

## Kurzfassung

Der Harnisch einer Jacquardwebmaschine muss Webmaschinendrehzahlen zwischen 800 und 1200 U/min dauerhaft standhalten, um für schnelllaufende Luftdüsenwebmaschinen rentabel zu sein. Üblicherweise treten bereits ab 500 U/min Resonanzschwingungen auf, die den gesamten Harnisch sowie die Jacquardmaschine stark beanspruchen. Durch eine ungünstige Materialauswahl kommt es zu frühzeitigen Ausfällen: Harnischrückzugsfedern und Harnischkordeln brechen; Harnischführungselemente werden durch die Kordeln eingeschnitten. In der vorliegenden Arbeit werden Schäden an den wichtigsten Harnischkomponenten analysiert und bewertet. Es werden Lösungen erarbeitet, um die bestehenden Beanspruchungen zu verringern und um die Qualität eines Harnisches zu verbessern, damit die hohen Webmaschinendrehzahlen der Luftdüsenwebmaschinen auch beim Jacquardweben genutzt werden können. Der Rückzugsfederbruch ist vor allem auf Resonanzschwingungen der Rückzugsfedern zurückzuführen. Daher müssen die Resonanzschwingungen verhindert werden. Das ist zum einen durch eine entsprechende Wahl der Webmaschinendrehzahl möglich. Der Zusammenhang zwischen Resonanzschwingungen und Webmaschinendrehzahl wird in Form eines Nomogramms aufgezeigt. Die Möglichkeit ist jedoch begrenzt und stark von der Jacquardbindung abhängig. Die bessere Alternative ist eine dauerhafte Dämpfung der Feder. Die Besonderheit des erarbeiteten Dämpfungselements ist seine einfache Konstruktion. Die Dämpfungswirkung ist nicht von der eingesetzten Federstärke und von der Jacquardbindung abhängig. Durch die Dämpfung wird die Beanspruchung des gesamten Harnisches reduziert. Da keine Resonanzschwingungen mehr auftreten, ist es möglich, die für die jeweilige Kombination von Webmaschine und Jacquardmaschine optimale Rückzugsfeder drehzahlabhängig zu berechnen. Darüber hinaus können alle im Harnisch wirkenden Kräfte berechnet und zur Auslegung des Harnisches verwendet werden. Ein Versuchsabschnitt befasst sich mit der Reduzierung des Harnischverschleißes. Vorrangig war die Verbesserung der Harnischkordelstandzeit bei gleichzeitiger Reduzierung des Chorbrettverschleißes. Die Ursachen des reibungsbedingten Kordelabbaus werden aufgezeigt. Es zeigt sich, dass Harnischkordeln mit einem Mantelgeflecht aus Dacron und Chorbretter aus Vulkanfiber die beste Paarung darstellen.

## Abstract

The harness of a jacquard loom must be able to withstand loom speeds ranging from 800 to 1200 rpm over a long period of time for high-speed air-jet looms to be profitable. Usually, resonant vibrations are already present at 500 rpm, subjecting both the entire harness and jacquard machine to significant stress levels. As a result of unfavorable choice of material, parts are damaged within a short period of time, i.e. breakage of harness release springs, breakage of harness cords and cutting of harness guide elements. The above work analyses and evaluates damage and its origin for the most important harness components. Solutions are sought to avoid inherent stress and for the utilization of air-jet looms at high speeds of revolution in jacquard weaving. The main cause for release spring breakage is resonant vibrations. It is, therefore, important to prevent resonant vibrations. Appropriate choice of loom speed is a possibility for achieving this objective. The correlation between resonant vibrations and loom speed is shown in a nomograph. This option is, however, limited and strongly dependent on the jacquard weave. A better alternative is for the spring to be permanently dampened. A damping element has been developed; it has a simple construction as a main feature. The damping effect is independent of both the strength of the spring used and the jacquard weave. The damping reduces the stress exerted on the entire harness. As a result of resonant vibration absence, it is possible to calculate the optimum release spring speeds of the corresponding loom- and jacquard machine combination. Moreover, all forces influencing the harness can be calculated and used for the harness arrangement. A part objective of the trial series was to reduce harness wear. Here, improving the harness cord standstill was a priority, together with a simultaneous reduction in comber-board wear. The origins of the friction related cord wear are demonstrated. It is shown that harness cords coated with a Dacron texture and vulcanised fibre comber-boards represent the best combination.

## 1 Einleitung

Ein wesentliches Konstruktionsmerkmal eines Gewebes ist dessen Bindung (Verkreuzen von Kett- und Schussfäden). Das dafür erforderliche Heben und Senken der Kettfäden kann prinzipiell von zwei unterschiedlichen Webmaschinenelementen,

- der Schaftmaschine und
- der Jacquardmaschine

durchgeführt werden (Abb. 1.1).

Eine Schaftmaschine kann bis zu 28 Schäfte einzeln bewegen, wobei jedem Schaft eine Teilmenge der Kettfäden zugeordnet ist. Bei einer Jacquardmaschine ist jeder einzelne Kettfaden einer Harnischkordel zugeordnet, so dass die Musterungsmöglichkeit rein theoretisch unbegrenzt ist. Webmaschinen mit Schaftmaschinen bieten dagegen nur eine begrenzte Musterungsmöglichkeit. Dafür sind sie relativ preiswert in der Anschaffung und einfach zu handhaben.

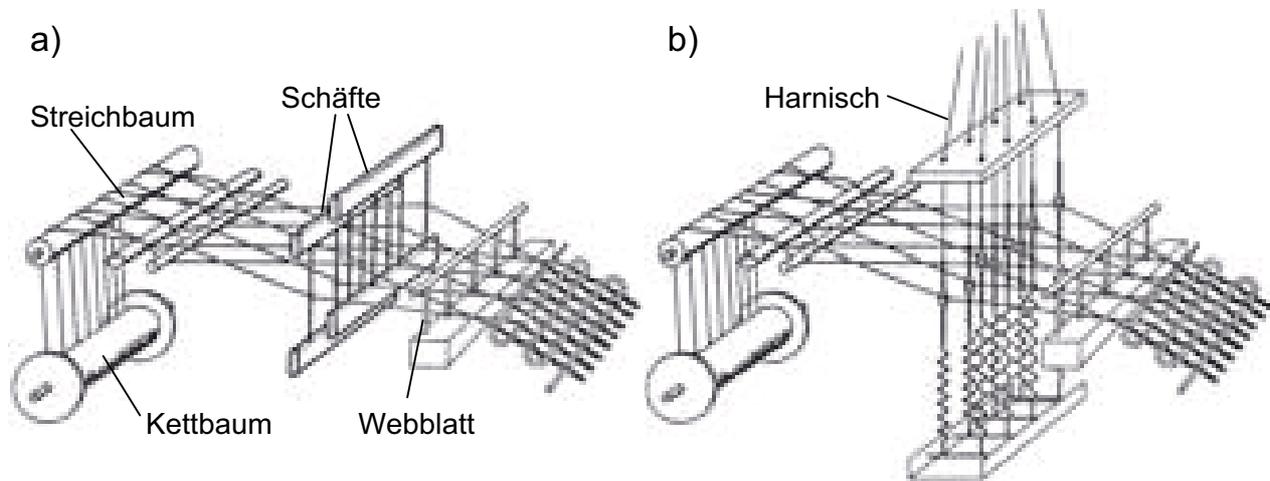


Abb. 1.1: Webprinzip  
a) mit Schaftmaschine,

b) mit Jacquardmaschine.

Die Besonderheit der Jacquardwebtechnik, die nahezu völlige Freiheit der Bindungsmusterung, macht die Jacquardweberei sehr kostenintensiv. Die Investitionskosten für eine Jacquardwebmaschine (Webmaschine, Jacquardmaschine, Jacquardgerüst und Harnisch, s. Anhang A, Abb. A1) betragen etwa das Doppelte einer vergleichbaren Schaftwebmaschine. In der Jacquardweberei ist daher ein hohes Know-how über den sehr komplexen (und vergleichsweise störanfälligen) Webprozess von besonderer Bedeutung. Gefordert wird eine perfekt funktionierende, gut aufeinander abgestimmte Technologie /1/. Wegen der hohen technologischen Anforderungen ist das Jacquardweben immer noch eine Domäne der Industrieländer.

Weltweit sind rund 75.000 Jacquardwebmaschinen im Einsatz. Jährlich werden etwa 5.000 neue elektronische Hochleistungs-Jacquardmaschinen geordert, teils als Ersatz für alte mechanisch arbeitende Jacquardmaschinen, teils im Rahmen von Neuinstallationen. Neben den traditionell modischen Einsatzgebieten eröffnen sich der Jacquardwebtechnik zunehmend auch Märkte im Bereich der technischen Textilien, da dort die Gewebebindung funktionalen Anforderungen gerecht werden muss.

Die Jacquardmaschine, die eine "universelle, mechanische Fachbildesteuerung" ermöglicht, geht auf J. M. Jacquard zurück. Er entwickelte vor fast 200 Jahren eine Vorrichtung zum individuellen Heben und Senken von Kettfäden, - eine geniale Entwicklung, die wegen der Verwendung von Lochkartensteuerungen u.a. auch die Basis für die moderne Datenverarbeitung wurde /2-5/.

Die Jacquardweberei hat sich zunächst nur wenig, in den letzten 15 Jahren durch die Einführung der elektronisch gesteuerten Jacquardmaschine jedoch rasant entwickelt. Die Einlesegeschwindigkeit der Maschinen hat sich verdreifacht. Moderne Jacquardmaschinen mit 2688 Platinen erreichen heute in der Praxis Drehzahlen (Einlesezyklen) von über 800 U/min. Sie arbeiten nach dem kettfadenschonenden Doppelhub-Offenfach-Prinzip. Hierbei verbleiben die Kettfäden, die das Fach nicht wechseln, in ihrer Offenfach-Position /6/. Eine moderne Jacquardmaschine dieser Art arbeitet im Zusammenspiel mit dem Harnisch prinzipiell wie folgt (Abb. 1.2):

Der Hubantrieb geht von zwei gegenläufigen Messerkästen aus, die mit der halben Webmaschinendrehzahl arbeiten. Ein System aus zwei Platinen (1) ist wechselweise für die Bewegung eines Kettfadens zuständig. Die Platinen können dabei entweder auf den Hubmessern (2) mitgeführt oder durch die Mustereinlesemodule (3) mit Hilfe von elektrisch aktivierten Magneten festgesetzt werden. Darunter befindet sich die Harnischkomponente für die Umsetzung des Offenfachprinzips. Mit Hilfe eines Rollenzugs (5) wird die gegenläufige Bewegung der Platinenstrupfe (4) in die Fachhubbewegung der Karabinerstrupfe (6) umgeformt. Am Strupfenboden (7) ist das eine Ende der Karabinerstrupfe befestigt, deren anderes Ende mit den Harnischkordeln (9) verbunden ist. Diese wiederum halten die Weblitzen. In die Fachhubbewegung der Karabinerstrupfe (6) in die Fachhubbewegung der Karabinerstrupfe (6) umgeformt. Am Strupfenboden (7) ist das eine Ende der Karabinerstrupfe befestigt, deren anderes Ende mit den Harnischkordeln (9) verbunden ist. Diese wiederum halten die Weblitzen.

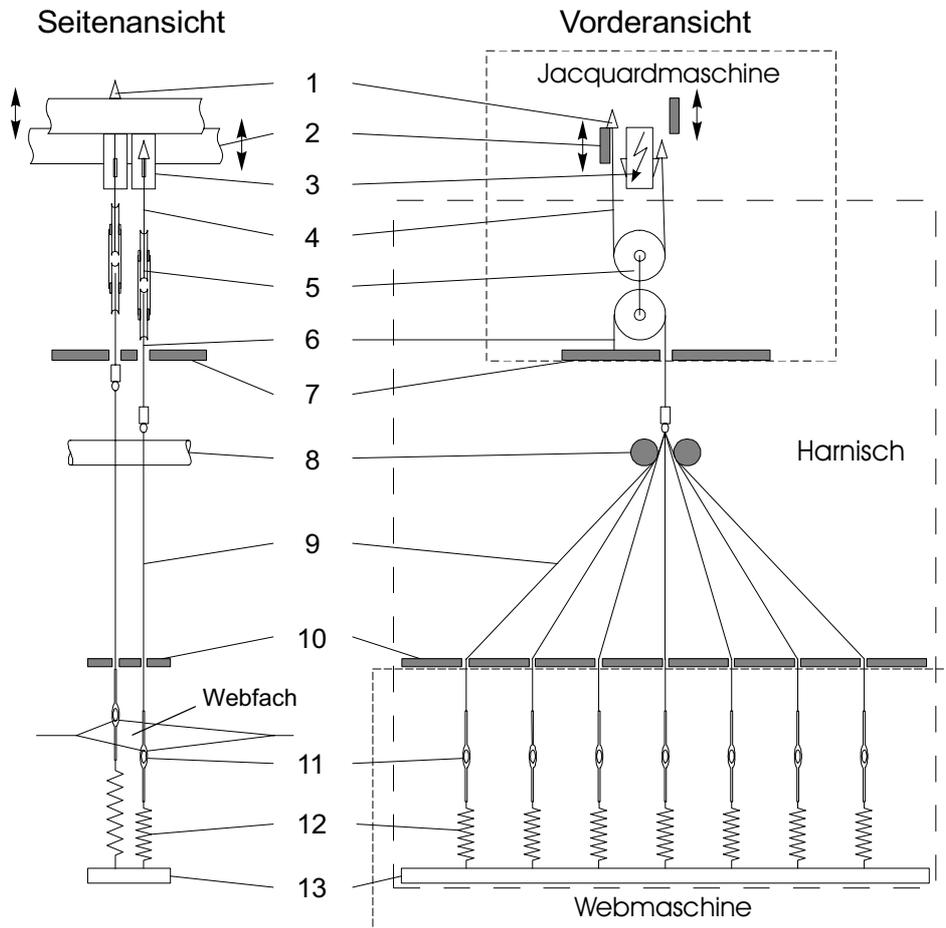


Abb. 1.2: Jacquardmaschinen- und Harnischkomponenten

- |                               |                            |
|-------------------------------|----------------------------|
| 1 Platine,                    | 8 Glasstab oder Lochboden, |
| 2 Hubmesser,                  | 9 Harnischkordel,          |
| 3 Magnet der Mustereinlesung, | 10 Chorbrett,              |
| 4 Platinenstrupfe,            | 11 Weblitze,               |
| 5 Rollenzug,                  | 12 Rückzugsfeder,          |
| 6 Karabinerstrupfe,           | 13 Niederzugrahmen.        |
| 7 Strupfenboden,              |                            |

Die Harnischkordeln kommen vergleichsweise kompakt aus der Jacquardmaschine. Sie müssen zur jeweiligen Kettfadenposition geführt werden, was mehr oder minder starke Umlenkungen erfordert. Die obere Umlenkung erfolgt an Glasstäben oder Lochböden (8), durch die alle Kordeln einer Strupfe gebündelt verlaufen. Durch die untere Umlenkung am Chorbrett (10) wird die vertikale Ausrichtung der Weblitzen (11) erreicht. Jede Harnischkordel wird am Chorbrett durch eine eigene Bohrung geführt. Im Bereich der Webmaschine überträgt die Weblitze die Hubbewegung auf den Kettfaden. Die Vorspannung der biegeschlaffen Harnischkordel und den Niederzug des Kettfadens bewirkt die Rückzugsfeder (12), die an einem Niederzugrahmen (13) mit dem Boden verankert ist.

Der Harnisch, als Bindeglied zwischen der Hochleistungsjacquardmaschine und der Hochleistungswebmaschine, wurde im Zuge der Maschinenentwicklung kaum verändert. Er hat die Aufgabe, die von der Jacquardmaschine vorgegebene Bindung auf die Kettfäden zu übertragen. Dazu wird der Kettfaden formschlüssig ins Oberfach gezogen, während das Ziehen des Kettfadens ins Unterfach kraftschlüssig erfolgt. Die Harnischkordeln verteilen, verdichten und vervielfältigen das Muster auf die erforderliche Gewebebreite. Der konstruktive Aufbau eines Harnisches hat sich – bis auf den Ersatz von Gewichten durch Rückzugsfedern, die bei der Überschreitung einer Drehzahl von etwa 200 U/min notwendig wurden, nicht wesentlich geändert.

Die hohe Arbeitsgeschwindigkeit elektronischer Jacquardmaschinen ermöglichte dagegen das Jacquardweben auf Luftdüsenwebmaschinen und bot die Voraussetzung für die Verknüpfung von hoher Leistung, Kreativität und Flexibilität in der Weberei. Der Produktivitätsrückstand zur Schaftweberei wurde aufgeholt. Hierzu trugen auch die jüngsten Entwicklungen zur Steigerung der Jacquardmaschinenleistung bei:

- Optimierung von Getriebekurven für eine Messerbewegung mit verlängerter Eintragsphase,
- Massenkompensation von auf- und abbewegten Elementen,
- Reduzierung des Energieverbrauchs der Steuer- bzw. Einlesemagnete durch Verkürzen der Steuerzeit,
- Anpassung der Geometrie von Einleseplatine und Steuermagnet.

Während die Jacquardmaschine die hohen Leistungen erbrachte, bereitete der Harnisch schon bei einer Drehzahl von 500 U/min Probleme. Die Produktivität moderner Jacquardwebereien beträgt somit etwa nur die Hälfte dessen, was technisch möglich zu sein scheint. Die dynamischen Belastungen in einem Harnisch verursachen einen vorzeitigen Verschleiß mit aufwendigen Reparaturarbeiten und begrenzen die Leistung der Webmaschine, was in der Praxis kritisch gesehen wird. Harnischkordeln und Rückzugsfedern versagen vorzeitig durch Bruch. Dabei ist zu bedenken, dass schon der Ausfall eines einzelnen Elements von mehreren Tausend Elementen einen Webmaschinenstillstand verursacht. Dennoch wurde der Leistungssprung von 400 auf 800 U/min gewagt, ohne ausreichende Versuche zur Verbesserung des Harnisches durchgeführt zu haben. Es war nicht verwunderlich, dass der Harnisch sehr schnell zerstört wurde. Die auftretenden Harnischausfälle waren auf eine ungünstige Materialauswahl und Materialkombination sowie auf starke Federschwingungen, die teilweise in Resonanz auftreten, zurückzuführen. Das erhoffte Ziel, das Produktionsdefizit gegenüber der Schaftweberei aufzuholen und gleichzeitig hochflexibel zu sein, musste zumindest teilweise aufgegeben werden.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird versucht, die Belastungen des Harnisches durch Schwingungs- und Reibungseinflüsse aufzuzeigen und Möglichkeiten zu diskutieren, in welchem Maß die Leistung des Harnisches gesteigert und dessen Lebensdauer erhöht werden kann. Beides würde nicht nur zu einer Verbesserung des Webnutzeffekts und der Warenqualität bei-

tragen, sondern auch dazu verhelfen, das Leistungspotential moderner Webmaschinen für die Jacquardweberei voll zu nutzen.

## 2 Problemstellung

Die Beurteilung der Qualität eines Harnisches im Hinblick auf den Einsatz für leistungsstarke Greifer- oder Luftdüsenwebmaschinen ist schwierig. Wurde Anfang der 70er Jahre die Lebensdauer eines Harnisches in Verbindung mit Schützenwebmaschinen (Webmaschinendrehzahl 200 U/min) mit rund 15 Jahren angenommen, so erwartet man heute eine Harnischlebensdauer bei Webmaschinendrehzahlen zwischen 600 und 800 U/min von 2 bis 3 Jahren. Die Lebenszeitverkürzung des Harnisches sank damit überproportional zur Leistungssteigerung der Jacquardwebmaschine. Hinzu kommt, dass sich die Harnische schon von Anfang an als störanfällig erweisen. Die Praxis berichtete über zahlreiche Rückschläge bei der Einführung von Hochleistungs-Jacquardwebmaschinen durch frühzeitige Ausfälle einzelner Harnischkomponenten. Zurückgeführt wurde dies auf die komplexen Wechselwirkungen zwischen den dynamischen Zuständen von Jacquard- und Webmaschine. Es gelang bislang nicht, den Harnisch auf die Webmaschine abzustimmen.

Im Einzelnen wird über folgende Harnischschäden berichtet:

- Federbrüche bei der Verwendung von Schraubenzugfedern als Harnischrückzug,
- Ermüdung und Erschlaffung bei der Verwendung von Elastanfäden als Harnischrückzug,
- Kordelbrüche an den Umlenkstellen des Chorbretts und des oberen Führungsbodens (Glasrost oder Lochboden) sowie an gegenseitig reibenden Harnischkordeln zwischen Chorbrett und Führungsboden,
- Strupfenbrüche ober- und unterhalb der Rollenzüge,
- Verschleiß der Rollenzüge, insbesondere der Lager,
- Verschleiß und Einschneidungen an den Führungselementen des Harnisches,
- Verschleiß der Jacquardplatinen und deren Führungen.

Diese Schäden haben viele Ursachen, wie weiter unten noch erläutert wird (s. Abb. 5.1). Zunächst werden wichtige Einflussfaktoren auf die Lebensdauer der Harnischelemente kurz skizziert.

### Webmaschineneinstellung

Das erste Problem besteht schon in der jacquardgerechten Einstellung der Webmaschine. Beim Schaftweben wird versucht, das Vorderfach für den Schusseintrag schnell und störungsfrei zu bilden und dadurch ein gutes Laufverhalten zu erzielen. Beim Jacquardweben muss dagegen vor allem auch auf einen geringen Verschleiß der Harnischelemente geachtet werden. Die Forderungen nach optimaler Vorderfachbildung und Harnischschonung sind in der Regel gegensätzlich [7]. Konstruktive Eigenheiten der Jacquardmaschine wirken sich auf die Fachbildung und damit auf das Laufverhalten der Webmaschine aus. So werden die Kettfäden entsprechend der Jacquardbindung durch die Harnischkordel formschlüssig ins Oberfach gehoben, ins Unterfach jedoch kraftschlüssig durch die Rückzugsfedern gezogen. Da die Federzugkraft aus Gründen der Wirtschaftlichkeit und des Harnischverschleißes nicht unnötig groß werden sollte, muss die Kettfadenzugkraft beim Jacquardweben an diese Besonderheit angepasst sein. Ist die Kettfadenzugkraft zu hoch, kann die Rückzugsfeder den Faden nicht sicher ins Unterfach ziehen. Die Harnischkordel wird locker und der Kettfaden bleibt zu lange im Fach. Er kann den Schusseintrag stören oder gar vom Eintrags-element "abgeschossen" werden. Andererseits ist bei einer hohen

Kettichte, die für Jacquardgewebe typisch ist, eine relativ hohe Kettfadenzugkraft erforderlich, um Fadenverklammerungen im Fach aufzulösen und damit ein verbessertes Laufverhalten zu erzielen /8-11/.

### **Jacquardmaschine**

Bei allen gängigen Jacquardmaschinen erfolgt die Fachbildung durch eine annähernd sinusförmige Bewegung der Hubmesser, die die Jacquardplatinen mitführen. In der Nähe des Umkehrpunkts der Messerbewegung erfolgt die elektromagnetische Mustereinlesung. Durch die Steuerung der Magnete werden die Platinen von den Messern abgehoben und am Magnet arretiert oder wieder auf die Messer zurückgesetzt und von diesen mitgenommen. Der Einlesevorgang erfolgt nicht bei völligem Stillstand der Messer und verursacht deshalb stoßartige Beanspruchungen der Platinen. Die Stoßbeanspruchung wird über die Strupfen, Rollenzüge und Harnischkordeln an die Rückzugsfedern weitergeleitet. Diese komplexe Hubbewegung belastet den Harnisch vor allem bei hohen Drehzahlen extrem stark. Es kommt zu den erwähnten unkontrollierten Schwingungen im Harnisch.

### **Rückzugsfeder**

Der Ersatz der Rückzugsgewichte durch federelastische Elemente ermöglichte eine große Leistungssteigerung. Erkaufte wurde dieser Fortschritt durch eine Erhöhung der im Harnisch wirkenden Kräfte, die von der Federkennlinie des Rückzugselements abhängen. Eingesetzt werden einerseits visko-elastische Elastanfäden, die eine sehr gute Eigendämpfung besitzen, aber in der Weberei große Probleme bereiten können, weil

- sie rasch verspröden oder ermüden,
- sie eine nichtlineare Federkennlinie mit progressivem Kraftanstieg haben,
- die Rückstellkraft bei hohen Drehzahlen störend phasenversetzt ist,
- sie eine geringe chemische Beständigkeit und UV-Beständigkeit haben und
- weil sie zu starker Verfilzung durch Faserflug neigen /27/.

Sie werden trotz dieser Nachteile hauptsächlich in sehr schnelllaufenden Bandwebmaschinen (bis zu 2000 U/min) eingesetzt, auf denen üblicherweise Filamentgarne verwebt werden, die keinen Faserflug absondern.

Andererseits werden für breite Webmaschinen überwiegend Stahlschraubenfedern verwendet, die eine über den Hub konstante Federkennlinie haben. Sie sind gegen Umwelteinflüsse unempfindlich, besitzen aber keine ausreichende Schwingungsdämpfung, um Resonanzen zu vermeiden. Die Federn sind für mittlere Drehzahlen hervorragend geeignet, werden aber ab etwa 500 U/min zu Schwingungen angeregt, die die Lebensdauer der Rückzugsfedern stark verkürzen. Durch Dämpfungsmaßnahmen an den Federn versucht man zwar die Schwingungen zu vermeiden, bislang wurde aber noch keine wirksame Verbesserung erzielt. Über die Ursachen der Federbrüche ist wenig bekannt, zumal Feder und Harnischkordel eine Einheit bilden. Gegenwärtig werden hauptsächlich Schraubenfedern (Drahtstärke von 0,18 – 0,35 mm) verwendet, die empirisch um den Faktor 10 stärker dimensioniert werden, als es aufgrund der statischen Harnischbelastung erforderlich wäre /12, 13/. Die Drahtstärke der Feder und ihre Rückstellkraft hängt im wesentlichen von der Anzahl der Kordelanhänge je Jacquardplatine und damit von Artikel und Bindung ab. Erschwert wird die Einschätzung der Federqualität durch Fertigungsschwankungen /14, 58/.

### **Harnischkordel**

Die Harnischkordeln werden heute ausnahmslos aus Polyesterfilamentgarnen hergestellt. Kriterien für die Kordelkonstruktion sind neben dem Grundmaterial die Flecht- und die Klöppelzahl sowie der Einsatz von Seelenfäden, mit denen die Kordeldehnung reduziert und damit die Egali-

sierungsgenauigkeit der Litzen gesteigert wird. Eine Nachverstreckung reduziert die Kriechneigung der Harnischkordeln. Auf die Harnischkordeln werden spezielle Präparationen aufgebracht, um die Widerstandsfähigkeit gegen den Reibungsverschleiß zu erhöhen. Die Biegesteifigkeit und die innere Walkarbeit in der Harnischkordel sind zwei weitere Größen, die für den Verschleiß an den Umlenkstellen eine wichtige Rolle spielen.

Oftmals wird erst nach Jahren offenkundig, ob die richtige Harnischkordel ausgewählt wurde. Die Entwicklung eines Kordeltyps, der allen Anforderungen an den Harnisch gerecht wird, ist ein nur schwer zu erfüllendes Ziel.

### **Harnischführungselemente**

Die Harnischführungselemente müssen zwei Eigenschaften aufweisen: Die Oberfläche muss günstige Gleiteigenschaften für die Harnischkordel besitzen, um die Reibkräfte gering zu halten und den Verschleiß der Kordel zu minimieren. Des Weiteren muss die Materialhärte ausreichend hoch sein, um Einschneidungen durch die Harnischkordel zu verhindern. Zeigen sich nach kurzer Laufzeit Einschnitte, so führt dies zwangsweise auch zum vorzeitigen Verschleiß der Harnischkordel. Es entstehen scharfe Kanten; die Kordel wird zum Teil eingeklemmt, und die Egalisierung verschlechtert sich. Die Geometrie der Bohrungen und die Abrundungsradien am Bohrungsauslauf oder an den Glasstäben stehen in unmittelbarem Zusammenhang mit dem Umlenkwinkel an den Führungselementen. Entscheidend ist letztlich die Wahl einer geeigneten Paarung von Harnischkordel und Führungselement.

Die Anforderungen an die oberen Führungselemente der Jacquardmaschine und an das Chorbrett oberhalb der Webmaschine sind verschieden. Die kollektive Führung mehrerer Kordeln in den oberen Führungselementen belastet das Material stark. Gleichzeitig können sich übereinanderliegende Kordeln gegenseitig ent- bzw. belasten. Am Chorbrett mit einem Loch für jede Kordel wird der Verschleiß u.a. durch das Durchmesser Verhältnis von Kordel und Bohrung bestimmt. Die verhältnismäßig kleinen Bohrungen neigen zudem zum Verschmutzen und zum Verstopfen. Während die Bohrungen des Führungsbodens wegen der Harnischkupplungen einen Durchmesser von 6 – 8 mm haben, beträgt der Bohrungsdurchmesser beim Chorbrett je nach Einsatzfall 1,5 bis 2,5 mm.

Im Idealfall sollten alle Harnischkomponenten gleich lange Standzeiten aufweisen. Dies ist aber nicht gegeben und auch nur schwer zu erreichen, da der Verschleiß aufgrund der vielen Wechselwirkungen nur schwer abzuschätzen ist. Derzeit verschleiben die Rückzugsfeder, die Kordel und das Chorbrett besonders schnell.

## **3 Stand der Technik**

Die Forschung der letzten 30 Jahre zum Thema Harnisch lässt sich in drei Schwerpunkte gliedern:

- Einführung elastischer Harnischrückzüge für Drehzahlen bis 300 U/min.
- Untersuchungen der Langzeiteignung von Harnischrückzügen sowie die Entwicklung von Modellen zur Berechnung der Harnischzugkräfte für Drehzahlen bis 500 U/min.
- Detailverbesserungen an Harnischkomponenten (zumeist Patentschriften).

Die ersten wissenschaftlichen Untersuchungen, die sich mit der Dynamik und der Beanspruchung des Harnisches beschäftigten, wurden Anfang der 70er Jahre durchgeführt, als die Ge-

wichtsrückzüge bei den schnellen Schützenwebmaschinen an ihre physikalische Leistungsgrenze stießen. Bei Drehzahlen über 200 U/min konnte das Unterfach nicht mehr schnell genug gebildet werden. Es stellten sich vermehrt Bindungsfehler ein. Die Harnischkordeln begannen zu schlagen und zu peitschen /15/. Auch Kordelbrüche blieben nicht aus. Bis in die 80er Jahre wurde nach geeigneten Alternativen für die Gewichte gesucht, die eine Drehzahlsteigerung bei ruhigem Harnischlauf sicher stellen sollten. Eine Lösung stellten elastische Rückzüge in Form von Stahlschraubenfedern, Elastomorfäden oder Silikonkautschukschläuchen dar /15-18/. Erste Federdimensionierungen wurden erarbeitet. Die Untersuchungen beschränkten sich auf Drehzahlen bis 300 U/min, erbrachten aber für den Harnisch in Verbindung mit Greifer- oder Projektilwebmaschinen der 1. Generation die nötige Laufruhe und Bindungssicherheit.

Mit dem gefundenen Ersatz der Gewichte entbrannte jedoch von Beginn an eine kontroverse Diskussion darüber, ob sich Stahlschraubenfedern oder Elastomorfäden besser als Rückzüge eignen würden. Von der einen Seite /15/ wurden die Stahlschraubenfedern wegen ihrer linearen Federkennlinie und der geringen Ermüdung bei langjährigem Einsatz bevorzugt. Die damaligen Elastomorfäden (Gummi) hatten eine ungenügende Dehnfähigkeit und brachen oft. Überdies war die progressive Kennlinie der visko-elastischen Materialien von Nachteil. Die andere Seite /16/ favorisierte hingegen den Gummifaden als Harnischrückzug, weil er billiger und auch bei hohen Fadendichten einzusetzen war. Bis heute ist die Diskussion nicht beigelegt /12/, zumal die Entscheidung auch vom Webartikel abhängt. Anstelle von Gummifäden werden natürlich Elastanfäden eingesetzt. Allerdings bekommt der Aspekt der Federschwingung eine immer vorrangigere Bedeutung.

Funder, Gries und Heim /19,20/ führten Mitte der 70er Jahre Untersuchungen an Jacquardharnischen mit Federrückzügen unter dem Aspekt der Langzeiteignung durch. Sie prüften zunächst die Tauglichkeit von Federwerkstoffen in simulierten Kurzzeitprüfungen wie auch Dauererprobungen und bewerteten die hohe Laufruhe eines Harnisches mit unwundenen Elastomerrückzügen als sehr positiv. In einem Katalog stellten sie die Eignung zahlreicher Rückzugselemente unter Berücksichtigung der Federkennlinie und des Kraftabfalls bei längerer Belastung zusammen. In einer weiteren Arbeit /21,22/ simulierten sie die Jacquardbewegung durch eine exzenter- und hebelgesteuerte Maschinenvorrichtung und ermittelten erstmals die auf Harnischkordeln wirkenden dynamischen Zugkräfte für Drehzahlen zwischen 280 und 350 U/min. Inwieweit diese Vereinfachung den realen Bedingungen entsprach und die Eigenreibung des Messsystems bei der Untersuchung der alternierenden Bewegung berücksichtigt wurde, geht aus den Veröffentlichungen nicht hervor. Die Ursache für ein Versagen wurde in Versagensklassen eingestuft. Da bei den niedrigen Drehzahlen die heutigen Versagensursachen noch nicht auftreten, wird auf die einzelnen Ergebnisse nicht näher eingegangen.

Zwischen 1981 und 1992 beschäftigten sich Mühlmann und Rudloff /23-30/ an der TU Chemnitz intensiv mit visko-elastischen Harnischrückzügen. In der 2. Hälfte dieser Zeitspanne vollzog sich durch die Einführung der elektronischen Jacquardmaschine in Verbindung mit der Luftdüsenwebmaschine ein deutlicher Leistungssprung auf Drehzahlen über 400 U/min. Die beiden Autoren entwickelten daher ein Berechnungsmodell zur Bestimmung der geeigneten Federvorspannkraft bis 500 U/min und bestätigten dieses Modell in Versuchen. Sie wiesen auf die Reibkräfte und das Hystereseverhalten der visko-elastischen Rückzüge hin. Wegen messtechnischer Schwierigkeiten am realen Harnisch entwarfen auch sie einen vereinfachten Simulationsstand; die Harnischkordel wurde in eine Richtung über einen Reibkörper gezogen. Auf der Basis dieser Überlegungen entwickelten sie Lebensdauerkurven für die Rückzugselemente. Sie untersuchten die Langzeiteignung der Rückzugselemente bezüglich Ermüdung, Zermürbung, Korrosion und