtung eines Leitsystems, die erforderliche Formkörpergenerierung und die Roboterprogrammierung neue Tätigkeitsfelder für Menschen geschaffen.

Simulationen wurden an den durch das neue Transportsystem veränderten Arbeitsplätzen außerhalb der 3D-Nähzelle direkt an den bestehenden Arbeitsplätzen durch einfachste Modelle durchgeführt. Daneben entwickelte der Verfasser eine Human Integrated Simulation (HIS) für die geplante Pilotanlage des Integrierten 3D-Nähsystems. Mit Hilfe dieser Methode konnten Engpässe bei den geplanten Arbeitsabläufen im Gesamtsystem aufgezeigt werden. (Paulovits 1998, Sander 2000). Im Rahmen des Industriearbeitskreises (Kapitel 4.2.5) konnten die Ergebnisse auch rechnerisch bestätigt werden, d. h. es wurde gezeigt, daß in der Pilotanlage zwei Arbeitsplätze von einer Person bedient werden können (Brozio 1998). Darüber

hinaus wurden die Abläufe in der 3D-Nähzelle teilweise berechnet und in der Folge optimiert (Kröber 1998). Eine weitere und hiervon unabhängige grafische Simulation ist im System zur Roboterprogrammierung enthalten.

Die von Ochterbeck (1989) sogenannte *Planfeststellung* erfolgte innerhalb des Projekts auf Arbeitskreis- und Plenarsitzungen. Die späteren Nutzerinnen waren indirekt durch Unternehmensvertreter des späteren Anwenders vertreten. Die Näherinnen selbst wurden durch Gespräche bei Betriebsbesichtigungen und die oben genannten Simulationen an den Arbeitsplätzen einbezogen.

Die konkreten *Arbeitsplatzinhalte* ergaben sich bei den Plätzen außerhalb der 3D-Nähzelle durch die bisherigen Tätigkeiten, wobei die Simulationen ergaben, daß mehrere Arbeitsplätze ohne Einschränkung der gesamten Anlagenleistungsfähigkeit von einer Näherin im Wechsel bedient werden können. Neu hinzu kam der Arbeitsplatz „Technische Systemleitung“, insbesondere zur Bedienung und Wartung der neuen Leitsysteme (Henning u.a. 2001).

Interaktive Erprobungen der Komponenten fanden bei den einzelnen Systementwicklern laufend statt. Im Bereich der 3D-Nähzelle betraf dies insbesondere die Auflage der zu vernähenden Einzelteile auf den Formkörper und die Eliminierung der Kraftübertragung von der Nähmaschine auf die Zuschnitteile. Umfangreiche Erprobungen erfolgten auch bei der Bilderkennungssoftware der Positionsüberwachung.

Entsprechend den Erprobungsergebnissen wurden *Auswahlentscheidungen* getroffen, wobei teilweise wirtschaftliche gegen technische Entscheidungen abzuwägen waren. Ein Beispiel ist die an einem Roboter montierte Greiftechnik. Die geforderte große Flexibilität erforderte umfangreiche Verstellmechanismen und hohe Verwindungsteifigkeiten, was eine Zunahme der Masse zur Folge hatte und somit die Beschaffung eines leistungsfähigeren und somit deutlich teureren Roboters bedeutete.

Der vorletzte Schritt nach Ochterbeck, die *Realisierung der Einsatzkomponenten*, war innerhalb des Verbundprojekts der letzte. Insbesondere die 3D-Nähzelle konnte aus finanziellen Gründen nicht vollständig realisiert werden. Die Funktionsfähigkeit der wesentlichen Abläufe konnte gezeigt werden, wobei die Rotation des Formkörpers manuell ausgeführt wurde.

4.4 Fazit

In mehr als vier Jahren Projektlaufzeit wurden mehrere Varianten des Integrierten 3D-Näh-systems für die Bekleidungsfertigung entwickelt, die zur Reflexion in das Schema des Dualen Entwurfs eingeordnet wurden. Die abschließenden Betrachtung ergibt, daß aus der Vision der vollständigen Automatisierung eines bisher manuellen Fertigungsprozesses schließlich ein teilautomatisiertes System entstanden ist, in dem die wesentlichen technologischen Neuerungen realisiert wurden. In zukünftigen Schritten kann der Automatisierungsgrad dann durch die Entwicklung weiterer Systeme gesteigert werden. Rückblickend wird deutlich, daß eine hochautomatisierte Vision eine motivierende Herausforderung für die Entwickler darstellte und für die Entwicklung des Systems förderlich war. Wichtig war dabei das Bewußtsein, daß aus Ressourcengründen nicht alle Automatisierungsziele erreichbar waren und daher Abstriche im Automatisierungsgrad gemacht werden mußten. Die Reflexion des jeweiligen Entwicklungsstandes mit Hilfe der Methode des Dualen Entwurfs unterstützte den Entwicklungsprozeß an dieser Stelle.

Neben der Reflexion während des Projektverlaufs unterstützt auch die im Zwischenfazit (Kapitel 4.2.6) erarbeitete Einordnung aller Stufen in ein Schema des Dualen Entwurfs zukünftige Technikentwicklungsprojekte, indem die Methode des Dualen Entwurfs nicht nur als Entwurfsmethode zur Lösungsfindung vor der Realisierung unterstützend eingesetzt werden kann, sondern auch eine methodische Hilfe für Prozeßverantwortliche während eines Entwicklungsprozesses darstellt.

In einem weiteren Schritt konnten durch die Anwendung einer praxiserprobten Vorgehensweise, die sich aus der theoretischen Methode des Dualen Entwurfs ableitet, für die vielen Einzelsysteme der 3D-Nähzelle technische Lösungen gefunden und erfolgreich realisiert werden. Dabei bestanden häufig Abhängigkeiten zwischen den Teilsystemen, wie z. B. die, die durch die Entscheidung für einen horizontale Anordnung der Positionserkennung sehr deutlich wurden. Schließlich wurden Lösungen für die 3D-Nähzelle und ein Automatisierungsgrad für das Gesamtsystem gefunden, die die verfügbaren zeitlichen und finanziellen Ressourcen, die technischen Grenzen und die menschlichen Fähigkeiten bei der Realisierung berücksichtigten. Die Beschreibung des realisierten Systems erfolgt im nächsten Kapitel, bevor in den Kapiteln 6 und 1 die Systeme in bezug auf die Zielgrößen Qualität und Flexibilität betrachtet werden.

5 Die Pilotanlage Bekleidung des Integrierten 3D-Nähsystems

5.1 Überblick

Die Pilotanlage Bekleidung ist zur Fertigung des in Kapitel 3.4.2 ausgewählten Rocks ausgelegt. Sie umfaßt alle unbedingt notwendigen Komponenten vom Zuschnitt bis zum Schließen der Seitennähte. Im einzelnen sind dies ein Einzellagenzuschnitt, ein automatisches Hängetransportsystem, drei konventionelle 2D-Arbeitsplätze und die 3D-Nähzelle.

Am Anfang der Pilotanlage steht eine automatische optische Fehlererkennung, die die vom Stoffhersteller als fehlerhaft markierten Stellen erkennt. Diese Informationen werden an das zentrale Leitsystem weitergeleitet, wo sie für die „Streckung“ des Schnittbildes unter Umgehung der fehlerhaften Stoffpartien verwendet werden. Der Zuschnitt selbst erfolgt einlagig mit einem angetriebenen Rundmesser. Im Anschluß an das Schneidfenster befindet sich der Abräumbereich. Hier werden die zugeschnittenen Einzelteile (Vorderrock, linker und rechter Hinterrock, Bund, Schlaufen) von einem Menschen abgeräumt.

Die abgeräumten Teile mit Ausnahme der Schlaufen werden in das Transportsystem gegeben, wo sie mit einem eindeutig identifizierbaren Träger verknüpft werden. Das Transportsystem sortiert und puffert die Einzelteile und transportiert sie zunächst zu den 2D-Arbeitsplätzen „Rückenteil versäubern“ und „Hintere Mitte schließen“ (jeweils nur Hinterrock) bzw. zum Arbeitsgang „Abnäher schließen“ (alle). Bei der Bearbeitung an diesen Stationen bleiben die Teile in den Halteelementen des Transportsystems eingeklemmt.

Die Übergabe an die 3D-Nähzelle erfolgt durch die waagerechte Ablage der Einzelteile auf einen Hubtisch. Dieser senkt sich in die Positionserkennungsstation. Hier wird die genaue Position des Teils mit Hilfe einer automatischen Bilderkennung erfaßt, um dem Greifer die genaue Lage mitzuteilen. Der an einem Roboter montierte Greifer transportiert die Teile zum liegend angeordneten Formkörper, auf dem sie faltenfrei aufgelegt werden. Nachdem der Hinterrock aufgelegt wurde, wird dieser mit Halteelementen festgeklemmt, um anschließend den Formkörper um 180° zu drehen. Nun wird der Vorderrock aufgelegt und festgeklemmt. Die von einem Roboter geführte Safety-Nähmaschine schließt jetzt zuerst eine Seitennaht und nach einer erneuten Drehung des Formkörpers die zweite. Abschließend wird die geschlossene Rockhülle vom Formkörper abgezogen und der Weiterbearbeitung zugeführt.

Hierzu zählen das Vorbereiten und Ansetzen des Bundes, die Fertigung und das Einnähen des Futters sowie das abschließende Bügeln.

5.2 Die Komponenten im Detail

5.2.1 Einzellagenzuschnitt mit Fehlererkennung

Das Zuschnittsystem besteht aus dem Einzellagenzuschnittautomaten (Bild 5-1 rechts) und der vorgelagerten Fehlererkennung (Bild 5-1 links), die die in der Warenschau beim Tuchmacher manuell mit Stiften aufgemalten unregelmäßigen Markierungen erkennt. Hierzu besteht das System aus einer Zeilenkamera, die in 3,4 m Höhe montiert ist. Zur Abschottung von Fremdlichteinflüssen ist der Kameralichtgang vollständig gekapselt. Die erreichbare Fehlerauflösung der Kamera liegt mit ca. 1 mm pro Bildpunkt im Toleranzbereich der Markierung (Bergmann 2001a). Die sichere Datenübertragung über den CAN-Bus wird durch die Codierung der Daten mit der Hamming-Distanz 6 gewährleistet.

Die Informationen von der Fehlererkennung werden direkt so verarbeitet, daß die fehlerhafte Stelle nicht in einem Zuschnittteil zu liegen kommt. Hierzu wird das im Steuerungsrechner der Zuschnittanlage abgelegte Schnittbild auseinandergezogen. Dies führt zu einem relativ hohen Materialmehrerverbrauch, da auch fehlerfreie Flächen in den Ausschuß gelangen.



Bild 5-1: Der Prototyp der Fehlererkennung (links) und der Einzellagenzuschnittautomat in Serienausführung (Kuris-Wastema 2000)

Beim Zuschnittautomaten handelt es sich um einen CNC-gesteuerten Einzellagencutter mit einem angetriebenen Rundmesser und integrierter Höhensteuerung. Ergänzend stehen als Werkzeuge noch Schlitzmesser, V-Notcher und eine Lochstanze zur Verfügung. Als Unterlage dient ein spezielles Textilkonveyorband, das ausreichend luftdurchlässig und schnittfest ist, so daß die Ware per Vakuum gehalten wird. Durch die Optimierung des Volumenstroms und des Unterdrucks können luftundurchlässige Materialien ohne Deckfolie gehalten werden. Systembedingt ist auch kein Unterlegpapier erforderlich. Die maximale Schneidgeschwindigkeit liegt bei 90 m/min, die durchschnittliche bei 20 m/min (Kuris-Wastema 2000). Der Schneidvorgang erfolgt in quasi-kontinuierlicher Arbeitsweise, so daß bei einer Trennung in mehrere Schnittbilder während des Schneidens des zweiten Bildes das erste von einer Bedienperson abgeräumt werden kann. Alternativ können auch automatische Abräumsysteme eingesetzt werden, wobei die Zuschnitteile zur Identifizierung mit Etiketten oder ähnlichem versehen werden müssen (Buchmann 2000).

5.2.2 Transportsystem und 2D-Arbeitsplätze

Das Transportsystem stellt die Weiterentwicklung eines erprobten Hängetransportsystems dar. In Bild 4-11 ist links der Sortierkreisel erkennbar, der ein beliebiges Sortieren der sich im Transportsystem befindlichen Teile erlaubt. Zusätzlich ist die Pufferung von Teilen möglich, um unterschiedliche Bearbeitungszeiten der einzelnen Arbeitsstationen auszugleichen. Im einzelnen besteht das System aus angetriebenen Kettenförderern (Bild 5-2 links) und Schwerkraftförderern, die die in die Kugelklemmen der Bügelträger (Bild 5-2 rechts) eingehängten Einzelteile zu den Stationen des Integrierten 3D-Nähsystems transportieren. Durch die paarweise Anordnung der aus schwingungstechnischen Gründen an Keilriemen befestigten Klemmen können die Zuschnitteile an zwei Punkten gehalten werden, was für die weiteren Bearbeitungsschritte unbedingt erforderlich ist.

Eine Neuentwicklung stellt die Einklammervorrichtung dar, die die beiden Kugelklemmen zur Aufnahme der Zuschnitteile in den erforderlichen Abstand bringt und auch öffnet, so daß die Bedienperson das Teil leicht einhängen kann. Diese Konstruktion kommt auch bei der Ablegevorrichtung zum Einsatz. Hier werden die Klemmen geöffnet und die eingehängten Teile nahezu faltenfrei mit einer Positioniergenauigkeit von ± 1 cm horizontal abgelegt. Weiterhin sind im Transportsystem Übergabeförderer, unterschiedliche Weichen und die Arbeitsplatzförderer enthalten (Dietrich 2001). Die grafische Benutzerschnittstelle der SPS ist

auf einem Industriestandard-PC implementiert und liefert u.a. einen Überblick über den Systemzustand und die Position der Bügelträger (Tetzlaff 1999b).

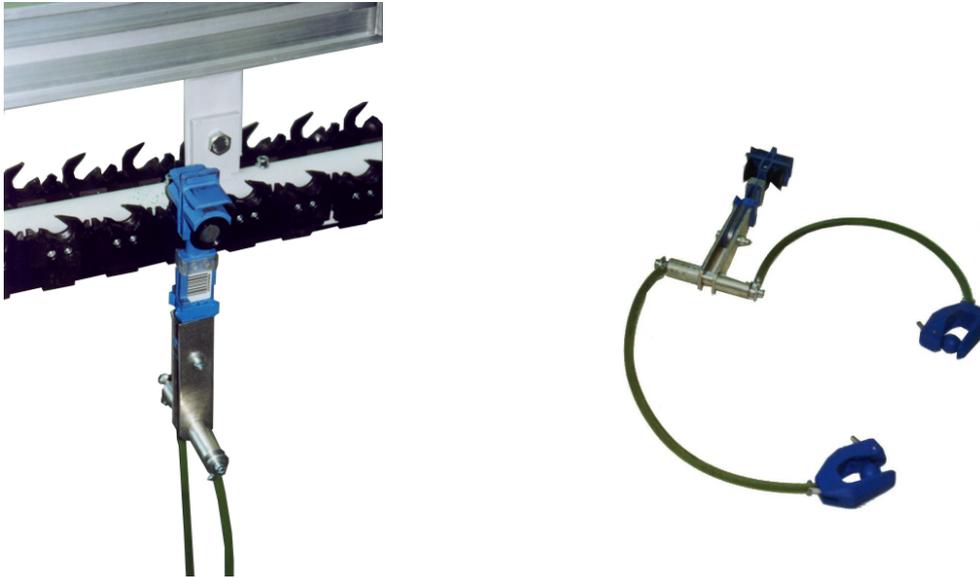


Bild 5-2: Der Kettenförderer (links) und der Bügelträger mit Kugelklemme des Transportsystems

Die 2D-Arbeitsplätze „Rückenteil versäubern“, „Hintere Mitte schließen“ und „Abnäher schließen“ bestehen aus herkömmlichen 2D-Nähmaschinen, die vom Transportsystem bedient werden. Dadurch können die sonst üblichen Komponenten zur Stapelbildung entfallen. In Bild 5-3 ist beispielhaft ein moderner 2D-Arbeitsplatz zum Versäubern abgebildet.

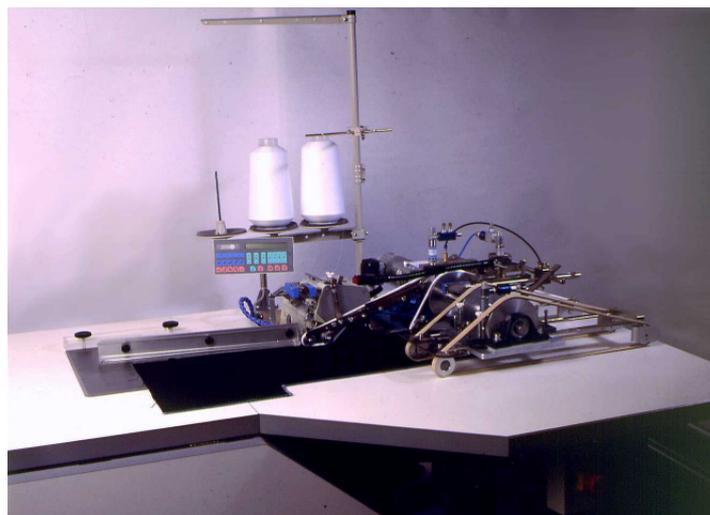


Bild 5-3: Ein moderner 2D-Arbeitsplatz „Versäubern“ für klassische Nähereien (Pfaff 2000)

5.2.3 3D-Nähzelle

Im Aufstellungsplan der 3D-Nähzelle (Bild 5-4) sind alle Komponenten der Nähzelle erkennbar bzw. gekennzeichnet. Die Positionserkennung am linken Rand stellt die erste Station dar. Der am Handlingroboter befestigte Textilgreifer transportiert den Vorder- bzw. den Hinterrock in die Nähstation, die aus dem Grundgestell mit dem Formkörper und der Haltetechnik besteht. Der Nähkopf, also die Nähmaschine, ist am Nähroboter befestigt, dessen Steuerung sich ebenso wie die der anderen Komponenten in insgesamt vier Schaltschränken befindet. Der Rockabzug komplettiert die Nähzelle und stellt gleichzeitig den Warenausgang aus dem aus Sicherheitsgründen geschützten Bereich dar.

Positionserkennung

Bevor die auf dem Formkörper zu vernähenden Teile aufgelegt werden können, müssen die Form und Position der Zuschnitteile überprüft werden. Hierzu werden die vier Eckpunkte der Teile mit einer Kamera aufgenommen, um anschließend eine vollautomatische rechnerbasierte Bilderkennung durchzuführen (Bild 5-5). Grundvoraussetzung für eine erfolgreiche Auswertung ist eine sichere Erkennung farblich verschiedener und gemusterter Textilien vor einem einheitlichen optimierten Hintergrund. In einem ersten Schritt wird das Textil vom Hintergrund separiert. Zur Erkennung der Lagemerkmale wird ein spezieller Algorithmus verwendet, der die Kontur des Zuschnitteils durch zwei Geradenstücke annähert. Der gesuchte Eckpunkt ergibt sich aus dem Schnittpunkt der beiden Geradenstücke. Bei abgerundeten Konturverläufen wird statt des Eckpunktes der Punkt auf der Kontur ermittelt, der den geringsten Abstand vom Schnittpunkt der Geradenstücke aufweist. Die Bilddatenauswertung geschieht mit dem neu entwickelten Texturverfahren, das in dieser Anwendung dem herkömmlichen Schwellwertverfahren überlegen ist (Feldhoff 2001).

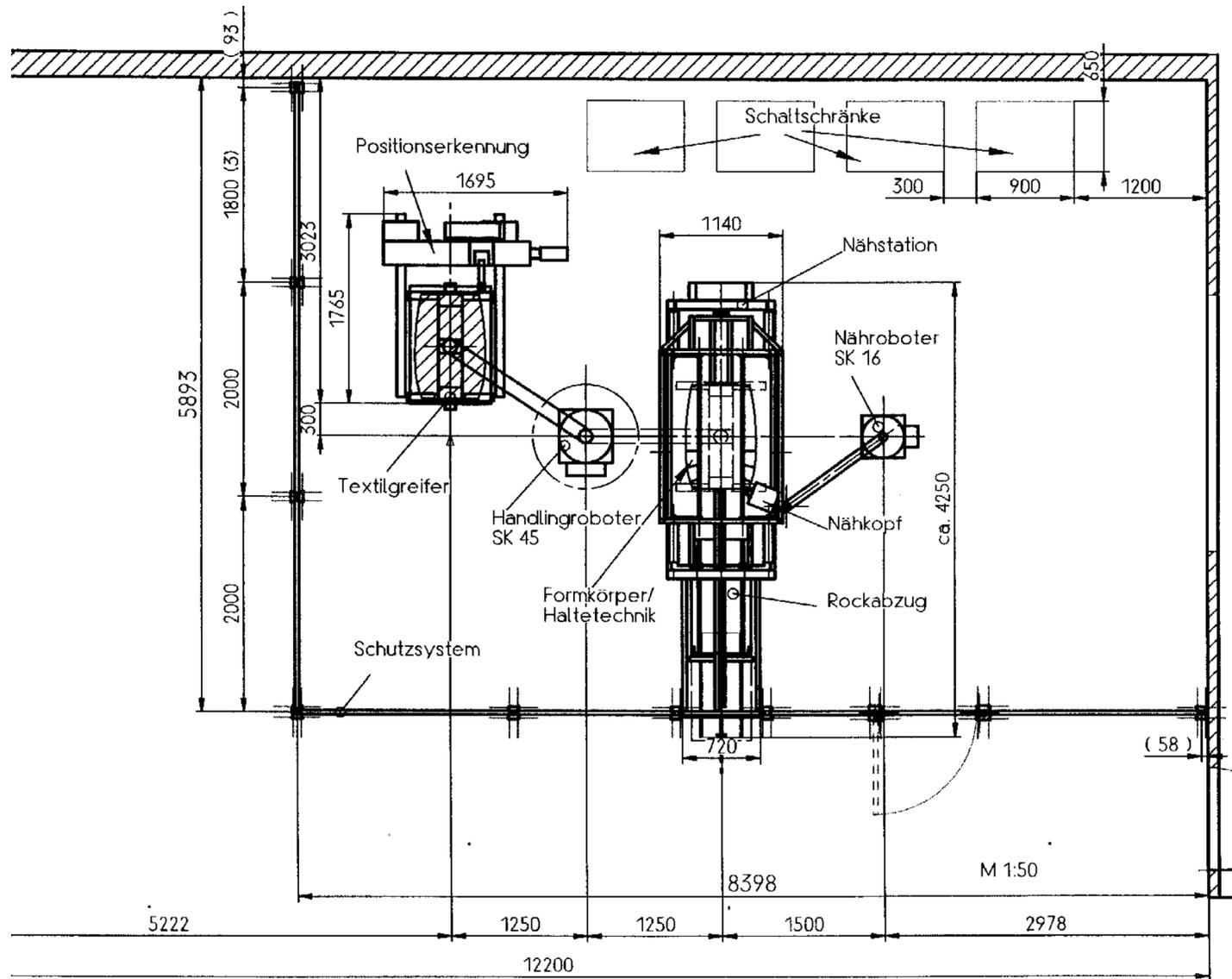


Bild 5-4: Aufstellungsplan der Nähzelle am vorgesehenen Standort der Pilotanlage (Künzel 2001)

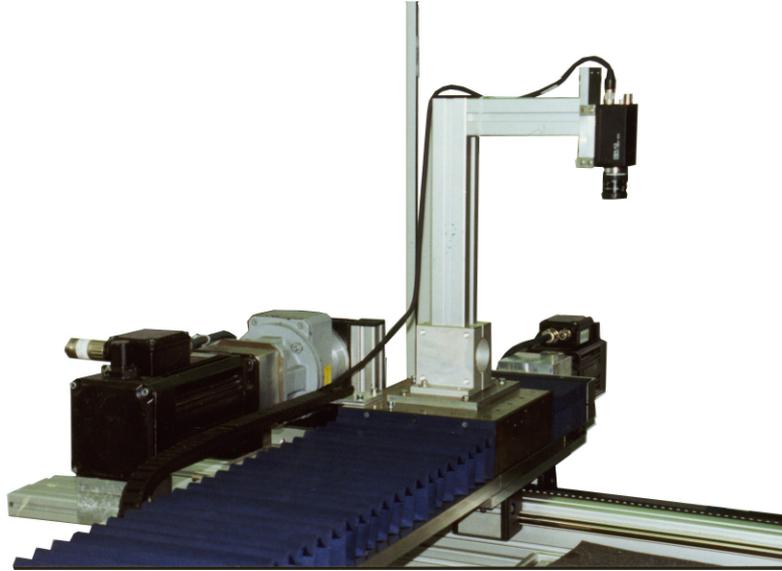


Bild 5-5: Die in x- und y-Richtung verfahrbar angeordnete CCD-Kamera der Positionserkennung. Unten rechts ist eine Ecke des Zuschnitteils erkennbar.

Die Verwendung einer verfahrbaren Kamera ermöglicht die Erkennung unterschiedlich großer Teile mit einer konstanten Bildqualität. Der Nachteil der entstehenden Verfahrzeit wird durch die in dieser Zeit stattfindende Bildauswertung aufgehoben. Die Ansteuerung der Kamera erfolgt durch ein Softwaremodul, das eine genaue manuelle Positionierung oder die Durchführung einer Referenzfahrt zur Einrichtung ermöglicht. Mit dem System können Lageabweichungen bis zu ± 3 cm erkannt werden. Die Meßzeiten für ein Zuschnitteil betragen rund 20 Sekunden (Kröber 1998). Eine Beschleunigung ist durch den Einsatz schnellerer Rechner (Industriestandard-PC) und den Einsatz von Linearmotoren möglich (Feldhoff 2001).

Flexibles Textilgreifersystem

Das Greifersystem (Bild 5-6) ist an einem Roboter Yaskawa Motoman SK 45 montiert. Mit ihm werden die zu vernähenden Teile aus der Positionserkennung herausgenommen und auf dem Formkörper aufgelegt. Das System ist in Form eines Doppel-T-Profiles aufgebaut. Die tragende Struktur bilden hierbei die beiden Führungsschienen der einzelnen Traversen, die jeweils mit zwei Führungswagen bestückt sind. Die beiden senkrecht zur Haupttraverse verlaufenden Quertraversen sind an den jeweiligen Führungswagen der Haupttraversen befestigt. Die Laufrollenführungen der Quertraversen sind ebenfalls mit je zwei Laufwagen bestückt (Schweitzer 2001b).

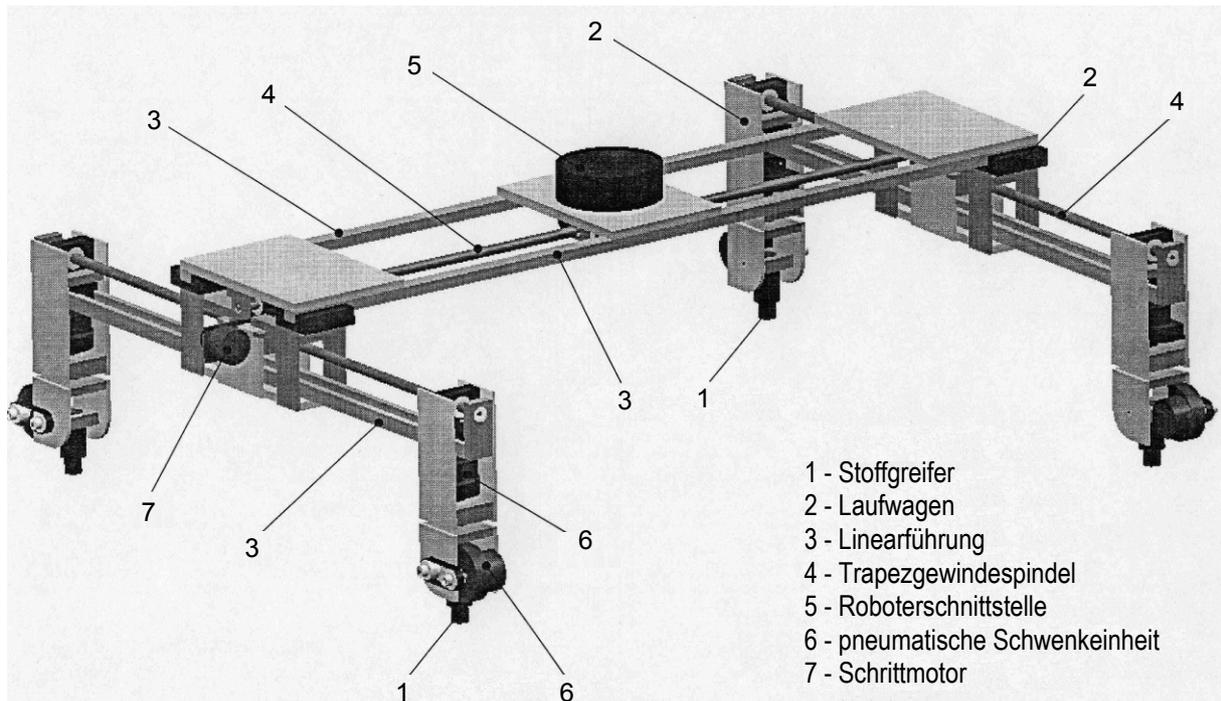


Bild 5-6: 3D-Ansicht des flexiblen Greifersystems (Schweitzer 2001b)

An jedem dieser Laufwagen ist je eine Nadelgreifereinheit montiert, innerhalb derer die beiden Schwenkachsen zur Ausrichtung der jeweiligen Nadelgreifer integriert sind. Die vier Greifer, mit denen das Zuschnitteil gegriffen wird, sind über eine Klemmplatte auf der entsprechenden Achse befestigt. Die Position der vier Nadelgreifer kann durch Verfahren der Haupt- und Quertraversen linear verstellt werden. Über die Schwenkachsen können die Nadelgreifer im Raum orientiert werden, so daß sie senkrecht zur gekrümmten Formkörperoberfläche stehen. Die Verstellung der Traversen erfolgt jeweils mit Hilfe eines Schrittmotors, der zwei Trapezgewindespindeln antreibt. Mit Hilfe je einer Mutter pro Spindel wird die rotatorische Bewegung der Spindel in eine translatorische Bewegung umgewandelt. Zur Anbindung des flexiblen Greifersystems an den Handhabungsroboter ist auf einer Platte, die zwischen den Führungsschienen der Haupttraversen angeordnet ist, eine manuell zu betätigende Werkzeugwechseleinheit montiert (Schweitzer 2001b).

Nähstation

Das Grundgestell der Nähstation, bestehend aus genormten Aluminium-Nutprofilen, ermöglicht die drehbare Lagerung des Schwenkrahmens und trägt das Antriebsmodul sowie die Endlagensicherung. Die Lagerung des Schwenkrahmens (Bild 5-7) erfolgt einerseits durch die Aufnahme des Laufringes in zwei freilaufenden Profilrollen am Grundgestell und andererseits

mittels Kupplung an einem Stehbolzen der antriebsseitigen Wälzlagerung. Die Übertragung des Drehmoments auf den Schwenkrahmen erfolgt direkt von einem pneumatischen Schwenkzylinder (Künzel 2001).

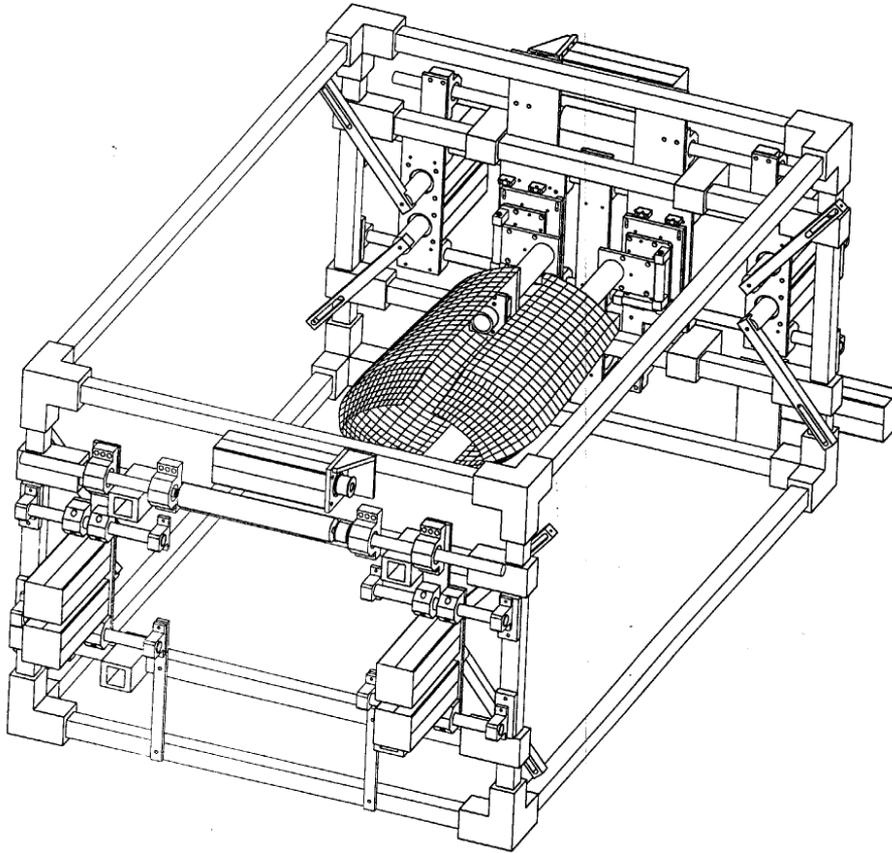


Bild 5-7: Der Schwenkrahmen der Nähstation mit dem zweiteiligen Formkörper bei weggelassener Haltetechnik (Tetzlaff 1999b)

Der Schwenkrahmen als eigentlicher Träger der gesamten Haltetechnik, Formkörper und Formkörperverstelleinrichtung ist aus statischen Gründen als geschlossener Rahmenkäfig aus Vierkant-Profilrohren ausgebildet. Gegenüber der Formkörperbefestigung im Schwenkrahmen ist dieser zentrisch mit einem Laufring verbunden. Die Öffnung des Laufringes ermöglicht das Greifen und Abziehen des genähten Rockes an der Bundseite durch eine gesonderte Baugruppe. Zwei unterhalb des Schwenkantriebes angeordnete hydraulische Bremszylinder ermöglichen über einstellbare Endanschläge ein sanftes Einführen und erschütterungsarmes Halten des Schwenkrahmens nach Drehbewegungen von jeweils 180° im Reversierbetrieb (Künzel 2001).

Formkörper

Die Generierung des Formkörpers erfolgt auf der Grundlage der zweidimensionalen Zuschnittgeometrien des Konfektionärs. Hierzu werden die Geometrien in ein FEM Programm übertragen und dort mit einem Innendruck beaufschlagt, so daß eine modellhaft dreidimensionale Hülle entsteht. An dieser werden anschließend die Seitennähte und die Abnäher geschlossen. Die so entstehende Geometrie muß eine lückenlose, falten- und spannungsfreie Anlage der Zuschnitte sowie eine gute Zugänglichkeit der Roboternähmaschine gewährleisten. Hierzu werden die Parameter, wie z. B. die Gittergröße bei der FEM-Berechnung, variiert. Die Berechnungsergebnisse werden an ein CAD-Programm übergeben, aus dem die NC-Datensätze zur Formkörperfertigung generiert werden (Schweitzer 2001a). Außerdem dienen die Daten als Grundlage für die Roboterprogrammierung.

Der aus glasfaserverstärktem Kunststoff bestehende Formkörper ist halbiert und kann aufgrund seiner Fehlstellen zusammengeschoben werden, so daß der hinterschnittene Rock abgezogen werden kann (Pasuch 1998a). Durch Variation des Abstands der Hälften können mit dem Formkörper unter bestimmten Voraussetzungen auch verschiedene Konfektionsgrößen gefertigt werden (vgl. Kapitel 7.2).

Haltetechnik

Aufgabe dieser in Bild 5-8 gezeigten Komponente ist das sichere Halten der Zuschnitteile auf dem Formkörper. Die hierbei aufzubringenden Kräfte sind gering, da zwischen der Nähmaschine und dem Stoff keine Kräfte ausgeübt werden. Die Haltetechnik bringt punktförmige Kräfte normal zur Formkörperoberfläche auf. Sie ist in der Position leicht verstellbar, um sie an die Seitennahtkonturen des Formkörpers anzupassen (Tetzlaff 2001a).

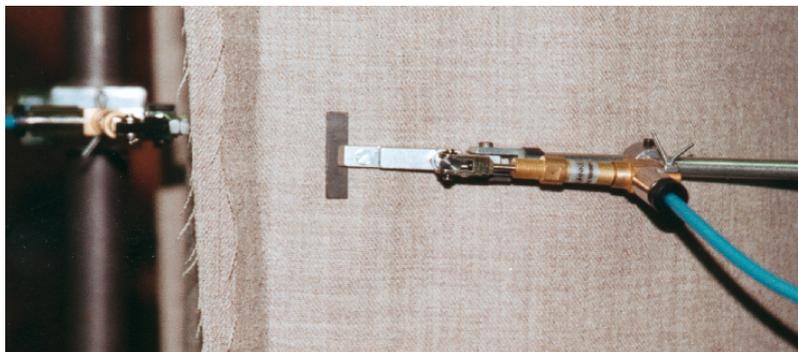


Bild 5-8: Ein Halteelement in angelegtem Zustand am bestückten Formkörper

Die Halteelemente werden mit Hilfe von Schrittmotoren über den Formkörper geschwenkt und anschließend pneumatisch abgesenkt. Die Konstruktion der Haltetechnik basiert zum großen Teil auf Normteilen, die teilweise leicht modifiziert sind (Tetzlaff 2001a).

Safety-Roboternähmaschine und Roboter

Die Roboternähmaschine weicht in wesentlichen Punkten von normalen Industrienähmaschinen ab. Neben der prinzipiellen Montierbarkeit auf einem serienmäßigen Industrieroboter ist ein möglichst geringer Abstand (wenige Millimeter) zwischen Nadel und Maschinenaußenkante erforderlich (Kapitel 6.4). Die freie Bewegbarkeit im Raum erfordert eine funktionierende Schmierung auch bei Überkopfnähvorgängen.

Konstruktiv wurde zunächst der Untergreifer um 90° in die Nährichtung gedreht. Zur Realisierung der für die Stichart 504 (Überwendlich) erforderlichen Kinematik macht der Untergreifer eine räumliche Bewegung mit einer Versatzamplitude, die größer als die Nahtbreite ist. Die Obergreiferbewegung ist ebenfalls räumlich, um sich von der Untergreiferfadenübernahmestelle bis vor die Nadel zu bewegen. Beide Drehachsen sind quer zur Nährichtung angeordnet. Kurvengetriebe realisieren die der Drehbewegung überlagerte translatorische Bewegung. Mit Hilfe eines Kompensationsgetriebes bleibt die Nadel beim Eingriff in das Nähgut relativ zu diesem stehen, während sich die Roboternähmaschine kontinuierlich bewegt (Künzel 2001).

Die für die Überwendlichnaht erforderliche Beschneidung der Nähgutkante wird durch ein sich sehr nah vor der Nadel befindliches angetriebenes Messer realisiert. Zur Schmierung wird bei hochbeanspruchten Lagern eine dosierte automatische Ölschmierung eingesetzt. Daneben werden wartungsfreie Wälz- und Gleitlager verwendet. Die Nähfadenspulen befinden sich am Roboter, so daß die Nähfäden über neuentwickelte externe Fadenvorgaben zur Nähmaschine geführt werden (Künzel 2001).

Nähroboterprogrammierung

Die Programmierung des Nähroboters Yaskawa Motoman SK 16 erfolgt mit Hilfe eines Programmiersystems auf einer Unix Workstation mit grafischer Benutzeroberfläche. Auf der Grundlage der FEM-Daten des Formkörpers und unter Berücksichtigung der Nähzelligeometrie erfolgt die Programmierung und Simulation der Roboterbewegung.

Die Übertragung der Roboterprogramme sowie die Kalibrierung des Roboters können online über eine Internetverbindung erfolgen. Voraussetzung hierfür ist die Kenntnis des genauen Roboterzustandes und seiner Umgebung, wie z. B. der Achsstellungen oder drohender Kollisionen. Daher ist in der Nähzelle eine Kamera installiert, die die notwendigen Informationen für den Kalibrierungsprozeß liefert (Tetzlaff 2000).

Stichbildungsüberwachung

Zur Erkennung der Fehler in der Stichbildung wird eine Full-Frame-Matrix-Kamera eingesetzt, die auf den Materialvorschub synchronisierbar ist. Damit wird eine lückenlose Überwachung der Nahtzone gewährleistet. Die Auflichtbeleuchtung mit Lichtfasertechnik berücksichtigt die beengten Platzverhältnisse und stellt gleichzeitig die wegen der Wärme-problematik bei Textilien notwendige Kaltlichtquelle dar (Bild 5-9). Die Software der Fehlererkennung arbeitet mit speziellen Fehleralgorithmen, die eine hohe Erkennbarkeit auch bei kontrastarmen Nähgarn-Stoffkombinationen gewährleisten. Hierzu wird mit Hilfe eines interaktiven Teach-In-Verfahrens an vor Produktionsbeginn durchgeführten Nähversuchen die Leistung der Fehlererkennung optimiert. Die Daten werden in einer Datenbank abgelegt, so daß bei Artikelwiederholungen kein erneutes Teach-In erforderlich ist (Bergmann 2001b).

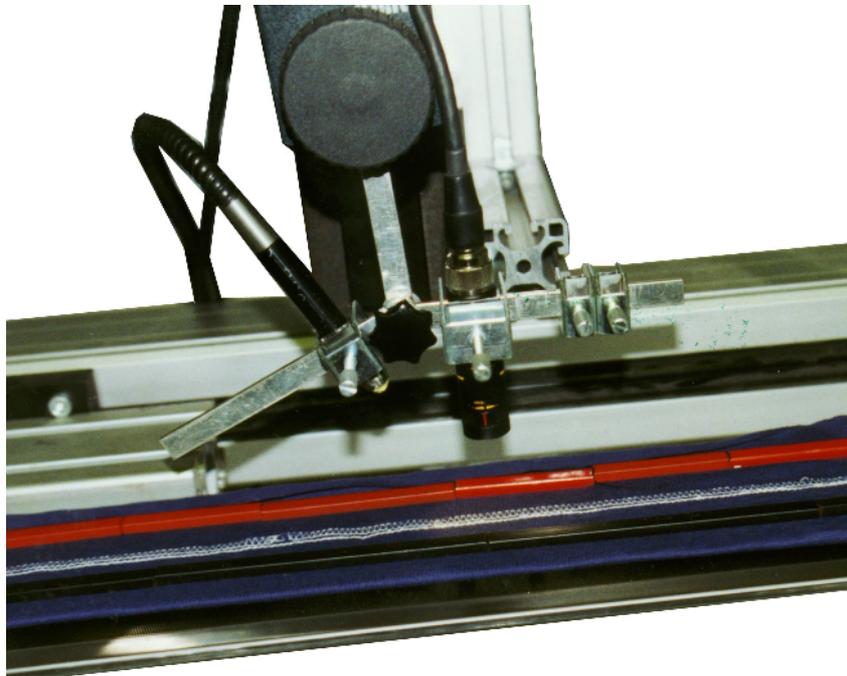


Bild 5-9: Die Stichbildungsüberwachung mit der Kamera und der Kaltlichtbeleuchtung

Rockabzug

Hauptbestandteil der Baugruppe Rockabzug ist ein pneumatischer Linearantrieb mit einem Hub von 1800 mm, welcher verbunden mit einem am Grundgestell befestigten Rahmen in Längsachse zur Nähstation bis an den Formkörper reicht. Der Führungsschlitten der Einheit trägt zwei starr auf Lineareinheiten befestigte Kniehebelgreifer, die über einen quer zur Linearführung laufenden Zahnstangenantrieb verstellbar angeordnet sind und damit den verschiedenen Rockgrößen Rechnung tragen (Künzel 2001).

5.2.4 Leitsystem

Das zentrale Leitsystem basiert auf einer Oracle-Datenbank und übernimmt im wesentlichen die Auftragseingabe, die Feinplanung, die Ablaufsteuerung, das Zellenauftragsmanagement und die Transportsystemsteuerung (Valkyser 2001). Die Bedienung erfolgt über verschiedene Datenbankmasken, wie z. B. über die in Bild 5-10 gezeigte Maske zur Eingabe und Ansicht von Arbeitsplänen.

Developer/2000 Forms Runtime for Windows 95 / NT
 Bearbeitung Tabelleninhalt Stammdaten Auftragsdaten Zuschneidedaten Help Window

Arbeitsplan und seine Arbeitsgänge

Arbeitsplan-Stammdaten

Arbeitsplan: AP 40189 Status: 30: freigegeben

Beschreibung: BEISPIELROCK 40189

Fertigteil-Typ: ROCK 40189

Arbeitsgänge

Arbeitsgang	Beschreibung	Dauer in Sek.	Arbeitsplatzgruppe	Liegezeit vor	Liegezeit nach	Rüstzeit	Zu-Führen	Ab-Führen
AG0-40189	Zuschnitt	600	CUTTER	0	0	0	0	3
AG1-40189	Abnaeher schliessen Vorderteil	60	2DN_TYP1	0	0	0	1	1
AG2A-40189	Abnaeher schliessen Rueckenteil1	60	2DN_TYP1	0	0	0	1	1
AG2B-40189	Abnaeher schliessen Rueckenteil2	60	2DN_TYP1	0	0	0	1	1
AG3A-40189	Hintere Mitte Versaeubern RT1	60	2DN_TYP2	0	0	0	1	1

WZL TH AACHEN < > verwerfen speichern schließen ?

Arbeitsgangname
Record: 1/10

Bild 5-10: Bildschirmmaske für die Eingabe und Ansicht von Arbeitsplänen (Valkyser 2001)

Die Auftragseingabe erfolgt auf der Grundlage der vorher eingegebenen Arbeitspläne. Hierzu werden vom System Datenbanktabellen ausgefüllt, die die Aufträge auf die einzelnen Arbeitsgänge aufteilen. Weiterhin werden die für den Auftrag benötigten Teile in der Datenbank angelegt. Auf dieser Grundlage erfolgt die Feinplanung, wobei hier neben der Kundenauftragsnummer die Termine für den Beginn und das Ende des Auftrages, sowie eine Priorität eingegeben werden können. Die erforderlichen Fertigungsaufträge sind in einer Maske zur Information des Bedieners aufgeführt. Der Fertigungsauftrag selbst gibt Aufschluß über die Anzahl der zu fertigenden Teile, die Blockgröße der Teile und über die Art des zu fertigenden Arbeitsplans. Da die gefertigten Teile mitprotokolliert werden, kann man aus dieser Maske auch den Auftragsfortschritt erkennen (Valkyser 2001).

Die Module Auftragseingabe, Feinplanung, Ablaufsteuerung, Zellenauftragsmanagement und Transportsystemsteuerung sind allgemein ansprechbar. Für die anderen Bearbeitungsstationen wurden spezielle Protokolle entwickelt, über die sie beauftragt werden können. Die Bearbeitungsstationen geben Rückmeldungen zum Bearbeitungsfortschritt und zu den Ergebnissen, die in der Datenbank abgelegt werden können (Valkyser 2001).

5.3 Vor- und nachgelagerte Arbeitsstationen

Die nicht im Integrierten 3D-Nähsystem angeordneten weiteren Arbeitsplätze, die zur vollständigen Fertigung des Rocks erforderlich sind, sind in der Pilotanlage in derselben Halle angeordnet, so daß möglichst kurze Transportwege entstehen. An vorgelagerten Arbeitsstationen erfolgen die Fertigung des Futters und den Bundes, wobei diese auch mit dem Einzellagencutter zugeschnitten werden. Im Anschluß an den letzten Arbeitsgang in der 3D-Nähzelle erfolgen noch zahlreiche Arbeitsschritte, die in Tabelle 3-2 und Tabelle 3-3 beschrieben sind. Die notwendigen Arbeitsplätze werden unverändert aus der bisherigen Fertigung übernommen. Bei sehr leistungsfähigen 3D-Nähsystemen, die mehr als einen Rock pro Minute fertigen können, müssen die vor- und nachgelagerten Arbeitsplätze in ausreichender Anzahl vorhanden sein, um eine vollständige Auslastung des Nähsystems zu gewährleisten (Zweig 1997).

5.4 Fazit

Alle Teilsysteme des Integrierten 3D-Nähsystems wurden von einem Netzwerk aus Hochschulen und Unternehmen entwickelt und prototypisch realisiert. Einen wesentlichen Beitrag hierzu leistete die vom Verfasser durchgeführte und in Kapitel 4 dargestellte Reflexion des Entwicklungsprozesses mit Hilfe der Methode des Dualen Entwurfs. Die einzelnen Schnittstellen zwischen benachbarten Systemen wurden von den jeweils beteiligten Partnern in Kooperation entwickelt und in Simulationsläufen getestet, so daß deren Funktionsfähigkeit gezeigt werden konnte.

Das technische Ziel des Verbundprojekts war die Entwicklung eines automatisierten Nähsystems, das Bekleidung auf einem sehr hohen Qualitätsniveau herstellen kann und gleichzeitig den sich ständig ändernden Marktanforderungen durch seine Flexibilität gerecht wird. Die Überprüfung dieser Ziele ist der Inhalt der folgenden Kapitel, in denen zunächst die qualitäts- bzw. flexibilitätsrelevanten Aspekte herausgearbeitet werden, bevor sie einer qualitativen Bewertung unterzogen werden.

6 Zielgröße Qualität

6.1 Methodik

Die Erzielung einer maximalen Qualität bei möglichst hoher Flexibilität stellen die beiden wichtigsten Ziele bei der Entwicklung des Integrierten 3D-Nähsystems dar. Aus diesem Grund wird in diesem und dem folgenden Kapitel das erzielte Ergebnis, d. h. die Pilotanlage, unter den Aspekten der Zielgrößen „Qualität“ und „Flexibilität“ überprüft. Hierfür wird eine mehrschrittige Vorgehensweise gewählt, die mit einer abschließenden Bewertung endet:

- Unter den Überschriften *Begriffsbestimmung* und *Problembeschreibung* werden zunächst die allgemeinen Zielgrößen konkret auf das Produkt Rock bezogen und in zwei (Qualität) bzw. vier (Flexibilität) Anforderungen differenziert.
- Eine Darstellung der für die Zielgrößen Qualität bzw. Flexibilität essentiellen *Lösungsansätze*, die in der Pilotanlage realisiert bzw. im Rahmen der Entwicklung weitgehend untersucht wurden, bildet den zweiten Schritt.
- Die *qualitäts-* bzw. *flexibilitätsrelevanten Aspekte* des Gesamtsystems werden bezogen auf die Einzelsysteme in Form von Lösungsansätzen und deren Auswirkungen herausgearbeitet und abschließend tabellarisch zusammengefaßt.
- Die vierstufige *Bewertung*, die die herausgearbeiteten Lösungsansätze und ihre Auswirkungen in einen Bezug zu den Ergebnissen der Problembeschreibung setzt, bildet den Abschluß.

Der grundsätzlich identische Aufbau der Kapitel 6 und 1 unterscheidet sich aufgrund der unterschiedlich gelagerten Zielgrößen Qualität und Flexibilität lediglich in der Gliederungstiefe. Insbesondere kann bei der Zielgröße Flexibilität auf eine allgemeine Begriffsbestimmung verzichtet werden.

6.2 Begriffsbestimmung „Qualität“

Der Begriff „Qualität“ wird in sehr vielen Zusammenhängen benutzt, wobei der allgemeine Begriff für die Anwendung im speziellen Fall enger eingegrenzt werden muß. Der Begriff selbst ist u.a. nach DIN EN ISO 8402 (1995), basierend auf der DIN 55350 Teil 11 (1995), definiert:

„[Qualität ist die] Gesamtheit von Merkmalen (und Merkmalswerten) einer Einheit bezüglich ihrer Eignung, festgelegte oder vorausgesagte Erfordernisse zu erfüllen.“
(DIN EN ISO 8402, S. 9, 1995)

„Eine Einheit kann z. B. sein

- eine Tätigkeit oder ein Prozeß,
 - ein Produkt,
 - eine Organisation, ein System oder eine Person, oder
 - irgendeine Kombination daraus“.
- (DIN EN ISO 8402, S. 6, 1995)

Diese sehr allgemein gehaltene Begriffsdefinition kann innerhalb eines kundenorientierten Qualitätsmanagements dahingehend spezifiziert werden, daß Qualität die Erfüllung von Anforderungen des Kunden darstellt. Das bedeutet, daß die Qualitätsansprüche des Kunden erfaßt und als bedeutsam angesehen werden müssen.

Weiterhin soll Qualität nicht nur durch nachträgliche Prüfungen an den Produktkomponenten erzielt werden, sondern durch einen sicher beherrschten Leistungsprozeß sollen Fehler von vornherein vermieden werden. Diese sichere Beherrschung der einzelnen Produktionsstufen wird als Prozeßqualität bezeichnet und stellt einen wichtigen Faktor im Qualitätsmanagement dar. Die Qualitätszielsetzung muß Produkt- und Prozeßqualität beinhalten, die beide unverzichtbare Ziele im Qualitätsmanagement sind. Wenn durch geeignete Maßnahmen beide Ziele erfüllt werden können, führt eine hohe Qualität zu niedrigeren Kosten und kürzeren Durchlaufzeiten und nicht umgekehrt (Wildemann 1992).

Die Prozeßqualität spielt beim Integrierten 3D-Nähsystem eine Rolle, da durch eine Automatisierung eine bessere Prozeßkontrolle und somit eine Fehlerkontrolle innerhalb der Produktionsstufen möglich gemacht wird. Eine Dokumentation von Prozeßparametern, wie z. B. Retourenzahlen, Durchlaufzeiten oder Mängellisten, führt zu einer größeren Übersichtlichkeit innerhalb der Qualitätsplanung und –steuerung. Es kann genau festgestellt werden, in welcher Prozeßstufe Fehler auftreten, die eine Qualitätsminderung verursachen. Durch frühzeitiges Erfassen dieser Informationen können Fehler eventuell vermieden oder beseitigt werden.

Ein Qualitätsmanagementsystem, das die zu erfassenden Prozeß- und Qualitätsdaten verarbeitet und die Ergebnisse für die Qualitätssicherung nutzt, ist in der Textilindustrie nur wenig verbreitet (Wulfhorst, Cherif 1996).

Das Verständnis der Produkt- und Prozeßqualität unterliegt einem laufenden Wandel hin zu einer umfassenderen Betrachtung. Henning und Afflerbach (1996b) haben für die Textilindustrie diesen Wandel dokumentiert (Tabelle 6-1).

Produktqualität	
<i>heute</i>	<i>morgen</i>
<ul style="list-style-type: none"> – Einlaufsicherheit – Farbechtheit – Tragekomfort – Waschbarkeit – Beanspruchbarkeit 	<ul style="list-style-type: none"> – Recyclierbarkeit – Umweltverträglichkeit bei Herstellung und Verwertung – frei von Allergenen
Prozeßqualität	
<i>heute</i>	<i>morgen</i>
<ul style="list-style-type: none"> – wenig Verunreinigungen – wenig Fadenbrüche – gleichmäßige Fadendicke – Möglichkeit hoher Verarbeitungsgeschwindigkeiten 	<ul style="list-style-type: none"> – Transparenz über Produktlinie – Färbe- und Ausrüstungsflotten in geschlossenen Kreisläufen – Hilfsmittel bekannt und rückführbar – Dispositions- und Entscheidungsspielräume

Tabelle 6-1: Der Wandel im Verständnis von Produkt- und Prozeßqualität in der Textilindustrie (Henning, Afflerbach 1996b)

Eine Übertragung auf die Bekleidungsindustrie ist wegen der direkten Abhängigkeiten leicht möglich und erfolgt in Tabelle 6-2. Bei der Produktqualität ist die Paßform als heutiges erstes Qualitätsmerkmal zu ergänzen. Bei der Prozeßqualität ist das Merkmal „wenig Fadenbrüche“, d. h. möglichst wenig Prozeßunterbrechungen, durch das Merkmal „kontinuierliche Transportkette“ zu ersetzen. Analog steht das Merkmal „gleichmäßige Fadendicke“ für gleichbleibende Qualität, die sich in der Bekleidungsindustrie durch „gleichbleibende Nahtabstände“ ausdrücken läßt. Da in der Näherei keine chemischen Prozesse stattfinden, entfällt das Merkmal „Färbe- und Ausrüstungsflotten in geschlossenen Kreisläufen“.

Produktqualität	
<i>heute</i>	<i>morgen</i>
<ul style="list-style-type: none"> - Paßform - Einlaufsicherheit - Farbechtheit - Tragekomfort - Waschbarkeit - Beanspruchbarkeit 	<ul style="list-style-type: none"> - Recyclierbarkeit - Umweltverträglichkeit bei Herstellung und Verwertung - frei von Allergenen
Prozeßqualität	
<i>heute</i>	<i>morgen</i>
<ul style="list-style-type: none"> - wenig Verunreinigungen - kontinuierliche Transportkette - gleichbleibende Nahtabstände - Möglichkeit hoher Verarbeitungsgeschwindigkeiten 	<ul style="list-style-type: none"> - Transparenz über Produktlinie - Hilfsmittel bekannt und rückführbar - Dispositions- und Entscheidungsspielräume

Tabelle 6-2: Der Wandel im Verständnis von Produkt- und Prozeßqualität in der Bekleidungsindustrie

Zur Realisierung einer hohen Produktqualität bieten sich nach Wildemann (1992) grundsätzlich vier Maßnahmen an.

- „1. Übernahme der Kontrolle durch automatische Einrichtungen im Produktionsprozeß und damit Sicherstellung einer gleichbleibenden Wiederholhäufigkeit im Prozeß: Qualitätssicherung durch Automation.
2. Motivationssteigerung der Mitarbeiter zur Hebung des Qualitätsstandards: Qualitätssicherung durch Selbstkontrolle.
3. Konzentration der Kontrolle auf Prozeßparameter: Qualitätssicherung durch Prozeßkontrolle.
4. Optimierung der Prozeßparameter bei laufender Produktion: Qualitätssicherung durch begleitendes Prozeßdesign und Umfeldkontrolle“. (Wildemann 1992)

Damit wird deutlich, daß nicht nur die reine Produktqualität, sondern sowohl die Verbesserung der Prozeßqualität als auch die Qualität aus der Perspektive des Gesamtfertigungssystems wichtig sind, um eine hohe Qualität zu gewährleisten.

6.3 Problembeschreibung

6.3.1 Qualitätsrelevante Merkmale in der Bekleidungsfertigung am Beispiel Rock

Bei der herkömmlichen Rockfertigung in der Näherei durchläuft die Ware vom Zuschnitt bis zum Endprodukt rund zehn Näharbeitsplätze. An den einzelnen Arbeitsplätzen ist die Qualität des Produktes wesentlich von der dort beschäftigten Näherin abhängig.

Der Zuschnitt erfolgt aus Gründen der Zeit- und Kosteneinsparung meist als Mehrlagen-zuschnitt. Danach werden die Teile vereinzelt und mit einem Identifikationscode markiert. Anschließend erfolgt eine Bündelung der zusammengehörigen Teile auf Rollwagen. Das Material wird in den Transportwagen an die nachfolgenden Arbeitsplätze manuell verteilt.

Beim Mehrlagenzuschnitt kommt es durch ein Abrutschen des Messers über die Dicke der Stofflagen häufig zu leichten Abweichungen zwischen den oberen und unteren Stofflagen, so daß die Zuschnitte nicht immer identisch sind (Stumpe 1996). Die Größenabweichung der Zuschnitte der oberen Lagen und der unteren Lagen kann mehrere Millimeter betragen und beim Zusammennähen eine unterschiedliche Paßform des Endproduktes bewirken (Moll, Händler 1996). Die Reproduzierbarkeit des Rockes wird sowohl von der Fertigkeit der Näherin als auch vom Zuschnitt bestimmt.

An den Näharbeitsplätzen wird das biegeschlaffe Material zweidimensional vernäht. Das Aufnehmen des Stoffes und das Verarbeiten ist aufgrund seiner Materialeigenschaften mit einem größeren Zeitaufwand verbunden. Unzureichendes Markieren der Stoffteile kann zum Verwechseln der Zuschnitte und zum fehlerhaften Vernähen der Teile führen. Eine Beeinträchtigung der Produktqualität durch Verwechslung kann vermieden werden, wenn die Kennzeichnung, Handhabung und Lenkung der Materialien geplant und gesteuert wird (Frielinghaus-Turowski 1994).

Beim Zusammennähen der Rockhälften wird von der Näherin erwartet, aus dem flachen, formlosen Material eine volumenbehaftete Körperstruktur herzustellen. Dies erreicht sie, indem sie die Nahtbahn einer idealisierten, abgewickelten Form angleicht, der Schnittkante der Rockhälfte. Die Schnittkanten der Rockhälften bilden die Referenzlinien für das Einbringen der Naht, was zwar dazu führt, daß die Nahtbahn nahezu parallel zur Schnittkante verläuft,

aber bei Schwankungen des Zuschnittkantenverlaufs zu Abweichungen in der Paßform führt. Abhängig von der Erfahrung und Konzentration der Näherin ergeben sich während dieses Arbeitsschrittes jedesmal geringfügige Abweichungen in der Nahtbahn. Außerdem kann die Naht unterschiedlich gerade oder dicht ausfallen, was die Paßform des Rockes beeinträchtigt und somit die Qualität des Produktes maßgeblich bestimmt (Moll, Händler 1996).

Da während des Nähvorganges das Material bewegt werden muß und die Nähmaschine ortsfest ist, kann es durch Verrutschen des biegeschlaffen Materials zu Nahtverschiebungen kommen, was qualitätsmindernde Auswirkungen auf die Form des Rockes haben kann (Pasuch, Schweitzer 1999). Die Näherin sollte während der Handhabung der Teile und des Vernähens das Material auf Materialfehler untersuchen (Qureshi 1996). Diese Qualitätsselbstkontrolle kann bezogen auf die Routine der Näherin und die Schnelligkeit ihrer ausgeführten Arbeit nicht immer als ausreichend angesehen werden. Unzulänglichkeiten in der Kontrolle führen wiederum zu Folgekosten aus Ausschußproduktion oder gar Rücknahme der Ware vom Kunden (Frielinghaus-Turowski 1994). In der folgenden Tabelle 6-3 sind die wichtigsten qualitätsrelevanten Tätigkeiten und deren Auswirkungen zusammengefaßt.

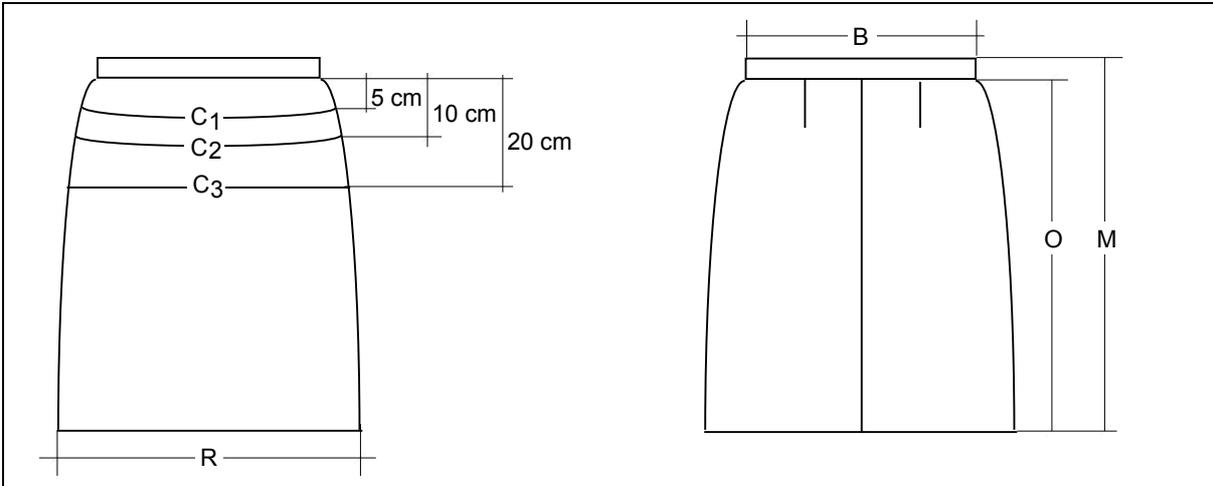
Qualitätsrelevante Tätigkeit	Auswirkungen
Genauigkeit des Zuschnittes	gleichbleibende Größe
Bündelfertigung	Vereinzelungs- und Sortieraufwand
Fertigkeit der Näherin	Nahtqualität, Paßform, Aussehen (insbesondere bei gemusterter Ware)
manueller Transport mit Rollwagen	zeitaufwendig, großer Handhabungsaufwand

Tabelle 6-3: Die wichtigsten qualitätsrelevanten Tätigkeiten in der Näherei und deren Auswirkungen auf die Produkt- und Prozeßqualität

6.3.2 Qualitätsanforderungen in der Rockfertigung

Qualität ist die Erfüllung der Qualitätsansprüche der Kundinnen. Die qualitätsorientierte Kundin, auch Premium-Kundin genannt, hat hohe Anforderungen an Hersteller und Produkt, und sorgt für 41 % des gesamten Damenoberbekleidungs-Umsatzes. Dazu gehören Qualität, Vertrauen, Erlebnis, Exklusivität und Emotionalität in Design, Material, Verarbeitung, Paßform und Präsentation. Außerdem kauft diese Kundin sehr modebewußt ein (Ertelt 1997).

Allgemein wird die Qualität eines Bekleidungsartikels bezüglich der Aspekte Material, Verarbeitung, Paßform, Gebrauchstauglichkeit und Einhaltung gesetzlicher Anforderungen bewertet (Mecheels 1996). Für die Einführung eines neuen Nähverfahrens sind besonders die Verarbeitung und die Paßform sowie die Einhaltung von Toleranzwerten als Anforderungen herauszustellen. Tabelle 6-4 zeigt die Maßtabelle für das Rockmodell 40189, für das die Pilotanlage des Integrierten 3D-Nähsystems ausgelegt ist. Ausschlaggebend für die Paßform sind vor allem die Maße B (Taille), C₂, C₃ (Hüftweiten) und R (Saumweite). Für die Qualität der Verarbeitung ist die möglichst genaue Einhaltung der für die Nahtabstände vorgegebenen Maße relevant.



The technical drawing shows two views of a women's skirt. The left view is a side profile showing the waistband, three horizontal waistbands labeled C₁, C₂, and C₃, and the hem labeled R. Vertical dimensions are indicated: 5 cm for the waistband, 10 cm for the distance between C₁ and C₂, and 20 cm for the distance between C₂ and C₃. The right view is a front view showing the waistband width B, and two vertical dimensions O and M representing the skirt length without and with the waistband, respectively.

	Fertigmaße	Größe											
		34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56
B	Taille	66	68	72	76	80	84	88	94	100	106	112	118
C₁	Hüftweite bei 5 cm	keine Angaben											
C₂	Hüftweite bei 10 cm	89	91	95	99	103	107	111	117	123	129	135	141
C₃	Hüftweite bei 20 cm	94	96	100	104	108	112	116	122	128	134	140	146
R	Saumweite	84	86	90	94	98	102	106	112	118	124	130	136
O	Rocklänge ohne Bund	60											
M	Rocklänge inkl. Bund / Bundbreite 3 cm	63											

Tabelle 6-4: Maßtabelle (Auszug) Damenrock (Steilmann o. J.)

6.4 Lösungsmöglichkeit: Dreidimensionales Nähen am Formkörper

Die 3D-Nähtechnologie wird nur bei den qualitätsbestimmenden Nähten, also den formbestimmenden, angewendet, was beim Rock die Seitennähte sind. Der Referenzwert für die Naht wird beim 3D-Nähen durch den Formkörper bestimmt. Beim 2D-Nähen orientiert sich die Naht an der Schnittkante und ist somit wesentlich von der Zuschnittgenauigkeit abhängig (Bild 6-1).

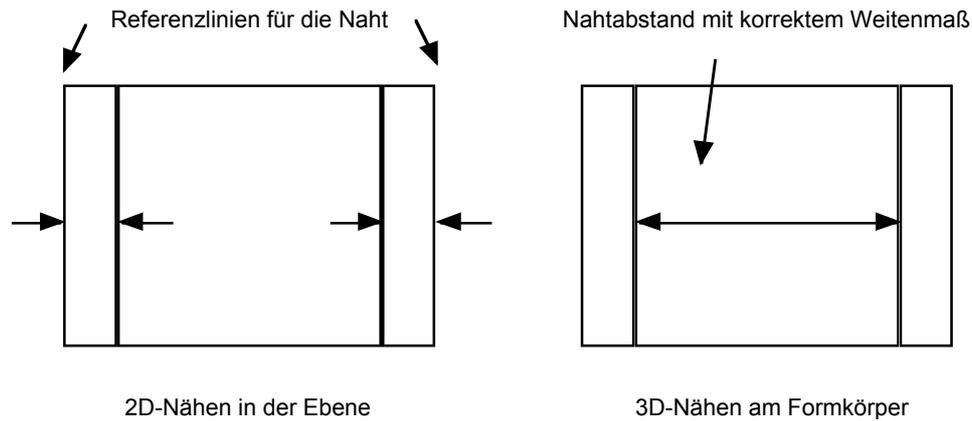


Bild 6-1: Vergleich des Nahtabstandes zwischen 2D- und 3D-Nähen

Die hohe Qualität am Formkörper kann nur erreicht werden, wenn der Abstand der Naht zur Formkörperkante möglichst gering ist. In der Pilotanlage Bekleidung beträgt er bei der Safety-Nähmaschine, wie in Bild 6-2 dargestellt, 3 mm (Künzel 1998).

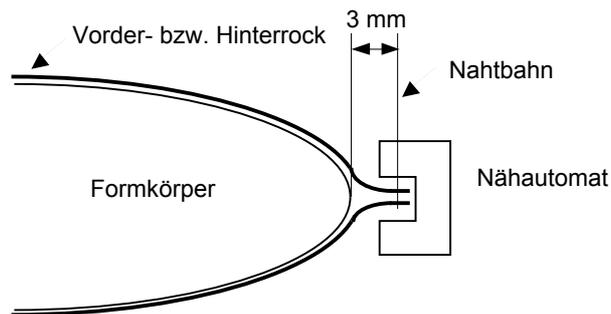


Bild 6-2: Abstand der Naht vom Formkörper

Der Nähroboter produziert exakt vorgegebene Nahtbahnen mit einer reproduzierbar hohen Genauigkeit sowie einer gleichbleibenden Nahtqualität. Nahtverschiebungen werden unterbunden, da das Nähgut durch die Haltetechnik ortsfest bleibt und statt dessen das Nähaggregat bewegt wird (Pasuch, Schweitzer 1999).

6.5 Qualitätsrelevante Aspekte im Gesamtsystem

6.5.1 Fehlererkennung und Einzellagenzuschnitt

Der Einsatz der Fehlererkennung zu Beginn der Prozeßkette verhindert die Herstellung von Bekleidungsstücken mit Materialfehlern, was der Prozeßqualität zugute kommt. Gesenkt werden die erforderliche Produktionszeit und die Fertigungskosten. Eine weitere Folge ist die frühzeitige Erkennung eventueller Materialmängel, so daß zum Beispiel eine frühzeitige Nachbestellung erfolgen kann.

Ausschlaggebend für den Einsatz des Einzellagenzuschnitts ist die Forderung nach einer absolut sicheren Vereinzelung der geschnittenen Einzelteile, da das Abräumen vom Zuschnitt durch ein automatisches Handhabungssystem möglich sein soll. Hierdurch ergibt sich ein Übergang von der klassischen Bündelfertigung zur Einzelfertigung. Das automatische Abräumen bedingt weiterhin eine absolut sichere Trennung des Materials. Umfangreiche Versuche haben ergeben, daß das Rundmesser und das Stichmesser diese Forderung erfüllen. Laser- und Wasserstrahlschneiden kommen hierzu nicht in Frage (Stumpe 1996).

Ein weiterer Qualitätsvorteil des Einzellagenzuschnitts ist die gleichbleibende Größe der Einzelteile, die beim Schneiden hoher Lagen durch das Abrutschen des Messers nicht gewährleistet ist. Ein Problem des Einzellagenzuschnitts ist die Geschwindigkeit, die sich negativ auf die Prozeßqualität auswirken kann. Für besonders leistungsfähige Integrierte 3D-Nähsysteme sind hier mehrere parallel arbeitende Zuschnittssysteme vorzusehen, was Auswirkungen auf die Logistik und somit auf die Prozeßqualität hat. Alternativ sind Leistungssteigerungen der Schnitthanlagen, z. B. in Form von zwei gleichzeitig arbeitenden Messern und kontinuierlichem Stofftransport, möglich. Indirekt auf die Prozeßqualität wirkt sich die fehlende Notwendigkeit von Hilfsmitteln, also Papieren und Folien, aus. Es entfallen mögliche Fehlerquellen und Abfallmengen. Die Zusammenfassung der qualitätssteigernden Maßnahmen mit ihren Auswirkungen stellt Tabelle 6-5 dar.

Lösungsansätze zur Qualitätssteigerung	Auswirkungen
Fehlererkennungssystem	Optimale Stoffausnutzung, Ausschluß von Materialfehlern im Endprodukt
Einzellagenzuschnitt	Gleichbleibende Schnittform, sicheres Vereinzeln, automatische Übergabe an Transportsystem möglich, keine Hilfsmittel nötig
Angetriebenes Rundmesser	Sicheres Trennen, gute Schnittkanten

Tabelle 6-5: Qualitätssteigernde Merkmale beim Zuschnittsystem

6.5.2 Transportsystem

Das Transportsystem realisiert den Einzelteiltransport. Diese Strategie läßt eine erhebliche Steigerung der Prozeßqualität erwarten, da kürzere Durchlaufzeiten erreicht werden. Die verwendete Transporttechnik ist in vielen und deutlich größeren Anlagen erprobt und arbeitet sehr zuverlässig (Schönenberger 1998). Die eindeutige Identifizierung der Einzelteile im Transportsystem erlaubt eine ständige Prozeßkontrolle, deren Informationen bei Bedarf auch an die Kunden weitergegeben werden können. Die Daten können auch elektronisch archiviert werden und der Dokumentation innerhalb eines Qualitätsmanagementsystems dienen (Tabelle 6-6).

Lösungsansätze zur Qualitätssteigerung	Auswirkungen
Identifizierung durch Barcode	Eindeutige Kennzeichnung
Transportleitsystem	Fehlerkontrolle, Abruf der Auftragsdaten, Möglichkeit der Transportverfolgung
Hängefördersystem mit automatischer Zuführung zu den 2D-Arbeitsplätzen	Weniger Handhabungsaufwand
Ablagevorrichtung	Positionsgenaue Übergabe an die 3D-Nähzelle

Tabelle 6-6: Qualitätssteigernde Merkmale beim Transportsystem

Das Transportsystem garantiert auch einen Transport der richtigen Teile zur richtigen Zeit an den richtigen Ort. Hierzu sind die Pufferstrecken und die Sortierkreisel vorgesehen. Negativ auf die Prozeßqualität kann sich die Abhängigkeit vom Transportsystem bei einem Ausfall auswirken. Hier sind daher Rückfallebenen vorzusehen.

6.5.3 2D-Nähplätze

Bei diesen Arbeitsplätzen gibt es prinzipiell keine Änderungen, so daß die Auswirkungen auf die Qualität von der Integration in das Gesamtsystem abhängig sind, also der Anbindung an das Transportsystem. Die Zuführung erfolgt halbautomatisch aus einem Pufferbereich, indem sich die Näherin das Teil nimmt und bearbeitet. Der Abtransport erfolgt nach der Bearbeitung automatisch, wobei davon ausgegangen wird, daß der Arbeitsgang erfolgreich verlief. Bei einem Fehler, entweder beim Näharbeitsgang selbst oder aus einem vorherigen Arbeitsgang, soll die Näherin z. B. durch Betätigung einer Taste das Transportsystem anweisen, das Teil aus dem System auszuschleusen. Das Leitsystem muß dann zusätzlich die Ausschleusung der zugehörigen weiteren Teile und die Änderung des Arbeitsplans veranlassen. Durch diese Vorgehensweise wird eine Werkerselbstkontrolle eingeführt. Tabelle 6-7 faßt die relevanten Merkmale der 2D-Nähplätze zusammen.

Lösungsansätze zur Qualitätssteigerung	Auswirkungen
Automatisches Transportsystem	Weniger Handhabungsaufwand
Leitsystem in bezug auf Arbeitsgangfolge	Weniger Dokumentationsaufwand
Änderung des Arbeitsablaufs	Vereinfachung der Arbeitsgangfolge

Tabelle 6-7: Qualitätssteigernde Merkmale bei den 2D-Arbeitsplätzen

6.5.4 Leitsystem

Die Implementierung eines Leitsystems zur Materialflußsteuerung ist ebenfalls ein qualitätssteigernder Aspekt des Integrierten 3D-Nähsystems. Neben der Kontrolle des Arbeitsfortschrittes erlaubt die Verwendung einer Datenbank die Dokumentation des Herstellungsprozesses und des aktuellen Produktionsstandes. Die Tabelle 6-8 zeigt die Lösungsansätze zur Qualitätssteigerung für das Leitsystem.

Lösungsansätze zur Qualitätssteigerung	Auswirkungen
Ablaufsteuerung	Arbeitsfortschritt und Kontrolle
Ablaufsteuerung	Ablaufkontrolle
Transportsystemsteuerung	Fehlerkontrolle
Datenbank	Arbeitsplandaten, Prozeßparameter, Dokumentation

Tabelle 6-8: Qualitätsmerkmale des Leitsystems

6.5.5 3D-Nähzelle

In der 3D-Nähzelle wird die in Kapitel 6.4 beschriebene Lösungsmöglichkeit realisiert. Der Formkörper garantiert die exakte Einhaltung der Weitenmaße, und der Roboter sorgt in Verbindung mit der Nähmaschine für eine perfekt reproduzierbare Naht. Die Nahtqualität wird zusätzlich durch das Fehlen von Kräften zwischen der Nähmaschine und den zu vernähenden Teilen erreicht. Dies beinhaltet auch den horizontalen Stillstand der Nadel während des Einstichs, der die Zahl der Nadelbrüche durch die Reduzierung der Querkräfte erheblich reduziert. Dadurch verbessert sich die Prozeßqualität. Die übrigen Systeme innerhalb der 3D-Nähzelle sorgen für die korrekte, d. h. faltenfreie und lagerichtige Beschickung des Formkörpers. Die Haltetechnik garantiert eine sichere und dauerhafte Lage der Einzelteile. Die Positionsüberwachung ist die letzte Qualitätskontrolle bezüglich der Form der Vorder- bzw. Hinterröcke und verhindert somit die Herstellung fehlerhafter Produkte (Tabelle 6-9).

Lösungsansätze zur Qualitätssteigerung	Auswirkungen
Beschickungseinrichtung	Automatisches Ablegen der Rockteile auf dem Formkörper
3D-Formkörper	Paß- und volumengenaues Nähen
Haltetechnik	Spannungs- und faltenfreies Halten auf dem Formkörper
Robotergeführte Nähmaschine	Reproduzierbare, genaue dreidimensionale Nahtbahn
Fehlererkennung	Überwachung der Stichbildung

Tabelle 6-9: Qualitätsmerkmale der 3D-Nähzelle

Ein Qualitätsproblem gibt es bei Karostoffen. Bisher kann die Näherin durch geringfügiges Strecken bzw. Stauchen des Materials die Karolinien paßgenau aneinanderfügen. Dies ist mit dem 3D-Nähsystem nicht mehr möglich.

6.6 Bewertung

Eine detaillierte Bewertung der Einzelkomponenten hinsichtlich ihrer qualitätssteigernden Merkmale wird in der dreiteiligen Tabelle auf den Seiten 81 bis 83 vorgenommen. Sie ist aufgegliedert in die Komponenten des Integrierten 3D-Nähsystems, den im vorherigen Kapitel herausgearbeiteten Lösungsansätzen zur Qualitätssteigerung und den Auswirkungen dieser Maßnahmen. In einem ersten Schritt sind die Lösungsansätze dahingehend bewertet, ob sie schon vorhanden oder noch in der Entwicklung sind. Die Auswirkungen werden danach unterschieden, ob sie bereits nachgewiesen sind oder nicht. Schließlich sind die Auswirkungen für die Qualität, unterschieden in Produkt- und Prozeßqualität, vierstufig bewertet.

Die Bewertung, die sich im folgenden ausgehend von den Einzelsystemen auf das Gesamtsystem bezieht, erfolgt insbesondere hinsichtlich der Merkmale gute Paßform, Verarbeitung und Material, da diese wie dargestellt in der Bekleidungsfertigung die Erfüllung von Kundenanforderungen beinhalten und somit die Qualität der Bekleidungsprodukte bestimmen. Dabei wird sowohl die Perspektive der Produktqualität als auch die der Prozeßqualität zugrundegelegt.

Das Zuschnittsystem, bestehend aus Cutter und Fehlererkennung, wurde im fertiggestellten Zustand erprobt und in bezug auf die Abstimmung der beiden Komponenten optimiert. Eine sichere Erkennung der markierten Warenfehler ist gewährleistet. Die Verarbeitung fehlerhafter Ware wird somit ausgeschlossen. Umfangreiche Versuche dienten der Optimierung der Zuschnittqualität unterschiedlichster, insbesondere sehr leichter Ware. Die erreichte vollständige Trennung der Einzelteile ermöglicht die anschließende Vereinzelung der zugeschnittenen Teile. Die hohe Genauigkeit der geschnittenen Einzelteile bildet die Grundlage für höchste Paßgenauigkeit in der späteren Nähfertigung. Weitere Versuche ergaben eine für die Pilotanlage ausreichende Schnittleistung. Die Erfüllung dieser Anforderungen ist die Grundlage für die Automatisierung des Gesamtsystems und führt direkt zu einer Steigerung der Prozeßqualität der Anlage. Indirekt verbessert sich die Produktqualität, da die Voraussetzung für ein späteres paßgenaues Zusammennähen der Rockteile geschaffen wird.

Ein automatisches Abräumsystem ist bisher nicht realisiert worden, so daß diese Tätigkeit von einem Menschen ausgeübt werden wird. Dieser nimmt die Zuschnitteile vom Abräumbereich des Zuschnitts ab und hängt sie in die Kugelklammern des Transportsystems. Hierzu werden durch eine Kulissenführung die beiden Klammern soweit auseinandergefahren, daß die Bedienperson das Teil leicht einhängen kann. Dabei muß keine besonders hohe Positionsgenauigkeit durch den Menschen realisiert werden. Die Kulissenführung des Transportsystems wurde ohne Beteiligung von Menschen ausgiebig getestet und optimiert. Probleme bereiteten die ursprünglich verwendeten Ketten durch ihre lange Ausschwingzeit und die Gefahr der Verdrehung. Die Verwendung von Keilriemen anstelle der Ketten beseitigte diese Probleme. In bezug auf die Prozeßqualität ist zu erwarten, daß durch die entfallende Bündelung und Vereinzelung die möglichen Fehler reduziert werden. Voraussetzung ist eine eindeutige Zuordnung der richtigen Teile in die Klammern, die abhängig vom erwarteten Zuschnittteil in unterschiedliche Breiten fahren.

Das Transportsystem mit dem dazugehörigen Leitstand wurde vollständig beim Hersteller aufgebaut und in Langzeittests erprobt. Kleine Fehler konnten ausgeräumt werden, so daß das System nun zuverlässig und mit ausreichender Geschwindigkeit arbeitet. Die vom System bedienten Systeme wurden weggelassen (Zuschnitt, 2D-Arbeitsplätze) bzw. durch einfache Hilfskonstruktionen simuliert (Übergabe zur 3D-Nähzelle). Die Ablage der Zuschnitteile auf dem Hubtisch der Positionsüberwachung erfolgt faltenfrei und mit einer hohen Genauigkeit. Die Position der Zuführung zu den 2D-Arbeitsplätzen wurde gemeinsam mit Näherinnen an ihren bestehenden Arbeitsplätzen mit einfachen Mitteln simuliert und entsprechend realisiert.

Daraus folgt, daß das Transportsystem die Integration der 2D-Arbeitsplätze in das automatisierte Gesamtkonzept erlaubt. Die eingesetzten Förderelemente verringern den Handhabungsaufwand und verbessern die Prozeßqualität. An den 2D-Näharbeitsplätzen verringert sich durch die Einzelstückfertigung der Handhabungsaufwand. Dies führt zu einer Zeitersparnis und verbessert die Produkt- und Prozeßqualität (vgl. Fox 1996).

Die Verkettung der 2D-Arbeitsplätze mit dem Zuschnittsystem und der 3D-Nähzelle durch das Transportsystem führt zu einer erhöhten Prozeßsicherheit (geringeres Fehlerpotential beim Bereitstellen der Zuschnitteile) und einer besseren Prozeßqualität. Dies ist aufgrund der Erfahrungen des Herstellers mit wesentlich komplizierteren Transportsystemen zu erwarten. Das Verwechseln von Teilen, fehlerhafte Zuführung von Teilen, ein Verzögern des Arbeitsab-

laufes durch Retouren und Beschädigung durch unsachgemäße Handhabung können auf ein Minimum reduziert und die Prozeßqualität dadurch erheblich gesteigert werden. Durch die Eingriffsmöglichkeiten am Leitstand des Bedieners können Störungen so gehandhabt werden, daß ein Produktionsstillstand aufgrund eines Transportsystemausfalls weitgehend vermieden werden kann. Hierzu tragen auch die manuell bedienbaren Klammern bei, die ein leichtes Ausklammern erlauben.

Im Gesamtablauf des Fertigungsprozesses ergibt sich durch die Verkettung der Arbeitsschritte „Hintere Mitte schließen“ und „Abnäher schließen“ eine vereinfachte Arbeitsgangabfolge und eine Reduzierung möglicher Fehlerquellen. Für das Leitsystem liegen wegen der fehlenden Integration bisher nur wenig Ergebnisse vor. Die Auftragseingabe und die Ablaufsteuerung sind simuliert worden und lassen eine ausreichend genaue Prozeßkontrolle erwarten.

Die wesentliche Steigerung der Produktqualität wird innerhalb der 3D-Nähzelle erzielt. Umfangreiche Versuche an der realisierten Nähzelle haben dies gezeigt (Künzel 2001). Bestätigt wurden die Ergebnisse durch parallel laufende Arbeiten, die insbesondere der Roboterprogrammierung dienen. Nicht abschließend erprobt werden konnte die Prozeßsicherheit, da nicht alle Funktionen wegen fehlender Antriebsmotoren, wie vorgesehen, automatisiert werden konnten. Im einzelnen konnte eine sehr hohe Wiederholgenauigkeit und Gleichmäßigkeit der Naht erzielt werden. Auch die anderen Komponenten, wie die Positionserkennung und das Greifersystem, arbeiten nach den erforderlichen Optimierungsarbeiten zuverlässig und mit der gewünschten Qualität.

Die Bewertung der Lösungsansätze und ihrer Auswirkungen in den Tabellen auf den Seiten 81 bis 83 erfolgt wie oben bereits erwähnt in jeweils vier Stufen.

- *Sehr wichtig*: Diese Auswirkungen sind von grundlegender Bedeutung für die Erreichung der geforderten Ziele.
- *Wichtig*: Von diesen Auswirkungen geht ein wichtiger Beitrag zur Zielerreichung aus, wobei eine Nichterfüllung einzelner Auswirkungen die Funktionalität und Zielerreichung nicht grundsätzlich gefährden würde.
- *Weniger wichtig*: Dies sind hilfreiche, d. h. die angestrebten Ziele unterstützende, Auswirkungen.
- *Unwichtig*: Diese Auswirkungen haben keinen Einfluß auf die angestrebte Zielerreichung.

In die Kategorie „sehr wichtig“ fallen in bezug auf die Prozeßsicherheit beim Zuschnitt insbesondere das sichere Trennen in Verbindung mit der sicheren Vereinzelung (Tabelle 6-10). Der Produktqualität dient die gleichbleibende Schnittform, da so der für den 3D-Nähvorgang erforderliche Überstand sicher erreicht wird. Das Transportsystem hat mit seiner eindeutigen Kennzeichnung, dem geringeren Handhabungsaufwand und der positionsgenauen Übergabe an die 3D-Nähzelle besondere Bedeutung für das Erreichen der hohen Prozeßqualität des Integrierten 3D-Nähsystems (Tabelle 6-11). Darüber hinaus wird deutlich, daß alle Komponenten mit der überwiegenden Anzahl der Auswirkungen der qualitätssteigernden Lösungsansätzen für die Prozeßqualität relevant sind. Dadurch wird der Entwicklungsansatz der Integration der 3D-Nähzelle in ein Gesamtsystem mit den vorgelagerten Fertigungsschritten eindeutig bestätigt.

Die hohe Produktqualität wird entscheidend durch die 3D-Nähzelle erzielt, wobei die robotergeführte Nähmaschine auch eine Voraussetzung für die hohe Prozeßqualität darstellt (Tabelle 6-12). Die Auswirkungen zur Qualitätssteigerungen der übrigen Systeme haben mit Ausnahme der gleichbleibenden Zuschnitteilgröße keine oder nur wenig Relevanz für die Produktqualität. Dabei ist jedoch zu beachten, daß die von den Näherinnen abhängige Qualität der 2D-Näharbeiten ihre bisherige Bedeutung beibehält. Dies wird jedoch in der Systematik der Tabelle aufgrund der fehlenden Veränderung gegenüber dem Stand der Technik nicht berücksichtigt.

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß ein Integriertes 3D-Nähsystem durch seinen hohen Automatisierungsgrad eine deutliche Steigerung der Prozeßqualität bewirken wird. Das vereinfachte Vereinzeln der Teile beim Zuschnitt, die Reduzierung des manuellen Handhabungsaufwandes aufgrund des automatischen Transportsystems und insbesondere der Einsatz der robotergeführten Nähmaschine in der 3D-Nähzelle bewirken diese Steigerung. Die Produktqualität wird durch den genauen Zuschnitt und die Herstellung paßgenauer, geschlossener Rockhüllen auf dem dreidimensionalen Formkörper erhöht.

Komponenten des Integrierten 3D-Nähsystems	Lösungsansätze zur Qualitätssteigerung	Auswirkungen	Lösungsansätze		Auswirkungen		Bedeutung für Qualität	
			System in Entwicklung	Vorhanden	Erwartet	Nachgewiesen	Produkt	Prozeß
Zuschnittsystem	Fehlererkennungssystem	Optimale Stoffausnutzung		x		x	-	+
		Ausschluß von Materialfehlern im Endprodukt		x	x		+	+
	Einzellagenzuschnitt	Gleichbleibende Schnittform		x		x	++	o
		Sicheres Vereinzeln		x		x	-	++
		Automatische Übergabe an Transportsystem möglich	x		x		-	+
		Keine Hilfsmittel nötig		x		x	-	+
	Angetriebenes Rundmesser	Sicheres Trennen		x		x	-	++
		Gute Schnittkanten		x		x	o	-

Legende: ++ sehr wichtig, + wichtig, o weniger wichtig, - unwichtig

Tabelle 6-10: Bewertung der qualitätsrelevanten Aspekte des Integrierten 3D-Nähsystems (Teil 1)

Komponenten des Integrierten 3D-Nähsystems	Lösungsansätze zur Qualitätssteigerung	Auswirkungen	Lösungsansätze		Auswirkungen		Bedeutung für Qualität	
			System in Entwicklung	Vorhanden	Erwartet	Nachgewiesen	Produkt	Prozeß
Transportsystem	Identifizierung durch Barcode	Eindeutige Kennzeichnung		x		x	-	++
	Transportleitsystem	Fehlerkontrolle		x	x		o	++
		Abruf der Auftragsdaten		x		x	-	o
		Möglichkeit der Transportverfolgung		x		x	-	+
	Automatische Zuführung zu den 2D-Arbeitsplätzen	Weniger Handhabungsaufwand		x		x	-	++
	Ablagevorrichtung	Positionsgenaue Übergabe an die 3D-Nähzelle		x		x	-	++
	Automatisches Transportsystem	Vereinfachung der Arbeitsgangfolge		x	x		-	o
		Weniger Handhabungsaufwand		x	x		-	+
	Leitsystem	Weniger Dokumentationsaufwand		x	x		-	+
	Änderung des Arbeitsablaufes	Vereinfachung der Arbeitsgangfolge		x		x	-	o

Legende: ++ sehr wichtig, + wichtig, o weniger wichtig, - unwichtig

Tabelle 6-11: Bewertung der qualitätsrelevanten Aspekte des Integrierten 3D-Nähsystemes (Teil 2)

Komponenten des Integrierten 3D-Nähsystems	Lösungsansätze zur Qualitätssteigerung	Auswirkungen	Lösungsansätze		Auswirkungen		Bedeutung für Qualität		
			System in Entwicklung	Vorhanden	Erwartet	Nachgewiesen	Produkt	Prozeß	
Leitsystem	Auftragseingabe	Arbeitsfortschritt und Kontrolle		x	x		-	+	
	Ablaufsteuerung	Ablaufkontrolle		x	x		-	++	
	Transportsystemsteuerung	Fehlerkontrolle		x	x		+	+	
	Datenbank	Arbeitsplandaten			x		x	-	+
		Prozeßparameter			x	x		-	+
		Dokumentation			x	x		o	+
3D-Nähzelle	Beschickungseinrichtung	Automatisches Ablegen der Rockteile auf dem Formkörper		x		x	o	++	
	3D-Formkörper	Paß- und volumengenaues Nähen		x		x	++	-	
	Haltetechnik	Spannungs- und faltenfreies Halten auf dem Formkörper		x		x	++	o	
	Robotergeführte Nähmaschine	Reproduzierbare, genaue dreidimensionale Nahtbahn		x		x	++	++	
	Fehlererkennungssystem	Überwachung der Stichbildung			x		x	++	+

Legende: ++ sehr wichtig, + wichtig, o weniger wichtig, - unwichtig

Tabelle 6-12: Bewertung der qualitätsrelevanten Aspekte des Integrierten 3D-Nähsystemes (Teil 3)

7 Zielgröße Flexibilität

7.1 Problembeschreibung

7.1.1 Flexibilitätsrelevante Merkmale in der Bekleidungsfertigung am Beispiel Rock

Neben der im vorhergehenden Kapitel betrachteten Zielgröße Qualität muß auch die Zielgröße Flexibilität in bezug auf das neu entwickelte Nähssystem kritisch betrachtet werden. Die Vorgehensweise erfolgt dabei analog zu der in Kapitel 6, wobei eine umfassende Begriffsbestimmung entfallen kann. Der lateinische Begriff Flexibilität bedeutet auf deutsch Anpassungsfähigkeit (Duden 1991) wobei in der Bekleidungsfertigung ein Anpassungsbedarf in den vier Dimensionen (Konfektions)größen, Modellvarianten, Losgrößen und Material besteht.

Konfektionsgrößen

Im Handel erhältliche Bekleidung wird i. d. R. in verschiedenen Konfektionsgrößen angeboten. In Ermangelung internationaler Standards sind die Größenbezeichnungen national stark unterschiedlich. So entspricht z. B. bei der Damenkonfektion die deutsche Konfektionsgröße 38 in Frankreich der Größe 40, in Italien der Größe 44, in Großbritannien der Größe 12 und in den skandinavischen Ländern der Größe C19. Bestrebungen zur Entwicklung einheitlicher Konfektionsgrößen in Europa, z. B. unter dem Schlagwort Mondoform, konnten sich bis jetzt in der Branche bzw. am Markt nicht durchsetzen (Groth 1998). Hinzu kommt noch, daß jeder Hersteller seine eigene Interpretation der Konfektionsgrößen hat, so daß die Größe 38 des Konfektionärs A nicht gleich der des Konfektionärs B ist.

Neben den Konfektionsgrößen gibt es noch die individuellen Größen, die das Ergebnis von automatischen oder manuellen Vermessungen der Kundin durch die Schneiderin sind (vgl. Kapitel 3.2.3). Diese Form der Flexibilität wird in diesem Kapitel nicht weiter behandelt werden, da sie im Vorhaben Integriertes 3D-Nähssystem mit Rücksicht auf die beschränkten Ressourcen nicht behandelt werden konnte. Perspektivisch muß sie jedoch auch betrachtet werden.

Modellvarianten

Unterschiedliche Modellvarianten ergeben sich aus den unterschiedlichen Formen eines Bekleidungsstücks und den durch Modetrends bedingten Veränderungen. Der im Vorhaben betrachtete enge Standardrock stammt aus einem Rockbaukastensystem (Bild 7-1), bei dem es Varianten in den Punkten

- Bundbereich: angesetzter oder angeschnittener Bund,
- Abnäher: Anzahl,
- Länge: zwischen 45 cm und 88 cm,
- Schlitzform: verdeckter Gehschlitz oder Nahtschlitz

gibt (Kramer, Held 2001).

Modetrends wirken sich auf diese Modelle insbesondere in Form veränderter Längen, der Auswahl der verwendeten Stoffe und der angesetzten Details aus. Produkte mit extravaganten Schnitten und Materialien bestimmen nicht den Massenmarkt und sind somit nicht die Produkte, die mit einem hochautomatisierten und hochleistungsfähigen Nähssystem gefertigt werden sollen (Held 1997).

Losgrößen

Die Stückzahl eines identischen Modells, d. h. gleiche Form, gleiche Größe und gleicher Stoff, kann bei der Vielzahl der Größen und Stoffe (Farben) auch bei großen Auftragsmengen sehr gering sein. Bei einer Auftragsmenge von z. B. 1000 Röcken ergeben sich bei dem Größenspektrum von 34 bis 56 Losgrößen von durchschnittlich rund 85 Röcken.

Material

Modische Trends äußern sich maßgeblich in den verwendeten Farben und Materialien. Neben der Zusammensetzung aus Natur- oder Chemiefasern bzw. Kombinationen haben das Flächengewicht und die Materialdicke, aber auch die Aufmachung der Ware Einfluß auf die Verarbeitbarkeit in der Fertigung (Köster 1996). Bei den Fasern hatten die Chemiefasern 1995 bei der Bekleidung einen Anteil von 55 %, wobei sie inzwischen aufgrund der ständigen Weiterentwicklung Naturfasern in verschiedenen Bereichen ersetzen können (Wulfhorst 1998). Dennoch ist der Chemiefaseranteil in den folgenden Jahren im wesentlichen konstant geblieben (Industrievereinigung Chemiefaser o.J.). Im Verbundprojekt wurden für die Pro-

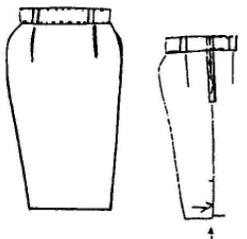
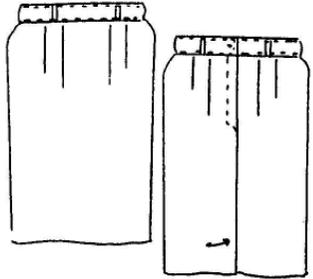
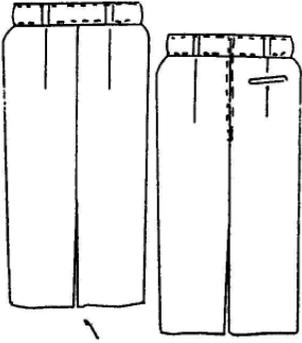
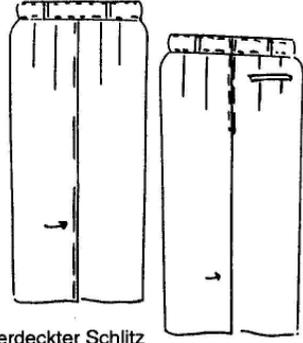
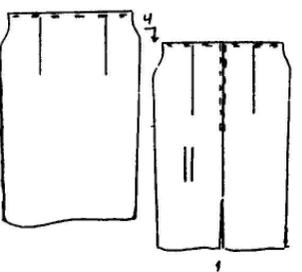
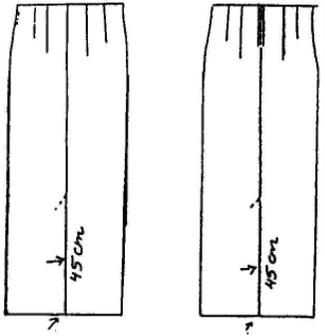
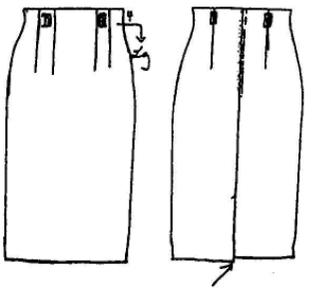
Bund angesetzt	Grundschnitte je 2 Abnäher in VT und RT		Variationen	
	40751 / So'96  Schlitz 14 cm In VR 1 cm Mehrweite zum Bund aufnähen	40884 / So'97  verdeckter Schlitz In VR 1 cm Mehrweite zum Bund aufnähen	40875 / Wi'95  Offener Schlitz	40964 / So'96  Verdeckter Schlitz
Bund angeschnitten	Grundschnitte je 2 Abnäher in VT und RT		Variationen	
	40823 / So'96  offener Schlitz	45601 / Wi'96  verdeckter Gehschlitz	40053 / So'96  verdeckter Schlitz	

Bild 7-1: Ein beispielhafter Rockbaukasten der Firma Steilmann (Steilmann 1996)

Produktlinie Bekleidung zwei Standardgewebe aus Wolle mit Flächengewichten von 310 g/lfm bzw. 350 g/lfm ausgewählt (Köster 1996).

7.1.2 Flexibilitätsanforderungen in der Rockfertigung

Die aufgeführten Flexibilitätsdimensionen führen zu den konkreten Anforderungen an Integrierte 3D-Nähssysteme in Bezug auf Flexibilität. Unter Berücksichtigung der technischen Herausforderungen und der begrenzten Ressourcen innerhalb des Vorhabens müssen die Flexibilitätsanforderungen auf diejenigen beschränkt werden, die für einen kommerziellen Einsatz automatischer Nähssysteme unbedingt erforderlich sind. Im Ergebnis sind dies vier konkrete Anforderungen, an denen sich Nähssysteme messen lassen müssen:

- Fertigung unterschiedlicher Konfektionsgrößen,
- Fertigung unterschiedlicher Modellvarianten,
- Fertigung auch kleiner Stückzahlen,
- Verwendung einer breiten Palette an Stoffen.

Bei der Fertigungsmöglichkeit unterschiedlicher Konfektionsgrößen kann unter Umständen für sehr modische Artikel eine Einschränkung auf die wichtigsten Konfektionsgrößen, z. B. 36 bis 44, erfolgen. Mit Blick auf den Massenmarkt erscheint dies aber nicht sinnvoll, so daß im Verbundprojekt Integriertes 3D-Nähssystem folglich das Größenspektrum 34 bis 56 betrachtet wurde.

Die betrachteten Standardröcke werden über einen langen Zeitraum mit nur wenigen Variationen gefertigt. Die wesentlichen Veränderungen ergeben sich in der Rocklänge, die stark von dem jeweils aktuellen Modetrend abhängt. Dennoch sollte eine Fertigungsmöglichkeit für unterschiedliche Modelle aus der Palette der engen körperbetonten Röcke bestehen. Die Fertigung anderer Grundtypen, z. B. Faltenröcke, wirft völlig neue Probleme insbesondere bei der Gestaltung des Formkörpers auf, die im Rahmen des Projekts nicht weiter betrachtet werden konnten.

Im Gegensatz z. B. zur Fertigung von Autokopfstützenbezügen sind die Stückzahlen in der Bekleidungsindustrie selbst bei großen Aufträgen sehr klein. Automatische Systeme, die i. d. R. zur Fertigung großer Stückzahlen identischer Teile eingesetzt werden, müssen für den Einsatz in der Bekleidungsindustrie auch kleinere Stückzahlen fertigen können. Neben den

Formen unterliegen die verwendeten Stoffe stark den modischen Entwicklungen, so daß Nähssysteme hier eine möglichst große Bandbreite verarbeiten müssen.

Die vier genannten Anforderungen werden die Grundlage für die Bewertung der flexibilitätsrelevanten Aspekte des entwickelten Integrierten 3D-Nähsystems in Kapitel 7.3 bilden.

7.2 Lösungsmöglichkeit: Veränderbarer Formkörper

Der zentrale Lösungsansatz zur Erfüllung der Flexibilitätsanforderungen „Größenflexibilität“ und „Modellvariantenflexibilität“ ist ein größenveränderbarer Formkörper, da er das konfektionsgrößen- und modellabhängige Volumen des Endprodukts abbildet. Folglich muß er insbesondere für jede Konfektionsgröße ein verändertes Volumen aufweisen.

Die Volumenveränderung kann entweder durch einen eigenen Formkörper für jede Konfektionsgröße oder durch einen größenverstellbaren Formkörper (Bild 7-2) realisiert werden. Eine Variation stellt die Kombination beider Möglichkeiten dar, indem z. B. ein verstellbarer Formkörper für die Konfektionsgrößen 34 bis 42 und ein weiterer für die Größen 44 bis 56 eingesetzt wird. Eine technische Voraussetzung für den verstellbaren Formkörper ist eine außenliegende Haltetechnik, so daß die Verstellmechanismen im Formkörper angeordnet werden können.

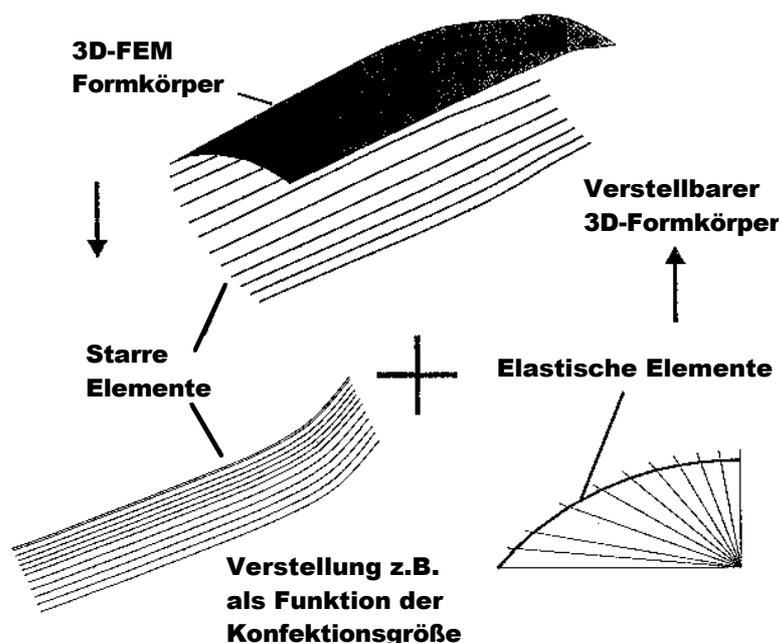


Bild 7-2: Konzept des verstellbaren Formkörpers (Pasuch 1998b)

Neben dieser zentralen Einheit müssen auch die anderen Komponenten sowohl der Nähzelle als auch des gesamten Nähsystems unter den formulierten Flexibilitätsanforderungen betrachtet werden.

7.3 Flexibilitätsrelevante Aspekte im Gesamtsystem

7.3.1 Einzellagenschnitt und Fehlererkennung

Die Fehlererkennung reagiert auf manuell angebrachte geometrische Markierungen auf den Stoffen. Durch den wahlweisen Einsatz von Weißlichtquellen für Markierungen in Kontrastfarben oder von Schwarzlichtquellen für Markierungen mit UV-Markern kann die Fehlererkennung für ein breites Spektrum an Materialien und Mustern eingesetzt werden (Bergmann 2001a). Eine Auswahl von Möglichkeiten zeigt Bild 7-3. Die beiden äußeren Teile besitzen UV-Markierungen, die mit Schwarzlicht beleuchtet werden. In der Mitte ist eine farbige Markierung für den Einsatz einer Weißlichtquelle zu sehen.



Bild 7-3: Unterschiedliche Stoffe und Markierungen im Fehlererkennungssystem

Die Schneidtechnologie (angetriebenes Rundmesser) wurde als Ergebnis umfangreicher Versuche ausgewählt, da mit ihr ein breites Spektrum an Materialien ohne die Verwendung von Unterlegpapier bzw. Abdeckfolie präzise geschnitten werden kann. Der Einzellagenschnitt ermöglicht den Zuschnitt kleiner Mengen von gleichen Teilen, ohne daß dabei im Gegensatz zum Mehrlagenschnitt die Leistung des Zuschnittsystems reduziert wird.

Ein weiterer flexibilitätsrelevanter Vorteil des Einzellagenschnitts mit anschließendem Einzelteiltransport ist die Einzelteilerfertigung im Gegensatz zur bisher üblichen Bündelferti-

gung. Somit entsteht ein quasi kontinuierlicher Werkstückfluß, bei dem sich z. B. der Wechsel der Stofffarbe nicht auf den Produktionsprozeß auswirkt. Ein weiterer Effekt der Einzelteillfertigung ist die geringere Anzahl von halbfertigen Zwischenprodukten, die in der Produktionskette gebunden sind. Die folgende Tabelle 7-1 faßt die Lösungsansätze zur flexiblen Fertigung und ihre Auswirkungen zusammen.

Lösungsansätze zur flexiblen Fertigung	Auswirkungen
Fehlererkennungssystem erkennt Kontrastfarben- und UV-Markierungen	Hohe Erkennungsrate von Fehlermarkierungen auf sehr unterschiedlichen Stoffen
Einzellagenzuschnitt	Zuschnitt kleiner Mengen gleicher Teile ohne Leistungseinbußen möglich
Einzelteillfertigung	Schneller Wechsel von Produkten (Material, Größe, Modell)
Angetriebenes Rundmesser	Schneiden vieler unterschiedlicher Materialien

Tabelle 7-1: Flexibilitätsrelevante Merkmale des Zuschnittsystems

7.3.2 Transportsystem, 2D-Nähplätze und Leitsystem

Die gesamte Konstruktion der Träger des Transportsystems ist in der Lage, sehr unterschiedliche Zuschnitteile aufzunehmen. Dies bezieht sich sowohl auf die Materialien als auch etwas eingeschränkt auf die Größe. Sehr kleine Teile, die Kantenlängen von nur wenigen Zentimetern aufweisen, können von den verwendeten Klemmen nicht aufgenommen werden. Eine mögliche Lösung könnte die Verwendung von Spezialklammern oder Transportbehältern sein, die leicht an die Grundkörper der Transportsystemträger gekoppelt werden können.

Bei den 2D-Nähplätzen handelt es sich um erprobte Industrienähmaschinen, für die umfangreiche Erfahrungen mit unterschiedlichsten Stoffen vorliegen. Durch die feste Verknüpfung mit dem Transportsystem ist die Arbeitsgangfolge in dem Prototypen des Integrierten 3D-Nähsystems fest vorgegeben. Durch ein umfangreicheres Transportsystem, das die Belieferung der 2D-Nähplätze in beliebiger Reihenfolge erlaubt, entfällt dieser Flexibilitätsnachteil jedoch.

In das Leitsystem zur Materialflußsteuerung werden die einzelnen Aufträge mit ihren Eigenschaften eingespielt und entsprechend den Erfordernissen an die einzelnen Systeme des Inte-

grierten 3D-Nähsystems weitergeleitet. Dies ermöglicht eine flexible Steuerung, die in Verbindung mit den Rückmeldesystemen (z. B. Barcodes) die Fertigung der gewünschten Aufträge sicherstellt. Der Aspekt der Einzelteilerfertigung wurde bereits im vorhergehenden Kapitel diskutiert und ist daher in der zusammenfassenden Tabelle 7-2 nicht mehr aufgeführt.

Lösungsansätze zur flexiblen Fertigung	Auswirkungen
Transportträger mit flexiblen Haltebändern und kraftschlüssig wirkenden Klammern	Breites Größenspektrum an transportierbaren Zuschnitteilen
Verwendung herkömmlicher 2D-Nähmaschinen	Vernähbarkeit praktisch aller zur Zeit verwendeten Materialien
Leitsystem	Sichere Verwaltung und Steuerung unterschiedlicher Aufträge

Tabelle 7-2: Flexibilitätsrelevante Merkmale des Transportsystems, der 2D-Nähplätze und des Leitsystems

7.3.3 3D-Nähzelle

Aufgrund der vielen flexibilitätsrelevanten Teilsysteme der 3D-Nähzelle werden im folgenden die Systeme einzeln betrachtet und in einer abschließenden Tabelle mit ihren Auswirkungen zusammengefaßt. Im einzelnen handelt es sich um das Handlingsystem, den Formkörper und die Roboternähmaschinen.

Handlingsystem

Das Handlingsystem besteht aus einem Industrieroboter mit sechs Freiheitsgraden und dem Greifsystem, das wiederum aus einem verstellbaren Rahmen und den vier Greifern besteht. Durch seine Konstruktion ist das Greifsystem in der Lage, stufenlos Punkte zwischen 350 mm und 950 mm in der Breite sowie zwischen 290 mm und 740 mm in der Länge zu greifen. Die Größe der greifbaren Einzelteile weicht hiervon geringfügig ab, da noch der stoffabhängige Abstand zwischen dem Greifpunkt und der Schnittkante hinzukommt (i. d. R. einige cm). Die Greifpunkte befinden sich immer in den Ecken eines Rechtecks, so daß es bei Einzelteilen, die stark von dieser Form abweichen, zum Umschlagen überstehender Teile kommen kann, die ein faltenfreies Ablegen auf dem Formkörper verhindern (Schweitzer 2001b).

Die Auswahl der Greifer erfolgte als Ergebnis einer vergleichenden Untersuchung der am Markt verfügbaren Textilgreifsysteme, in der auch die Flexibilität betrachtet wurde (Moll, Händler 1997). Unterschieden wurde zwischen der Materialflexibilität, d. h. der Beherrschung eines breiten Materialspektrums mit einem Greifertyp, sowie der Größen- und Teileflexibilität, d. h. der Greifbarkeit unterschiedlich großer Teile mit unveränderten Greifereinstellungen. In der folgenden Tabelle 7-3 sind die flexibilitätsrelevanten Ergebnisse der Marktstudie dargestellt.

Kriterium	Mechanisch arbeitende Greifer			Sauggreifer	Adhäsionsgreifer	
	Nadelgreifer	Klemmen einer Falte	Klemmen d. Nähgutes		Klebegreifer (mit Klebeband)	Gefriergreifer
4. Materialflexibilität	+	+o	+	-	o	o
5. Größenflexibilität	+	+	+	-	-	o

++: sehr gut geeignet +: gut geeignet o: eingeschränkt geeignet -: nicht geeignet

Tabelle 7-3: Bewertung verschiedener Greifprinzipien entsprechend den Anforderungskriterien (Auszug) (Moll, Händler 1997, S. 50)

In bezug auf die Flexibilität schneiden der Nadelgreifer und das Klemmen des Nähgutes gleich gut ab. Ausschlaggebend für den Einsatz der Nadelgreifer war im wesentlichen die Anforderung des faltenfreien Auflegens der zu vernähenden Einzelteile auf den Formkörper. Bei den Gefriergreifern gibt es inzwischen neue Entwicklungen, die zu einer besseren Einstufung dieser Technologie, als in der Tabelle angegeben, führen könnten. Allerdings fehlen hier noch die Praxiserfahrungen (Naiss 2000, Stephan 2000).

Formkörper

Die Flexibilität des Formkörpers wird durch die Generierung, Größenverstellbarkeit, Austauschbarkeit und die Herstellung bestimmt. Die Methode zur Generierung der Formkörper für die im Vorhaben betrachteten Rockmodelle ist so zuverlässig, daß sie sich auf die unterschiedlichsten Bekleidungsstücke übertragen läßt:

„Es konnte somit der Nachweis erbracht werden, daß das erarbeitete Modell zur Formkörpergenerierung für das Bekleidungsprodukt ‚Rock‘ eine ausreichende Flexibilität besitzt, um dreidimensionale Formkörpergeometrien für unterschiedlichste Rockmodelle mit ausreichend hoher Qualität und Genauigkeit zu generieren“. (Schweitzer 2001a)

Die Entwicklungszeit eines Formkörpers beträgt wenige Tage im Vergleich zu mehreren Wochen und Monaten bei der Formkörperfertigung durch iterativen Modellbau (Schweitzer 2001a).

Den zentralen Lösungsansatz für die Zielgröße Flexibilität stellt der in Kapitel 7.2 vorgestellte flexible Formkörper zur Fertigung unterschiedlicher Konfektionsgrößen und Modelle dar. Umfangreiche Untersuchungen der Geometrie des ausgewählten Rocks und deren Abbildung auf lineare Verstellprozesse sind zu dem Ergebnis gekommen, daß sich ein verstellbarer Formkörper für die zwölf Konfektionsgrößen von 34 bis 56 des Modells 40189-4, einer Variante der Grundform 40189, realisieren läßt. Die Abweichungen bei den Umfangslängen liegen insbesondere in den paßformkritischen Bereichen (Taille, Becken) deutlich unter 1 mm (Bild 7-4 und Bild 7-5).

Diese hohe Genauigkeit des verstellbaren Formkörpers ist nicht allgemein auf andere Bekleidungsmodelle übertragbar. Beim Rock 40189-4 liegt die Ursache im unveränderten Hüftbogen bei allen Konfektionsgrößen. Bei den im Rahmen des Projekts Integriertes 3D-Nähsystem ebenfalls betrachteten Sakkorümpfen ist diese Gleichheit in den Radien und deren Lage nicht gegeben, so daß hier neue technologische Ansätze gefunden werden müssen. Hierzu gehört auch eine Lösung zur Herstellung einer Formkörperaußenkontur, die eine definierte und sichere Auflage der zu vernähenden Teile gewährleistet (Tetzlaff 1999a).

Beim Einsatz mehrerer Formkörper entweder zur Abbildung verschiedener Konfektionsgrößen oder unterschiedlicher Modelle hängt die Flexibilität insbesondere vom Zeitbedarf für den Austausch der Formkörper ab. Die realisierte Pilotanlage ist im Hinblick auf den zeitlichen Aufwand im wesentlichen für den Einsatz von nur einem Formkörper vorgesehen. Jedoch sind die Rohre, die die Formkörperhälften aufnehmen, verschiebbar angeordnet, so daß hier unterschiedliche Maße und Fertigungstoleranzen ausgeglichen werden können (Tetzlaff 2001b). Eine schneller Formkörperaustausch kann durch Palettenumlaufanlagen oder andere Wechselsysteme realisiert werden. Je nach Konstruktion müssen dann auch andere Teilsysteme, wie z. B. die Haltetechnik, mehrfach vorhanden sein. Neben der Flexibilitätserhöhung können auf diese Weise auch mehrere Arbeitsstationen eingerichtet werden, so daß sich die Leistungsfähigkeit der Anlage erhöht (Moll 1995a).

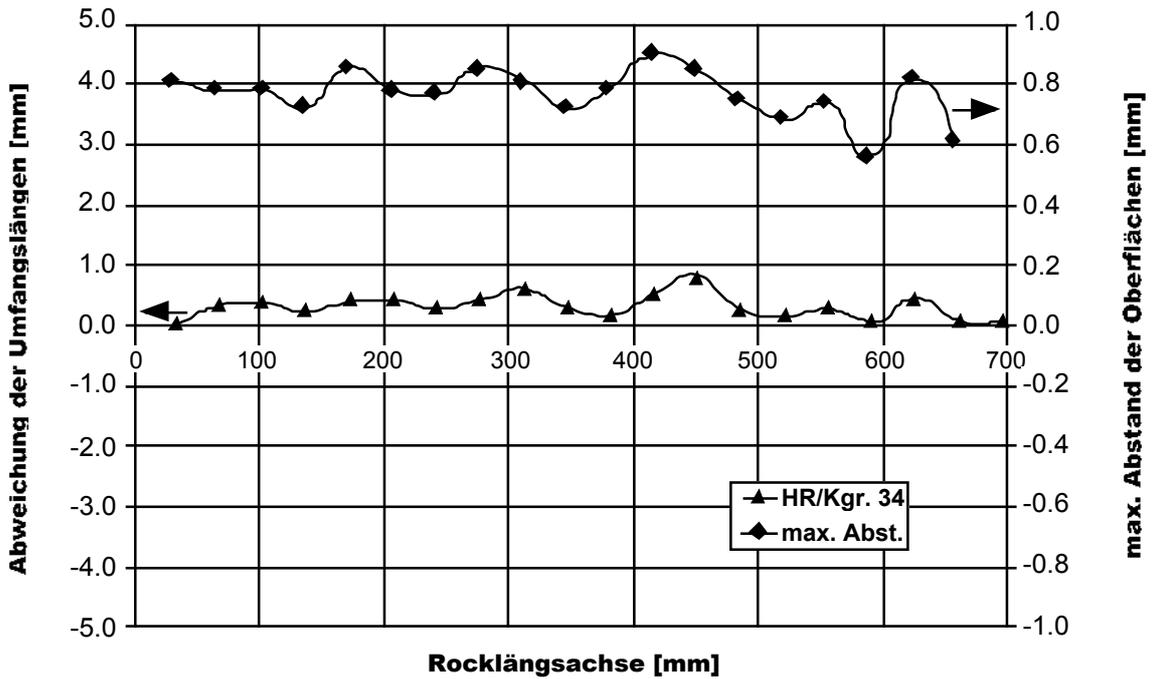


Bild 7-4: Fehleranalyse des Hinterrocks des Steilmann Modells 40189-4 in der Konfektionsgröße 34, vier unabhängige Stellebenen, Bezug auf Konfektionsgröße 44 (Pasuch 1998b)

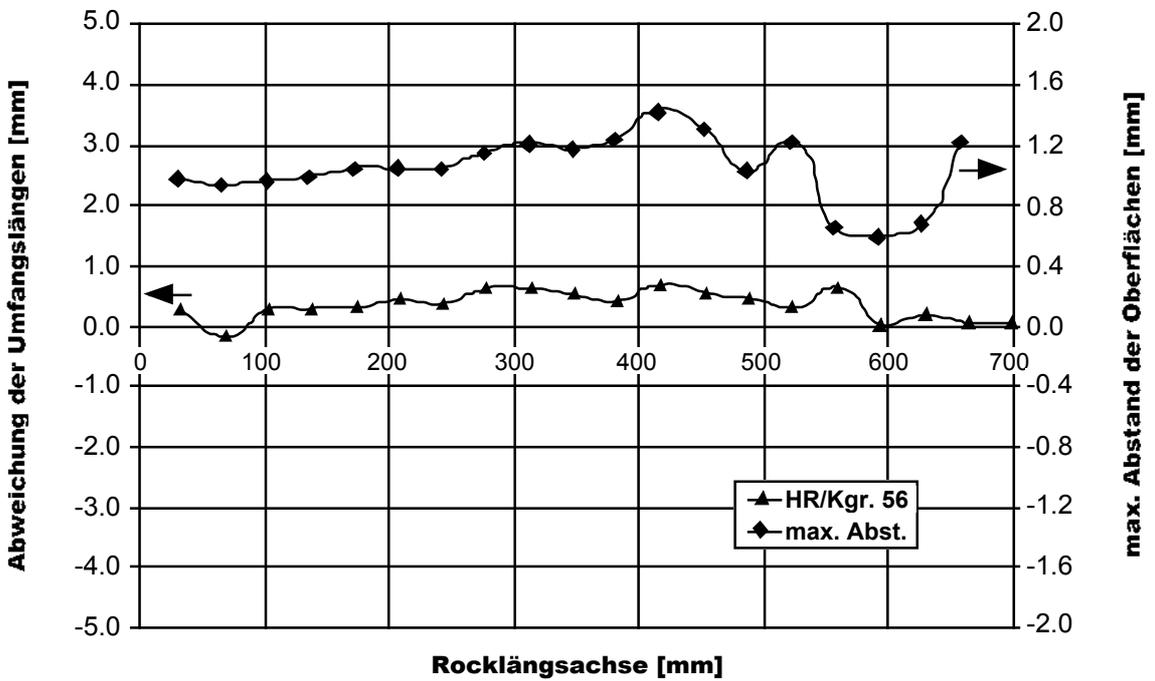


Bild 7-5: Fehleranalyse des Hinterrocks des Steilmann Modells 40189-4 in der Konfektionsgröße 56, vier unabhängige Stellebenen, Bezug auf Konfektionsgröße 44 (Pasuch 1998b)

Der starre Formkörper des Integrierten 3D-Nähsystems besteht aus glasfaserverstärktem Kunststoff, der als Prototyp innerhalb weniger Wochen von einem kunststoffverarbeitenden Betrieb hergestellt wurde (Tetzlaff 1998). Formkörper mit einem integrierten Verstellmechanismus werden in der Herstellung deutlich aufwendiger sein.

Nähmaschinen und Roboter

Für robotergesteuerte Nähsysteme stehen inzwischen unterschiedliche Nähmaschinen serienmäßig zur Verfügung. So werden unter der Bezeichnung „Nähköpfe“ die in Tabelle 7-4 aufgeführten Nähmaschinen angeboten.

Typ	Naht, Bauform
RN 350	Doppelsteppstich – Bogennadel.
RN 520	Doppelsteppstich – Geradnadel.
RN 613	Doppelkettenstich – Dreinadel.
RN 700	Doppelkettenstich – überwendlich.
RN 810	Einfachkettenstich. Einseitennaht.

Tabelle 7-4: Verfügbare Nähköpfe 3D-Roboternähsysteme (Altin 2000a)

Als Roboter kommen Standard-Industrieroboter zum Einsatz, die die Masse der Nähmaschine bzw. des Haltesystems einschließlich der zu vernähenden Teile aufnehmen können. Innerhalb des Verbundprojekts wurden als Nähroboter sowohl ein Stäubli RX 130 als auch ein Yaskawa Motoman SK 16 eingesetzt. Die offline erstellten Nahtbahnprogramme sind auch auf Roboter anderer Hersteller übertragbar (Gottschald 1998). In der folgenden Tabelle 7-5 sind alle Lösungsansätze der 3D-Nähzelle zur flexiblen Fertigung mit ihren Auswirkungen zusammenfassend dargestellt.

Lösungsansätze zur flexiblen Fertigung	Auswirkungen
Verstellbares Handlingsystem	Transport sehr unterschiedlich großer Einzelteile in der Nähzelle
Nadelgreifer	Sicheres Greifen unterschiedlicher Materialien und Größen
FEM Formkörpergenerierung	Schnelle Erzeugung neuer 3D-Formkörpergeometrien aus 2D-Schnittbögen
Größenverstellbarer Formkörper	Fertigung unterschiedlicher Konfektionsgrößen auf einem Formkörper
Austauschbarer Formkörper	Fertigung unterschiedlicher Modelle und ggf. Konfektionsgrößen in derselben 3D-Nähzelle
Nähköpfe für unterschiedliche Nahttypen	Realisierung der wichtigsten Nähte in der Bekleidungsfertigung einschließlich der Überwendlichnaht
Offline Nahtbahnprogrammierung	Schnelle und einfache Programmierung
Industrieroboter	Verwendung unterschiedlicher Fabrikate und Typen möglich

Tabelle 7-5: Flexibilitätsrelevante Merkmale der 3D-Nähzelle

7.4 Bewertung

Analog der Bewertung der qualitätsrelevanten Aspekte des Integrierten 3D-Nähsystems in Kapitel 6.6 erfolgt in Tabelle 7-6 (Teil 1) und Tabelle 7-7 (Teil 2) die Bewertung des Systems unter den flexibilitätsrelevanten Aspekten. Die Bewertung der Flexibilitätsrelevanz erfolgt anhand der vier in Kapitel 7.1.2 herausgearbeiteten Anforderungen Größen- und Variantenvielfalt, kleine Stückzahlen und Stoffvielfalt.

Das Zuschnittsystem wurde komplett realisiert und ist inzwischen kommerziell verfügbar (Kuris-Wastema 2000). Die Optimierungen in der Endphase der Entwicklung des Cutters konzentrierten sich auf die Verwendbarkeit für eine große Bandbreite unterschiedlicher Stoffe (Buchmann 2000). Der Einzellagenzuschnitt ist eine Voraussetzung für eine flexible Fertigung, wobei sich durch die Notwendigkeit des Ballenwechsels beim Wechsel des Stoffes Einschränkungen ergeben, die einen Materialwechsel ohne Unterbrechung verhindert.

Das Transportsystem schränkt die Flexibilität in der Bekleidungsproduktion nicht ein, da es sich um ein in dieser Branche bewährtes System handelt. Neben einer unteren Grenze bei der Zuschnitteilgröße gibt es auch eine obere, die von den Radien der Kreisel des Systems bestimmt wird. Dies würde z. B. beim Transport von Autositzbezügen neue Lösungen bei den Transportträgern erforderlich machen.

An den herkömmlichen 2D-Näharbeitsplätzen werden bisher praktisch alle verfügbaren Bekleidungsstücke gefertigt, so daß es hier keine flexibilitäts einschränkende Grenzen gibt. Diese können sich nur bei starken Modellabweichungen ergeben, bei denen Nähte gefertigt werden müssen, die andere Bauarten von Nähmaschinen erfordern. Das Leitsystem unterstützt durch seine Datenbank und die Kopplung mit allen Teilsystemen die Produktion kleiner Losgrößen unterschiedlicher Produktvarianten und erleichtert so den Arbeitsvorbereitungsprozeß sowie die Produktionsüberwachung. Eine Praxiserprobung konnte jedoch im Rahmen des Forschungsprojekts nicht mehr durchgeführt werden, so daß hier nur Annahmen getroffen werden können.

Den zentralen Betrachtungsgegenstand bei der Bewertung des Integrierten 3D-Nähsystems hinsichtlich der Flexibilität stellt die 3D-Nähzelle dar. Sie ist die technisch anspruchsvollste Komponente des Gesamtsystems und setzt unter Flexibilitäts Gesichtspunkten die Grenzen. Der austauschbare und größenverstellbare Formkörper bestimmt, welche unterschiedlichen Größen und Modelle gefertigt werden können. Diese Varianten, bzw. die benötigten Einzelteile, müssen zusätzlich durch das Handlingsystem, die Textilgreifer und die verwendeten Nähmaschinen transportiert bzw. bearbeitet werden können.

Im Rahmen des Forschungsprojekts wurde für den ausgewählten Rock 40189 zunächst nur ein Formkörper für die Konfektionsgröße 38 gefertigt. Bei der genaueren Untersuchung der zur Entnahme des hinterschnittenen Rocks notwendigen Teilung des Formkörpers wurde festgestellt, daß dieser Formkörper zur Fertigung unterschiedlicher Konfektionsgrößen geeignet ist. Weitere Untersuchungen im Projekt betrafen kompliziertere Verstellmechanismen, so daß hier für zukünftige Entwicklungen umfangreiche Vorarbeiten existieren. In dieser Tiefe nicht untersucht wurde die Möglichkeit des austauschbaren Formkörpers, da hier z. B. aus dem Bereich des automatischen Werkzeugwechsels in Fertigungszentren umfangreiche Erfahrungen vorliegen. Für die Integration einer Formkörperwechselautomatik ist die derzeitige Nähzelle aufgrund der beidseitigen Befestigung des Formkörpers nicht optimal

geeignet. Ein praktikablerer Lösungsansatz besteht in einem stehenden Formkörper, der nur am unteren Ende mit dem Trägersystem verbunden ist. In Kombination z. B. mit einer Palettenumlaufanlage, die beim Vorgängersystem zur Autositzfertigung vorhanden war, ließe sich so ein System mit einer kurzen Formkörperwechselzeit realisieren (vgl. Kapitel 8.5).

Die Bewertung der flexibilitätsrelevanten Aspekte erfolgt analog zur Bewertung der qualitätsrelevanten Aspekte vierstufig von „sehr wichtig“ bis „unwichtig“ (vgl. Kapitel 6.6). Entsprechend der vorangegangenen Ausführungen ist das verstellbare Handlingsystem im Zusammenhang mit dem größenverstellbaren Formkörper sehr wichtig für die Größenflexibilität (Tabelle 7-7). Die Variantenflexibilität kann im wesentlichen nur durch einen austauschbaren Formkörper realisiert werden. Die vielfältigen Stoffe müssen vom Greifsystem sicher aufgenommen und gehalten werden können. Der Einzellagenzuschnitt als Merkmal des Zuschnittsystems ist in bezug auf die Flexibilitätsdimensionen nur als „wichtig“ eingestuft, da auch andere Zuschnittsysteme mit geringen Einschränkungen in der Lage wären, kleine Stückzahlen zu schneiden (Tabelle 7-6). In Kombination mit der Zielgröße Qualität ist ein Einzellagenzuschnittsystem jedoch unbedingt erforderlich.

Auffällig ist, daß die Merkmale der 3D-Nähzelle insgesamt fast keine Auswirkungen auf die Herstellung kleiner Losgrößen haben. Dies liegt daran, daß die Nähzelle grundsätzlich nur einzelne Röcke fertigt und z. B. nicht auf Bündel angewiesen ist. Anders ist es, wenn die kleinen Lose aus verschiedenen Größen oder sogar Modellen bestehen. In diesem Fall sind die Auswirkungen unter den oben genannten Aspekten zu betrachten.

Zusammenfassend ergeben sich im Vergleich zur Zielgröße Qualität bei der Zielgröße Flexibilität größere Beschränkungen, die im Rahmen des Forschungsprojekts Integriertes 3D-Nähsystem aufgezeigt werden konnten, deren Lösungen jedoch aus Ressourcengründen innerhalb der Projektlaufzeit nicht bzw. nicht vollständig umgesetzt werden konnten. Dennoch wird deutlich, daß aus technologischer Sicht der Einsatz Integrierter 3D-Nähsysteme in der Bekleidungsfertigung praktisch möglich ist.

Komponenten des Integrierten 3D-Nähsystems	Lösungsansätze zur flexiblen Fertigung	Auswirkungen	Lösungsansätze		Auswirkungen		Bedeutung für Flexibilität			
			System in Entwicklung	Vorhanden	Erwartet	Nachgewiesen	Größen	Varianten	kleine Stückzahlen	Stoffvielfalt
Zuschnittsystem	Fehlererkennungssystem erkennt Kontrastfarben- und UV-Markierungen	Hohe Erkennungsrate von Fehlermarkierungen auf sehr unterschiedlichen Stoffen		x		x	-	-	-	+
	Einzellagenzuschnitt	Zuschnitt kleiner Mengen gleicher Teile ohne Leistungseinbußen möglich		x		x	+	+	+	+
	Einzelteulfertigung	Schneller Wechsel von Produkten (Material, Größe, Modell)		x		x	o	o	+	-
	Angetriebenes Rundmesser	Viele Materialien		x		x	-	-	-	+
Transportsystem	Transportträger mit flexiblen Haltebändern und kraftschlüssig wirkenden Klammern	Breites Größenspektrum an transportierbaren Zuschnitteilen		x		x	+	+	o	o
2D-Arbeitsplätze	Verwendung herkömmlicher 2D-Nähmaschinen	Vernähbarkeit praktisch aller zur Zeit verwendeten Materialien		x		x	+	+	o	+
Leitsystem	Rechnerbasiert	Sichere Verwaltung und Steuerung unterschiedlicher Aufträge		x	x		+	+	o	-

Legende: ++ sehr wichtig, + wichtig, o weniger wichtig, - unwichtig

Tabelle 7-6: Bewertung der flexibilitätsrelevanten Aspekte des Integrierten 3D-Nähsystemes (Teil 1)

Komponenten des Integrierten 3D-Nähsystems	Lösungsansätze zur flexiblen Fertigung	Auswirkungen	Lösungsansätze		Auswirkungen		Bedeutung für Flexibilität			
			System in Entwicklung	Vorhanden	Erwartet	Nachgewiesen	Größen	Varianten	kleine Stückzahlen	Stoffvielfalt
3D-Nähzelle	Verstellbares Handlingsystem	Transport sehr unterschiedlich großer Einzelteile in der Nähzelle		x		x	++	+	-	-
	Nadelgreifer	Sicheres Greifen unterschiedlicher Materialien und Größen		x		x	+	+	-	++
	FEM Formkörpergenerierung	Schnelle Erzeugung neuer 3D-Formkörpergeometrien aus 2D-Schnittbögen		x		x	+	+	o	-
	Größenverstellbarer Formkörper	Fertigung unterschiedlicher Konfektionsgrößen auf einem Formkörper	x		x		++	-	-	-
	Austauschbarer Formkörper	Fertigung unterschiedlicher Modelle und ggf. Konfektionsgrößen in derselben 3D-Nähzelle	x		x		+	++	-	-
	Nähköpfe für unterschiedliche Nahttypen	Realisierung der wichtigsten Nähte in der Bekleidungsfertigung einschließlich der Überwendlichnaht		x		x	-	+	-	o
	Offline Nahtbahnprogrammierung	Schnelle und einfache Programmierung		x		x	+	+	o	-
	Industrieroboter	Verwendung unterschiedlicher Fabrikate und Typen möglich		x		x	-	-	-	-

Legende: ++ sehr wichtig, + wichtig, o weniger wichtig, - unwichtig

Tabelle 7-7: Bewertung der flexibilitätsrelevanten Aspekte des Integrierten 3D-Nähsystems (Teil 2)

7.5 Fazit

Abschließend läßt sich als grundsätzliches Ergebnis der Untersuchung der Zielgrößen Qualität und Flexibilität festhalten, daß das Integrierte 3D-Nähsystem Lösungen für die in den Kapiteln 6.3 und 7.1 herausgearbeiteten relevanten Probleme bietet. Die Qualität der Auswirkungen der jeweiligen Lösungsmöglichkeiten ist dabei bezogen auf die Probleme unterschiedlich stark ausgeprägt:

- Den deutlichsten Beitrag liefert das Integrierte 3D-Nähsystem und insbesondere die 3D-Nähzelle zur *Produktqualität*.
- Die Integration der 3D-Nähzelle in ein Gesamtsystem mit Einzellagenzuschnitt und automatischem Transportsystem trägt erheblich zur *Prozeßqualität* bei.
- Die *Größenflexibilität* hängt entscheidend von der Konstruktion des Formkörpers und dem zu fertigenden Kleidungsstück ab. Der im Projekt ausgewählte Rock erwies sich in dieser Beziehung als sehr gut geeignet.
- Die *Variantenflexibilität* wurde im Rahmen des Projekts nicht abschließend behandelt. Grundsätzlich ist der dazu notwendige Wechsel des Formkörpers möglich. Die schnelle und einfache Formkörpergenerierung wird durch die entwickelten Verfahren möglich.
- Bei der *Losgrößenflexibilität* sind Grenzen gesetzt, die in der praktischen Anwendung noch ermittelt werden müssen. Wesentliche Beiträge des Integrierten 3D-Nähsystems zur Fertigung kleiner Stückzahlen sind der Einzellagenzuschnitt und die anschließende Einzelteilmontage.
- Die *Materialflexibilität*, d. h. die Verarbeitung einer großen Stoffvielfalt, wurde für die Zuschnitt- und Handlingsysteme umfassend untersucht, so daß entsprechend flexible Systeme realisiert werden konnten.

Ausgehend von diesen Untersuchungsergebnissen werden im folgenden Kapitel Perspektiven und Visionen für den zukünftigen Einsatz von 3D-Nähsystemen innerhalb der textilen Kette entwickelt, die sowohl die Möglichkeiten der Technologien in bezug auf die erreichbare Qualität als auch das Potential in bezug auf den Faktor Flexibilität berücksichtigen.

8 Perspektiven für den industriellen Einsatz der 3D-Nähtechnik

8.1 Einführung

Im Rahmen des Verbundprojekts Integriertes 3D-Nähsystem wurden neue automatisierte Systeme für die nähende Industrie entwickelt und prototypisch realisiert. Damit existiert eine Basis für den industriellen Einsatz dieser Systeme und insbesondere der 3D-Nähzelle in der nähenden Industrie, wobei hier neben der Bekleidungsindustrie auch die Automobilindustrie und die Industrie der technischen Textilien (z. B. Airbag) potentielle Anwendungsfelder darstellen.

In diesem Kapitel werden Perspektiven für den industriellen Einsatz entwickelt, die im wesentlichen auf dem in Kapitel 3 dargestellten Innovationsfeld der textilen Kette aufbauen, wobei im Zentrum der Überlegungen die 3D-Nähzelle bzw. das gesamte Integrierte 3D-Nähsystem mit seinen in den Kapiteln 6 und 1 herausgearbeiteten qualitäts- und flexibilitätsrelevanten Eigenschaften stehen.

Wesentlicher Ansatzpunkt für alle Perspektiven ist der Netzwerkgedanke, d. h. eine engere Zusammenarbeit innerhalb der gesamten textilen Kette, wobei bisher bestehende Grenzen zwischen den Gliedern der Kette aufgebrochen werden müssen. Denn bisher ist die textile Kette aus der Sicht eines Beteiligten „die am schlechtesten funktionierende Kette einer industriellen Branche in Deutschland“ (Aussage eines Teilnehmers auf der Abschlußpräsentation des Verbundprojekts Integriertes 3D-Nähsystem).

8.2 Relevante Veränderungen im gesellschaftlichen Umfeld

Die Veränderung der Arbeitswelt, insbesondere in Richtung Dienstleistungsgesellschaft, und die Flexibilisierung der Arbeitszeiten hat direkte Auswirkungen auf das Konsumverhalten der Menschen. Neben dem Bedarf nach neuen Einkaufsmöglichkeiten, z. B. über das Internet, wächst die Kundennachfrage nach produktergänzenden Dienstleistungen. Hiervon ausgehend zeichnen sich zukünftige Veränderungen ab, die sich auch auf die industrielle Anwendung des 3D-Nähsystems auswirken werden. Im einzelnen sind dies die Trends „Dienstleistungsorientiertes Einkaufen als Erlebnis“, „Steigende Preissensitivität der Verbraucher“ und „Intensive Nutzung des Internet“, die näher betrachtet werden.

Dienstleistungsorientiertes Einkaufen als Erlebnis

Die Ansprüche der einzelnen Kunden sind in Abhängigkeit von ihren sozio-kulturellen Milieus unterschiedlich. Die Marktforschung bedient sich daher zur Ermittlung der Ansprüche unterschiedlicher Milieuansätze, wie dem Sinus-Ansatz der gleichnamigen Firma, dem Ansatz des Pariser Research Institute on Social Change (RISC) (Jacob 1998a) oder den Euro-Socio-Styles, den die Gesellschaft für Konsumforschung (GfK) anwendet (Jacob 1998b). Unter Anwendung dieses Ansatzes hat die GfK ermittelt, daß der Anteil der sogenannten Erlebniseinkäufe von 35 % im Jahr 1995 auf 62 % im Jahr 1999 zugenommen hat. Hinzu kommt eine starke Verbindung von Einkaufslust mit Genußmoral insbesondere bei der Gruppe der „Optimists“, d. h. den zukunftsorientierten Hedonisten jungen und mittleren Alters. Ebenfalls zur Gruppe der Ich-orientierten Menschen gehören die „Cocooners“, also die Menschen aus jungen Haushalten und einfachen Kreisen, die das Leben genießen wollen und von einem harmonischen Familienleben träumen. Bei ihnen trifft die Aussage „Einkaufen macht Spaß“ auf besonders große Zustimmung (GfK 2000a).

Nicht nur moderne jugendlich orientierte Bekleidungsgeschäfte bieten daher bereits heute mehr als nur Bekleidung. So setzen Trendkaufhäuser neben Service auch auf Unterhaltung: Ein Discjockey und eine Erfrischungsbar sollen die Kunden zum Kaufen animieren. Neben Bekleidung werden selbstverständlich auch noch passende modische Accessoires angeboten. Weitere Serviceleistungen, wie z. B. kostenlose Internetbenutzung, werden zukünftig in vielen Geschäften zur Selbstverständlichkeit werden. Sicher werden auch klassische Dienstleistungen wie Änderungs- oder Lieferdienste wiederbelebt und verstärkt nachgefragt werden. Insgesamt zeigen diese Entwicklungen, daß die Ansprüche der Kunden an die produktbegleitende Dienstleistungen stetig zunehmen. Hinzu kommt das steigende Streben nach Individualität, das sich auch in der Bekleidung äußert.

Steigende Preissensitivität der Verbraucher

Aufgrund der in den letzten Jahren nur sehr geringen Reallohnsteigerungen steigt die Preissensitivität der Verbraucher, da sie auf ihren gewohnten Konsumstandard nicht verzichten wollen. Letztendlich geht dieser Preisdruck der Verbraucher zu Lasten der Produktqualität, wobei natürlich ein bestmögliches Preis-Leistungs-Verhältnis gefordert wird. Besonders ausgeprägt ist dieses Konsumverhalten bei den Verbrauchern, die der konservativen Mentali-

tätsgruppe zuzurechnen sind und die ihre Lebensqualität über die Qualitäten Sicherheit, Solidarität und Harmonie definieren (GfK 2000a).

Neben der größer werdenden preissensitiven Gruppe gibt es weiterhin die Gruppe der sehr qualitätsbewußten Verbraucher, die auch bereit sind, entsprechend hohe Preise zu bezahlen. Sehr deutlich ist diese Entwicklung bei Pauschalreisen zu sehen, wie Bild 8-1 zahlenmäßig aus der Veranstaltersicht zeigt (Roland Berger 2000). Grundsätzlich ist diese Entwicklung auch auf den Bekleidungssektor übertragbar (vgl. Nützel-Lange 2000).

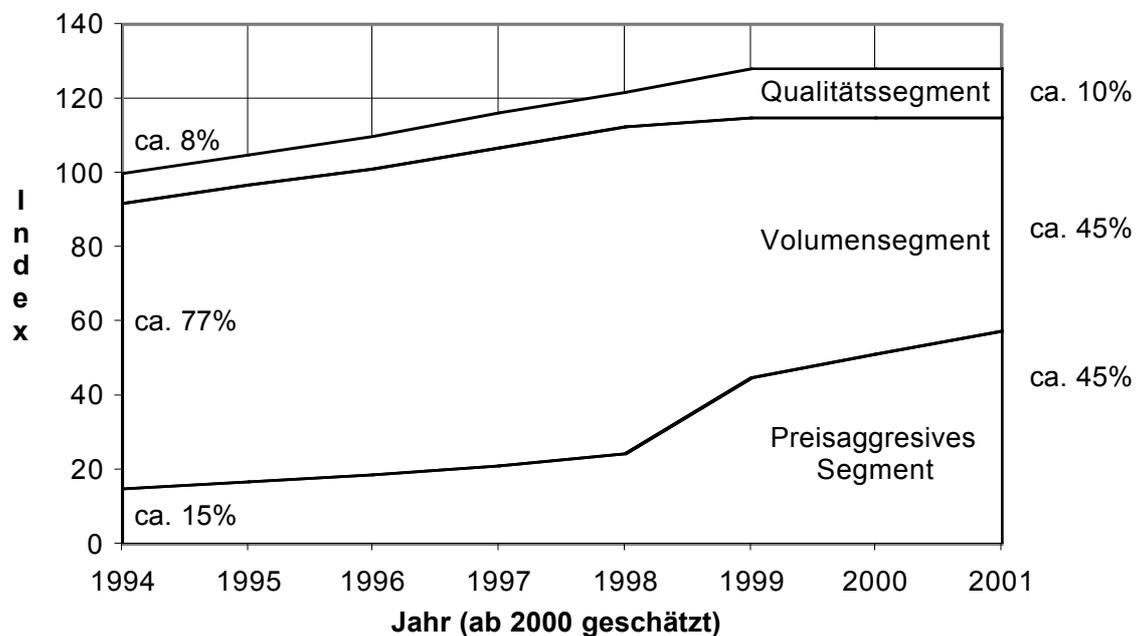


Bild 8-1: Veränderung der Marktsegmente im Pauschalreisemarkt (Roland Berger 2000)

Intensive Nutzung des Internets

Bei der Internetnutzung ist zwischen der Nutzung durch den Endverbraucher, häufig bezeichnet als B2C (Business-to-consumer), und der Nutzung zwischen Konfektionären und Einzelhändlern (B2B = Business-to-business) zu unterscheiden.

Im Bereich B2B bietet z. B. die Münchener BBE Handelsberatung das MODA-System im Internet an, das unter Federführung der Hohensteiner Institute entwickelt wurde (www.moda.de). Das System ermöglicht Bekleidungseinzelhändlern den direkten Einkauf bei den Konfektionären. Zur Zeit (September 2000) bieten 16 deutsche Bekleidungshersteller ihre Produkte über MODA an. Sieben weitere werden demnächst zusätzlich vertreten sein, wobei

sich unter den Anbietern sehr renommierte und große deutsche Marken befinden. Internationale Angebote gibt es z. B. über das Portal der Firma Intereasy (www.intereasy.com) oder über die britische Firma Tex Yard (www.texyard.com).

Die Einzelhändler, insbesondere die kleineren, verhalten sich zur Zeit noch eher zurückhaltend bei der Nutzung dieses Angebots. So besaßen Anfang 1999 nur rund zehn bis zwölf Prozent der 50.000 deutschen Einzelhändler in der Textil- und Bekleidungsbranche einen Internet-Zugang (Strohmeier 1999).

Weiterhin stark zunehmend ist die Zahl der Internetnutzer in der Bundesrepublik Deutschland. Im Juli 2000 nutzten 18 Millionen Bundesbürger zwischen 14 und 69 Jahren, davon 40% Frauen, zumindest gelegentlich das Internet. Im Bereich B2C, also dem Einkauf über das Internet, haben neun Millionen Deutsche im Jahr 1999 ein Umsatzvolumen von mehr als einer Milliarde DM generiert. Neben dem Kauf von Eintrittskarten konnten Bekleidung und Schuhe dabei die höchsten Zuwachsraten erzielen (GfK 2000b) und stellen somit neben Büchern und CDs die gefragtesten Produkte beim Online-Einkauf dar (Strohmeier 1999).

Voraussetzung für den Kauf per Internet, d. h. den Kauf ohne vorherige Anprobe, ist die genaue Kenntnis der erforderlichen Konfektionsgröße in der Variante des jeweiligen Konfektionärs bzw. die Beschränkung auf nicht paßformkritische Bekleidungsstücke, wie Socken oder T-Shirts. Neben der Verkaufsfunktion dient das Internet auch als zunehmend genutztes Informations- und Werbemedium. Moderne Internettechnologien ermöglichen z. B. animierte bzw. vom Internetnutzer gesteuerte räumliche Betrachtungen der Produkte (Echtzeit 2000). Zusätzlich können vielfältige Produktinformationen z. B. zu den (umweltfreundlichen) Materialien ansprechend und werbewirksam präsentiert werden.

8.3 Unmittelbare industrielle Anwendung in der Bekleidungsindustrie

8.3.1 Weiterentwicklung der 3D-Nähzelle

Bereits während der Laufzeit des Projekts Integriertes 3D-Nähsystem wurde parallel zur Nähzelle mit dem liegenden Formkörper (Kapitel 5.2.3) eine Nähzelle mit einem stehenden Formkörper entwickelt (Bild 8-2). Dabei konnten der Formkörper und die Haltetechnik unverändert vom liegenden System übernommen werden.

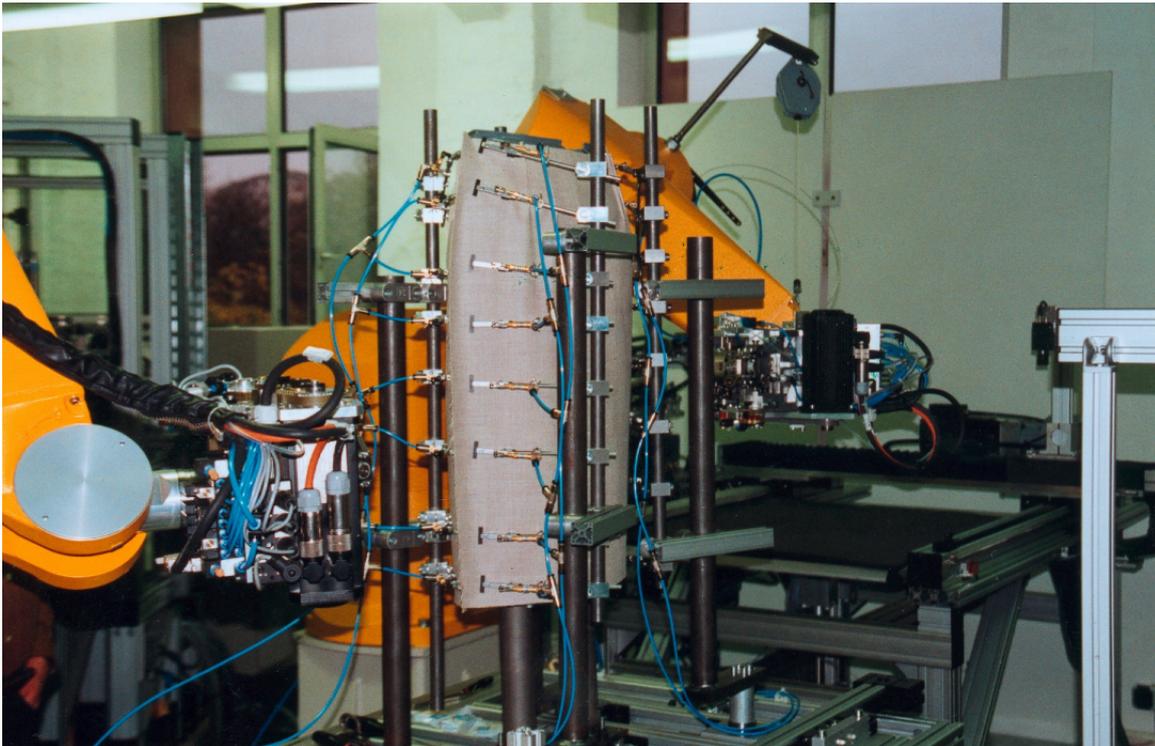


Bild 8-2: Prototyp des stehenden Formkörpers mit den beiden Nährobotern und dem aufgelegten Rock

Die stehende Anordnung des Formkörpers weist gegenüber der waagerechten Ausführung einige Vorteile auf:

Einfacheres Grundgestell: Der aufwendige Rahmen mit dem beidseitigen Drehmechanismus wird durch ein einfaches Grundgestell ersetzt, das Antriebe zum Drehen des Formkörpers in 180°-Schritten und zum Schwenken der Haltetechnik enthält. Das obere Ende des Formkörpers steht ebenso wie die Haltetechnik frei. Durch den Wegfall des Gerüsts um den Formkörper bestehen weniger Bauraumeinschränkungen für die Nähroboter und dem Mechanismus zum Abzug der geschlossenen Rockhülle vom Formkörper (Tetzlaff 2001b).

Einfachere Beschickung: Der Orientierungswechsel von der vertikalen Aufhängung im Transportsystem zur horizontalen Ablage in der Ausrichtstation bzw. auf dem Formkörper entfällt.

Schnellere Fertigung möglich: Die senkrechte Anordnung erlaubt einerseits die gleichzeitige Beschickung von Vorder- und Hinterrock und andererseits die überlappende Fertigung, d. h. die Integration der verfahrbaren Ausrichtstation in die Beschickungseinrichtung (Brozio 1999).

Auf dem Aachener Werkzeugmaschinenkolloquium 1999 und der Abschlußpräsentation des Verbundprojekts konnte die Funktionsfähigkeit der Nähstation mit dem stehenden Formkörper erfolgreich demonstriert werden. Dabei haben zwei Nähroboter gleichzeitig die linke und rechte Seitennaht in entgegengesetzter Richtung geschlossen. Die automatische Beschickung und die Ausrichtstation, deren prinzipieller Aufbau in Bild 8-3 zu sehen ist, befinden sich zur Zeit in der Realisierung (Tetzlaff 1999b).

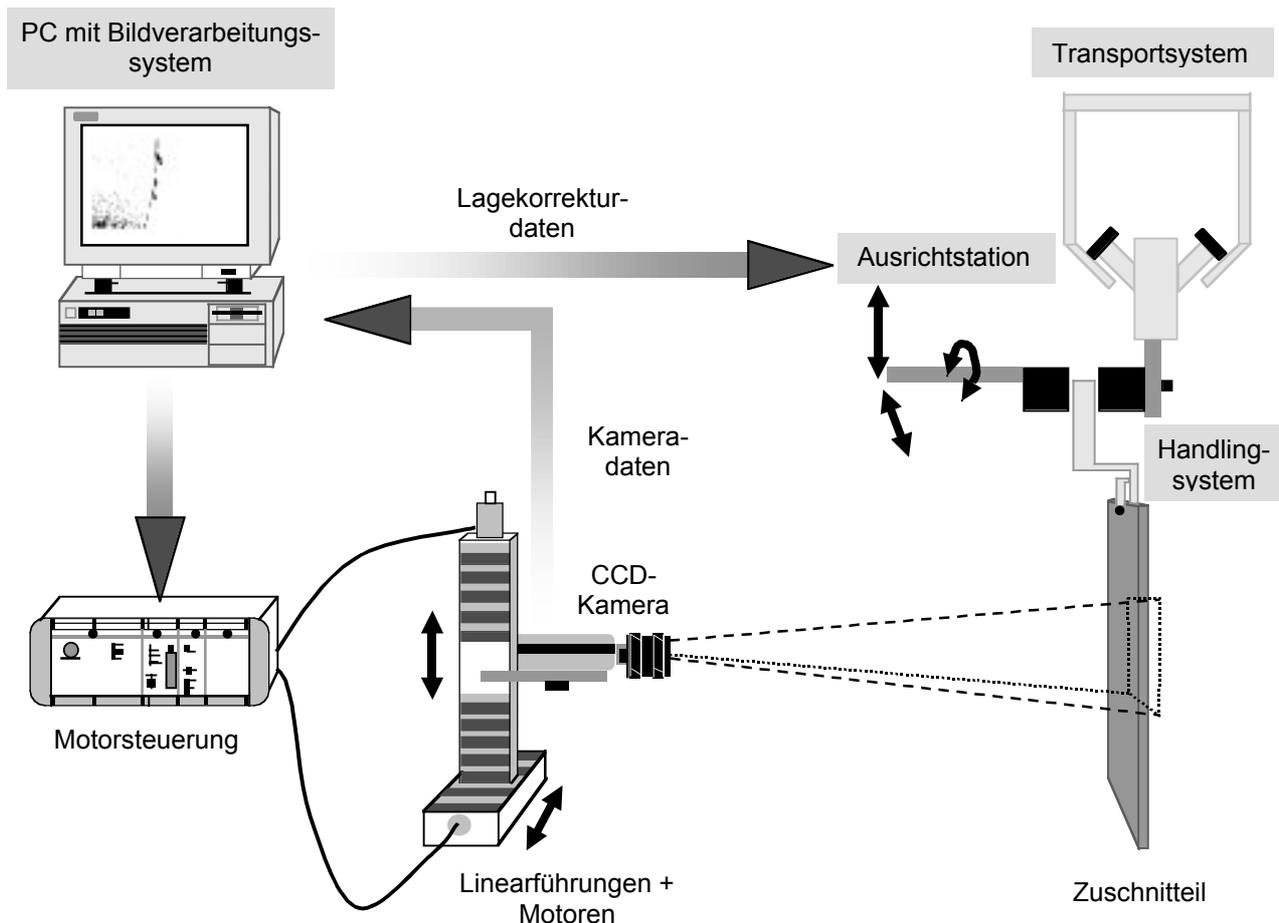


Bild 8-3: Lösungsansatz für eine Positionserkennung mit vertikal angeordnetem Zuschnitteil (Feldhoff 1999)

8.3.2 Szenario 1: Nachfragegesteuerte integrierte textile Kette

Ausgehend von den beschriebenen Veränderungen im gesellschaftlichen Umfeld (Kapitel 8.2), der Weiterentwicklung der 3D-Nähzelle (Kapitel 8.3.1) und den verschiedenen Forschungsprojekten innerhalb der textilen Kette (Kapitel 3.2) wird ein umfassendes Szenario einer nachfragegesteuerten integrierten textilen Kette entwickelt.

Ein mögliches Szenario für eine veränderte textile Kette zeigt Bild 8-4, in dem die beiden Systeme „Bekleidung nach Maß“ (Kapitel 3.2.3) und „Integriertes 3D-Nähsystem“ integriert sind. Den Kreis schließt der Einzelhandel als Schnittstelle zu den Kundinnen und Kunden. Im Bild nicht dargestellt sind die vor dem Tuchhersteller liegenden Stufen der Textilindustrie (vgl. Bild 2-2).

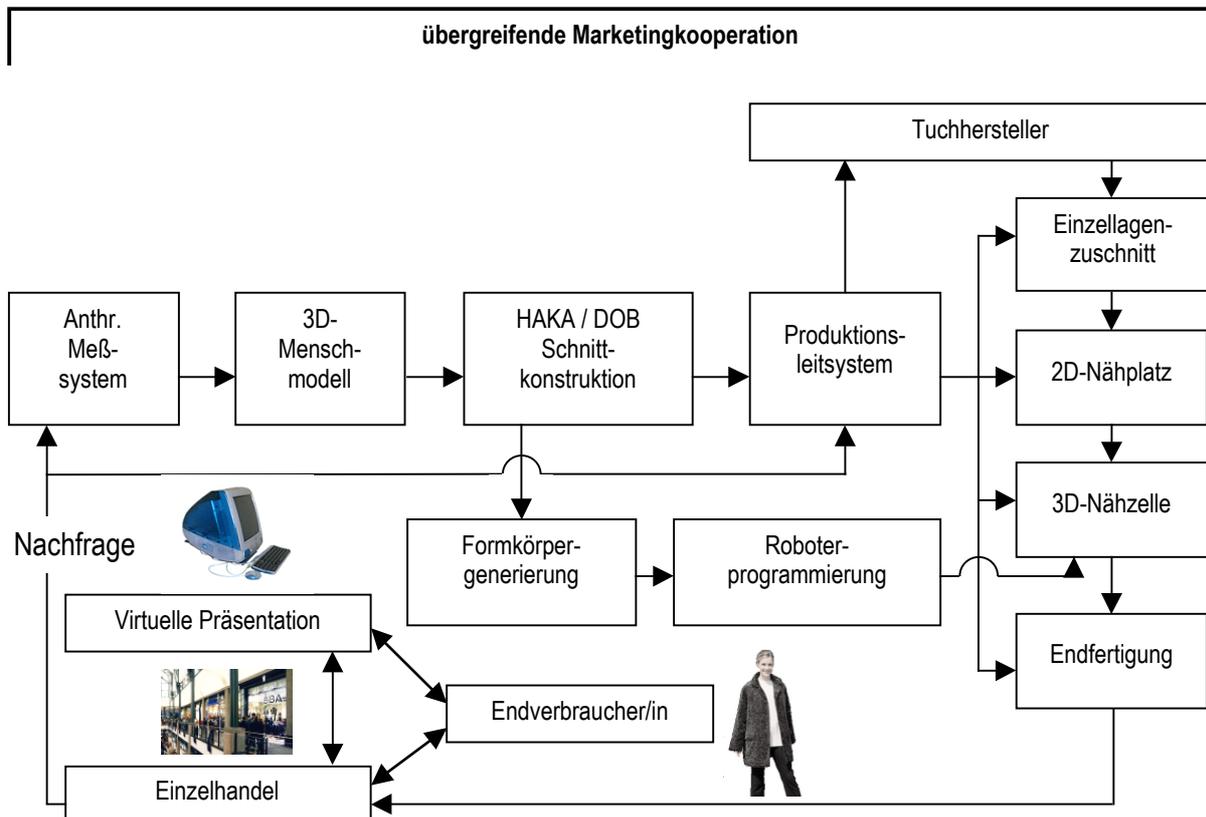


Bild 8-4: Die nachfragegesteuerte textile Kette

Durch die zur Zeit noch nicht vorhandene Möglichkeit einer von den Konfektionsgrößen abweichenden Formkörperverstellung ist eine Veränderung z. B. des Hüftbogens beim Rock oder die Herstellung von Zwischengrößen nicht möglich. Bei der Jacke als weiterem möglichem Produkt für die 3D-Fertigung werden insbesondere Variationen bei der Ärmellänge und natürlich auch den Details, wie den Taschen, möglich sein. Problemlos kann der Wunsch nach individuellen Tuchen erfüllt werden, da das System für Einzelstückfertigung ausgelegt ist.

Die im Bild 8-4 dargestellte Formkörpergenerierung als Ergebnis der Schnittkonstruktion wird aus den genannten Gründen zumindest mittelfristig nicht für jeden einzelnen Fertigungsauftrag erfolgen, so daß kundenspezifische Formabweichungen beim Rock oder Jackenrumpf

wie bisher an herkömmlichen 2D-Näharbeitsplätzen gefertigt werden müssen. Nach bisherigen Erfahrungen eines Herstellers sogenannter körperangepasster Kleidung trifft dies auf nur rund 30 % aller von ihm gefertigten Anzüge zu. Die übrigen 70 % der Kunden kaufen die Anzüge als „Maßanzug“, um z. B. durch individuelle Details das Gefühl zu haben, ein einmaliges Kleidungsstück zu besitzen, das exklusiv für sie gefertigt wurde (Seebauer 2000).

Die wesentliche Neuerung der nachfragegesteuerten integrierten textilen Kette ist der Fertigungsanstoß durch die Endverbraucherin und nicht mehr durch den Einkäufer des Einzelhandels. Daraus resultiert auch, daß die Kundin ihr Kleidungsstück nicht sofort mitnehmen kann, sondern auf die Lieferung warten muß. Eine hierzu im Auftrag des HDZ/IMA der RWTH Aachen durchgeführte Marktanalyse hat ergeben, daß 70 % aller Kundinnen und Kunden eine Lieferzeit von einer Woche oder mehr akzeptieren würden (Hennig u.a. 1998). Hierdurch wird eine schneller als bisher reagierende flexible Fertigung erforderlich, die eine perfekte Koordination über das gemeinsame Marketing hinaus zwischen den beteiligten Partnern erfordert. Hinzu kommt die Notwendigkeit einer kundennahen Fertigung zur Reduzierung der Transportzeiten, wodurch der Produktionsstandort Deutschland gestärkt wird.

8.3.3 Szenario 2: Anbieternetzwerk mit dem Konfektionär als Produktmanager

Die in Kapitel 8.3.1 vorgestellte Weiterentwicklung der 3D-Nähzelle wird nach dem derzeitigen Kenntnisstand in der Leistungsfähigkeit die des Prototypen und der bisherigen konventionellen Rockfertigung (ca. ein Rock pro Minute) deutlich übertreffen. Damit werden Integrierte 3D-Nähsysteme nur interessant für Produzenten großer Stückzahlen und nicht für die vielen existierenden kleinen Konfektionäre. Daher bietet sich die Lösung eines 3D-Fertigers an, der im Auftrag mehrerer Konfektionäre 3D-Nähsysteme betreibt. Neben großen Konfektionären, die auch für ihre Mitbewerber arbeiten, können vor allem Tuchmacher zu 3D-Fertigern werden. So werden hochwertige Tuche zu großen Teilen noch in Deutschland bzw. in der Europäischen Union gefertigt (Seebauer 1998). Die direkt anschließende Fertigung reduziert den Transportaufwand und läßt eine integrierte Produktionsplanung der Tuche und der Nähaufträge zu, so daß die Lagerhaltung reduziert werden kann.

Auf den Trend zur individualisierten Bekleidung (Kapitel 8.2) kann wiederum eingegangen werden, indem der Einzelhändler in seiner Schneiderei die Individualisierung realisiert. Dies können bei Röcken z. B. individuelle Taschen oder modische Applikationen sein. Die Ferti-

gung beim Einzelhändler bietet eine große Kundennähe, die eine hohe Kundenzufriedenheit als Ergebnis hat. Natürlich kann eine Fertigung beim Händler aus Kapazitätsgründen nur geringe Stückzahlen liefern, so daß eine Kombination aus externer Vorfertigung und interner Endfertigung gefunden werden muß.

Eine Lösung hierzu kann ein Anbieternetzwerk sein, in dem sich ein Konfektionär, ein Tuchmacher und Einzelhändler zusammenschließen. Für das Produkt Rock ist ein solches Netzwerk in Bild 8-5 skizziert.

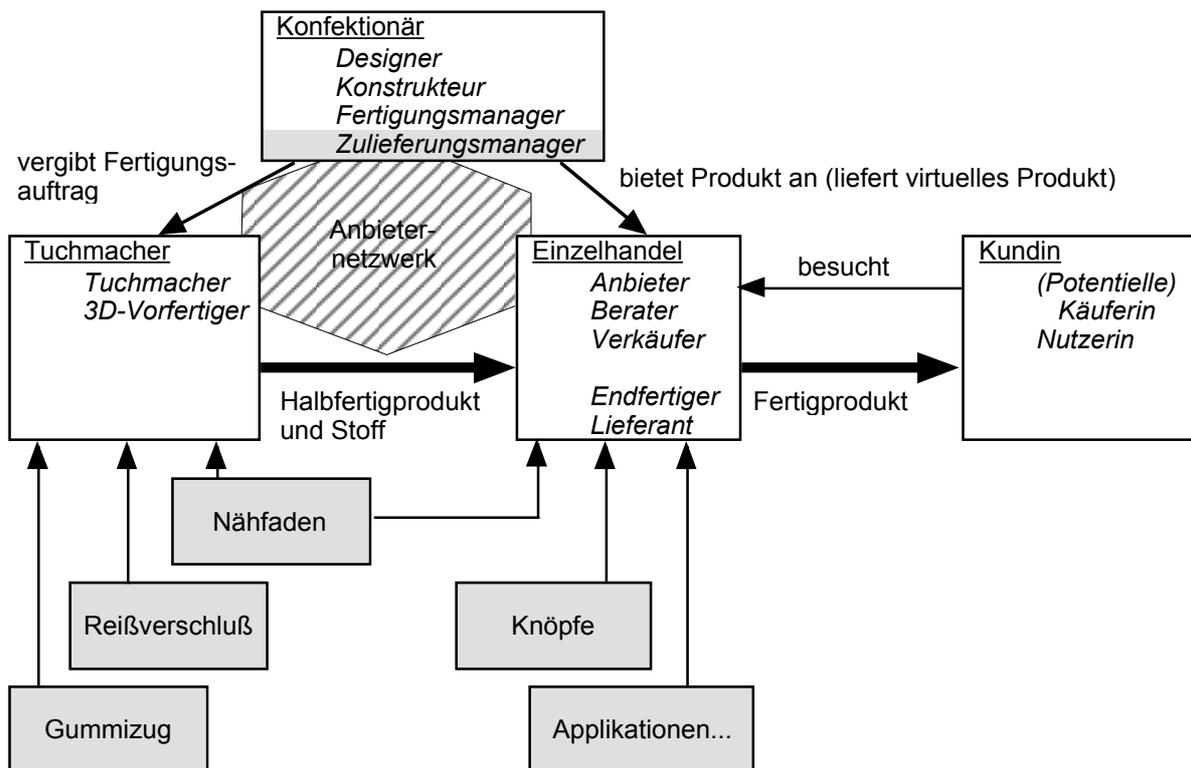


Bild 8-5: Ein Anbieternetzwerk für Röcke mit dem Konfektionär als Produktmanager

In dem Bild sind die vier Hauptakteure, d. h. die Netzwerkmitglieder und die Kundin, mit ihren Beziehungen und Funktionen dargestellt. Der Konfektionär entwirft und konstruiert die Produkte wie bisher und plaziert sich mit diesen am Markt. Neben dieser Kernkompetenz wird er verstärkt Fertigungs- und Zulieferungsmanager werden, indem er den Fertigungsauftrag (exklusiv) an den Tuchmacher und auch an die Händler vergibt. Zusätzlich beauftragt und koordiniert er als Zulieferungsmanager die Zulieferer mit ihren Produkten, d. h. den Nähfäden, Reißverschlüssen usw.

Dem Händler liefert der Konfektionär nur ein virtuelles Produkt per Katalog, wobei er zum Schutz seiner Produktidee die erlaubten Individualisierungen verbindlich festlegen kann. Der Rock selbst wird als Halbfertigprodukt vom Tuchmacher zum Händler geschickt, der es wiederum der Kundin im Geschäft oder per Post übergibt.

8.3.4 Szenario 3: Visionen zum Einkaufen über das Internet

Die Informationstechnologien haben sich in den vergangenen Jahren sehr schnell entwickelt und dadurch das Leben und Handeln der Deutschen wesentlich verändert (Kapitel 8.2). Da kein Ende der Entwicklungen abzusehen ist, werden in diesem Szenario einzelne Visionen entwickelt, die in einigen Jahren das Einkaufen von Bekleidung verändern können.

Ausgangspunkt der Überlegungen ist die steigende Leistungsfähigkeit der Rechnertechnik, die zunehmend die Anwendung rechenintensiver Algorithmen im Heimbereich erlaubt. Ein Beispiel ist die Simulation virtueller Bekleidung, an der eine Forschungsgruppe der Universität Genf seit 1990 arbeitet. Hier besteht die Möglichkeit, Bekleidung in dreidimensionaler Darstellung an bewegten virtuellen Menschen mit ihrem natürlichen Fall zu simulieren. Die Simulation ist vergleichbar mit einer traditionellen Modenschau, bei der die Models auf dem Laufsteg die Kollektionen präsentieren (Violino, Magnenat-Thalmann 2000).

In Kombination mit der Vermessungssoftware aus dem Projekt Bekleidung nach Maß erscheint eine zukünftige Vermessung mit anschließender virtueller Anprobe am heimischen Rechner möglich. Hierzu sind eine Vermessungseinrichtung, z. B. bestehend aus zwei digitalen Kameras, ein sehr leistungsfähiger Rechner und die entsprechenden Programme erforderlich.

Nachdem der Kunde sein Modell ausgewählt bzw. zusammengestellt hat, kann er es per Internet bestellen. Daraus ergibt sich eine veränderte Rolle des Einzelhändlers, der z. B. als Vermittler zwischen Konfektionär und Kunden sowie als Typ- und Stilberater tätig werden kann.

8.4 Unmittelbare industrielle Anwendung in der Automobilindustrie

Parallel zur Entwicklung des Integrierten 3D-Nähsystems für Röcke wurden innerhalb des Verbundprojekts auch die wesentlichen Systeme einer Produktionslinie zur Fertigung von Vordersitzbezügen für Personenkraftwagen entwickelt. Im Vergleich zur Bekleidungs-

industrie gibt es hier deutlich größere Stückzahlen gleicher Produkte, so daß hier auf verstellbare Formkörper und häufige Formkörperwechsel verzichtet werden kann. Insgesamt wurden 1999 in der Bundesrepublik Deutschland mehr als 5,3 Mio. Personenkraftwagen mit i. d. R. jeweils zwei Vordersitzen hergestellt (VDA 2000). Aus diesem Grund wurde die 3D-Nähtechnik zunächst zur Herstellung von Automobiltextilien entwickelt (Bild 8-6).

Die Automobilhersteller verlagern ihre Sitzherstellung zunehmend von der In-House-Produktion zu externen Komponenten- oder Systemlieferanten, die in enger Zusammenarbeit mit den Herstellern die kompletten Sitze entwickeln. Relevante Systemlieferanten in Deutschland sind Keiper Recaro, das amerikanische Unternehmen Johnson Controls und der französische Hersteller Bertrand Faure (ADL 1997).

Für die zukünftige industrielle Anwendung integrierter 3D-Nähssysteme ist die enge und vertrauensvolle Zusammenarbeit (Geheimhaltung neuer Automodelle!) zwischen den Herstellern des 3D-Nähsystems, den Automobilherstellern und den Sitzherstellern erforderlich. Bei der Auswahl der zu fertigenden Sitze sind die in den Robosew Guidelines festgeschriebenen Grenzen zu beachten (Kapitel 3.4.2). Als kritische Punkte haben sich gekräuselte Sitzflächen und damit unterschiedliche Kantenlängen der zu vernähenden Teile erwiesen, die weitere Forschungs- und Entwicklungsarbeiten notwendig machen (Schweitzer 2001a).

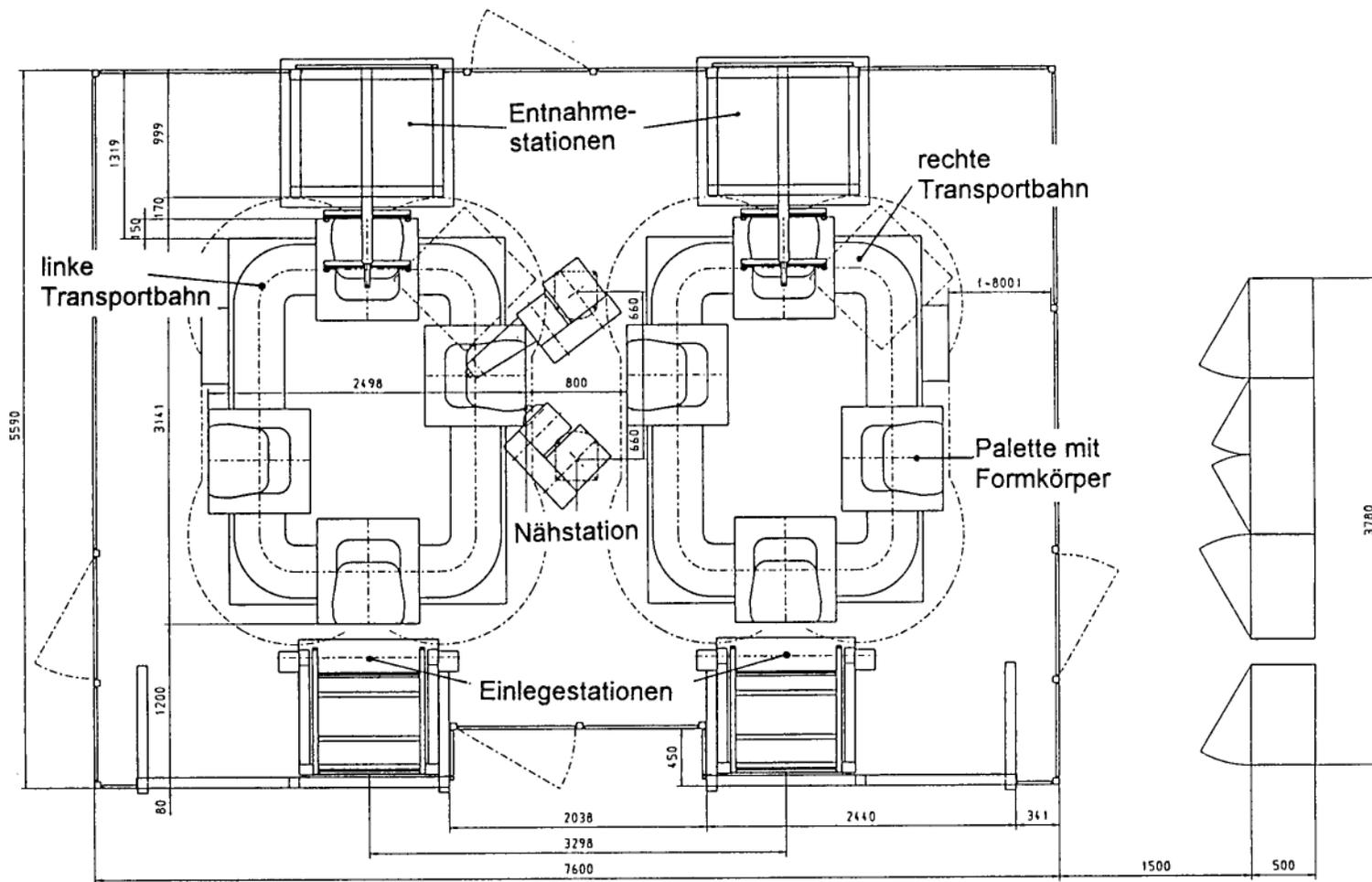
Aufgrund der großen Stückzahlen und der vorliegenden industriellen Erfahrungen schätzen die beteiligten industriellen Partner die Chancen für eine Anwendung der 3D-Nähtechnik im Automobilbereich positiv ein (Henning 1999).

8.5 Unmittelbare industrielle Anwendung im Bereich der technischen Textilien

Airbag

Als dritte Produktlinie innerhalb des Verbundprojekts war ursprünglich die Fertigung von Airbags für die Automobilindustrie vorgesehen (Moll 1995b). Aufgrund der fehlenden Bereitschaft eines deutschen³ Industriepartners zur Mitarbeit im Projekt mußte diese Linie

³ Die Förderung des Bundesforschungsministeriums konnte ausschließlich deutschen Unternehmen gewährt werden.



Zur Beschreibung		DIN 7168-10		DIN 1501302		Referenz 1 20		Seite	
Stand		05.12.97		Platz		Benennung		robosew 3002 bzw 3007	
Zustimmung		[Signature]		Techniknummer		03929403		Blatt	
Erst		1		Erst		1		Blatt	

Bild 8-6: Zeichnung des Robosew 3002-Systems zur Fertigung von Autositzbezügen (Moll, Händler 1997)

aufgegeben werden. Die Hersteller hatten Bedenken bei der garantierten Qualität eines automatisch genähten Airbags, die sie durch die Näherinnen besser gewährleistet sahen. Schließlich muß der Airbag bei seiner einmaligen Benutzung garantiert funktionieren, da er ansonsten seine Aufgabe nicht erfüllt. Trotz dieser Bedenken bietet sich der Airbag aufgrund seiner großen Stückzahlen und seiner im aufgeblasenen Zustand gebildeten 3D-Hülle zur Fertigung mit der 3D-Nähtechnologie an.

Flugzeugbau

Die im Vorhaben entwickelten robotergeführten 3D-Nähsysteme werden inzwischen kommerziell für den Einsatz im Flugzeugbau angeboten (Bild 8-7). Mit ihnen können im Raum gebogene Profile aus Carbon-, Aramid- oder Glasfaser hergestellt werden (Altin 2000b).

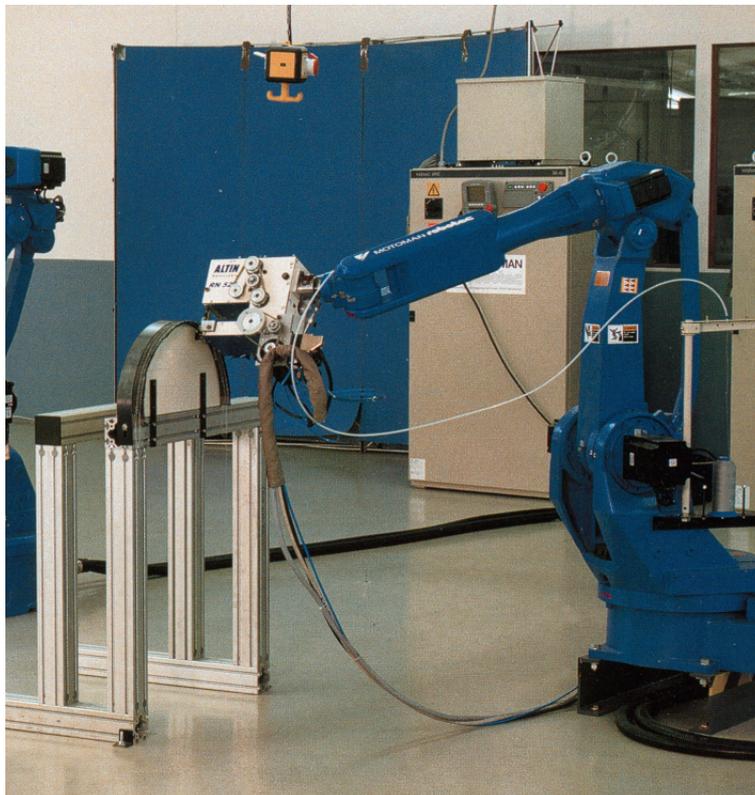


Bild 8-7: Prototyp eines 3D-Nähroboters zur Fertigung von Flugzeugprofilen (Altin 2000b)

Im abschließenden Kapitel 9 wird ausgehend von den vorgestellten Perspektiven ein Ausblick auf den industriellen Einsatz der 3D-Nähtechnik gegeben, wobei der Aspekt der Arbeitsplatzgestaltung intensiver betrachtet wird. Als Bewertungsinstrument kommt dabei der auf dem Dualen Entwurf (Kapitel 4) basierende Erweiterte Duale Entwurf zur Anwendung. Den Abschluß bildet ein Fazit in Form einer Perspektive für die Branchen der textilen Kette.

9 Ausblick

9.1 Industrielle Anwendung der 3D-Nähtechnik

Für die industrielle Anwendung des entwickelten Integrierten 3D-Nähsystems gibt es, wie im vorherigen Kapitel gezeigt, vielfältige Perspektiven in allen Bereichen der nähernden Industrie, wobei im Kern immer die Fertigung größerer Stückzahlen gleicher bzw. ähnlicher Teile stehen muß. Aufgrund der dramatischen Lage der bundesdeutschen Textil- und Bekleidungsindustrie (vgl. Kapitel 2) und der Neuartigkeit der Technologie stößt die 3D-Nähtechnik auf große Skepsis bei den potentiellen Anwendern. Bei einer vom HDZ/IMA der RWTH durchgeführten Nutzwertanalyse, die auf der Gewichtung einer großen Anzahl von Kriterien beruht, wurde die 3D-Anlage für Autositze von den befragten Experten der Sitzhersteller schlechter eingestuft als die bestehende Fertigungsmethode. Eine Ursache für diese Einschätzung ist die fehlende Vorstellung von einem System, das noch nicht existiert (Desery 1998).

Um den direkten und indirekten Auswirkungen des industriellen Einsatzes Integrierter 3D-Nähsysteme in ihrer ganzen Tragweite gerecht zu werden, bedarf es einer ganzheitlichen Sichtweise, die über die gesamte textile Kette vom Rohstoff bis zum Kunden führt. Solche Nähsysteme sollten Bestandteil einer integrierten textilen Kette sein, in der sich die zukünftige Aufgabenverteilung gegenüber der heutigen verändern kann. Durch technische und organisatorische Vernetzungen innerhalb der textilen Kette können die steigenden Kundenanforderungen des Handels bzw. der Endkundinnen und -kunden bezüglich Qualität, Lieferzeiten, Verkaufs- und Produktschulung, Marketingunterstützung und Individualität befriedigt werden. Die Folge kann eine Verlagerung der Nähereien in Richtung Handel oder umgekehrt in Richtung Tuchmacher sein. Aufgabenveränderungen wird es auch durch die verstärkte Rechner- und Internetnutzung durch die Endkunden geben.

In sogenannten Hochlohnländern hat die Bekleidungsfertigung nur im Bereich der hochwertigen, individuellen und höherpreisigen Konfektion eine Zukunft. Ein starkes Argument für die Fertigung z. B. in Deutschland sind die kurzen Transportzeiten und somit die kurzfristige Lieferbarkeit individuell gefertigter Bekleidung.

Aufgrund der fehlenden Realisierung eines industriellen Prototypen konnten die Auswirkungen auf die Arbeitsplätze in Integrierten 3D-Nähsystemen noch nicht untersucht werden. Eine

erste Einschätzung auf der Basis der Methode des Erweiterten Dualen Entwurfs ist jedoch möglich und wird im folgenden vorgestellt.

9.2 Auswirkung auf die Arbeitsplätze

9.2.1 Die Methode des Erweiterten Dualen Entwurfs als Bewertungsinstrument

Dient die Methode des Dualen Entwurfs nach Ochterbeck der Gestaltung von Mensch-Maschine-Systemen, so dient die Methode des Erweiterten Dualen Entwurfs nach Fuchs-Frohnhofen (1994) der Bewertung verschiedener Varianten von Mensch-Maschine-Systemen. Ausgehend vom Dualen Entwurf sind hierbei die Ideenanteile und Denkrichtungen insbesondere unter Berücksichtigung arbeitswissenschaftlicher Fragestellungen zu vier miteinander verbundenen Leitfragen konkretisiert worden. Diese Fragen richten sich nach dem

- *Grad der Automatisierung*, d. h. welche Arbeiten sollen von Menschen, welche sollen von Maschinen ausgeführt werden?
- *Grad der Dynamik* und Veränderung, die auf die Menschen an der Maschine einwirken, d. h. wieviel Neues muß der Mensch wie schnell lernen und wie schnell verändert sich das (technische) Arbeitsumfeld?
- *Grad der Vernetzung* einzelner Maschinen und des Datenaustausches, d. h. welche technischen Vorrichtungen zur Verbindung und zum Datenaustausch zwischen den Systemkomponenten werden angestrebt?
- *Grad der Formalisierung* der Tätigkeiten und Kommunikation im System.

In der Praxis bedeutet das, daß der iterative Prozeß des Dualen Entwurfsverfahrens jeweils für die vier genannten Grade durchlaufen wird. Die einzelnen Ergebnisse stehen alle in gegenseitiger Abhängigkeit, so daß hier zusätzlich weitere Iterationsschritte bis zum Erreichen der optimalen Lösung durchlaufen werden müssen (Bild 9-1).

Für die praktische Anwendung, d. h. den Vergleich verschiedener Varianten und die anschließende Entscheidung für eine Lösungsmöglichkeit, werden Fragebögen entwickelt, die von den betroffenen Mitarbeitern ausgefüllt werden. Im Rahmen von moderierten Gruppengesprächen werden die Ergebnisse der Befragung reflektiert und ggf. gemeinsam modifiziert, bevor eine abschließende Bewertung erfolgt.

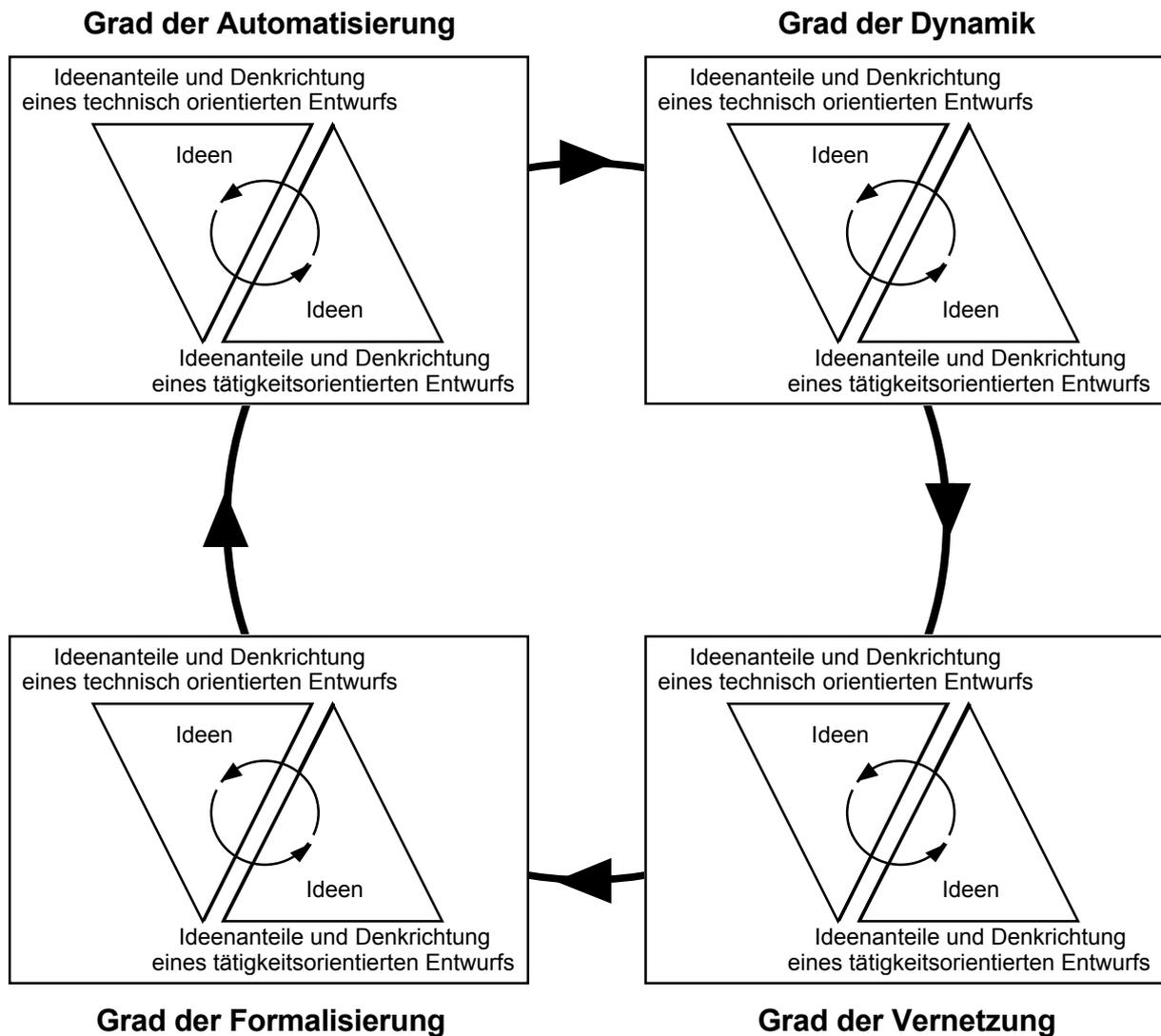


Bild 9-1: Die iterative Abarbeitung der einzelnen Elemente des Erweiterten Dualen Entwurfsverfahrens (Fuchs-Frohnhofen 1994)

9.2.2 Ausgangslage und Anwendung der Methode des Erweiterten Dualen Entwurfs

In einer umfassenden Studie wurden die Arbeitsplätze in der Bekleidungsindustrie im Hinblick auf ihre Gestaltung näher untersucht, um daraus Verbesserungsmöglichkeiten abzuleiten.

„Die moderne Arbeitsplatzgestaltung in der Bekleidungsindustrie ist traditionell im wesentlichen auf sitzende Tätigkeit beim Nähen und stehende Tätigkeit beim Bügeln bzw. Zuschneiden ausgerichtet. Diese ursprüngliche klare Zuordnung hat sich im Zuge der Entwicklung von Halbautomaten, Nähanlagen und ‚Just in time-Konzepten‘ langsam gewandelt. Zusätzlich zu den überwiegend statischen Arbeitsplätzen (nur Sitzen oder nur Stehen) gibt es daher heute immer häufiger dynamische Arbeitsplätze, bei denen ein Wechsel zwischen verschiedenen Körperstellungen und –haltungen möglich ist“. (Adler u.a. 1995 S. 4)

Eines der Hauptprobleme in der Bekleidungsindustrie ist, daß der Mensch aufgrund der zum großen Teil festen Anordnung seiner Arbeitsmittel dazu gezwungen wird, bestimmte Bewegungsabläufe durchzuführen. Der Mensch muß sich der Arbeitsaufgabe anpassen, d. h. er muß arbeitsgebundene Körperhaltungen bis hin zu Zwangshaltungen einnehmen, die meist eine erhöhte Belastung bedeuten (Adler u.a. 1995).

Die Anwendung der Methode des Erweiterten Dualen Entwurfs ist bei Fuchs-Frohnhofen (1994) dokumentiert. Dort werden Kriterien in Form von Fragebögen vorgestellt, die von den betroffenen Mitarbeitern ausgefüllt werden und ein Hilfsmittel zur Bewertung und damit zur Umgestaltung von Technik darstellen können. Ziel der Untersuchung ist es, die Technik, hier besonders die Mensch-Maschine-Schnittstellen, so zu gestalten, daß sie arbeitswissenschaftlichen Ansprüchen genügt, facharbeitergerecht ist und häufig vorkommende negative Auswirkungen vermeidet.

Die Fragebögen bestehen aus vier Blättern zu den Themen „Automatisierung“ (Bild 9-2), „Dynamik“ (Bild 9-3), „Vernetzung“ (Bild 9-4) und „Formalisierung“ (Bild 9-5). Die Fragen wurden ursprünglich für eine Arbeitsplatzuntersuchung an CNC-Werkzeugmaschinen entwickelt und sind hier für die zukünftige Untersuchung der Arbeitsplätze im Integrierten 3D-Nähsystem geringfügig modifiziert worden. Einige Fragen, insbesondere aus dem Themenfeld Vernetzung, sind nur für einzelne Arbeitsplätze, z. B. Leitstand, relevant. Zur Auswertung kommen neben dem Ausfüllen der Fragebögen auch moderierte Gruppengespräche zum Einsatz, die die Ergebnisse der Befragung reflektieren.

Diese Vorgehensweise bietet entgegen der rein planerischen Gestaltung der Arbeitsplätze ein erheblich höheres Innovationspotential und führt durch eine strukturübergreifende Beteiligung zu einer besseren Annahme der Resultate. Durch die doppelte Bewertung mittels Punktbewertung und Bewertungsfaktoren ist eine differenzierte Betrachtung aller erwähnten Bereiche möglich.

Bei der Durchführung reicht es prinzipiell, den Probanden die Fragebögen auszuhändigen. Insgesamt wird die Bewertung aus zwei Teilen gebildet, dem Bewertungsfaktor (BF), der die Wichtigkeit ausdrückt, und der Punktbewertung (PB), die die Realisierung beschreibt. Mit beiden Faktoren hat der Proband die Möglichkeit, seine Einschätzung frei zu äußern. Zur Auswertung wird das Punktprodukt (PP) aus der Multiplikation vom Bewertungsfaktor und der

Punktebewertung gebildet. Die Summe der Punktprodukte wird abschließend durch die Summe der Bewertungsfaktoren geteilt und ergibt somit den jeweiligen Mittelwert der einzelnen Themenfelder.

Kriterienraster zur Technikbewertung – Automatisierung (1)					
F r a g e	Punktbewertung PB	1: überhaupt nicht erfüllt 2: schlecht erfüllt 3: befriedigend erfüllt 4: gut erfüllt 5: besonders gut erfüllt			
	Bewertungsfaktor BF	0: unwichtig 1: wichtig 2: sehr wichtig	B F	P B	P P
A1	Gesundheitsschutz: Werden Unfall- und Verletzungsgefahren ausgeschaltet? Werden körperliche Beanspruchungen sowie Emissionen, Vibrationen und Lärm reduziert?				
A2	Ergonomie und Komfort: Günstige Beleuchtung, Klimatisierung, Sitzgelegenheiten, Ablageflächen usw.? Ergonomische Ein-/Ausgabeelemente? Gut lesbare Anzeigen?				
A3	Abkopplung menschlicher Arbeit vom Maschinentakt: Ist die Technik so gestaltet, daß der Nutzer sich vom evtl. festen Arbeitstakt entkoppeln kann?				
A4	Anforderungsvielfalt: Ist in der Nutzung der neuen Technik für den Mitarbeiter abwechslungsreiche Arbeit mit unterschiedlichen Schwierigkeiten gegeben?				
A5	Rückfallebenen: Können automatisierte Komponenten auch von Hand gefahren werden?				
A6	Manuelle Prozeßbeeinflußbarkeit: Ist dem Nutzer der Technik eine direkte, manuelle (= mit den Händen) Prozeßbeeinflussung auch im Normalbetrieb möglich?				
A7	Erfahrungsgewinnung und –speicherung: Unterstützt die Computertechnik die Aufarbeitung und Speicherung von Erkenntnissen? Werden Kommentare gespeichert?				
A8	Reparatur- und Wartungsfreundlichkeit: Ist die Maschine so gestaltet, daß die Reparaturanfälligkeit gering gehalten ist? Ist die Maschine im Reparatur- und Wartungsfall für den Menschen leicht zugänglich und handhabbar?				
A9	Multifunktionalität und Flexibilität: Können mit der Maschine und der Steuerung unterschiedliche Teile gefertigt werden (hinsichtlich Form, Größe, Material usw.)? Eignung für stark unterschiedliche Losgrößen ?				
A10	Wirtschaftlicher Nutzen: Arbeitet die Maschine wirtschaftlich? Ist die wahrscheinliche Auslastung bzw. Verfügbarkeit hoch? Stehen die Kosten in einem vernünftigen Verhältnis zu dem erwarteten Nutzen?				
Summe BF und Summe PP					
Mittelwert MW_A = Summe PP / Summe BF					

PP: Punktprodukt = Punktebewertung PB · Bewertungsfaktor BF

Bild 9-2: Fragebogenentwurf „Kriterienraster zur Technikbewertung“, Themenfeld Automatisierung

Kriterienraster zur Technikbewertung – Dynamik (2)					
F r a g e	Punktbewertung PB	1: überhaupt nicht erfüllt 2: schlecht erfüllt 3: befriedigend erfüllt 4: gut erfüllt 5: besonders gut erfüllt			
	Bewertungsfaktor BF	0: unwichtig 1: wichtig 2: sehr wichtig	BF	PB	PP
D1	Leichte Erlernbarkeit: Können die Näherinnen ohne umfangreiche Schulungen an den Maschinen arbeiten?				
D2	Verständliche Dokumentation: Können alle erforderlichen Informationen zum Betrieb der Maschine dem Handbuch entnommen werden? Ist das Erlernen von Funktionen mit dem Handbuch möglich? Ist das Handbuch ansprechend aufgemacht? Steht eine Online-Hilfe zur Verfügung?				
D3	Einheitlichkeit (Konsistenz): Ist der Dialog mit dem Rechner / der Maschine einheitlich und berechenbar? Haben Menüs immer den gleichen Aufbau? Sind wichtige Ein-/Ausgabeelemente (Schalter, Hebel, Knöpfe, Tasten usw.) immer gleich belegt?				
D4	Lernförderlichkeit: Bietet die Technik dem Nutzer Anreize und Möglichkeiten, sein Wissen über die Technik zu erweitern und verschiedene Möglichkeiten kennenzulernen, seine Arbeitsaufgabe zu erledigen?				
D5	Ermöglichung individueller Nutzungsstrategien: Können Nutzer mit unterschiedlichen Fähigkeiten die Maschine gut nutzen? Kann man ein Ziel je nach seinen Kenntnissen effektiv erreichen?				
D6	Erfahrungsorientierung: Knüpft die Gestaltung der Oberfläche des Rechners / der Maschine an die Erfahrungswelt der späteren Nutzerinnen an? Werden bekannte Symbole, Piktogramme und Begriffe verwendet? Sind Befehle und Aussagen in verständlicher (deutscher) Sprache?				
D7	Erweiterbarkeit: Kann die Maschine / Anlage erweitert werden? Unterstützt die Steuerung weitere Komponenten?				
D8	Kompatibilität: Gibt es eine Passung zwischen Hard- und Software untereinander und zu bereits vorhandener Technik? Werden standardisierte Datenträger, Netzwerke und Computerschnittstellen verwendet?				
D9	Ressourcenschonung und Umweltschutz: Spart die Maschine Energie, Material, Platz? Werden ungefährliche Betriebsstoffe, Kühlmittel etc. eingesetzt? Gibt es geschlossene Kreisläufe (Recyclingfähigkeit)?				
D10	Strategischer Nutzen und Zukunftssicherheit: Ist die Maschine im Sinn einer betriebsweiten Unternehmensstrategie auch in Zukunft gewinnbringend einsetzbar?				
Summe BF und Summe PP					
Mittelwert MW_A = Summe PP / Summe BF					

PP: Punktprodukt = Punktbewertung PB · Bewertungsfaktor BF

Bild 9-3: Fragebogenentwurf „Kriterienraster zur Technikbewertung“, Themenfeld Dynamik

Kriterienraster zur Technikbewertung – Vernetzung (3)					
Frage	Punktbewertung PB	1: überhaupt nicht erfüllt 2: schlecht erfüllt 3: befriedigend erfüllt 4: gut erfüllt 5: besonders gut erfüllt			
	Bewertungsfaktor BF	0: unwichtig 1: wichtig 2: sehr wichtig	BF	PB	PP
V1	Überschaubarkeit: Ist die Einbettung der neuen Technik in ein evtl. Rechnernetzwerk der Nutzerin bekannt? Weiß die Näherin, wann und wo sie die erforderlichen Daten und Programme erhält?				
V2	Datenschutz: Werden Programme und Daten gegen unerwünschtes Verändern oder Löschen geschützt? Haben die Nutzerinnen persönliche Kennworte? Sind personengebundene Daten gegen unbefugten Zugriff geschützt?				
V3	Wartezeitfreier Netzzugang: Können benötigte Daten und Programme jederzeit und verzögerungsfrei geladen werden?				
V4	Dezentraler Informationszugang: Können alle benötigten Programme und Daten direkt vom Arbeitsplatz aus abgerufen werden?				
V5	Handlungsfreiheit der Näherin: Kann die Näherin Entscheidungen bezüglich Fertigung und Planung selber treffen? Liegt die Feindisposition (siehe V6) bei der Näherin?				
V6	Dezentrale Planungsunterstützung: Wird die Nutzerin bei ihrer Arbeitsplanung und Feindisposition (was soll an welcher Maschine wann und von wem mit welchem Material erledigt werden?) technisch unterstützt?				
V7	Leicht verständliche Dateiverwaltung: Können Programme und Dateien einfach vom Rechnernetz oder aus Datenspeichern ausgewählt und geladen werden? Stehen sinnvolle Suchkriterien mit Softwareunterstützung zur Verfügung?				
V8	Kooperations- und Kommunikationsförderlichkeit: Wird durch die neue Technik die Notwendigkeit und Möglichkeit zur Zusammenarbeit und zum Miteinander-Reden unter den Mitarbeiterinnen gefördert?				
V9	Netzwerkstabilität: Bleibt das Netz auch bei Ausfall einzelner Komponenten funktionstüchtig? Sind wichtige Elemente (Kabel, Server) besonders geschützt oder mehrfach vorhanden? Schutz bzw. schnelles Neustarten bei Stromausfall?				
V10	Möglichkeit netzunabhängigen Betriebes: Können die Maschinen auch ohne Rechnernetz arbeiten?				
Summe BF und Summe PP					
Mittelwert MW_A = Summe PP / Summe BF					

PP: Punktprodukt = Punktbewertung PB · Bewertungsfaktor BF

Bild 9-4: Fragebogenentwurf „Kriterienraster zur Technikbewertung“, Themenfeld Vernetzung

Kriterienraster zur Technikbewertung – Formalisierung (4)					
Frage	Punktbewertung PB	1: überhaupt nicht erfüllt 2: schlecht erfüllt 3: befriedigend erfüllt 4: gut erfüllt 5: besonders gut erfüllt			
	Bewertungsfaktor BF	0: unwichtig 1: wichtig 2: sehr wichtig	B F	P B	P P
F1	Software-Ergonomie – Aufgabenangemessenheit: Sind die Funktionen der Software aufgabenangemessen, d. h. können wichtige Funktionen mit einfachen, kurzen Befehlen ausgelöst werden?				
F2	Software-Ergonomie – Selbstbeschreibungsfähigkeit: Sind die Funktionen und Menüs verständlich bezeichnet? Steht auf Verlangen eine >Hilfe<-Information bereit? Gibt es bei aufwendigen Operationen eine Dialogführung?				
F3	Software-Ergonomie – Steuerbarkeit: Kann die Nutzerin die Geschwindigkeit ihrer Eingaben selbst bestimmen? Können mehrere unabhängige Kommandos oder Parameter in beliebiger Reihenfolge eingegeben werden?				
F4	Software-Ergonomie – Erwartungskonformität: Sind die Dialoge und Menüs für die Benutzerin logisch? Reagiert das System immer erwartungsgemäß? Wird der aktuelle Systemzustand ständig angezeigt?				
F5	Software-Ergonomie – Fehlerrobustheit: Sind die Fehlerrisiken gering? Sind „gefährliche“ Befehle durch Warnungen und Kontrolle gesichert? Werden Bedienungs- und Eingabefehler erkannt und abgefangen?				
F6	Handlungsunterstützung: Unterstützt die Technik das rasche Angehen der eigentlichen Arbeitsaufgabe und das aufgabenbezogene Handeln des Menschen ohne umfangreiche technikbezogene Aktivitäten?				
F7	Herstellerübergreifende Benutzeroberfläche: Gibt es Gemeinsamkeiten mit den Benutzeroberflächen anderer Hersteller? Haben wichtige Funktionen gleiche Namen / Symbole / Tasten?				
F8	Erfahrbarkeit realer Prozesse: Kann der Bearbeitungsprozeß von der Näherin optisch und akustisch optimal wahrgenommen werden? Ist insbesondere die Sicht auf das System / die Teile frei?				
F9	Simulationsmöglichkeit: Kann der Prozeß grafisch simuliert werden?				
F10	Anpaßbarkeit und Konfigurierbarkeit: Können Teile der Benutzeroberfläche wie Menüs oder Kommandos geändert werden? Können Dialoge, Hilfen oder Meldungen modifiziert oder für Anfängerinnen / Experten umgeschaltet werden?				
Summe BF und Summe PP					
Mittelwert MW_A = Summe PP / Summe BF					

PP: Punktprodukt = Punktbewertung PB · Bewertungsfaktor BF

Bild 9-5: Fragebogenentwurf „Kriterienraster zur Technikbewertung“, Themenfeld Formalisierung

9.2.3 Mögliche Ergebnisse

Bewertende Aussagen, d. h. die Vorwegnahme der Befragungsergebnisse, nach dem im vorhergehenden Kapitel vorgestellten Verfahren sind nur sehr begrenzt möglich. Die folgenden Bewertungen können daher nur Abschätzungen darstellen.

Befragungsgruppe Automatisierung

In bezug auf die 2D-Näharbeitsplätze und das Zuschnittsystem sind hier wenig technische Änderungen im Vergleich zu den bisherigen Arbeitsplätzen zu erwarten, so daß A1 positiv bewertet werden kann. Besonderes Augenmerk muß der Frage A2 gewidmet werden. Die Einbindung in den Maschinentakt und die geringe Aufgabenvielfalt der einzelnen Näharbeitsgänge läßt bei A3 und A4 eher negative Antworten erwarten. Mittlere Bewertungen sind bei A5, A6 und A9 zu erwarten, wobei hier viel von der Prozeßsicherheit und den gefertigten Produkten sowie deren Losgrößen abhängt. Keine Aussagen können zu den Fragen A7 und A10 gemacht werden.

Bei der 3D-Nähzelle ist den Fragen A1 und A2 besondere Beachtung zu schenken. Dies gilt auch für die Prozeßsicherheit und die Rückfallebenen (A5), die für die Nähzelle in ihrer Gesamtheit nicht vorgesehen sind. Die Zuverlässigkeit der neuen Technik wirkt sich auf A8 aus. Die Multifunktionalität und Flexibilität ist in der Bekleidungsanlage für die Produktgruppe Rock mit Einschränkungen durch die Austauschbarkeit des Formkörpers und dessen Größenverstellbarkeit gegeben (Kapitel 1). Beim Autositz werden sehr große Stückzahlen hergestellt, so daß hier die Frage der Flexibilität eine deutlich geringe Wichtigkeit hat.

Die Bewertung der rechnerbasierten Programmier- und Leitsysteme erfolgt im wesentlichen in den Befragungsgruppen Vernetzung und Formalisierung.

Befragungsgruppe Dynamik

Die Bedienung der neuen 2D-Arbeitsplätze und des Einzellagenzuschnitts ist mit einem sehr geringen Schulungsaufwand verbunden (D1). Die Lernförderlichkeit (D4) und die Nutzung individueller Nutzungsstrategien (D5) ist nur in geringem Umfang gegeben. Durch die Übernahme vorhandener langjährig optimierter Systeme in die neue Anlage sind die Fragen D2, D3, D6 und D7 weniger wichtig. Zu D9 und D10 sind keine Aussagen möglich.

Die 3D-Nähzelle erfordert völlig neue Bedienabläufe, die z. B. eine verständliche Dokumentation erfordern (D2). Ein Aufbau auf vorhandenen und den Beschäftigten bekannten Technologien war prinzipbedingt nicht möglich, so daß auch keine Erfahrungen der Mitarbeiterinnen mit der Technik vorliegen. Eine vorausschauende Bewertung ist folglich nicht möglich.

Die Schnittstellen zwischen den Leitsystemen und Steuerungen der einzelnen Komponenten sind aufeinander abgestimmt und getestet worden, so daß Frage D8 positiv beantwortet werden kann.

Befragungsgruppe Vernetzung

Die 2D-Arbeitsplätze sind direkt höchstens durch einen von der Näherin betätigten Signalgeber mit dem Leitsystem verknüpft. Eine indirekte Verknüpfung besteht durch das Transportsystem. Daher sind die Fragen V1, V2, V3, V7 und V9 für diese Arbeitsplätze ohne Bedeutung. Frage V4 wird direkt am Arbeitsplatz nicht erfüllt, kann aber wie bisher durch zentral angebrachte Plantafeln geleistet werden. Die Kriterien V5 und V6 sind nicht erfüllt. Die Erfüllung von Kriterium V8 muß in der praktischen Anlage in Abhängigkeit z. B. vom Lärm überprüft werden, kann aber aufgrund der Anlagenkonzeption maximal befriedigend erfüllt werden. Bei einem Transportsystemstillstand ist ein Weiterarbeiten an den 2D-Arbeitsplätzen eingeschränkt möglich (V10).

Die 3D-Nähzelle und das Fertigungsleitsystem sind eng miteinander verknüpft. Die Bewertung der Kriterien zur Vernetzung können von den unvernetzten Einzelsystemen nicht auf das vernetzte Gesamtsystem übertragen werden. Einzelne Vernetzungen wurden jedoch erfolgreich erprobt und lassen eine positive Bewertung erwarten.

Befragungsgruppe Formalisierung

Die Software-Ergonomie betrifft ausschließlich die rechnerbasierten Leit- und Steuersysteme. Für die Fragen F1 bis F6 und F10 sind mittlere bis gute Bewertungen zu erwarten, da es sich bei der entwickelten Software zum großen Teil um Neuentwicklungen bzw. spezielle Anpassungen handelt. Die durchgängige Verwendung grafischer Benutzeroberflächen und die zunehmende Vertrautheit vieler Menschen mit Rechnern werden die zukünftigen Bediener nicht zu sehr überfordern. Die Software zur Formkörpergenerierung und Nahtbahnprogrammierung setzt die Bedienung durch 3D-Experten voraus und wird daher nicht von Näherinnen bedient werden. Frage F7 ist nur bedingt erfüllt, da unterschiedliche Plattformen und somit Benutzeroberflächen eingesetzt werden. Das Kriterium F8 hängt von der Position der Leitreechner ab. Bei den 2D-Arbeitsplätzen und dem Zuschnitt wirken sich eventuelle Sichtbehinderungen durch das Transportsystem und die transportierten Teile aus. Simulationen von Prozessen sind teilweise, insbesondere bei der Roboterbahnprogrammierung, möglich (F9).

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß die Beurteilung des integrierten 3D-Nähsystems unter sozialen Aspekten zu einem befriedigenden bis guten Ergebnis führen wird. Bei der Entwicklung sind soziale Aspekte so weit wie möglich berücksichtigt worden, da die einzelnen Partner durch ihre bisherigen Aktivitäten und Entwicklungen in diesem Bereich über vielfältige Erfahrungen verfügen.

9.3 Perspektiven der deutschen Textil- und Bekleidungsindustrie

Zum Abschluß dieser Arbeit werden als Ergebnis die wichtigsten Trends, die die Perspektive der textilen Branche in der Bundesrepublik Deutschland prägen werden, zusammenfassend aufgezeigt.

In der *gesamten Kette* werden sich unterschiedliche Netzwerke bilden, denn „alle Partner können voneinander partizipieren und somit Arbeitsplätze erhalten und auch neue Arbeitsplätze schaffen“ (Wulfhorst 2000). Im Bereich der Bekleidung „wird der Handel [langfristig] die Aufgaben der Konfektion übernehmen, die Konfektion wird sich auf bestimmte Funktionen wie z. B. modische Produktentwicklung konzentrieren müssen“ (Matrix 1997). Die einzelnen Netzwerke können innerhalb eines Zweigs der Branche, z. B. zwischen einzelnen Maschinenherstellern zur Lieferung von Kompletanlagen, oder übergreifend gebildet werden. Ein Anwendungsgebiet sind Prozeßleitsysteme für die gesamte textile Fertigungskette, die schließlich zu einem „komplexen, leistungsfähigen Qualitätssicherungs- und Prozeßleitsystem“ führen werden (Wulfhorst 2000).

In der *Bekleidungsindustrie* wird der größte Teil der noch in Deutschland verbliebenden Fertigung von preissensitiver Massenkongfektion ins Ausland verlagert werden (Textil-Wirtschaft 2000). Dabei wird die Auswahl der Produktionsstandorte konsequent nach den dortigen Fertigungskosten erfolgen, so daß es keine dauerhafte Festlegung auf ein bevorzugtes Land geben wird (Geinitz 1998). Die einfache Technik der Nähereien ermöglicht kurzfristige Standortwechsel. Am Standort Deutschland bzw. Europäische Union wird die Fertigung hochwertiger bzw. hochmodischer Bekleidung, die individuelle Kundenwünsche befriedigt, verbleiben. Die Voraussetzung hierfür sind funktionierende Netzwerke zwischen den beteiligten Unternehmen einschließlich des Handels. Bei entsprechend hohen Mengen bietet sich hier auch eine Chance für den Einsatz der 3D-Nähtechnik in der Bekleidungsindustrie.

Die *Automobilindustrie* mit ihrer sehr großen Anzahl gleicher Produkte bietet sich für die Anwendung Integrierter 3D-Nähsysteme im besonderen an. Zukünftige Weiterentwicklungen der 3D-Nähtechnik werden sich voraussichtlich auch auf diesen Bereich konzentrieren (Brozio 1998).

Die *Betriebsmittelhersteller* werden die Leistungsfähigkeiten ihrer Maschinen weiter erhöhen, indem sie vorhandene Technologien weiterentwickeln oder völlig neue Maschinen auf den Markt bringen werden (Wulfhorst 2000). Dabei wird ein zunehmender Anteil der Maschinen im Bereich der technischen Textilien eingesetzt werden, wie z. B. in der Möbelindustrie, der Verpackungsindustrie oder der Land- und Forstwirtschaft (Straub 2000).

10 Zusammenfassung

Ausgehend von einem stetigen Abwanderungsprozeß der deutschen Bekleidungs- und Textilindustrie in sog. Niedriglohnländer wird in dieser Arbeit das realisierte Konzept des Integrierten 3D-Nähsystems vorgestellt und der Entwicklungsprozeß reflektiert.

Innerhalb des Forschungsprojekts ist es gelungen, die Vision des zum Werkstück geführten Werkzeugs als Basistechnologie in der näheren Industrie zu realisieren. Am Beispiel der Rockfertigung wird in dieser Arbeit zunächst der Entwicklungsvorgang der Gesamtanlage durch Einordnung in den Dualen Entwurf aufgezeigt. Hierbei stellt sich heraus, daß zu Beginn die Vision einer hochleistungsfähigen fast vollautomatisierten Fertigungsanlage steht, aus der sich schließlich eine realisierbare Anlage entwickelt, die die wesentlichen Basistechnologien funktionsfähig demonstriert.

Zum Erreichen dieses Ziels sind viele Einzelprobleme zu lösen, die sich in zwei Zielgrößen zusammenfassen und bearbeiten lassen.

- Qualität: Das Konzept des bewegten Werkzeuges ermöglicht in Zusammenarbeit mit dem dreidimensionalen Nähen eine sehr hohe Qualität, die sich in der Wiederholgenauigkeit und geringen Fertigungsfehlern äußert.
- Flexibilität: Innerhalb eines Produkts, z. B. einer Rockform, können aufgrund des schnell verstellbaren flexiblen Formkörpers, des Einzellagenzuschnitts und der Sortier- und Pufferfähigkeiten des Transportsystems unterschiedliche Konfektionsgrößen, Materialqualitäten und Muster bzw. Farben schnell und im häufigen Wechsel gefertigt werden.

Integrierte 3D-Nähsysteme verändern nicht nur den Herstellungsprozeß, sondern haben auch unmittelbare Auswirkungen auf die gesamte textile Kette. Neue Formen der Aufgabenverteilung zwischen der Textilindustrie, den Konfektionären und dem Handel sind zur Stärkung des Textilstandorts Deutschland notwendig. Dabei muß sich die Branche auf ihre Stärken im Bereich der hochwertigen Produkte sowohl in den Bereichen der Bekleidung und der technischen Textilien als auch im Textil- und Bekleidungsmaschinenbau konzentrieren. Hinzu kommt die ständige Notwendigkeit der Schaffung innovativer Produkte, wie dem Integrierten 3D-Nähsystem oder der „Bekleidung nach Maß“.

11 Literaturverzeichnis

- ADL Arthur D. Little, Lieferbeziehungen im Wandel (1996). In: Bargostovan, K. Protokoll der 4. Plenarsitzung des Verbundprojekts Integriertes 3D-Nähssystem am 07.05.1997, Aachen 1997
- Adler, U.; Gloger, S.; Korsten, U.; Moll, P.; Rohmert, W.; Schul, S. Tips und Tricks zur Arbeitsplatzgestaltung – Ergonomische Gestaltung der Arbeitsplätze. Bekleidungstechnische Schriftenreihe Band 107. Köln 1995
- Afflerbach, L.; Henning, K.; Knein-Linz, R.; Wulfhorst, B. QualiTex Qualitätsförderung durch zukunftsweisende Kooperation einer textilen Fertigungskette. In: Reinhart, G., Schnauber, H. (Hrsg.) Qualität durch Kooperation. Berlin 1997
- Altin Nähssysteme. Innovativ. Dreidimensional. Kreativ. Firmenprospekt der Altin Nähtechnik. Altenburg 2000a
- Altin Technologie, die formt – Nähen in Raum und Zeit. Firmenprospekt der Altin Nähtechnik. Altenburg 2000b
- Bargostovan, K. Protokoll der 3. Plenarsitzung des Verbundprojekts Integriertes 3D-Nähssystem am 29.10.1996. Aachen 1996
- BBI (Hrsg.) Bundesverband Bekleidungsindustrie e.V., Jahresbericht 1996/1997. Köln 1997
- BBI (Hrsg.) Bundesverband Bekleidungsindustrie e.V., Jahresbericht 1997/1998. Köln 1998
- Bekleidung nach Maß Die Prozeßkette. <http://www.bekleidung-nach-mass.de/deutsch/ProjektBeschreibung4.htm>. Kaiserslautern 2000
- Bergmann, J. Automatische Warenfehlererkennung als Teil des Zuschnittsystems. In: Institut für Nähtechnik e. V. (Hrsg.), Abschlußbericht des Forschungsprojekts „Integriertes 3D-Nähssystem“, Kap. 5.5. Aachen in Vorbereitung für 2001a
- Bergmann, J. System zur Online-Überwachung der Stichbildung. In: Institut für Nähtechnik e. V. (Hrsg.), Abschlußbericht des Forschungsprojekts „Integriertes 3D-Nähssystem“, Kap. 5.6.4. Aachen in Vorbereitung für 2001b
- Bös, G.; Ehrenreich, R. Bericht. In: Bargostovan, K. Protokoll der 3. Plenarsitzung des Verbundprojekts Integriertes 3D-Nähssystem am 29.10.1996. Aachen 1996
- Brozio, M. Protokoll des Koordinationstreffens Integriertes 3D-Nähssystem am 14.11.1997. Aachen 1997
- Brozio, M. Protokoll der 3. Sitzung des Industriearbeitskreises Integriertes 3D-Nähssystem am 05.11.1998. Aachen 1998
- Brozio, M. Protokoll der 4. Sitzung des Industriearbeitskreises Integriertes 3D-Nähssystem am 11.03.1999. Aachen 1999

- Brozio, M.; Zweig, S. Research Network for the Development of a 3D-Sewing System. In: 7th IFAC Symposium on Automated Systems Based on Human Skill – Joint Design of Technology and Organisation. Proc. S. 157 – 160. Aachen 2000
- BTE (Hrsg.) Statistik des Bundesverbandes des deutschen Textileinzelhandels. Köln 1996
- Buchmann, W. Der Einzellagen-Zuschnitt – Möglichkeiten und Chancen. 26. Aachener Textiltagung 24./25. November 1999, DWI Reports 2000/123, S. 63 – 67. Aachen 2000
- Desery, C. Wirtschaftlichkeitsbetrachtung eines innovativen Fertigungsverfahrens zur automatisierten Produktion von Automobiltextilien. Studienarbeit am HDZ/IMA der RWTH. Aachen 1998
- Dietrich, W. Layout 3D-Nähen. In: Pasuch, M. Protokoll der Arbeitskreissitzung AK 3-Nähzelle-Bekleidung des Verbundprojekts Integriertes 3D-Nähsystem am 07.10.1998. Aachen 1998
- Dietrich, W. Aufgaben des Transportsystem. In: Institut für Nähtechnik e. V. (Hrsg.), Abschlußbericht des Forschungsprojekts „Integriertes 3D-Nähsystem“, Kap. 6.3. Aachen in Vorbereitung für 2001
- DIN 55350 Deutsche Norm: Begriffe zu Qualitätsmanagement und Statistik Teil 11: Begriffe des Qualitätsmanagements Ausgabe 1995-08. Berlin 1995
- DIN EN ISO 8404 Deutsche Norm: Qualitätsmanagement – Begriffe Ausgabe 1995-08. Berlin 1995
- Duden Band 1 – Die deutsche Rechtschreibung 20. Auflage. Mannheim 1991
- Echtzeit Get real! Firmenprospekt der Echtzeit AG. Köln 2000
- Ertelt, U. Der Premium-Kundin auf der Spur. In: Textilwirtschaft 52. Jahrgang, Nummer 28, S. 62 – 63. Frankfurt am Main 1997
- Feldhoff, J. Positionsbestimmung textiler Zuschnitteile durch industrielle Bildverarbeitung. Aachen 1999
- Feldhoff, J. System zur Positionsüberwachung der Zuschnitteile. In: Institut für Nähtechnik e. V. (Hrsg.), Abschlußbericht des Forschungsprojekts „Integriertes 3D-Nähsystem“, Kap. 5.7.3. Aachen in Vorbereitung für 2001
- Fox, A.-W. Analyse der Durchlaufzeiten – Voraussetzung für genaue Terminplanung. In: Schierbaum, W. (Hrsg.) Jahrbuch für die Bekleidungsindustrie 1996, S. 230-238. Berlin 1996
- Frielinghaus-Turowski, M. Qualitätssicherungssysteme für die Textilindustrie. Dissertation an der RWTH. Aachen 1994

- Fuchs-Frohnhofen, P. Zur facharbeiterorientierten Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle bei CNC-Drehmaschinen. Dissertation an der RWTH. Aachen 1994
- Geinitz, C. In Sri Lanka können viele Nähmaschinen bald stillstehen. In: Frankfurter Allgemeine Zeitung vom 03.04.1998, S. 18. Frankfurt am Main 1998
- Gesamttextil (Hrsg.) Jahrbuch der Textilindustrie 1996. Eschborn 1996
- GfK Aktuelle Konsumtrends für die Lebensstiltypologie der Euro-Socio-Styles. Pressemitteilung der Gesellschaft für Konsumforschung vom 13.06.2000. Nürnberg 2000a
- GfK eCommerce im Business-to-Consumer-Bereich vor dem Durchbruch. Pressemitteilung der Gesellschaft für Konsumforschung vom 21.08.2000. Nürnberg 2000b
- Gottschald, J. Sachstandsbericht Verbundprojekt Integriertes 3D-Nähsystem, Berichtszeitraum 1. Halbjahr 1998, Laboratorium für Werkzeugmaschinen und Betriebslehre der RWTH Aachen – Lehrstuhl für Werkzeugmaschinen. Aachen 1998
- Groth, U.-M. Europa – (k)eine einfache Größe?. In: Schierbaum, W. (Hrsg.) Jahrbuch für die Bekleidungsindustrie 1998, S 35 – 42. Berlin 1998
- Händler, K. Robosew guideline. In: Moll automatische Nähssysteme GmbH, Schlußbericht des Verbundprojektes Integriertes 3D-Nähsystem Anhang 3. Alsdorf 1997
- Hartmann, W. D.; Steilmann, C.; Ullsperger, A.: Innovationsnetzwerke zwischen Industrie und Handel. In: Schierbaum, W. (Hrsg.) Jahrbuch für die Bekleidungsindustrie 1998, S 262 – 281. Berlin 1998
- Held, R. Mündliche Information. Bochum-Wattenscheid. Juli 1997
- Hennig, K.; Scheve, P.; Steinke, K.; Weydandt, D. Verbundprojekt Integriertes 3D-Nähsystem – Ergebnis der Marktanalyse am 21.11.1997 und 30.01.1998 in Mülheim an der Ruhr. Mülheim an der Ruhr 1998
- Henning, K. Interne Gesprächsnotiz. Aachen 1999
- Henning, K.; Afflerbach, L. Unternehmensübergreifendes Qualitätsmanagement mit Beispielen aus der Textilbranche. Vortrag im Rahmen der Jahrestagung des Instituts für Unternehmenskybernetik am 29.09.1996. Mülheim an der Ruhr 1996a
- Henning, K.; Afflerbach, L. Mitarbeiter und Qualität – Schlußfolgerungen und künftige Entwicklungen. In: Wulfhorst, B. (Hrsg.) Qualitätssicherung in der Textilindustrie: Methoden und Strategien, S. 329 – 335. München 1996b
- Henning, K, Hees, F., Brozio, M. Beurteilung des Gesamtprozesses unter technischen, wirtschaftlichen und sozialen Aspekten. In: Institut für Nähtechnik e. V. (Hrsg.), Abschlußbericht des Forschungsprojekts „Integriertes 3D-Nähsystem“, Kap. 9. Aachen in Vorbereitung für 2001

- Industrievereinigung
Chemiefaser e.V. (Hrsg.)
Chemiefasern – Von der Herstellung bis zum Einsatz.
Frankfurt am Main o.J.
- Jacob, E.
Die Forschenden sehen gern Talkshows. In: media & marketing 4/1998, S. 60 – 63. München 1998a
- Jacob, E.
Kompaß für Euro-Lebensstile. In: media & marketing 5/1998, S. 66 – 68. München 1998b
- Kießling, A.; Matthes, M.
Textil-Fachwörterbuch. Neuauflage. Berlin 1993
- Köster, J.
Berücksichtigung der Materialeigenschaften beim automatischen Fertigungsprozeß. In: Moll, P.; Henning, K. (Hrsg.) Tagungsband zum Fachgespräch im Verbundprojekt Integriertes 3D-Nähsystem am 03.12.1996. Aachen 1996
- Koukal, C.-E.; Artschwager, A.
KWIK Kooperative Wertschöpfung in der textilen Kette – Projektbeschreibung. Denkendorf 2000
- Kramer, M.; Held, R.
Bekleidungsprodukte, Qualitätsvorgaben, Designanpassungen. In: Institut für Nähtechnik e. V. (Hrsg.), Abschlußbericht des Forschungsprojekts „Integriertes 3D-Nähsystem“, Kap. 5.1. Aachen in Vorbereitung für 2001
- Krantz, W.; Peffekoven, B.
In Nordrhein-Westfalen erfolgreich produzieren durch Rückverlagerung von Produktionen aus Billiglohnländern in der Bekleidungsindustrie. Kurzfassung der Projektergebnisse. Köln 1997
- Krüber, J.
Ablaufplan und Möglichkeiten zur Durchlaufzeitoptimierung in der Nähzelle Bekleidung. In: Pasuch, M. Protokoll der Arbeitskreissitzung AK3 – Nähzelle Bekleidung des Verbundprojekts Integriertes 3D-Nähsystem am 07.10.1998. Aachen 1998
- Künzel, W.
Sachstandsbericht Verbundprojekt Integriertes 3D-Nähsystem, Berichtszeitraum 1. Halbjahr 1998, Firma Altin. Altenburg 1998
- Künzel, W.
Konzeption und Konstruktion der 3D-Nähzelle Bekleidung (Altin). In: Institut für Nähtechnik e. V. (Hrsg.), Abschlußbericht des Forschungsprojekts „Integriertes 3D-Nähsystem“, Kap. 5.7.6. Aachen in Vorbereitung für 2001
- Kuris-Wastema
Matrix (Hrsg.)
Zuschneideautomaten. Firmenprospekt. Veringstadt 2000
- Mecheels, S.
ZiTex. Zukunftsinitiative Textil NRW – Schwerpunktthema „Textile Kette“. Projektinformation. Düsseldorf 1997
- Marketing in der Bekleidungsindustrie – Kleidung, Mode und was man zukünftig darüber hinaus verkaufen muß! In: Schierbaum, W. (Hrsg.) Jahrbuch für die Bekleidungsindustrie 1996, S. 11 – 25. Berlin 1996
- Moll
Robosew 2000, Robosew 3002 – The new dimension in sewing. Firmenvideo der Firma Moll automatische Nähsysteme. Alsdorf 1995a

- Moll
Moll automatische Nähssysteme: Rahmenplan Verbundprojekt Integriertes 3-D Nähssystem vom 17.07.1995. Alsdorf 1995b
- Moll
Moll automatische Nähssysteme: Die textile Kette. In: Moll, P.; Henning, K. (Hrsg.) Tagungsband zum Fachgespräch im Verbundprojekt Integriertes 3D-Nähssystem am 03.12.1996. Aachen 1996
- Moll
Philipp Moll – Büro für moderne Nähtechnologie 3D-Nähen in den wichtigsten Schlagworten. Firmeninformation. Aachen 2000
- Moll, P.; Händler, K.
Die neue Dimension des Nähens – Automatische Fertigung dreidimensionaler Nähte In: Schierbaum, W. (Hrsg.) Jahrbuch für die Bekleidungsindustrie 1996, S. 239 – 247. Berlin 1996
- Moll, P.; Händler, K.
Schlußbericht zum Verbundprojekt Integriertes 3-D-Näh-system. Alsdorf 1997
- Moll, P.; Schütte, U.
Maßkonfektion! Eine begriffliche Auseinandersetzung mit dem neuen Lieblingsthema der Fachwelt. In: Schierbaum, W. (Hrsg.) Jahrbuch für die Bekleidungsindustrie 1999, S. 176 – 182. Berlin 1999
- Naiss
Firmenprospekt. Berlin 2000
- Nolden, A.
Protokoll der Arbeitskreissitzung Datenaustausch/Leitstand im Verbundprojekt Integriertes 3D-Nähssystem am 09.07.1996. Aachen 1996
- Nützel-Lange, S.
Wellness durch neue Textilkonzepte. 26. Aachener Textiltagung 24./25. November 1999, DWI Reports 2000/123, S. 239 - 245. Aachen 2000
- Ochterbeck, B.
Dualer Entwurf eines Betriebsführungssystems für Umschlagbahnhöfe des Kombinierten Verkehrs. Dissertation an der RWTH Aachen. Düsseldorf 1989
- Pasuch, M.
Vortrag „Starrer Formkörper“. In: Tetzlaff, G. Protokoll der Sitzung des AK 3 3D-Formkörper/Transfer- und Halte-technik des Verbundprojekts Integriertes 3D-Nähssystem am 16.01.1998. Aachen 1998a
- Pasuch, M.
Vortrag. In: Brozio, M., Protokoll der 1. Sitzung des Industriearbeitskreises Integriertes 3D-Nähssystem am 17.03.1998. Aachen 1998b
- Pasuch, M.; Schweitzer, G.
Automatisches Nähen an 3D-Formkörpern. 25. Aachener Textiltagung 25./26. November 1998, DWI Reports 1999/122, S. 259 - 273. Aachen 1999

- Paulovits, P. Entwicklung und Konstruktion eines Simulationswerkzeuges für einen innovativen Fertigungsprozeß in der Bekleidungsindustrie. Diplomarbeit am HDZ/IMA Aachen 1998
- Pfaff Internet-Produktdatenbank der G. M. Pfaff Kaiserslautern Industrienähmaschinen AG. G. M. <http://www.pfaff-industrial.com/de/>. Kaiserslautern 2000
- Puls Puls scanning system GmbH. Firmenprospekt. Kirchgellersen 2000
- Qureshi, Y. Entwicklung von Rahmenbedingungen für die neue Fertigungsstrategie Integriertes 3D-Nähsystem für die Fertigung von DOB. Diplomarbeit im Fachbereich Textil- und Bekleidungstechnik der Fachhochschule Niederrhein. Mönchengladbach 1996
- Roland Berger Interne Studie der Roland Berger & Partner GmbH. Düsseldorf 2000
- Sander, C. Human Integrated Petri Net Simulation für die Auftragsbearbeitung im Kombinierten Verkehr. Dissertation an der RWTH. Aachen 2000
- Schönenberger MEWA setzt in Manching auf Förderlogistik aus Landsberg/Lech. Presseinformation der Schönenberger Systeme GmbH. Landsberg 1998
- Schweitzer, G. Rechnergestützte Entwicklung von 3D-Formkörpern mit Hilfe der nichtlinearen Finite-Elemente-Methode. In: Institut für Nähtechnik e. V. (Hrsg.), Abschlußbericht des Forschungsprojekts „Integriertes 3D-Nähsystem“, Kap. 5.7.1. Aachen in Vorbereitung für 2001a
- Schweitzer, G. Automatische Beschickung des Formkörpers. In: Institut für Nähtechnik e. V. (Hrsg.), Abschlußbericht des Forschungsprojekts „Integriertes 3D-Nähsystem“, Kap. 5.7.4. Aachen in Vorbereitung für 2001b
- Seebauer, W. Industrielle Maßkonfektion – Neue Chancen und Märkte für die Bekleidungsindustrie. 26. Aachener Textiltagung 24./25. November 1999, DWI Reports 2000/123, S. 289 – 296. Aachen 2000
- Statistisches Bundesamt Elektronischer Zeitreihenservice unter <http://www-zr.statistik-bund.de/zeitreih/home.htm>: Zeitreihen. Wiesbaden 2000a
- Statistisches Bundesamt Elektronischer Zeitreihenservice <http://www-zr.statistik-bund.de/zeitreih/def/definhp.htm>: Definitionen. Wiesbaden 2000b
- Stephan, J.: Mündliche Information des Geschäftsführers der Naiss GmbH. Köln 2000

- Steilmann Maßtabelle für das Model 40189 der Steilmann Gruppe. Bochum-Wattenscheid o. J.
- Steilmann Übersicht der Steilmann Gruppe. In: Moll, P.; Henning, K. (Hrsg.) Tagungsband zum Fachgespräch im Verbundprojekt Integriertes 3D-Nähsystem am 03.12.1996. Aachen 1996
- Steilmann, K.: Perspektiven für die Automatisierung der Nähenden Industrie. In: Tetzlaff, G., Abschlußpräsentation des Verbundprojekts Integriertes 3D-Nähsystem. Aachen 1999
- Straub, E. Pressegespräch der Fachgemeinschaft Bekleidungs- und Ledertechnik im VDMA am 22.05.2000. Köln 2000
- Strohmeier, W. Noch kein Stoff für textile Träume. In: Netinvestor, Heft 5/99, S.36 – 37. München 1999
- Stumpe, F. Bewertung von Zuschnittverfahren in automatischen Produktionen der Textil- und Bekleidungsindustrie. Studienarbeit am HDZ/IMA. Aachen 1996
- Tecmath Vitus 3D Bodyscanner. Firmenprospekt. Kaiserslautern o.J.
- Tetzlaff, G. Protokoll der Arbeitskreissitzung AK 4 Leitstand EDV des Verbundprojekts Integriertes 3D-Nähsystem am 22.04.1997. Aachen 1997
- Tetzlaff, G. Protokoll der Arbeitskreissitzung des AK 3 – 3D-Nähzelle Bekleidung des Verbundprojekts Integriertes 3D-Näh-system am 31.07.1998. Aachen 1998
- Tetzlaff, G. Interne Untersuchung des Instituts für Nähtechnik e.V. für eine Fortführung des Integrierten 3D-Nähsystems. Aachen 1999a
- Tetzlaff, G. Abschlußpräsentation des Verbundprojekts Integriertes 3D-Nähsystem. Tagungsband. Aachen 1999b
- Tetzlaff, G. Leistungssteigerung und Reproduzierbarkeit durch automatisches Nähen an 3-D-Formkörpern. Vortrag auf der Avantex. Frankfurt am Main 2000
- Tetzlaff, G. Haltetechnik am Formkörper. In: Institut für Nähtechnik e. V. (Hrsg.), Abschlußbericht des Forschungsprojekts „Integriertes 3D-Nähsystem“, Kap. 5.7.2. Aachen in Vorbereitung für 2001a
- Tetzlaff, G. Konzeption und Konstruktion der 3D-Nähzelle Bekleidung (IfN). In: Institut für Nähtechnik e. V. (Hrsg.), Abschlußbericht des Forschungsprojekts „Integriertes 3D-Näh-system“, Kap. 5.7.6. Aachen in Vorbereitung für 2001b
- TextilWirtschaft Steilmann schließt fünf Werke. In: TextilWirtschaft, 55. Jahrgang, Nummer 8, S. 15. Frankfurt am Main 2000
- Valkyser, B. Das Leitsystem. In: Institut für Nähtechnik e. V. (Hrsg.), Abschlußbericht des Forschungsprojekts „Integriertes 3D-Nähsystem“, Kap. 6.4. Aachen in Vorbereitung für 2001

- VDA (Hrsg.) Jahreszahlen Automobilproduktion. Verband der Automobilindustrie e.V. Frankfurt am Main 2000
- VDMA (Hrsg.) Deutscher Maschinen- und Anlagenbau 1950 – 1996, Langfristige Entwicklung in Zahlen. Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. Frankfurt am Main 1997
- VDMA Daten + Fakten der Fachgemeinschaft Textilmaschinen im VDMA. Frankfurt am Main 2000
- Violino, P.; Magnenat
Thalmann, N.: Garment Simulation for Virtual Humans. 26. Aachener Textiltagung 24./25. November 1999, DWI Reports 2000/123, S. 360 – 369. Aachen 2000
- Waldmann, T. Deutsche Textilmaschinen-Industrie. In: Fachgemeinschaft Textilmaschinen im VDMA (Hrsg.) Textilmaschinen Einkaufsführer. Frankfurt am Main 1999
- Wildemann, H. Qualitätsentwicklung in F&E, Produktion und Logistik. In: Zeitschrift für Betriebswirtschaft. 62. Jg., 1992, Heft 1, S. 17 – 41. Wiesbaden 1992
- Wulfhorst, B. Textile Fertigungsverfahren – Eine Einführung. München 1998
- Wulfhorst, B. Zukunft Textil – Fertigungsverfahren. Vortrag auf der 39. Internationalen Chemiefasertagung. Dornbirn 2000
- Wulfhorst, B.; Cherif, C. Einführung. In: Wulfhorst, B. (Hrsg.) Qualitätssicherung in der Textilindustrie, S. 1 – 16 München 1996
- Zweig, S. Systemgestaltung für eine Integrierte 3D-Nähfertigung unter Berücksichtigung technischer, wirtschaftlicher und humanzentrierter Kriterien. Diplomarbeit am HDZ/IMA der RWTH. Aachen 1997