



Doctoral Thesis

## Theoretische und experimentelle Beiträge zur Klärung der statischen und dynamischen Beanspruchung von Strickmaschinennadeln

**Author(s):**

Betschon, Franz Felix

**Publication Date:**

1977

**Permanent Link:**

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000133494> →

**Rights / License:**

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Diss. ETH Nr. 5885

THEORETISCHE UND EXPERIMENTELLE BEITRÄGE ZUR KLAERUNG  
DER STATISCHEN UND DYNAMISCHEN BEANSPRUCHUNG VON STRICK-  
MASCHINENNADELN

---

ABHANDLUNG

zur Erlangung des Titels eines  
Doktors der Technischen Wissenschaften

der

EIDGENOESSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZUERICH

vorgelegt von

Franz Felix Betschon  
dipl. Masch.-Ing. ETH  
geboren am 29. November 1941  
von Laufenburg (Kt. Aargau)

Angenommen auf Antrag von

Prof. H.W. Krause, Referent  
Prof. Dr. W. Epprecht, Korreferent

1977

## 1. Zusammenfassung

Im Bereiche der Erzeugung textiler Flächengebilde kommt der Wirkerei- und Strickereitechnik eine ständig zunehmende Bedeutung zu. Die Notwendigkeit, die Produktivität weiter zu steigern führt zu einer exponentiellen Zunahme der mechanischen Belastung der einzelnen Elemente dieser Maschinen. Das wichtigste Maschenbildungswerkzeug, heute aber auch schwächste Stelle im System, ist die Nadel.

Es ist erstaunlich, dass über dieses sehr kompliziert geformte und beanspruchte Maschinenelement bis heute selbst elementare Grundkenntnisse fehlen. Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, durch theoretische Ueberlegungen und Experimente die Basiswerte zusammen zu tragen, ohne die die heutige Entwicklungsstufe nur schwer überwunden werden kann.

Ausgehend von den heutigen Kenntnissen über die Wirkungsweise einer Strickmaschine und den Maschenbildungsvorgang werden die elementaren Beanspruchungsmöglichkeiten qualitativ durchdacht, ohne sich bereits Gedanken zu machen über deren quantitative Bedeutung. Es wird gezeigt, warum eine integrale, geschlossene Theorie, wie sie etwa für andere Maschinenelemente existiert, für die Strickmaschinennadel bis auf weiteres im umfassenden Sinne nicht zu erwarten ist.

Auf die Fabrikationstechnologie wird nicht eingegangen. Es sollen lediglich die davon unabhängigen physikalischen Grundlagen untersucht werden.

Obwohl die kritische Belastung und damit letztlich der unerwünschte Nadelbruch durch dynamische Vorgänge verursacht wird, haben statische Belastungsfälle ihre Bedeutung, weil sie einfach zu simulieren sind und sowohl für den Hersteller als auch für den Anwender erste Angaben über die Qualität liefern. So wird zunächst allgemein die Deformation sowie die Spannungsverteilung für die einfache Zugbeanspruchung berechnet. Unterstützt werden diese Ueberlegungen durch spannungsoptische Nachweise. Der Vergleich mit experimentell ermittelten Deformationen sowie bruchmechanische Untersuchungen liefern erste Hinweise über

die tatsächlichen Vorgänge während des statischen Zugversuchs. Dem Konstrukteur wird so eine Berechnungsmethode in die Hand gegeben, mit der er für irgend einen kreisbogenförmigen Haken die reale statische Zugfestigkeit zum voraus bestimmen kann. Für den messtechnisch schlecht ausgerüsteten Anwender wird gezeigt, wie er sich einfache Prüfmaschinen selber bauen und wie er mittels eines Mehrstufenzugversuches noch weitere Qualitätsmerkmale erfassen kann.

Mit diesen vorbereitenden Abklärungen wird es nun auch möglich, dynamische Belastungsfälle zu überblicken. So wird gezeigt, inwiefern eine Längsbeschleunigung sowie eine Rotationsbeschleunigung um die Längsachse für den Haken gefährlich werden können. Natürlich müssen solche Ueberlegungen auch experimentell abgedeckt werden. Schnellfilmaufnahmen eignen sich hierfür am besten. Sie lassen mit Sicherheit den Schluss zu, dass makroskopische Biegeschwingungen ausgeschlossen werden können. Hingegen ist einer erheblichen Torsionsbeanspruchung, hervorgerufen durch seitliche Kräfte auf den Fuss, Beachtung zu schenken.

Nun zeichnen sich zyklische, wechselsinnige Beanspruchungen, wie sie für den Betrieb einer Strickmaschine typisch sind, für ein Maschinenelement offenbar dadurch aus, dass sie zu Schäden führen bei Belastungen, deren Werte weit unterhalb der statisch ertragbaren Grenze liegen. Die Vorgänge, die zu solchen Ermüdungserscheinungen führen sind noch weniger bekannt, als diejenigen des Bruches bei statischer Ueberlastung. Es ist interessant festzustellen, dass nebst dem klassischen Wöhlerverhalten eine ausgeprägte Schadenslinie ermittelt werden kann, deren Auswirkungen sogar auf der Strickmaschine nachgewiesen werden können.

Der Frage, ob ein direkter Zusammenhang zwischen der Dauerwechselfestigkeit und der Geometrie für den Haken besteht, wie er analog für die statische Bruchfestigkeit existiert, wurde mit speziellen Prüflingen nachgegangen, deren Herstellung Gewähr für möglichst gleiches Gefüge bot. Es besteht nämlich ein linearer Zusammenhang zwischen der Dauerwechselfestigkeit und dem Kehrwert der Wurzel aus dem Korndurchmesser. Die Art des gesuchten Geometrieinflusses geht aus dem Nachweis hervor,

dass die dimensionslose Kennziffer  $P_{\text{stat.}}/P_{\text{dyn.}}$  bemerkenswert wenig streut, wenn die Versuchsbedingungen sauber eingehalten werden, nämlich zwischen 0,275 und 0,325. Nachdem sich schon der Mehrstufenzugversuch als einfacher Ermüdungsversuch als sehr nützlich erwies, ist mit dieser Wechselfestigkeitsversuchstechnik ein weiteres Instrument entwickelt worden, das sich durch seine Einfachheit auszeichnet.

Mit erheblich grösserem Aufwand sind dagegen rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen verbunden. Mit ihnen werden bruchmechanische Erkenntnisse für den Stahl Ck 80 gewonnen. Insbesondere werden die makroskopischen und mikrotopographischen Kriterien für den Ermüdungs- und den Gewaltbruch ermittelt. Erstmals gelingen auch die Nachweise, dass der Bruchausgangspunkt stets an der Hakeninnenkontur liegt, sich der Nadelbruchmechanismus zwischen einer zu Experimenten im Zusammenhang mit dieser Arbeit entwickelten fadenloser Versuchsmaschine und einer Strickmaschine nicht unterscheidet und dass Torsionseinflüsse von Bedeutung sind.

Schliesslich kann mit Hilfe einer Analogieversuchstechnik auch Aufschluss darüber erhalten werden, wie sich Spannungswellen im Haken auswirken. Diese Erkenntnisse liefern die Erklärung, warum das Untersuchungsobjekt bei kritischer Geschwindigkeit stets an der Innenkontur bricht. Als kritische Geschwindigkeit wird dabei diejenige definiert, bei der die Nadelbruchrate nicht mehr exponentiell anwächst.

Um das Uebertragungsverhalten des Schaftes richtig einschätzen zu können, muss er sowohl als Federsystem betrachtet werden, damit seinem Formänderungsvermögen Rechnung getragen wird, wie auch als Spannungswellenübertrager. Entsprechende theoretische Ueberlegungen und Experimente liefern so wichtige Dimensionierungsregeln.

Natürlich muss jede Entwicklungsreihe mit einem Versuch auf einer Originalstrickmaschine abgeschlossen werden. Solche Strickexperimente eignen sich jedoch schlecht zur Nadeloptimierung, denn, abgesehen davon, dass sie sehr teuer und zeitraubend sind,

vermischen sich dabei nadelseitige mit maschinenseitigen Einflüssen, welche zum Zwecke der Nadelqualitätsbeurteilung nicht mehr getrennt werden können. Eine fadenlose Prüfmaschine vermeidet diese Nachteile, obwohl sie die Nadel praktisch gleich beansprucht wie eine Strickmaschine. Mit der hierfür entwickelten Versuchstechnik wird es möglich, sehr schnell und billig die relevanten Parameter eines Versuchsloses zu ermitteln.

Damit ist auch das Versuchsinstrumentarium abgerundet, mit welchem nun ausgehend vom einfachen statischen Experiment, über den Mehrstufenzug- und den Dauerwechselfestigkeitsversuch bis zum komplexen Beanspruchungstest auf einfache und den speziellen Bedingungen der Nadelgeometrie angepasste Weise, die Qualitätsmerkmale erfasst werden können, ohne dass ein aufwendiger Strickversuch nötig wäre.

Eine Typologie der Nadelbrüche schliesst diese Arbeit ab.