

Über die Untersuchungsergebnisse an durchrissenen Haaren und über ein sichtbares und meßbares Bewegungsphänomen bei Quellung überdehnter Haare in Wasser.

Von

Med.-Rat Prof. Dr. Th. Lochte, Göttingen.

Mit 2 Textabbildungen.

In den Lehrbüchern der gerichtlichen Medizin findet man bislang keine näheren Angaben über die Befunde an durchrissenen Haaren. Das ist um so auffallender, als die Tatsache, daß Haare ausgerissen oder durchrissen wurden (z. B. bei Raufereien) in gerichtlichen Fällen gar nicht so selten zur Beurteilung vorliegen. Man hat sich auf die Feststellung der klebrig-feuchten, weichen, hohlen, oft angelhaken-artig gekrümmten Haarwurzeln ausgerissener Haare, auf die gelegentliche Abschindung der Cuticula direkt oberhalb der Wurzel und auf das Anhaften von Teilen der Wurzelscheide beschränkt. Es soll nun im nachfolgenden unsere Aufgabe sein, festzustellen, welche Befunde an gedehnten und schließlich zerrissenen Kopfhaaren weiter zu erheben sind¹.

A. Will man ein Kopfhaar zwischen den Fingern zerreißen, so dehnt es sich zunächst, wie ein Gummiband, es wird zusehends dünner und zerrißt dann plötzlich. Die Rißenden zeigen meist an einem Haarend, bisweilen auch an beiden, eine deutliche Wellung. Der Gelatineabzug eines zerrissenen Haarendes läßt dann Zerreißungen der Cuticula erkennen, die teils an der Haaroberfläche auftreten und sich als unregelmäßige, breite Lücken in der sonst regelmäßig gebänderten Zeichnung präsentieren, teils sieht man die Einrisse am freien Haarrande und kann sich dabei überzeugen, daß nicht nur die Cuticulazellen, sondern auch die darunter befindlichen Rindenzellen mehr oder minder eingerissen und lamellenförmig abgeblättert sind. Bilder solcher Haarverletzungen sind von mir in dem Handbuch der naturwissenschaftlichen Kriminalistik von *Pietrusky* wiedergegeben worden. Natürlich rücken bei der Dehnung die Cuticulasäume auseinander. *Kölliker* gibt für die Entfernung der Säume voneinander 0,005—0,014 mm an. Eine solche Differenz kommt aber nur an dem äußersten Ende der Spitze und der Wurzel in Vergleich zum mittleren Teile des Haarschaftes vor. Da

¹ Diese Untersuchungen konnten nicht gleichzeitig bei der Herstellung des Atlas menschlicher und tierischer Haare ausgeführt werden. Sie gehören daher in die Reihe der Veröffentlichungen, die im Verlage Dr. Schoeps, Leipzig, Nikolai-strasse 28/32 weiterhin erschienen sind.

Kölliker darüber keine Angaben macht, darf man wohl annehmen, daß er gedehnte Haare in Händen gehabt hat. Bei sehr starker Dehnung habe ich selbst Entfernungen bis 0,027 mm gemessen. Dabei bricht aber der freie Rand der Cuticulazellen nicht selten ab. So weite Entfernungen zeigen deutlich, daß sich die Cuticulazellen gegeneinander verschieben.

Im Terpentinölpräparat zeigt die Rinde des Haares ein streifiges Aussehen. Bei genauerem Durchmustern stößt man auf reihenweise angeordnete feinste Luftbläschen, teils peripher, teils zentral liegend, oft nur vereinzelt, gelegentlich aber auch dichter liegend. Man könnte daran denken, daß hier Zellketten zerrissen sind und die freien Enden sich zurückgezogen und dabei spaltförmige Räume zurückgelassen haben. Wahrscheinlicher erscheint mir, daß die nebeneinanderliegenden Zellketten sich seitlich gegeneinander verschoben haben, und zwar unter Teilnahme bereits bestehender Luftsäpalten derart, daß dadurch die perlchnurartig angeordneten kleinsten Luftbläschen entstanden sind. Eine Untersuchung dieser Veränderungen in Wasser ist nicht zu empfehlen, weil darin die Rindenzellen quellen, die Spaltbildungen mehr oder minder geschlossen werden und die Luftbläschen verschwinden können.

Ist das gedehnte Haar markhaltig (Barthaar), so erscheint der vorher im durchfallenden Lichte schwarze, breite Markstrang auffallend schmal. Lufthaltige schwarze Stellen des Markes wechseln mit helleren Abschnitten ab. An einzelnen Stellen des Markes sieht man im Terpentinölpräparat einen mehr oder minder deutlichen Verlust der Granulierung. Gelegentlich sieht man ganz unregelmäßige Lufträume, vereinzelt kam auch eine gröbere Granulierung zur Beobachtung, die vielleicht dadurch zustande kommt, daß bei der Dehnung des Markes feinste lufthaltige Granula zu größeren zusammenfließen.

Bei der Untersuchung in Wasser dringt das Wasser in die Lufträume des Markes ein, die Veränderungen an den Granulis verlieren dadurch an Deutlichkeit.

Das Haar zeigt bis zur Rißstelle eine allmählich zunehmende Verschmälerung unter lamellärem Abreißen einzelner Haarstücke in queren treppenförmigen Absätzen. In einem Falle war der erste Abriß 0,63 mm von der Rißstelle aus erfolgt. Die Schaftbreite ging dabei von 0,081 auf 0,054 mm zurück. Der letzte Durchriß erfolgte bei einer Breite des letzten Schaftrestes von 0,04 mm. Alle Absätze lagen quer und waren scharfrandig. Bei einem zweiten Versuche war die erste Lamelle 0,83 mm von der Durchrißstelle entfernt abgerissen. Am ersten Einriß war ein deutlicher Längsspalt im Haarschaft entstanden. An der Rißstelle hatte der Rest des Haarschaftes noch eine Breite von fast 0,070, die sich dann noch auf 0,054 mm verjüngte, während das unverletzte Haar eine Schaftbreite von 0,094 mm aufwies. Vereinzelt wurden kurze

perlschnurartig angeordnete Reihen von Luftbläschen zwischen den Rindenzellen gesehen. Damit ist der mikroskopische Befund im wesentlichen erschöpft. Es wurden aber bei diesen Untersuchungen noch weitere sehr charakteristische Erscheinungen beobachtet. Bevor ich auf diese eingehe, ist es notwendig, kurz zu schildern, welchen Gang die Untersuchungen nahmen.

Bei Gelegenheit von Versuchen, die Wirkung eines Kammes auf die Oberfläche eines weißen Kopfhaares zu untersuchen, wurde ein Stück aus dem Haar herausgeschnitten und in Wasser bei 370facher Vergrößerung untersucht. Dabei war eine auffallende Bewegung des Haarstückes in dessen Längsachse festzustellen. Man hatte den Eindruck, als würde das Haar von unsichtbarer Hand auf dem Objekttisch vorbeigezogen. Dabei ragten die beiden Enden des Haarstückes frei neben dem Deckglas hervor. Eine Schwimmbewegung des Haares im Wasser und dadurch bedingte Bewegung des Haares kam gar nicht in Betracht, weil sich dazu nicht hinreichend Wasser unter dem Deckglas befand. Die Bewegung des Vorbeigleitens des Haares vor dem Auge des Beschauers mußte einen anderen Grund haben. Das Kämmen war so ausgeführt worden, daß eine Hilfsperson das Haar mit beiden Händen zwischen Daumen und Zeigefinger festhielt, während ich selbst mit einem ziemlich schweren Hartgummikamm die Bewegungen des Kämmens von oben, unten und von den Seiten her ausführte. Die Schwere des Kammes bewirkte es, daß das Haar nicht immer geradlinig ausgestreckt blieb, sondern daß es nach unten oder oben oder nach der Seite hin mehr oder minder ausgebuchtet wurde, so daß mit einer Dehnung des Haares zu rechnen war. Diese Dehnung mußte daher als eine Vorbedingung für das Auftreten der „Gleitbewegung“ angesehen werden. Es wurden daraufhin die Enden eines durchrissenen Haares untersucht, dabei zeigte sich sofort, daß auch diese das Phänomen der Gleitbewegung zeigten. Die Bewegung trat sowohl an einem 3 cm langen wie an einem 1 cm langen Haarstück auf. Sie dauerte etwa $\frac{1}{2}$ Minute.

Da die Oberfläche des Haares fettig zu sein pflegt, war zu erwarten, daß nach Beseitigung des Fettes die Eigenbewegung des Haares noch deutlicher, vor allem schneller eintreten würde. Es wurden daher bei den folgenden Versuchen die überdehnten Haare mit Benzin oder Benzol oder Xylol abgerieben. Die Bewegung trat jetzt schneller ein.

Weitere Beobachtungen zeigten dann, daß beim Auftreten der Gleitbewegung das Ende des Haares aus dem Gesichtsfeld des Mikroskopes in der Richtung der Längsachse des Haares verschwand. Es mußte also eine Verkürzung des Haares eintreten. Da ein normales Haar bei Wasserzusatz um 1—2% an Länge zunimmt, so war anzunehmen, daß das gedehnte Haar nach Wasserzusatz einem neuen Gleichgewichts-

zustand zustrebt, der unter schneller Verkürzung und wahrscheinlich auch unter Verbreiterung des Haarschafes vor sich ging. Leicht gekrümmte Haarstücke streckten sich bei der Wasseraufnahme vollkommen gerade.

Ein weißes 150 mm langes Frauenkopfhaar wurde zwischen den Fingern auf 162 mm gedehnt. Von diesem Haare wurde ein 43 mm langes Stück abgeschnitten. An 2 Stellen wurde das Haar mit je einem Tropfen Wasser und mit einem Deckglas bedeckt. Die Gleitbewegung war deutlich. Nun wurde das 43 mm lange Haar in Wasser gelegt. Nach einigen Minuten betrug die Länge des Haarstückes noch 40,4 mm. Nach einem weiteren Versuche stand noch ein Haarrest von 91,5 mm Länge zur Verfügung. Nach Einlegen in Wasser hatte er noch eine Länge von 87 mm. Damit war die Verkürzung erwiesen.

Da ein kräftiges Kopfhaar mit 50—60 g belastet werden kann, ohne zu zerreißen, wurden nun einige Belastungsversuche unternommen, um das Kopfhaar zu überdehnen. Es sei vorausgeschickt, daß wenn an einem Haare in linearer Richtung ein Zug ausgeübt wird, eine Verlängerung eintritt. Nach Aufhören des Zuges nimmt das Haar wieder seine alte Länge ein, vorausgesetzt, daß die Belastung nicht zu groß war. Das Haar ist demnach elastisch. Dieser Elastizität sind aber enge Grenzen gesteckt, denn sie gilt nur bis zu 2% der Haarlänge. Es wird also ein 30 cm langes Haar etwa bis auf 30,6 cm gedehnt und kehrt dann wieder in seine ursprüngliche Länge zurück. Wird das Haar noch weiter gedehnt, so behält das Haar nach einem Rückgang der Verlängerung etwa um die Hälfte eine dauernde Dehnung. Damit ist die Elastizitätsgrenze überschritten. Bei weiterer Zunahme der Belastung erfolgt die Dehnung vollkommen unregelmäßig, was übereinstimmend von *A. Basler* [Pflügers Arch 208, 768 (1925) und von *Cajkovac*, Dermat. Z. 77 angegeben wird. Vgl. auch *H. Menschel* Z. exper. Pharmak. u. Pathol. 110, 10].

Am 2. IV. wurde ein 56 cm langes weißes Kopfhaar mit 30 g, vom 4. IV. bis 9. IV. mit 50 g belastet. Am Ende des Versuches hatte das Haar eine Länge von 73 cm. An dem entfetteten Haar trat das Gleitphänomen sofort auf und dauerte 70 Sekunden. Die Gleitbewegung war noch am 11. V. nachweisbar. Die Haarstücke verkürzten sich in 3 Versuchen von 1,41 mm auf 1,25 mm, von 1,5 mm auf 1,2 mm, von 1,45 mm auf 1,26 mm. Das Vorbeigleiten des Haares erstreckte sich nicht nur auf die Cuticula, sondern auch auf die spaltförmigen Lufräume der Rinde und auf die Markinseln. Es wurden also alle Bausteine des Haares von der Bewegung betroffen, und diese war auch noch in den kleinsten Teilen des Haares erkennbar.

Abgeschnittene Stücke dieses 56 cm langen, überdehnten Kopfhaares ergaben folgendes:

Am trockenen Haar betrug		Am nassen Haar		Am nassen Haar betrug die Breitendifferenz mit dem trocknen Haar	
		Länge	Differenz		
die Länge	die Breite	mit dem trocknen Haar		mm	mm
mm	mm	mm	mm	mm	mm
1	1,66	0,070	1,4	— 0,26	0,086 + 0,016
2	1,3	0,065	1,1	— 0,2	0,076 + 0,011
3	1,09	0,070	0,9	— 0,19	0,081 + 0,011
4	0,83	0,068	0,71	— 0,12	0,084 + 0,016
5	1,3	0,068	1,1	— 0,2	0,084 + 0,016
6	1,66	0,70	1,4	— 0,26	0,086 + 0,016
7	2,6	0,07	2,1	— 0,5	0,083 + 0,013
8	1,2	0,073	1,03	— 0,17	— —

Es ergab sich danach, daß die stärkste Verkürzung bei dem längsten Haare von 2,6 mm Länge 0,5 mm betrug. Bei dem etwa 1 mm langen Haar (2, 3, 5, 8) verkürzte sich das Haar um 0,17—0,2 mm.

Es betrug demnach die Verkürzung bis $1/5$ der Gesamtlänge¹.

Will man sich das Gleitphänomen gut zur Anschauung bringen, so empfiehlt es sich, das Haar zunächst zu entfetten, dann die Enden des Haares um die Zeigefinger zu wickeln und das Haar zwischen Daumen und Zeigefinger mehrfach kräftig zu dehnen, bis zum schließlichen Zerreissen. Von dem gewellten Haarende wird ein 1—2 mm langes Stück abgeschnitten. Man stellt dann die Cuticula des trockenen Haarstückes bei $370 \times$ im Mikroskop unter Benutzung des Okularmikrometers ein und mißt zunächst die genaue Länge des Haarstückes. Danach läßt man unter dauernder Beobachtung des Haares den Wassertropfen unter dem Deckglas zufließen, und zwar unter dauernder Benutzung des Okularmikrometers, dessen Linien sofort erkennen lassen, ob eine Verschiebung der Cuticulasäume stattfindet. Geht man in anderer Weise vor und bringt den Tropfen Wasser auf das Deckgläschen und bedeckt damit das Haar, so kann, bis man die Cuticula scharf bei $370 \times$ eingestellt hat, soviel Zeit vergehen, daß die Sichtbarkeit des Bewegungsphänomens wegen der Kürze ihrer Dauer verpaßt wird. Man kann aber, wenn man die Länge des trockenen Haares vorher festgestellt hat, nach erfolgter Benetzung mit Wasser noch die eingetretene Verkürzung des Haares leicht ermitteln und daran erkennen, daß eine Bewegung stattgefunden haben muß, selbst wenn sie dem Auge entging.

¹ In einem Falle ging die Gleitbewegung nach links, wurde dann langsamer und kehrte sich dann um in eine Bewegung nach rechts. Dieser Vorgang ist meines Erachtens nur so zu verstehen, daß die Dehnung zuerst mehr nach links, bei den weiteren Dehnungen mit den Fingern mehr nach rechts erfolgte. Bei Dehnung in linearer Richtung mit Gewichten trat eine Umkehr der Gleitbewegung niemals ein. An kurzen Haarstücken erfolgte die Bewegung von den Enden stets nach der Mitte hin.

Der Versuch, durch alkalisches Wasser (1 Tropfen Kalilauge auf etwa 5 ccm Wasser) das Gleitphänomen noch deutlicher zu machen durch stärkere Quellung des Keratin, ergab keinen Vorteil.

Bei einem Haar, das mit einem Ruck plötzlich durchrissen war, ergab sich an der Rißstelle ein sehr deutliches Gleitphänomen. Daselbe wurde aber undeutlicher, je mehr man sich von der Rißstelle entfernte. Schon in 1—2 cm Entfernung von der Rißstelle des Haares war keine Verkürzung des Haares zu beobachten.

B. Sucht man sich eine Vorstellung von diesen Vorgängen zu machen, so ist davon auszugehen, daß die Hauptmasse eines markfreien Haares aus Rindenzellen besteht. Es müssen sich daher die beobachteten Veränderungen im wesentlichen an diesen abspielen. Nach *Kölliker* beträgt die Länge der Rindenzellen 54—68 μ . Man kann demnach von einer mittleren Länge von 61 μ ausgehen.

10 Rindenzellen von gleicher Länge würden demnach 0,610 mm, also mehr als $\frac{1}{2}$ mm messen. Auf 1 mm würden 16,6 Zellängen zu rechnen sein.

Verringert sich die Länge eines solchen Haarstückes um 0,2 mm, so würde das der Länge von etwas mehr als 3 Rindenzellen entsprechen (genau 0,183 mm). Bei einem Rückgang eines 1 mm langen Haarstückes um 0,2 mm würde sich die einzelne Rindenzelle bis auf etwa 50 μ verkürzen müssen.

Diese Vorstellung ist natürlich nur eine ganz rohe. Die Masse der Rindenzellen sind von *Kölliker* nach eindringlicher Behandlung des Haares mit konzentrierter Schwefelsäure ermittelt worden und man muß mit der wasserentziehenden Wirkung der Schwefelsäure rechnen. Dazu kommt, daß die Zellen einer Rindenfaser nicht alle gleich groß sind. Es ist weiter anzunehmen, daß in dem wasserhaltigen Wurzelstück des Haares (*Hooke'sche Zone* nach *Astbury*) die Dehnungsfähigkeit des Haares eine andere sein wird als in den trockenen verhornten peripheren Teilen des Haares. Es fehlt ferner die Berücksichtigung der Wasserstoffionenkonzentration bei der Quellung des Keratins usw. Aber wir gelangen doch auf diese Weise zu einer ungefähren Vorstellung von den Vorgängen im Innern eines überdehnten Haares. Dabei ist das wesentliche, daß die Rindenfasern des überdehnten Haares durch Wasserzusatz die Fähigkeit erlangen, sich rapide zu verkürzen. Diese Fähigkeit besitzt kein normales, nicht gedehntes Haar.

Daraus geht hervor, daß die Zerreißung einzelner Rindenfasern zwar Bedeutung hat für die schließliche Zerreißung des ganzen Haarschaftes. Aber für die Fähigkeit eines überdehnten Haares, sich bei Wasserzusatz zu verkürzen, ist entscheidend, daß infolge der Überdehnung die einzelnen Rindenfasern in einen Spannungszustand geraten, der ihnen in gewöhnlichem trockenem oder halbtrockenem Zustand

nicht gestattet, völlig die Ausgangslage zurückzugewinnen. Die Überwindung der im Innern des Haares bestehenden Widerstände gelingt erst durch Zusatz von Wasser und geht dann so schnell vor sich, daß der Verkürzungsvorgang dem Auge sichtbar und zeitlich meßbar wird.

Ich halte es nicht für ausgeschlossen, falls eine lange Strecke des Haares gedehnt wurde, sich das Gleitphänomen auch auf längere Strecken hin und auf einen größeren Zeitraum hin sichtbar zu machen, wenn man nicht vorzieht, das Haar einfach in Wasser zu legen und sich von der eingetretenen Verkürzung zu überzeugen.

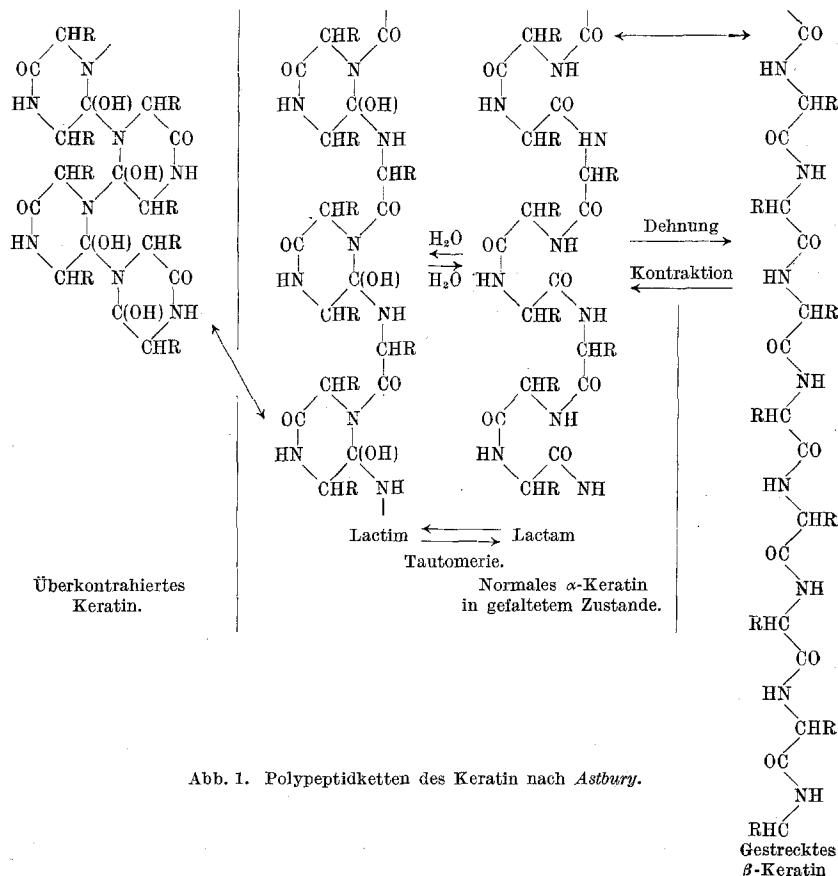
Damit haben wir ein neues Merkmal für die Erkennung eines durchrisse Haares und darüber hinaus für ein überdehntes Haar kennengelernt, das insofern praktischen Wert besitzt, als es noch mehrere Wochen nach stattgehabter Überdehnung festgestellt werden kann, vorausgesetzt, daß das Haar nicht mit Wasser benetzt wurde. Das vom 2. bis 9. IV. gedehnte Kopfhaar zeigte noch am 14. V., nachdem es mit Xylol entfettet war, das Verkürzungsphenomen zwar schwach, aber durchaus deutlich.

Es fragt sich nun, was wir aus der Literatur über diese Dehnungerscheinungen erfahren. Man denkt natürlich zuerst an die polarisationsoptischen Erscheinungen. *W. J. Schmidt*¹ (Polarisationsoptische Analyse des submikroskopischen Baues von Zellen und Geweben [*Abderhaldens Hdb. der biolog. Arbeitsmethoden* Abt. 5, 10, 3 (1938)] 435—657) schildert S. 591, wie bei Dehnung des Haares die Interferenzfarbe steigt und mit Nachlassen des Zuges sich die alte Interferenzfarbe annähernd (nicht vollständig) wieder einstellt. Man kann aber im Wasser die Änderung der Interferenzfarben nicht verfolgen, weil es sich bei dem Gleitphänomen um einen Quellungsvorgang handelt.

Für die uns hier interessierenden Fragen sind die Arbeiten von *Speakman* und *W. T. Astbury* noch von ganz besonderem Interesse. Es ist natürlich kein Zufall, daß diese Untersuchungen gerade in England gemacht wurden. Die Textilindustrie hat ein großes Interesse daran, die Eigenschaften der Wollfaser genau zu erforschen. So sind denn die Untersuchungen von *Astbury* in dem textil-physikalischen Laboratorium der Universität Leeds bei Liverpool ausgeführt worden. Auch am menschlichen Kopfhaar hat *Astbury* Untersuchungen vorgenommen, vorwiegend im Hinblick auf die Röntgenstruktur des Haares. Aus diesen Arbeiten geht hervor, daß nasse Haare eine größere Elasti-

¹ Herrn Prof. *W. J. Schmidt* möchte ich auch an dieser Stelle für seine Hilfe beim Aufsuchen der Literatur danken. Außer den bei *W. J. Schmidt*, S. 585, Anm. 2 gemachten Literaturangaben sei auch auf das Sammelreferat über den Aufbau der Eiweißmoleküle in der *Kolloid-Z.* 81 (1937) von *Friedr. Halle* aufmerksam gemacht und auf die Darstellungen *A. Frey-Wyssling*, Submikroskopische Morphologie des Protoplasmas und seiner Derivate. Berlin: Bornträger 1938, S. 251—255.

zität haben als trockene. Nach Vorbehandlung mit Wasser ist das Haar reversibel dehnbar bis etwa zur doppelten Länge. *Astbury* fand nun, daß das gedehnte Haar ein anderes — dem Seidenfibroin ähnliches — Röntgenbild zeigt als das nicht gedehnte. Das letztere nannte er α -Keratin, das erstere (gedehnte) β -Keratin. Bei Gegenwart von Wasser ist die Umwandlung von α - in β -Keratin vollständig reversibel. Das beruht darauf, daß die Molekeln der Eiweißkörper lange Ketten sind, die aus Aminosäureresten in peptidischer Bindung zusammengefügt sind, womit ausgesprochen wird, daß die einfachen Aminosäuren nur 2 Verknüpfungsstellen haben. Diese Fadenmolekeln (Hauptvalenzketten) befinden sich im normalen nicht gedehnten Haare in gefaltetem oder gestauchtem (Zick-Zack-) Zustande, in gedehntem Haare in mehr gestrecktem (vgl. Abb. 1). Dehnt man das gespannte Haar aber längere Zeit in Dampf oder in alkalischer Lösung, so kontrahiert sich das Haar nicht mehr, die Dehnung bleibt vielmehr dauernd bestehen. Aber vor

Abb. 1. Polypeptidketten des Keratins nach *Astbury*.

dem Eintritt der bleibenden Dehnung befindet sich das Haar in einem besonderen Spannungszustande.

Entspannt man es nämlich rechtzeitig, so kontrahiert sich das Haar über seine Anfangslänge hinaus um etwa $\frac{1}{3}$ seiner ursprünglichen Länge. Demnach hat man 3 Spannungslagen zu unterscheiden: 1. die des normalen Haares (α -Keratin); 2. die des gedehnten Haares (β -Keratin) und 3. bei rechtzeitiger Entspannung die „Superkontraktion“ des Haares.

Darüber hinaus ist von Interesse, daß die Aminosäurereste (R) als Seitenketten eine Brücke schlagen von einer Hauptvalenzkette zur anderen. Danach würden also die

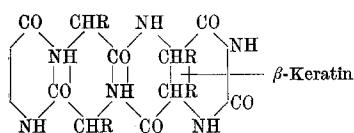


Abb. 2. Darstellung der intermicellaren Teile, in denen sich die Quellungsveränderungen abspielen nach *Astbury*. (Schematisch, vgl. *Transact. of the philos. Soc.*).

Hauptvalenzketten gewissermaßen die Holme, die Seitenketten dagegen die Sprossen einer Leiter bilden. Außerdem rücken in gefaltetem Zustand die CO- und NH-Gruppen so eng zusammen, daß sie miteinander reagieren müssen durch Bildung von OH-Gruppen (Abb. 1 und 2).

Auf Grund dieser Anschauung kommt man zu dem Schluß, daß auch bei dem mechanisch gedehnten *trockenen* Haare die Hauptvalenzketten gestreckt werden und bei Wasserzusatz offenbar in die gefaltete Stellung zurückkehren. Es ist dies die wissenschaftliche Erklärung für das Zustandekommen des Gleitphänomens. Die Superkontraktion erklärt die Tatsache, daß wollene Kleidungsstücke, mit Seife gewaschen und am warmen Ofen zum Trocknen aufgehängt, einlaufen; bei Herstellung von Dauerwellen befinden sich infolge der Dampfbehandlung die Haare in einem Zustand dauernder Dehnung.

Es wird in Zukunft nun wünschenswert sein, die mikroskopischen Bilder des normalen Haares mit denen des gedehnten und des superkontrahierten Haares zu vergleichen. Dies wird um so leichter sein, als durch $\frac{1}{2}$ ständigem Aufenthalt in Wasserdampf gesättigter Luft bei 100° jeder gewünschte Spannungszustand des Haares festgehalten und der Untersuchung zugänglich gemacht werden kann. So habe ich ein Eskimohaar untersuchen können, das im Laboratorium der Firma W. Lambrecht, hier, durch den Physiker Herrn Dr. *Brauckhoff* mit 30 g belastet, 1 Stunde 100° heißem Wasserdampf ausgesetzt war. Die ursprüngliche Länge des Haares betrug 9,8 mm, die Länge des überdehnten Haares 15,4 mm (permanente Länge).

An diesem Haare ist die eingangs festgestellte größte Weite der Cuticulasäume mit 0,027 mm festgestellt worden, und zwar in der Weise, daß nach englischem Vorbild eine 3 proz. Lösung von Celloidin in Amylacetat auf einem Objektträger dünn ausgestrichen wurde.

Über diesen Ausstrich wurde das an beiden Enden mit kleinen Gewichten (je 5 g) belastete und daher leicht gespannte Haar ausgebreitet und ein vorzüglicher Abdruck erhalten. Über die Markbilder von Haaren bei verschiedenen Spannungen hoffe ich später berichten zu können. Natürlich wird man bei diesen Dehnungsversuchen auch die Haarfarbe im Auge behalten müssen.

Die englischen Autoren haben die Haare mit Wasser, Wasserdampf oder 1 proz. Natronlauge vorbehandelt und dadurch eine sehr *erhebliche Überdehnung* erhalten, die bei längerem Aufenthalt in Wasserdampf (bei 100°) in nicht gespanntem Zustande zu einer Superkontraktion führen mußte.

Da in meinen Untersuchungen, die ohne Kenntnis der englischen Ergebnisse ausgeführt wurden, die Dehnung nicht an einem in Wasser oder Wasserdampf überstrecktem Haare vorgenommen wurde, sondern am trockenen, konnte sie nicht zu einer Superkontraktion führen, die Verkürzung beschränkte sich im Maximum auf 20 % der Haarlänge.

Wir haben uns demnach vorzustellen, daß es Quellungsvorgänge sind, die sich in den Seitenketten der Rindenzellenfibrillen (intermicellar) beim Gleitphänomen abspielen.

Auf die Bedeutung dieser Feststellung für die Erkennung überdehnter oder durchrissener Haare in gerichtlich-medizinischer Beziehung gehen die englischen Autoren nicht ein. Den Ausdruck „Kontraktion“ habe ich geglaubt, nicht wählen zu sollen, weil die Rindenzelle nicht als contractiles Gebilde, wie die Muskelzelle anzusehen ist.

Drittens wird es von Interesse sein festzustellen, wie sich das gelehnte Haar im Hygrometerversuch verhält. Schon *Saussure*¹ wußte, daß so gut wie alle Frauenkopfhaare im Hygrometerversuch eine geringe rückläufige Bewegung zeigen. Es dürfte das eine Folge des Kämmens und der damit unvermeidlich verbundenen Dehnung der Haare sein, die natürlich bei den einzelnen Haaren eine verschieden starke sein wird. Insofern handelt es sich hier um eine für das weibliche Kopfhaar spezifische Erscheinung, da andere Haare, vielleicht mit Ausnahme

¹ *Saussure* schreibt (zitiert nach *H. Bongards*, Feuchtigkeitsmessung, München und Berlin 1926, S. 252): „Wenn man ... gewahr wird, daß ein Haar (im gesättigten Raum), nachdem es sich bis auf einen gewissen Punkt gestreckt hat, wiederum anfängt merklich kürzer zu werden und die Nadel (Zeiger), die vorher auf Feuchtigkeit gewiesen, des Wassers und der Dünste in der Glocke ungeachtet, wiederum zur Trockenheit zurückkehrt, so beweist dies, das Haar sei entweder vor oder nach der Zubereitung zu stark ausgezogen.“ Und S. 253: „Weil nun diese widrigen Bewegungen die Veränderungen des Hygrometers ganz ungewiß machen, so muß man Haare mit diesem Fehler gänzlich wegwerfen ... Inzwischen, wenn dieses Zusammenziehen nur einen Grad beträgt, so darf man sich daran nicht eben kehren, denn man hat selten Haare, die von diesem Fehler gänzlich frei wären.“

eines sehr langen Bartes, nicht gekämmt zu werden pflegen. Beträgt der Rücklauf nur 1° , so ist er ohne praktische Bedeutung. Haare mit stärkerer rückläufiger Bewegung pflegen von den Werkstätten meteorologischer Instrumente verworfen zu werden. Es fragt sich aber, ob dies Verfahren berechtigt ist. Es ist zu erwarten, daß nach Aufenthalt der Haare in wasserdampfgeättigter Luft sie wieder ein normales hygrokopisches Verhalten zeigen werden.

Diese Voraussage bestätigte mir am 16. V. 1940 Herr. Dr. W. Brauckhoff, insofern 3 überdehnte Haare, nach erfolgter Befeuchtung und der damit verbundenen Verkürzung, bei Feuchtigkeitsänderungen wieder normales Verhalten zeigten. Dies Ergebnis ist natürlich nur als ein vorläufiges zu bewerten.

Der Hygrometerversuch bietet uns aber noch den weiteren Vorteil, daß wir an der Skala ablesen können, bei welchem Prozentsatz der relativen Feuchtigkeit der Luft die Verkürzung des Haares beginnt. Es sind dies etwa 80%.

Fasse ich die Hauptpunkte dieser Mitteilung kurz zusammen, so hat sich ergeben, daß überdehnte und entfettete Haare ein eigenartiges Bewegungsphänomen bei Berührung mit Wasser zeigen, das in einer mikroskopisch sichtbaren Verkürzung des Haarstückes besteht. Die Bewegung ist zeitlich meßbar. Sie dauert 40 bis höchstens 70 Sekunden. Da die Bewegung ausschließlich an langen, gedehnten Haaren zu beobachten ist, ist es verständlich, daß sie Forschern, die sich nicht speziell mit weiblichen Kopfhaaren beschäftigten, bislang entgehen konnte. Die Überdehnung kann außerdem durch die polarisationsoptische Untersuchung des Haares festgestellt werden, zu dem Zweck darf es natürlich nicht mit Wasser in Berührung gebracht werden, es muß vielmehr in Canadabalsam oder in Xylol untersucht werden.

Schließlich bietet sich die Möglichkeit, auch im Hygrometerversuch die Verkürzung des Haares bei Aufenthalt in wasserdampfgesättigter Luft zu erweisen.

Die gerichtlich medizinische Forschung aber braucht sich in Zukunft nicht allein auf die Untersuchung der Haarwurzeln zu beschränken. Sie kann auch die Untersuchung der Rißstelle und des überdehnten Haarschaftes zu Hilfe nehmen. Es genügen dazu einige wenige Millimeter des durchrissenen oder überdehnten Haares. Freilich wird man dabei im Auge behalten müssen, daß schon durch ungewöhnlich starkes Kämmen das weibliche Kopfhaar ausgerissen, durchrissen oder im Wurzelteil eingerissen werden kann [Fall eines 17jährigen Mädchens bei Schulin, Z. Anat. 2 (1877)]. Einstweilen wissen wir nichts darüber, ob und in welcher Häufigkeit das weibliche Kopfhaar so stark gekämmt wird, daß das Gleitphänomen auftritt. Man wird also in gerichtlichen Fällen das normale, noch festsitzende Kopfhaar auf Zeichen der Über-

dehnung vergleichsweise untersuchen müssen. Insbesondere bei gerichtlichen Obduktionen wird es ratsam sein, die Proben des Kopfhaares zwecks Untersuchung auf Überdehnung *vor* der Eröffnung der Schädelhöhle zu entnehmen, um jede künstliche Dehnung des Haares zu verhüten. Die Benetzung des Kopfhaares mit Wasser ist dabei peinlich zu vermeiden.

Die Frage, ob im Einzelfalle das Ausreißen oder Durchreißen von Kopfhaaren beim Kämmen durch eigene Hand erfolgt sein *kann*, oder ob es durch Zerrung von fremder Hand erfolgt sein *muß*, wird stets nur unter Berücksichtigung der Gesamtlage des Einzelfalles entschieden werden können.
