

## Welche Struktur hat das Haar?

Das Haarorgan besteht im wesentlichen aus dem Haarschaft, der Haarpapille, den Matrix- Trichozyten und deren Tochterzellen, den Trichozyten. Im Zuge vielfältiger Prozesse verwandeln sich die Trichozyten in langgestreckte Spindelzellen, den verhornten Bauelementen des Haarschafts. Auf der Kuppe der Haarpapille sitzen die Melanozyten. Sie stellen das Melanin her, reichen es an die Trichozyten weiter und kleiden die Haarfaser in ihren natürlichen Farbton. Ein feines Blutgefässnetz umspannt das Haarorgan; Ausläufer davon ziehen in die Haarpapille. Es versorgt das Haarorgan mit Nährstoffen. So wie die Blutgefäße umgibt ein Netzwerk aus Nervenfasern das Haarorgan. Sie vermitteln einerseits Schmerz- und Tastempfindungen, andererseits sind sie an der Steuerung des Haarwachstums beteiligt.

## Wie wächst das Haar ?

### Der Wachstumszyklus des Haares:

#### 1. Wachstumsphase (Anagen)

- ca. 80% der Kopfhare befinden sich im Anagen

#### 2. Übergangsphase (Katagen):

- ca. 1% der Kopfhare befinden sich im Katagen
- Katagenphase dauert 2-3 Wochen

#### 3. Ruhephase (Telogen):

- ca. 19% der Kopfhare befinden sich im Telogen
- Telogenphase dauert 2-4 Monate

Das Haar wächst nicht ununterbrochen ein Leben lang, sondern unterliegt einem zyklischen Prozess, in dessen Verlauf sich längere Phasen aktiven Wachstums mit relativ kurzen Zeiten völligen Stillstands abwechseln. Man unterscheidet drei verschiedene Zyklusphasen:

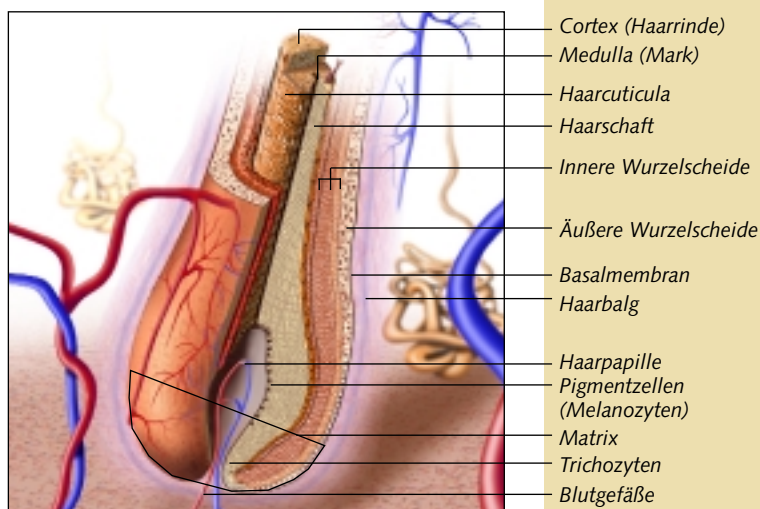
#### Die Wachstumsphase (Anagen)

Während dieser Phase wächst das Haar ununterbrochen. Kopfhare zum Beispiel kann über 6 Jahre hinweg kontinuierlich mit einer Geschwindigkeit von etwa 1cm pro Monat wachsen. Ein Anteil von ca. 80 % der Kopf-

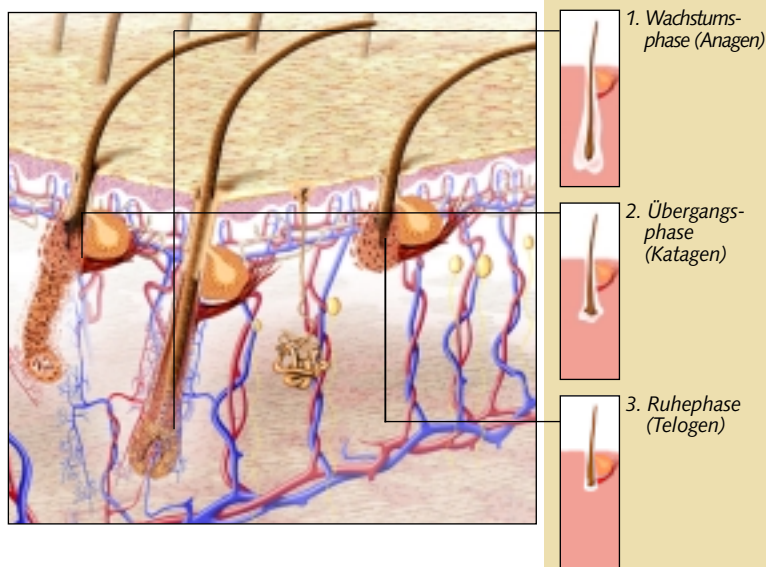
haare befindet sich normalerweise in der Anagenphase.

#### Die Übergangsphase (Katagen)

Während dieser Phase, die etwa 2 bis 3 Wochen dauert, kommt das Haarwachstum völlig zum Erliegen. Das Haarorgan mitsamt den versorgenden Blutgefäßen wird weitgehend abgebaut. Übrig bleibt das völlig verhornte Haar mit einem Verankerungskolben am unteren Ende (Kolbenhaar).



*Detaillierter Schnitt durch das Haarorgan (Haarfollikel): Die in der Matrix gebildeten Trichozyten wandern im Haarfollikel nach oben und verhornen dabei zu den Spindelzellen des Haarschafts. Die auf der Haarpapille sitzenden Melanozyten geben Melanin an die Trichozyten ab und produzieren so die natürliche Haarfarbe.*



Zugleich entwickelt sich die Haarpapille zurück und es entsteht der Haarkeim, der sich unter den Fuß des Kolbenhaares begibt und dort in Form eines weitgehend aus Papillenzellen bestehenden Zellhaufens überdauert. Unter normalen Bedingungen befindet sich etwa 1 % der Kopfhare in der Katagenphase.

## Die Ruhephase (Telogen)

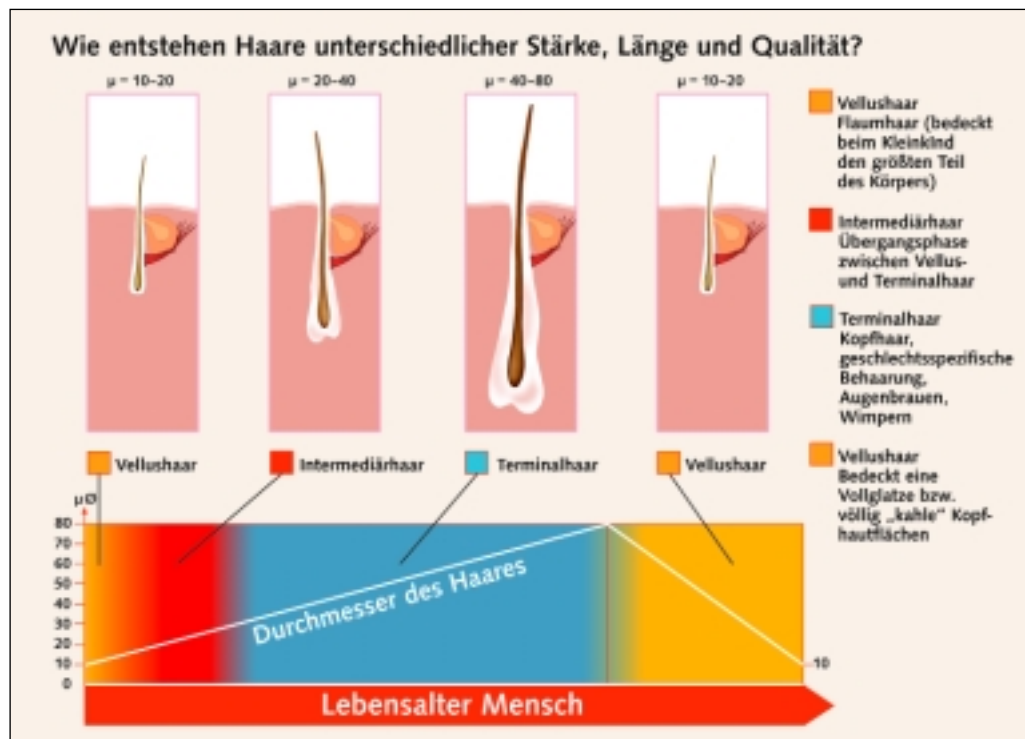
Während der rund 2 bis 4 Monate dauernden Ruhephase sind alle Stoffwechsellaktivitäten des Haarkeims auf ein absolutes Minimum reduziert. Unter normalen Umständen befinden sich etwa 19% der Kopfhare im Telogen. Zu gegebener Zeit erhält der Haarkeim ein Wachstumssignal, worauf hin er ein neues Haarorgan aufbaut und das Kolbenhaar aus dem vorangehenden Haarzyklus abwirft.

## Wie entstehen Haare unterschiedlicher Stärke, Länge und Qualität?

Stärke, Länge und Qualität eines Haares hängen sowohl von seinem Standort (etwa auf dem Kopf oder am Körper), als auch von Geschlecht, Erbanlagen und Alter seines Trägers ab.

### Die Haarstärke

Die Stärke, der Durchmesser eines Haares, hängt direkt vom Durchmesser des Follikels ab: Feines Haar wächst aus kleinen Haarfollikeln, starkes Haar aus großen. Haarfollikel können im Verlaufe eines Lebens ihren Durchmesser und damit die Stärke des herauswachsenden Haares ändern. Die feinste Form des Haares ist das Flaumhaar



Die Haarstärke von unterschiedlichen Haararten hängt direkt von Durchmesser und Volumen des jeweiligen Haarfollikels ab. Die Haarlänge ist abhängig von der jeweiligen Dauer der Wachstumsphase (zum Beispiel bei

Kopfhare mehrere Jahre, bei Augenbrauen etwa ein Monat). Zur Haarqualität gehören die Faktoren Halt, Stabilität, Festigkeit und Resistenz. Die Haarform ist abhängig von Querschnitt und Oberflächenstruktur

(Vellushaar). Es bedeckt insbesondere beim Kleinkind den größten Teil des Körpers. Die stärkste Form ist das Terminalhaar, das die Kopfbehaarung, die geschlechtsspezifische Behaarung, sowie die Augenbrauen und Wimpern umfasst. Haarstärken, die zwischen Vellus- und Terminalhaar liegen, werden Intermediärhaar genannt.

## Die Haarlänge

Die maximal erreichbare Länge eines Haares hängt direkt von der Dauer der Wachstumsphase (Anagen) ab. Alle Körperhaare wachsen mit einer Geschwindigkeit von etwa 0,3 mm pro Tag. Doch während zum Beispiel die Augenbrauen das Anagen bereits nach einem Monat abschließen, also kaum länger als 1cm werden, wächst die Kopfbehaarung kontinuierlich über Jahre (für hüftlanges Haar etwa 6 Jahre).

## Die Haarqualität

Zur Qualität des Haares tragen alle Eigenschaften bei, welche dem Haar natürlichen Glanz, Halt, Stabilität, Festigkeit und Resistenz verleihen und welche es dem Friseur ermöglichen, dem Haar die gewünschte Form und Farbe zu geben. Wichtigste Kriterien für die Form des Haares – etwa glatt oder gelockt – und für die friseurtechnischen Eigenschaften – etwa Glanz und Frisierverhalten – sind die Querschnittsfläche des Haares und seine Oberflächenstruktur (glatt, bucklig).

## Welchen Nährstoffbedarf hat das Haarorgan?

Gesundes Haarwachstum basiert auf der optimalen Versorgung mit allen dazu erforderlichen Substanzen. Man unterscheidet Energielieferanten und Regulatoren. Energielieferanten sind Zucker (Kohlenhydrate), Eiweiße (Proteine) und Fette (Lipide). Als Regulatoren, welche das Haarwachstum regeln, fungieren Hormone, die der Organismus selbständig produziert, sowie Vitamine und Spurenelemente. Ohne eine ausreichende Versorgung mit Vitaminen und Spurenelementen kann die Stoffwechselaktivität - und damit verbunden auch das Haarwachs-

tum - beeinträchtigt werden. Im Gegensatz zu den Hormonen müssen diese Stoffe, ebenso wie die Energielieferanten, dem Körper durch die Nahrung zugeführt werden. Ein abwechslungsreicher Speisezettel gewährleistet, dass der Organismus stets in ausreichendem Maße mit allen für seinen Stoffwechsel erforderlichen Stoffen versorgt wird. Bei unausgewogener Ernährung ist aber eine zusätzliche Versorgung mit Vitaminen und Spurenelementen zu empfehlen.

## Wie sieht der Aufbau des Haares aus ?

### Die chemische Zusammensetzung des Haares

Haare gehören zu den Keratinfasern. Keratine sind Proteine, also Eiweiße, die aus mehr als 20 verschiedenen Aminosäuren zu langen Kettenmolekülen (Makromolekülen) aufgebaut werden. Die verschiedenen Proteinarten unterscheiden sich im Wesentlichen durch ihre Kettenlänge und durch die Reihenfolge (Sequenz) der in ihnen angeordneten Aminosäuren. Ungefähr die Hälfte der Haarproteine zeigt eine knäuelartige (globuläre), ungeordnete Struktur. Die anderen Proteine weisen Aminosäuresequenzen auf, die dem Molekül eine schraubenförmig gewundene Form in Gestalt einer sogenannten  $\alpha$  (Alpha)-Helix verleihen.

### Die chemische Zusammensetzung des Haares

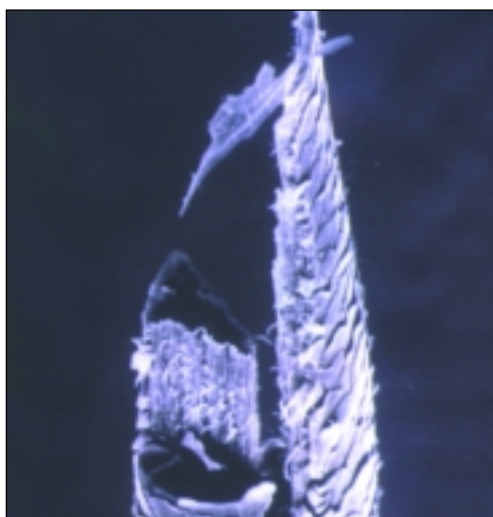
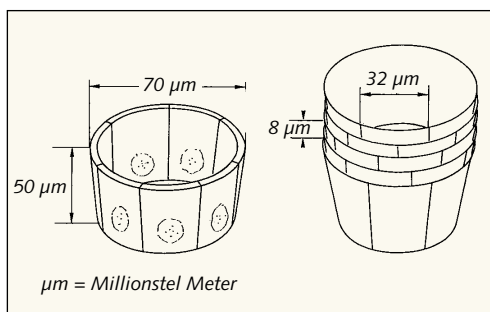
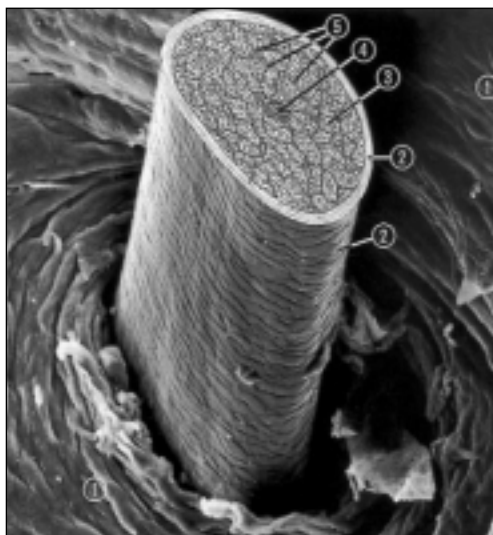
|                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Element-zusammensetzung</b>    | Kohlenstoffe ca. 45%, Wasserstoff ca. 7%<br>Sauerstoffe ca. 28%, Stickstoff ca. 15%<br>Schwefel ca. 5%                                                                                                                                                                                    |
| <b>Essentielle Spurenelemente</b> | Eisen 20-220 ppm, Kupfer 10-20 ppm,<br>Zink 190 ppm, Jod 0,6 ppm                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Aminosäuren</b>                | 20 verschiedene Arten<br>typisch: schwefelhaltige Aminosäure Cystin                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Proteine</b>                   | 80-100 schwefelreiche, amorphen ca. 30%<br>(verschiedene keratinassoziierte Proteine)<br>schwefelarme amorphen ca. 20% (in Endocuticula, Zellmembrankomplex, Zellkernresten)<br>mind. 10 schwefelarmen, ca. 50% (aller Proteine, eigentliche Keratine) $\alpha$ -helicale teilkristalline |
| <b>Lipide</b>                     | ca. 5% (Cholesterin, Fettsäuren,<br>polare Lipide, Cerebroside, Ceramide)                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Wasser</b>                     | 12% des Haargewichtes im Raumklima                                                                                                                                                                                                                                                        |

## Die Haaroberfläche (Cuticula)

Beim Haarwachstum werden die im Haarfollikel neugebildeten Zellen zu den flach ausgewalzten Cuticulazellen der Schuppen-schicht verformt. Das typische Erscheinungsbild der Haaroberfläche entsteht bei ihrer Aufwärtswanderung im Haarkanal, wenn sich diese Zellen zu 4/5 ihrer Länge schindel-artig übereinanderschieben und sich in 6-10 Zellschichten ringförmig um das Haar anordnen. Je dicker das Haar, desto mehr Cuticulaschichten sind erkennbar. Die einzelnen Zellen der Schuppenschicht haben eine Dicke von ca. 0,5 Millionstel Meter ( $0,5 \mu\text{m}$ ) und bestehen in sich wiederum aus unterschiedlichen Schichten. Besonders die äußere Schicht der Zellen, die schwefelreiche sog. »A-layer« weist eine gute mechanische und chemische Strapazierfähigkeit auf. Die gesamte Cuticula besteht am Haaransatz aus bis zu 10 Lagen einzelner Schuppen, wobei etwa 7 Schuppen nebeneinander das Haar umschließen. Sie dient als harter, wasser- und schmutzabweisender Schutzwall für die inneren faserigen Cortexzellen des Faserstamms. Die tägliche mechanische Belastung (durch Kämmen, Bürsten und Verfilzung bei der Haarwäsche) und der klimatische Einfluss von Hitze, Licht und Luft führen dazu, dass Haarmaterial und dessen Aussehen erheblich leiden.

## Schäden der Haarstruktur

Durch unprofessionelle kosmetische Haarerweichung sowie durch Fehlerquellen bei Dauerwell- und Bleichprozessen, aber auch durch häufiges Toupieren gegen die Haarwuchsrichtung wird die Aufwölbung und Ablösung der Cuticulakanten beschleunigt. Wenn die Cuticula dadurch an der Haarspitze abgenutzt ist, entsteht der sogenannte Spliss: der seiner schützenden Umklammerung beraubte Haarfaserstamm reißt ein und setzt innere Cortexzellen frei.



Die Cuticula – ein Schuppenmantel als Schutzschicht

Anatomie eines Haares:

1. Kopfhautoberfläche
2. Regelmäßiges Cuticulamuster der Haaroberfläche
3. Das Haarinnere mit Cortexzellen
4. Medullazellen
5. Zellmembranen

Schematischer Aufbau der Haarcuticula

Schäden der Haarstruktur

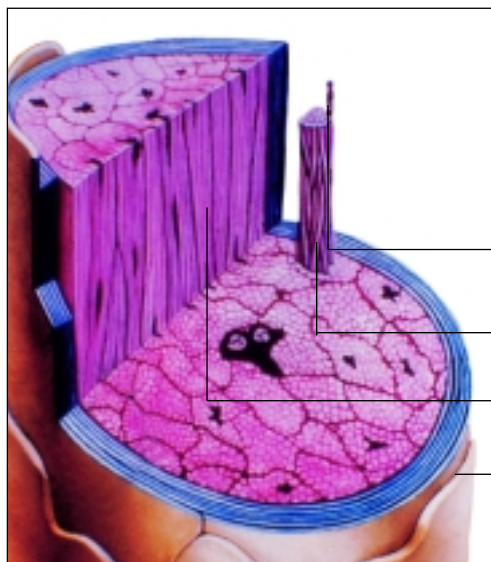
- Cortexzellen liegen unmittelbar unter der Cuticula-Schicht
- Teleskopartige ineinandergesteckte Stränge
- Nach unten gekehrte, ausgefranzte Enden

## Der Faserstamm (Cortex)

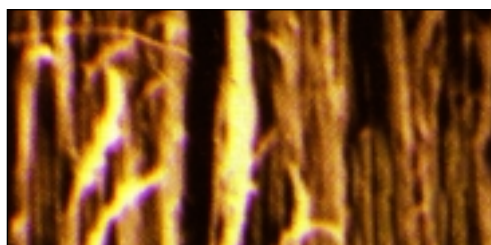
Der größte Teil des Haares (ca. 80 %) besteht aus dem Cortex bzw. Faserstamm. In einem Haarquerschnitt finden sich allein 100-200 parallel zur Haarachse ausgerichtete langgestreckte, verhornte Cortexzellen. Durch Ihre besondere Formgebung halten diese Zellen gut zusammen, denn ihr spitzer Kopfteil passt sich dem ausgefranstem Wurzelende der vorauswachsenden härteren Zellen an. Zudem sorgt eine dünne Schicht zwischen den Zellen, der Zellmembrankomplex, für deren stabile Verbindung. Die in Größe und Form stark variierenden Zellen bestehen selbst wiederum aus kleineren, langgestreckten Fasern, den Makrofibrillen, welche den langgestreckten Zellkernrest im Zellinneren umschließen. Wird ein trockenes Haar entlang der Längsachse aufgerissen, erlangt man Einblick in ein Gewirr kabelartiger Einheiten, die sich scheinbar endlos und stellenweise ineinander verdrillt durch das gesamte Haar ziehen. Im Faserstamm finden alle Vorgänge für dauerhafte Form- und Farbveränderungen statt.

## Makro- und Mikrofibrillen

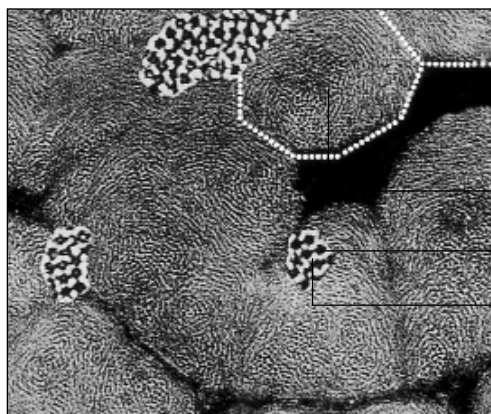
- Einige Dutzend Makrofibrillen füllen eine Cortexzelle aus. Makrofibrillen sind faserförmige Struktureinheiten aus Protein. Diese wiederum bestehen aus hunderten von Mikrofibrillen, die mechanisch untereinander verbunden sind.
- Eine Mikrofibrille lässt sich erst in 80.000-facher Vergrößerung sichtbar machen. Ihr Durchmesser beträgt ungefähr 7 nm (1nm = 1 Milliardstel Meter). Sie setzt sich aus ähnlich einem Seil gedrehten sogenannten Protofibrillen (bestehend aus Keratinproteinen mit schraubenförmiger  $\alpha$  (Alpha)-Helix-Struktur) zusammen. Gemeinsam mit sogenannten Matrixproteinen wird im Haar eine reißfeste, elastische, durch zahlreiche Verbindungen (Disulfidbrücken) quervernetzte Verbundstruktur ausgebildet.
- Je nach Ausrichtung der Mikrofibrillen unterscheidet man zwei Arten. Bei streng paralleler Ausrichtung - und demzufolge dichter Packung - spricht man von Paracortexzellen. Bei wirbelförmiger - und folglich eher lockerer Anordnung - spricht man von Orthocortexzellen.



Mikrofibrille  
Makrofibrille  
Cortex  
Cuticula



In einem Haarquerschnitt befinden sich 100-200 Cortexzellen. Sie liegen immer parallel zur Haarfaserachse.



Ein Querschnitt durch eine Cortexzelle zeigt das Wirbelmuster von Orthocortexzellen.

Makrofibrille  
Mikrofibrille  
Matrixproteine

Einige Dutzend Makrofibrillen füllen eine Cortexzelle aus. Makrofibrillen bestehen aus einem großen Bündel aus hunderten von Mikrofibrillen. Sind die Mikrofibrillen innerhalb einer Makrofibrille streng parallel ausgerichtet, spricht man von Paracortexzellen; sind sie wirbelförmig angeordnet, nennt man sie Orthocortexzellen.

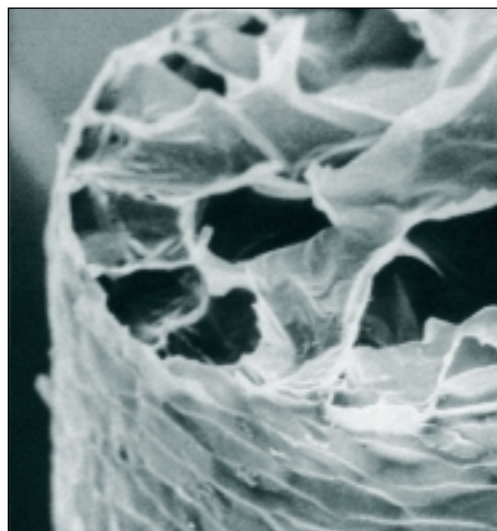
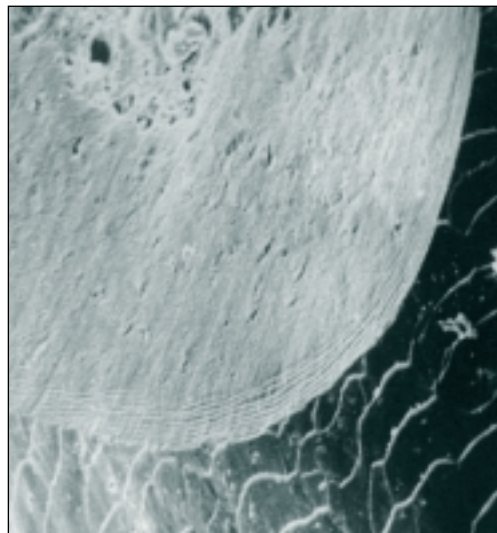
## Der Zellmembrankomplex

Im Gegensatz zu den Hornzellen der Haut, die in den äußeren Zellschichten keinen Zusammenhalt mehr aufweisen und sich ständig abschuppen, halten die Cortexzellen des Haares fest zusammen. Damit die Zellen nicht aneinander vorbei-

gleiten und besser haften, lagert sich zwischen den Keratinocyten des Haares Proteinmaterial - der sogenannte interzelluläre Zement (Interzellulärlamelle) - ab, welcher eine starke Kohäsion gewährleistet. Zusammen mit den ehemaligen Membranen benachbarter Zellen bildet er den sogenannten Zellmembrankomplex des Haares.

## Die Medulla - der Markstrang des Haares

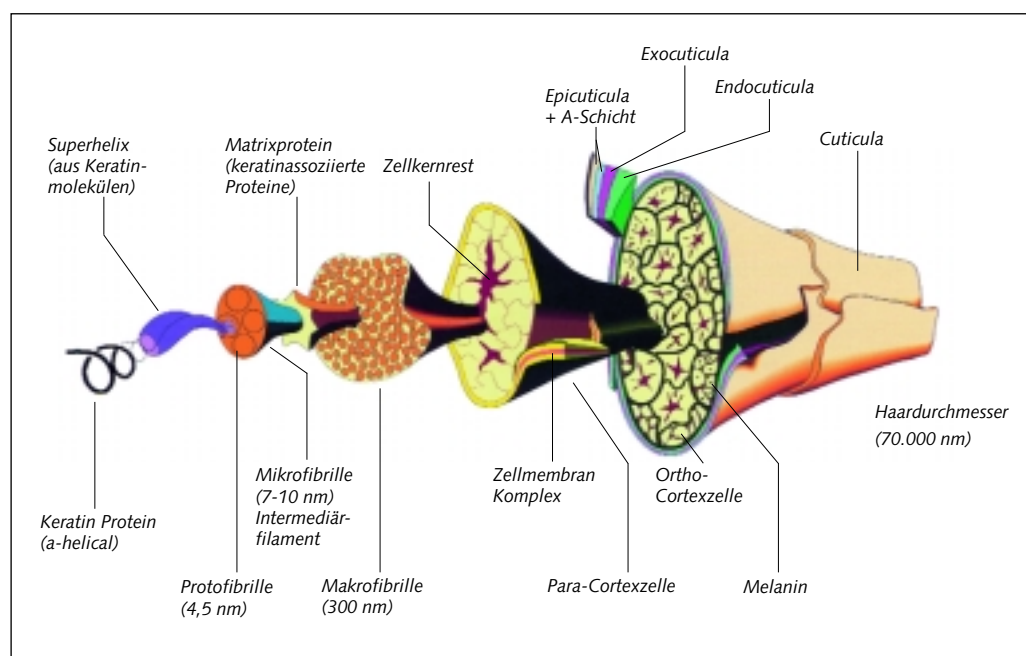
Die dünneren Kopfhare mit Durchmessern unter 60 nm bestehen nur aus Cuticula- und Cortezellen. Nimmt der Durchmesser der Haare zu, erscheint oft ein dritter Zelltyp in der Mitte der Faser, die Medullazellen. Ein Längsschnitt durch ein solches Haar enthüllt - bei 8.000-facher Vergrößerung - eine schwammartige Substanz, durchzogen von Poren, Stegen und Hohlräumen. Zugleich finden sich wenige, unvollständige Keratinfibrillen. Die ursprüngliche Funktion der Medulla ist es, durch ihre Hohlraumstruktur die wärmeisolierenden Eigenschaften der Haare zu verbessern. Diese Funktion findet sich beispielsweise im Winterfell zahlreicher Tiere. Dickes, meist dunkles Menschenhaar europäischen oder asiatischen Ursprungs besitzt häufig eine Medulla. Sie dient in erster Linie als Pigmentreservoir. Zudem trägt bei solchem Haar die zusätzliche innere Reflexionsfläche der Medulla erheblich zum Glanz bei.



Medullavergleich eines Menschenhaars mit einem Tierhaar:

1. Humanhaar zeigt einen unterbrochenen Markstrang

2. Kaninchenfellhaare bestehen fast völlig aus kassettenförmig angeordneten, langen Reihen diskreter Medullazellen und einer schmalen Cuticula.



Schematische Darstellung der fibrillären Hierarchie eines Haares (für Haar modifiziert nach einer Zeichnung von RDB Fraser und H. Roe)