

**Zeitschrift:** Mittex : die Fachzeitschrift für textile Garn- und Flächenherstellung im deutschsprachigen Europa  
**Herausgeber:** Schweizerische Vereinigung von Textilfachleuten  
**Band:** 79 (1972)  
**Heft:** 8

**Artikel:** Vliesstoffe  
**Autor:** Hearle, J.W.S.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-677641>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 16.03.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Vliesstoffe

## Beanspruchungsmechanismus von verklebten Vliesstoffen

Kurzfassung eines Vortrages an der ETH Zürich

### Einführung

Geklebte Vliesstoffe gehören zu jener Art von Nonwovens, in denen das Fasergewebe durch Zwischenfaserverbindungen — normalerweise ein Gummipolymer als Latex-Dispersion aufgetragen — zusammengehalten wird. Die Verteilung des Bindemittels und die Art der Verklebung stellen sehr schwer übersehbare Vorgänge dar. Für theoretische Studien [1, 2, 3] über das Deformationsverhalten solcher Vliesstoffe müssen zunächst viel einfachere Modelle herangezogen werden, wobei in der Regel folgende Annahmen getroffen sind:

1. Der Vliesstoff wird als zweidimensionale Fläche betrachtet.
2. Der Stoff wird als Netzwerk von Faserelementen angesehen, bei denen die Fasern die Verbindung zwischen den Verklebungspunkten darstellen.
3. Es besteht eine affine Deformation der Klebepunkte.
4. Die aufgenommene Deformationsenergie lasse sich allein aus der Veränderung der Faserlänge zwischen den Klebepunkten bestimmen, wobei ein allfälliger Beitrag des Binders selbst vernachlässigt wird. Ausserdem betrachtet man jede Verbindungsstelle als freigelenkig, und eine gegenseitige Beeinflussung der Beweglichkeit der Faserelemente zwischen den Verbindungen bleibt unberücksichtigt.

Die Art der Deformation eines solchen Faserelements, bedingt durch eine axiale Dehnung  $E_L$  und eine Tangentialdehnung  $E_T$ , ist aus Abbildung 1 ersichtlich. Damit lässt sich das Verhältnis zwischen Gewebespannung und Gewebedehnung für eine Probe unter gleichmässiger einachsiger Spannung unter Berücksichtigung aller Kräfte der Faserelemente berechnen [1, 2] oder auf Grund einer Energieanalyse [3] ermitteln. Die Resultate solcher Berechnungen weichen allerdings oft beträchtlich von den experimentell bestimmten Kraftdehnungsverhalten ab. Eine gewisse Verbesserung und Anpassung an das Experiment

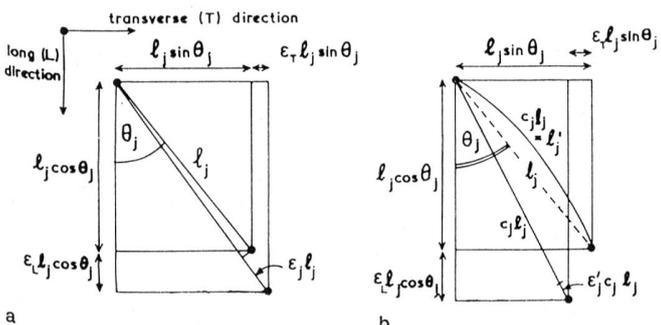


Abbildung 1 Deformation eines Faserelements: a) gerade Faser,  $E_L$ ,  $E_T$  Positiv; b) gebogene Faser,  $E_T$  negativ wie bei einachsigem Zug.

wird erzielt, wenn man die Annahme trifft, dass die Spannung in jedem Faserelement nicht über ein bestimmtes Niveau ansteigen kann. Der Nachteil derart einfacher Modelle besteht natürlich darin, dass nur das Fasermaterial selbst für die Festigkeit verantwortlich gemacht wird und ein allfälliges Reißen des Binders überhaupt nicht berücksichtigt wird. Im folgenden soll versucht werden, durch Einfügen des sogenannten Gleitfaktors (slippage-factor) das Verhalten des Binders auch miteinzubeziehen.

### Der Gleitfaktor (slippage factor)

Ein einfaches Modell, um das Verhalten geklebter Vliesstoffe vorauszusagen, basiert auf der Annahme, dass die 4 Faktoren: Fasereigenschaften, Faserkrümmung, Faserorientierung und der sogenannte Gleitfaktor in ihrer Wirkung einzeln berücksichtigt werden können. In mathematischer Formulierung für die Vliesstoff-Beanspruchung bei gegebener Dehnung erhält man folgendes Modell:

$$\text{Vliesstoff-Spannung bei Dehnung } \epsilon = (\text{Faserspannung bei } \epsilon - \epsilon_c) \times (\text{Orientierungsfaktor}) \times (\text{Gleitfaktor})$$

Die Dehnung  $\epsilon_c$  ist diejenige Dehnung, welche notwendig wird, um die Faserkrümmung auszuziehen, und in einfachster Theorie wird der Orientierungsfaktor mit  $\cos^4 \theta$  in Rechnung gesetzt. In Wirklichkeit bestehen natürlich Wechselwirkungen zwischen diesen verschiedenen Faktoren, was in einer verbesserten Theorie berücksichtigt werden müsste. Wir begnügen uns vorläufig mit diesem einfachen Modell, welches als neue Grösse nunmehr diesen Gleitfaktor einschliesst. Die obige Gleichung reduziert sich so auf die generelle Form

$$\text{Beanspruchung } f \text{ bei Dehnung } \epsilon = (\text{Systembeanspruchung } f_0 \text{ ohne Gleiten}) \times (\text{Gleitfaktor})$$

Der Gleitfaktor berücksichtigt die Tatsache, dass an den freien Enden der Fasern keine Belastung mehr übertragen werden kann. Zugegeben, dies ist nicht der einzige Ort, wo ein Materialbruch möglich ist, für eine erste qualitative Erklärung mag diese Annahme aber genügen.

Abbildung 2 zeigt eine im Netzwerk gebundene Faser. Durch Binderspannung entsteht auf der Faserfläche — ausser an den Faserenden und den benachbarten Gebieten — eine gegen Gleiten wirkende Kraft  $B$  pro Flächeneinheit. Am Faserende kann die Faser keine Belastung tragen, die Spannung nimmt, wie Abbildung 2 zeigt, linear von 0 bis zum Wert  $f_0$  zu. Hier ist also  $f_0$  die durchschnitt-

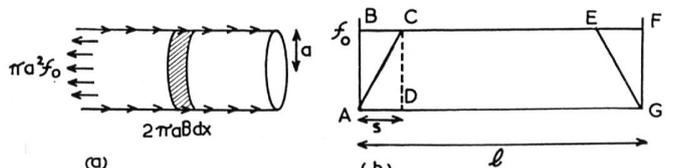


Abbildung 2 a) Kräfte beim Faserende; b) Spannungsverlauf entlang der Faser.

liche Spannung ohne Berücksichtigung des Gleitens im System. Ist  $s$  die Länge, über die das Gleiten erfolgt, so definieren wir:

$$\text{Gleitfaktor} = (l - s) / l = 1 - s / l \quad (2)$$

wobei  $l$  = Faserlänge.

An den Punkten C und E, wo der Gleitwiderstand gleich der Spannung ohne Gleiten ist, haben wir:

$$\text{Kraft} = \pi a^2 f_0 = 2 \pi a s B \quad (3)$$

wobei  $a$  = Faserradius, somit

$$s = a f_0 / 2B \quad (4)$$

und

$$\text{Gleitfaktor} = 1 - a f_0 / 2lB \quad (5)$$

Abbildung 3 zeigt, wie der Gleitfaktor variiert, und wir stellen fest, dass wenn  $2lB / a f_0$  gross genug ist, das Gleiten vernachlässigt werden kann. Es ist also von Vorteil, lange feine Fasern zur Herstellung weicher, flexibler Stoffe, wo der Bindungsgrad auf Minimum zu halten ist, zu verwenden. An dieser Stelle sei noch der Unterschied der Bin-

dungskraft  $B$ , wie sie in gebundenen Flächengebilden und selbstklebenden Strukturen wie z. B. Stapelgarn auftritt, erwähnt. Bei selbstklebenden Strukturen ist die durch Reibung entstandene Bindungskraft proportional der Spannung. Somit können wir approximativ schreiben:  $B = \mu k f_0$ , wobei  $\mu$  = Reibungskoeffizient. Man kann zeigen, dass in diesem Fall der Wert  $f_0$  im Ausdruck für den Gleitfaktor nicht mehr erscheint. Das Problem der Analyse reduziert sich somit auf die Bestimmung des Wertes  $k$ , ein Parameter, der im wesentlichen angibt, in welchem Masse eine angewandte Spannung in Normalkräfte zwischen den Fasern umgesetzt wird. Zwei Einschränkungen für die Gültigkeit des Gleitfaktors sind zu erwähnen:

1. Die Ableitung wird ungültig, wenn der Wert von  $s$  in Gleichung (4) grösser wird als die halbe Faserlänge.
2. Bei der Ableitung wird die Annahme gemacht, dass die Nachbarfasern das Gleiten der betrachteten Faser verhindern. Dies steht im Widerspruch zum tatsächlichen Verhalten, da, sofern Faserenden in der Nähe sind, diese das Gleiten der betrachteten Faser eher noch erleichtern.

Will man ein genaues Modell erhalten, so muss an Stelle von Gleichung (3) untenstehende Formel benützt werden [4].

$$\pi a^2 f_0 = \int_0^s 2 \pi a B [1 - 2(s - x) l] dx = 2 \pi a B (s - s^2 / l)$$

**Einfluss des Gleitfaktors auf das Spannungs-Dehnungs-Verhalten von verklebten Faservliesstoffen**

Im allgemeinen weist die einfache Theorie (ohne Berücksichtigung des Gleitens) eine gute Uebereinstimmung mit den experimentell ermittelten Daten auf, sofern es sich um kleine Spannungen handelt. Mit dem Gleitfaktor wird

$$f = f_0 (1 - a f_0 / 2lB) \quad (6)$$

wobei  $f$  = Stoffspannung unter Berücksichtigung des Gleitens,  $f_0$  = Stoffspannung ohne Gleiten (aus einfacher Theorie).

Normalisieren wir diese Gleichung mit

$$f' = \frac{f}{(2Bl/a)} ; f_0' = \frac{f_0}{(2Bl/a)}$$

so wird

$$f' = f_0' (1 - f_0') \quad (7)$$

Die Modifikation einer linearen Spannungsdehnungskurve ist in Abbildung 4 wiedergegeben. Ist der Wert  $2Bl/a$  bekannt, so kann man die absoluten Werte in der Skala eintragen. Von besonderem Interesse ist der Wert von  $f_b$ , die Spannung, bei welcher das Material infolge Faserbruch reisst;  $f_b$  entspricht ungefähr dem Produkt aus Faserfestigkeit  $\times$  Orientierungsfaktor.

Wenn  $2Bl/a \ll f_b$  ist, dann wird Fließen eintreten bei Spannungen, die viel kleiner sind als die, welche man etwa in einem Material mit gut ausgenützten Fasereigenschaften erwarten würde. Ist jedoch  $2Bl/a \gg f_b$ , dann ist kein Fließen wegen Gleitens zu erwarten.

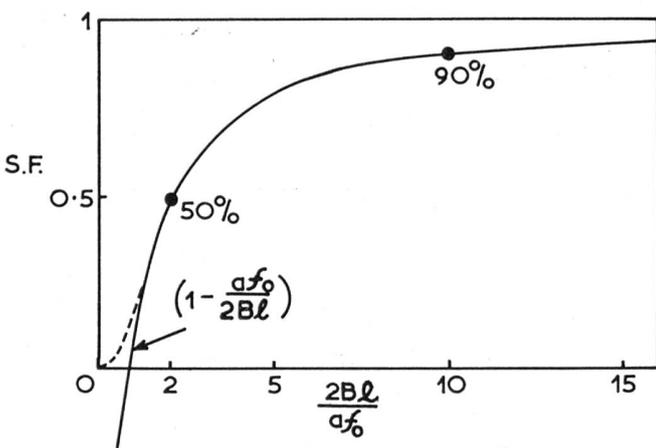
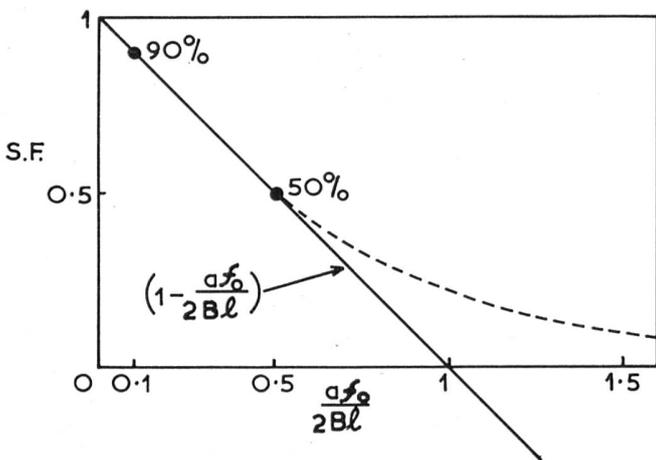


Abbildung 3 Variationen des Gleitfaktors

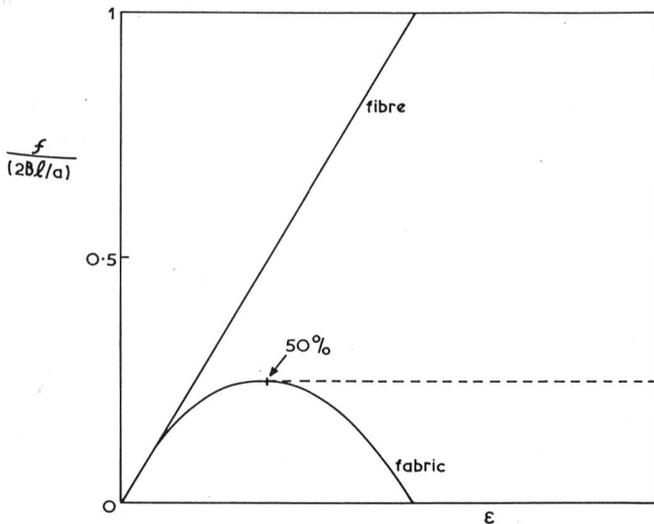


Abbildung 4 Modifikation der linearen Spannungs-Dehnungskurve unter Berücksichtigung des Gleitfaktors

Aus den Gleichungen (6) und (7) sieht man, dass  $f'$  maximal 0,25 sein kann, und es wird dieser Wert bei einer Spannung von  $B l / 2 a$  erreicht. Dies ergibt die Gössenordnung der Fließgrenze, wobei das wichtige Verhältnis Fließgrenze zu Bruchfestigkeit durch  $2 B l / 2 a f_b$  festgelegt ist. Bei optimaler Struktur ohne wesentliche Streifigkeit würde dieses Verhältnis nahe bei eins liegen.

**Verschiedene Fehlermöglichkeiten**

Abbildung 5 zeigt eine schematische Darstellung verschiedener Situationen, die in einem unter Spannung stehenden Klebvliesstoff auftreten können. Bei 5 a sind die Kräfte an der Bindungsstelle im Gleichgewicht, so dass kein Gleiten oder Brechen möglich ist. In Abbildung 5 b ist ein geringes Gleiten möglich, wobei die Längenunterschiede ausgeglichen werden. Abbildung 5 c zeigt ein Faserende, bei dem Gleiten auftreten kann. Es entspricht dem Modell dieser Abhandlung. Bei Abbildung 5 d entsteht durch die starke Faserrichtungsänderung ein «falsches Faserende». Im Extremfall wäre die Faser ganz zurückgebogen entsprechend Abbildung 5 e. Bei einer allmählichen Richtungsänderung wie in Abbildung 5 d tritt Gleiten im Gebiet zwischen X (Zugspannung) und Y (Druckspannung) auf.

Bei einer Faseranordnung entsprechend Abbildung 5 f würde die Bindungsstelle reißen, sofern die Belastung genügend hoch wäre. Schliesslich ist gemäss Abbildung 5 g sowohl Gleiten als auch ein Bindungsstellenbruch denkbar, wobei sehr wahrscheinlich grosse relative Verschiebungen in der Struktur auftreten.

Aus der obigen Erörterung resultiert ein wichtiges Merkmal. Um den Anfangsmodul zu berechnen, genügt es, die Daten über Faserorientierung und -krümmung an verschiedenen Punkten des Vliesstoffes zu kennen. Will man jedoch etwas über den Bruchvorgang aussagen, wird es

notwendig, mehr über die Faserlage über weite Distanz zu kennen, d. h. zu wissen, welche Richtungsänderungen in sukzessiven Elementen vorhanden sind.

Das einfache System gemäss Abbildung 6 mag dies erläutern: Die Anfangsmodule der beiden Systeme sind dieselben gemäss dem Modell der ersten drei Zeilen. Struktur 6 a würde jedoch infolge Bindungsbrüchen versagen im Gegensatz zu 6 b, wo dies nicht der Fall sein würde.

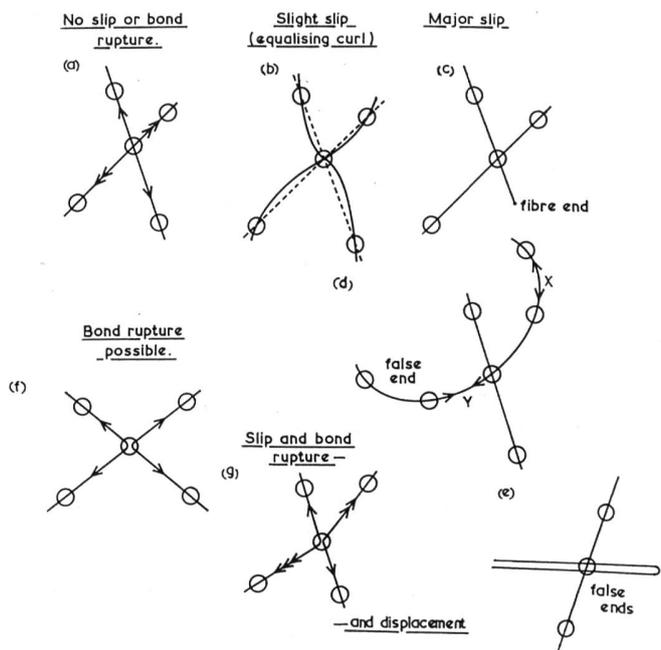


Abbildung 5 Schematische Darstellung verschiedener Situationen im Klebvliesstoff

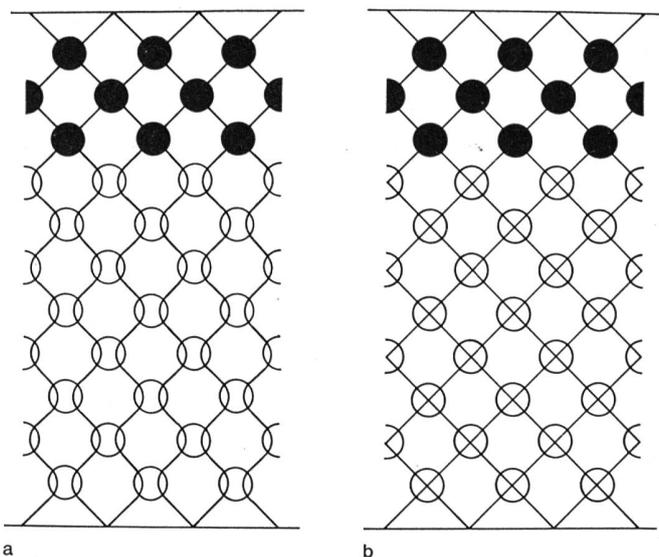


Abbildung 6 Zwei Strukturen mit gleichem Modul aber unterschiedlicher Bruchfestigkeit

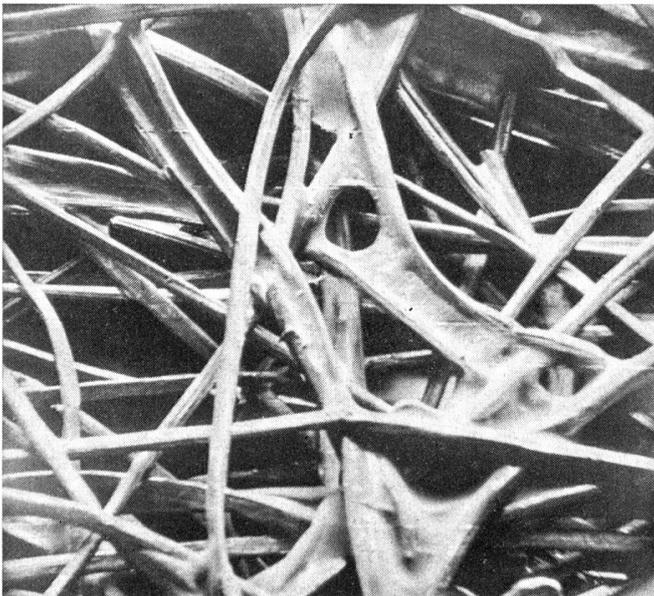
### Direkte Beobachtung

Weitere Information über den Reissvorgang bei Nonwovens erhält man auch durch direkte Beobachtung, wobei insbesondere Aufnahmen mit dem Rastermikroskop wertvolle Hinweise liefern können. Solche Vorgänge sind abgebildet in Abbildung 7. Allgemein gilt die Schlussfolgerung, dass in der Regel Klebstoffrisse die dominierende Ursache für den Bruch sind, nicht nur in den typisch adhäsiv gebundenen Faservliesstoffen, sondern auch bei den spunbonded Stoffen wie Reemay® und Typar®.

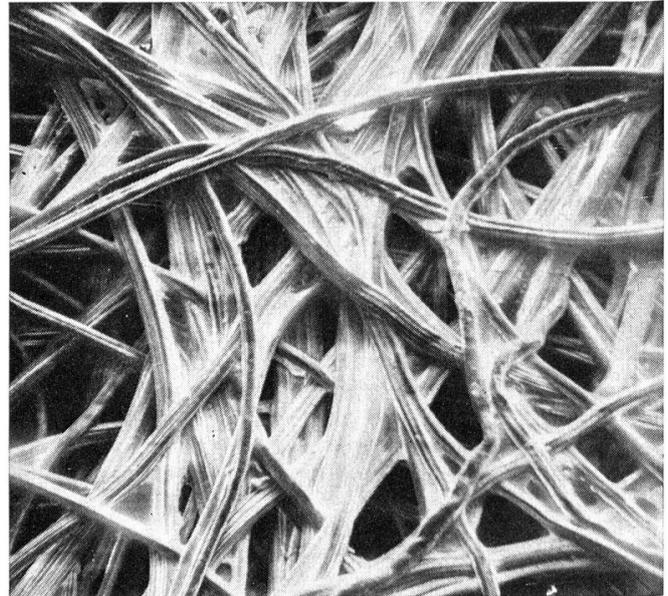
### Literatur

1. S. Backer and D. R. Patterson, *Textile Res. J.*, **30**, 704, 1960.
2. J. W. S. Hearle and P. J. Stevenson, *Textile Res. J.*, **34**, 181, 1964.
3. J. W. S. Hearle and A. Newton, **38**, 488, 1968.
4. J. W. S. Hearle, P. Grosberg and S. Backer, *Structural Mechanics of Fibres, Yarns and Fabrics*, Vol. 1. Wiley-Interscience, 1969, page 262.

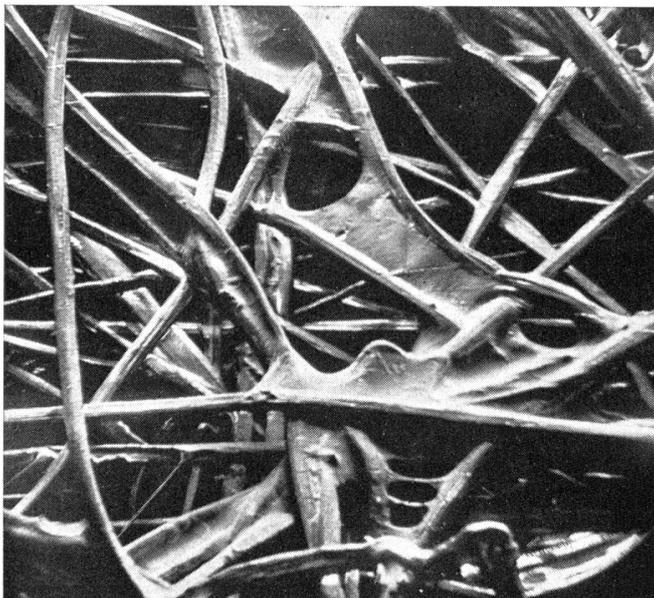
Dr. J. W. S. Hearle  
University of Manchester,  
Institute of Science and Technology



a) Wirrfaservlies, Spannungsfrei



c) Parallelfaservlies, gedehnt, jedoch keine Bruchstelle



b) Dasselbe Material bei 13 % Dehnung



d) Dasselbe Material in der Bruchzone

Abbildung 7 Stereo-Scan-Aufnahmen vom Reissvorgang der Klebvliesstoffe