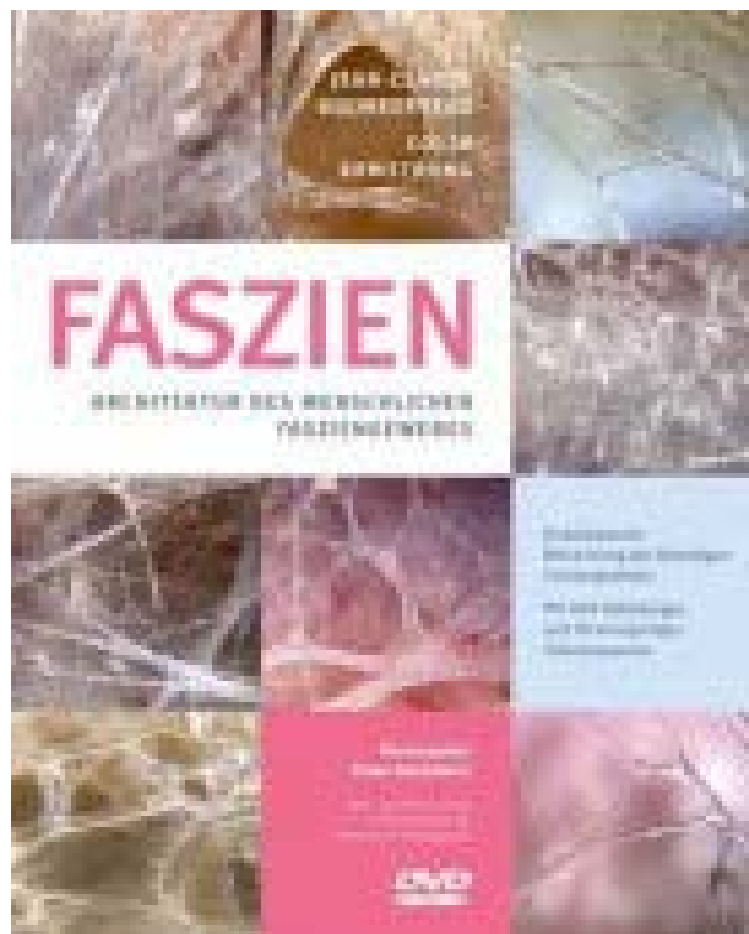




Guimberteau, J.-C./ Armstrong, C./
Stechmann, K.
Faszien, mit DVD



zum Bestellen [hier](#) klicken

by naturmed Fachbuchvertrieb

Aidenbachstr. 78, 81379 München

Tel.: + 49 89 7499-156, Fax: + 49 89 7499-157

Email: info@naturmed.de, Web: <http://www.naturmed.de>

Der Fortschritt in digitaler endoskopischer Videofotografie erlaubt es uns inzwischen, lebendige Bestandteile der menschlichen Form sichtbar zu machen. *In-vivo*-Beobachtungen (Abb. Einleitung 1) zeigen strukturelle Elemente, die anhand von Leichenpräparation oder konservierten Gewebeproben (Abb. Einleitung 2) nur schwer zuzuordnen wären. Selbst hoch entwickelte histologische Verfahren scheitern bei der Darstellung dieser Strukturen. Mithilfe digitaler Videoendoskopie jedoch gelingt es, lebendiges Gewebe – große Mengen an Fasern, Fibrillen und Mikrofibrillen – sowohl auf **mesoskopischer** als auch **mikroskopischer** Ebene darzustellen. Dieses kontinuierliche Netzwerk aus Fasern scheint den gesamten Körper zu durchziehen und zwingt uns, unsere Vorstellungen von der Organisation des lebenden Organismus zu überdenken. Wir dürfen den Körper nicht länger als eine Ansammlung zellulärer Organe ansehen, die von Bindegewebe bloß zusammengehalten werden. Stattdessen müssen wir ihn als ein **konstitutives** fibrilläres Netzwerk betrachten, in dem die Organe sich jeweils den lokalen Gegebenheiten angepasst



Abb. Einleitung 1

Perimusculäres fibrilläres Netz während chirurgischer Endoskopie eines lebenden Patienten (*in vivo* – tatsächliche Größe).

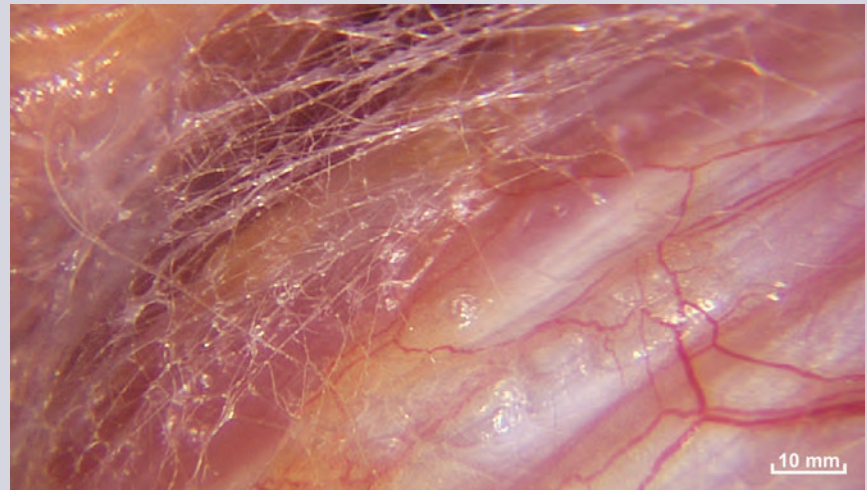
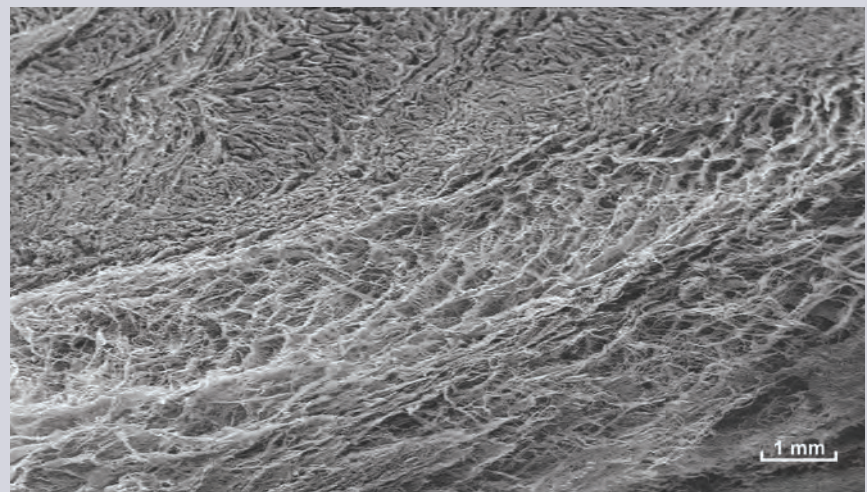


Abb. Einleitung 2

Perimusculäres fibrilläres Netz, tot und präpariert, aufgenommen durch ein Rasterelektronenmikroskop (*in vitro* – 10fach). (In Zusammenarbeit mit J.-P. Delage, INSERM, Université Bordeaux 2, Frankreich)



haben. Zellen mit ähnlich spezifischen, physiologisch spezialisierten Funktionen finden sich innerhalb des **multifibrillären** Netzwerks zusammen, um Organe auszubilden. Die Zellen sind dabei im fibrillären Gerüst eingebettet und erfahren ihre notwendige Unterstützung.

Dieses grundlegende architektonische Muster gilt für alle Organe, auch für Haut, Fett, Muskeln, Knochen, Sehnen, Nerven und Blutgefäße.

Schlüsselwissen



Ein Ziel dieses Buches ist es, ein neues Modell vorzuschlagen, dass das strukturelle Gerüst des menschlichen Körpers und auch die grundlegende Architektur von lebendem Gewebe beschreibt – mit anderen Worten, eine neue strukturelle Ontologie.

Geschichte und Architektur des Lebens

Form im Wandel der Zeiten

Alles hat eine Form. Menschen haben eine Form. Wir sind Volumen aus lebendem Gewebe, umgeben von anderen natürlichen Formen, inaktiven oder lebenden. Im Wandel der Zeiten wurde Gestalt stets aus der Perspektive der Erscheinungsform verstanden, ohne nach der internen Organisation von Strukturen zu fragen.

Dies lässt sich damit erklären, dass aufgrund der beschränkten technologischen Gegebenheiten lebendes Gewebe aus der Nähe nicht untersucht werden konnte. Die strukturalistische Vorstellung von Leben, die sich im 19. Jahrhundert herausbildete, war eng verknüpft mit den technologischen Fortschritten, die zur selben Zeit im Bereich der optischen Beobachtung Einzug hielten.

Gleichwohl hat die Organisation des Lebens es schon immer verstanden, den Menschen zu faszinieren. Jahrhundertlang wurde dieser Diskurs allein unter Philosophen und Theologen ausgetragen. Das Zeitalter der Aufklärung im 17. und 18. Jahrhundert markiert schließlich den Beginn einer ernsthaften Auseinandersetzung mit dieser Frage. Geoffroy Saint-Hilaire, ein Zoologe, entwickelte die „Theorie von der Einheit des Bauplans“ (*unité de plan*) und trachtete danach, der Natur der Verbindungen auf den Grund zu gehen, die die verschiedenen Bestandteile einer organischen Einheit miteinander verknüpfen und die gleichzeitig für die Form jeder einzelnen Einheit verantwortlich sind. Er versuchte, eine rationale Erklärung für Form und Gestalt zu finden, indem er deren Inhalte studierte. Ein während des 19. und 20. Jahrhunderts erneut aufkommendes Interesse an wissenschaftlicher Forschung und technischem Fortschritt veränderte einmal mehr unsere Wahrnehmung von Form, was zu einer weiteren Auseinandersetzung mit ihren physikalischen und dreidimensionalen Aspekten führte. Dies war jedoch kein leichtes Vorhaben – mehrere Schritte waren vonnöten.

Darwin entwarf sein Konzept hinsichtlich der „adaptiven Zweckbestimmtheit“ und, wahrscheinlich noch bedeutender, bestätigte den Verdacht, Menschen seien Teil der Tierwelt. Seine **Adaptationsteleologie** wurde jedoch heftig angezweifelt, zunächst von Sir D'Arcy Wentworth Thompson, einem schottischen Biologen und Mathematiker. Sein Buch *Über Wachstum und Form* aus dem Jahr 1917, war Wegbereiter für die wissenschaftliche Erklärung der Morphogenese, des Prozesses, der Mustern und Strukturen in Pflanzen und Tieren Form gibt.¹ Er behauptete, Wissenschaftler würden eine entscheidende Tatsache leugnen und zwar die physikalischen Kräfte, die für Form und Gestalt verantwortlich seien, und stattdessen die Bedeutung der Evolution überbewerten, die sie für die einzige sich auf Form und Struktur lebender Organismen auswirkende Größe hielten.

Die Entdeckung der Zelle und die Entschlüsselung des menschlichen Genoms im späten 20. Jahrhundert brachten ein solches Ausmaß an wissenschaftlicher Evidenz hervor, dass es schwierig war, Form und Gestalt noch unabhängig und ohne Bezug zum Inneren, dem genetischen Kode, anzusehen. Gene sollten jetzt alles kontrollieren und erklären, auch die Form und Formentstehung. Nach diesem Modell resultiert die Gestalt organischer Einheiten direkt aus der unmittelbaren räumlichen Nachbarschaft verschiedener struktureller Elemente. Dies kann zutreffen, jedoch erklärt dieser Ansatz weder alles, noch liefert er eine zufriedenstellende Erklärung für die Entstehung von Form oder ihren Erhalt bei Bewegungen. Unser Verständnis von Form und Gestalt blieb aufgrund der Nichtberücksichtigung ihrer räumlichen und architektonischen Aspekte begrenzt.

Form existiert und ist strukturiert, aber auf welche Weise ist sie strukturiert? Stellt die Zelle die einzige, allem zugrunde liegende Einheit dar, oder gibt es noch eine weitere Erklärung? Wir müssen einen Kurs einschlagen, der uns zwischen einer unter historischen Einflüssen leidenden philosophischen Vision und einem metaphysischen Modell, das wissenschaftliche Beweise liefert, hindurch navigiert.

Dank moderner Technologie ist die Beobachtung lebenden Gewebes wieder eine wichtige Methode wissenschaftlicher Forschung geworden, und ihre Ergebnisse sind ernst zu nehmen. Dabei wäre es fatal, sich von Theorien leiten zu lassen, deren Konzepte zwar attraktiv, aber in Wirklichkeit unzureichend sind. Aus diesem Grund werden wir zuerst schlicht beschreiben, was wir durch ein Endoskop sehen können, bevor wir versuchen, das Gesehene zu erklären.

Beobachtungen eines Chirurgen

Wissenschaftliche Grundlagenforschung schien sich aus den OP-Sälen verabschiedet zu haben. In jüngster Vergangenheit waren Chirurgen immer weniger in physiologische und biologische Fragestellungen involviert. Moderne Chirurgen neigen dazu, sich voll und ganz ihrer Rolle als Ärzte und Praktiker hinzugeben, da operative Verfahren heutzutage neben höchst anspruchsvoller Handhabung die Kapazitäten eines Arbeitslebens meist bereits komplett ausfüllen.

Dies war jedoch nicht immer so, und in der Vergangenheit waren es oft bedeutende Chirurgen, die zu wichtigen Meilensteinen des wissenschaftlichen Fortschritts beigetragen haben. Mittlerweile jedoch hat sich das Blatt gewendet. Moderne wissenschaftliche Forschung hat sich von anatomischen Präparationen und Beobachtungen auf der mesoskopischen Ebene im OP-Saal verabschiedet und befasst sich stattdessen mit immer kleineren Strukturen, die sich allein unter einem Mikroskop im Labor studieren lassen. Publikationen florieren, und ein reichhaltiges Spektrum an Informationen ist über das Internet für jeden leicht zugänglich. Die Informationsfülle ist jedoch bruchstückhaft, und Wissenschaftlern kann es leicht passieren, sich in Details zu verlieren – und damit den Überblick. Die Wissenschaft hat sich stark in kleinere Untergruppen aufgegliedert, in denen Wissenschaftler verschiedener Fachrichtungen für sich arbeiten und dabei Schwierigkeiten haben, sich untereinander zu verständigen. Tatsachen erscheinen einander gegensätzlich, obwohl sie sich tatsächlich dem gleichen Phänomen nähern, aber aus verschiedenen Richtungen. Es ist an der Zeit, die Einzelteile wieder zu einem sinnvollen großen Ganzen zusammenzusetzen.

Chirurgen wird im Vergleich zu anderen Wissenschaftlern eine privilegierte Position zuteil. Sie sind Handwerker, die sich mit lebendem Gewebe auskennen und durch ihre Arbeit die Möglichkeit haben, beachtliche Einblicke in dessen Verhalten zu bekommen. Sie treten täglich mit lebendigem, menschlichem Gewebe in Kontakt, und ihr durch Behandlungen und Beobachtungen erworbenes Wissen ist unerlässlich und von erheblichem Wert. Wenn Sie das Pulsieren einer Arterie, die serpentinartigen Bewegungen einer Darmschlinge oder die Dilatation pulmonaler Alveoli sehen, werden Sie Zeuge einer Lebensäußerung in ihren verschiedenen Formen, und Sie kommen nicht umhin, die ungeheure Vielfalt von Form und Gestalt lebender Strukturen schätzen zu lernen. Diese Information ist eine komplett andere als das Wissen, das Sie sich anhand der Gewebeproben von Laborratten oder -hamstern aneignen können. Es ist weder mehr noch weniger wichtig, sondern ergänzend – und es kann nicht ignoriert werden.

Die Rückkehr chirurgischer Forschung

Moderner technischer Fortschritt und hochauflösende digitale Videoaufnahmen erlauben Chirurgen heute, lebendes Gewebe aus größerer Nähe detaillierter wahrzunehmen als bisher. Der Chirurg kann nun hochauflösende Bilder erhalten, die einer Vergrößerung durch ein Mikroskop (40fach) ebenbürtig sind. Entscheidend ist jedoch, dass die Bilder nun *in vivo* und *in situ* aufgenommen werden können. Natürlich vermag ein Rasterelektronenmikroskop nach wie vor, Strukturen mit einer viel höheren Auflösung zu untersuchen, jedoch lässt sich die Methode nur auf Gewebeproben oder totes Gewebe anwenden. Diese Proben liegen dehydriert und durch zahlreiche mechanische und chemische Vorgänge aufgearbeitet vor. Es ist daher offensichtlich, dass diese sich nicht mit einer *In-vivo*-Untersuchung vergleichen lassen.

Trotz dieser Abstriche haben sowohl optische als auch rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen grundlegend zu unserem Verständnis der Zelle beigetragen und Wissenschaftlern im 19. Jahrhundert zu wichtigen Entdeckungen verholfen.

Es ist offensichtlich, dass eine zufriedenstellende biomechanische Erklärung der Gleitfähigkeit subkutaner Strukturen auf den grundlegenden Prinzipien der Strömungslehre basieren muss. Hier spielt **osmotischer Druck** eine Schlüsselrolle, und ich verweise auf Prinzipien des oberflächlichen Zugs sowie **Van-der-Waals-Kräfte** (Prof. Herbage, INSERM Laboratories, Lyon, Frankreich, November 2004 nach persönlicher Kommunikation).



Abb. 2.22

A Ein Hautschnitt zeigt die Relevanz von Flüssigkeit im Körper (10fach).



B Flüssigkeit und Fasern stehen in engem Kontakt, können jedoch leicht voneinander getrennt werden (130fach).

C Flüssigkeit sickert in das gesamte Operationsfeld (130fach).



Video 2.9



Video 2.10



Video 2.11

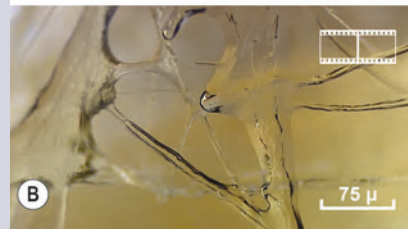
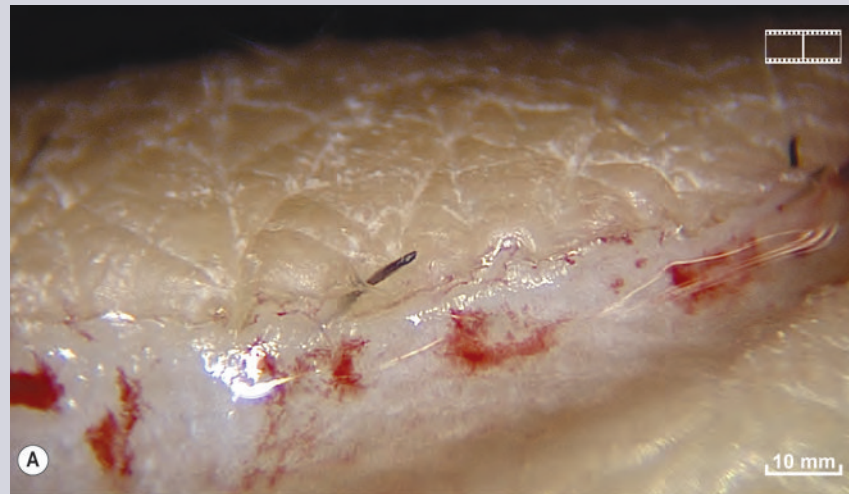
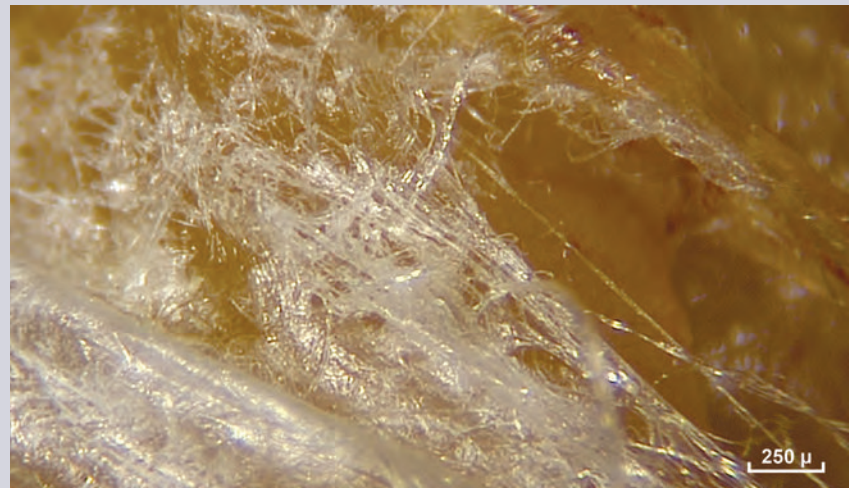


Abb. 2.23

Die rasche Gewebeaustrocknung während einer Operation ist ein allseits bekanntes Phänomen (40fach).



Innergewebliche Blasen

Wir finden oft Mikrobäschen innerhalb größerer fibrillärer Strukturen (Abb. 2.24). Ihre Größe weist eine enorme Bandbreite auf. Kollegen vermuten, dass diese Blasen in Wirklichkeit aus atmosphärischer Luft bestehen, die unabsichtlich während der Operation vom Gewebe eingeschlossen wurde – und dass es sich dabei um ein normales Phänomen handle. Wir beobachten dies jedoch zu häufig, als dass es zutreffen könnte. Natürlich müssen wir diesen Umstand noch näher untersuchen, um die gasige Zusammensetzung der Luft innerhalb dieser Bläschen genau bestimmen zu können. Gasaustausch ist eine mögliche Erklärung, und es ist zudem recht wahrscheinlich, dass bestimmte Fasern den Durchtritt einer Flüssigkeit erlauben, die wir „Lymphe“ nennen, bei der es sich bekanntermaßen um interstitielle Flüssigkeit handelt. Die Endoskopie wird es uns ermöglichen, die Welt der Flüssigkeit und Fibrillen in Zukunft besser zu verstehen und zu beschreiben.

Innerhalb des mikrovakuolären Netzwerks widerstehen die Fasern Zugkräften, und die innermikrovakuoläre Flüssigkeit hält Kompression stand. Das Residualvolumen der Mikrovakuolen verhält sich konstant. Dies ermöglicht uns, eine Erklärung über die Wasserverteilung innerhalb des Körpers zu formulieren. Selbstverständlich muss ein solcher Erklärungsversuch auch alle übrigen Erfordernisse lebenden Gewebes berücksichtigen.

Das Konzept strukturierter Form

In Kapitel 1 fragten wir uns: „Wie ist die Gewebekontinuität strukturiert und auf welche Weise stellen die Fasern eine Gewebekohäsion sicher? Wie kommen sie zusammen, um eine strukturierte Form auszubilden?“

Schlüsselwissen

Die kontinuierliche, permanente Verbindung zwischen allen Komponenten des mikrovakuolären Systems stellt eine architektonische Organisation und ein fibrilläres Netzwerk zur Verfügung, die das Konzept strukturierter Form erklären und bestätigen (Abb. 2.25).



Indem sich die Fasern auf eine irreguläre, fraktale Weise verbinden, bestimmen sie das Volumen einer Mikrovakuole, die mit einem GAG-Gel ausgefüllt ist. Durch Akkumulation und Überlagerung bilden die multimikrovakuolären polyedrischen Einheiten aufwendige Formen aus. Das resultierende fibrilläre Netzwerk übt die gesuchte strukturgebende Rolle im Körper aus.

Schlüsselwissen

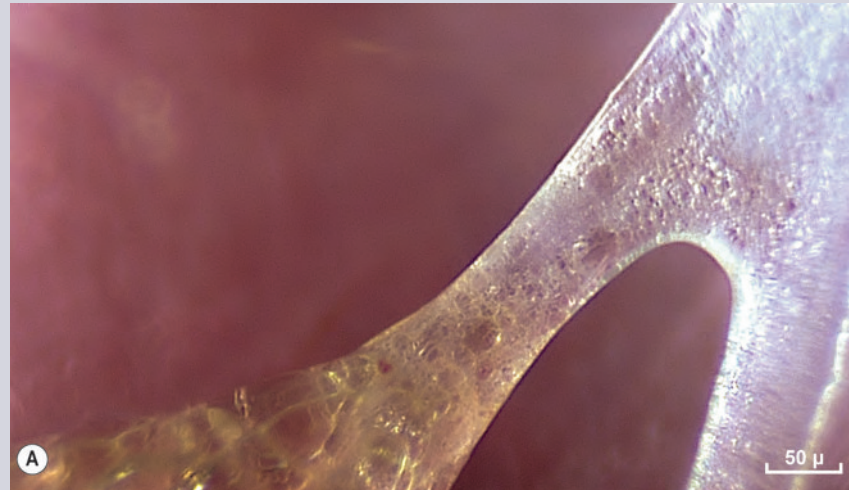
Eine lebende Gestalt muss *strukturiert* sein, aber gleichzeitig *mobil*, *geschmeidig*, *anpassungsfähig* und *selbsterhaltend*.



**Abb. 2.24**

Innerhalb großer fibrillärer Strukturen sehen wir häufig Mikrobläschen unterschiedlicher Größen. Dies lässt sich mit Gasaustausch erklären. Bis heute verstehen wir das Phänomen jedoch noch nicht vollends.

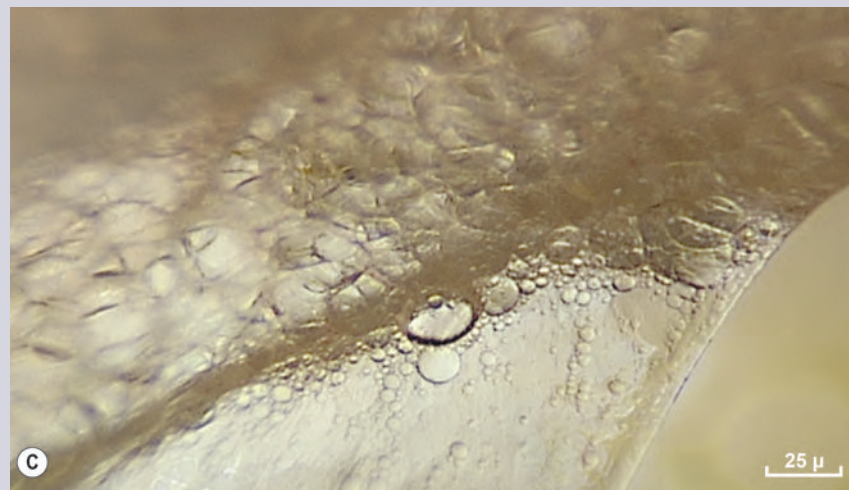
A 200fache Vergrößerung



B 200fache Vergrößerung



C 400fache Vergrößerung



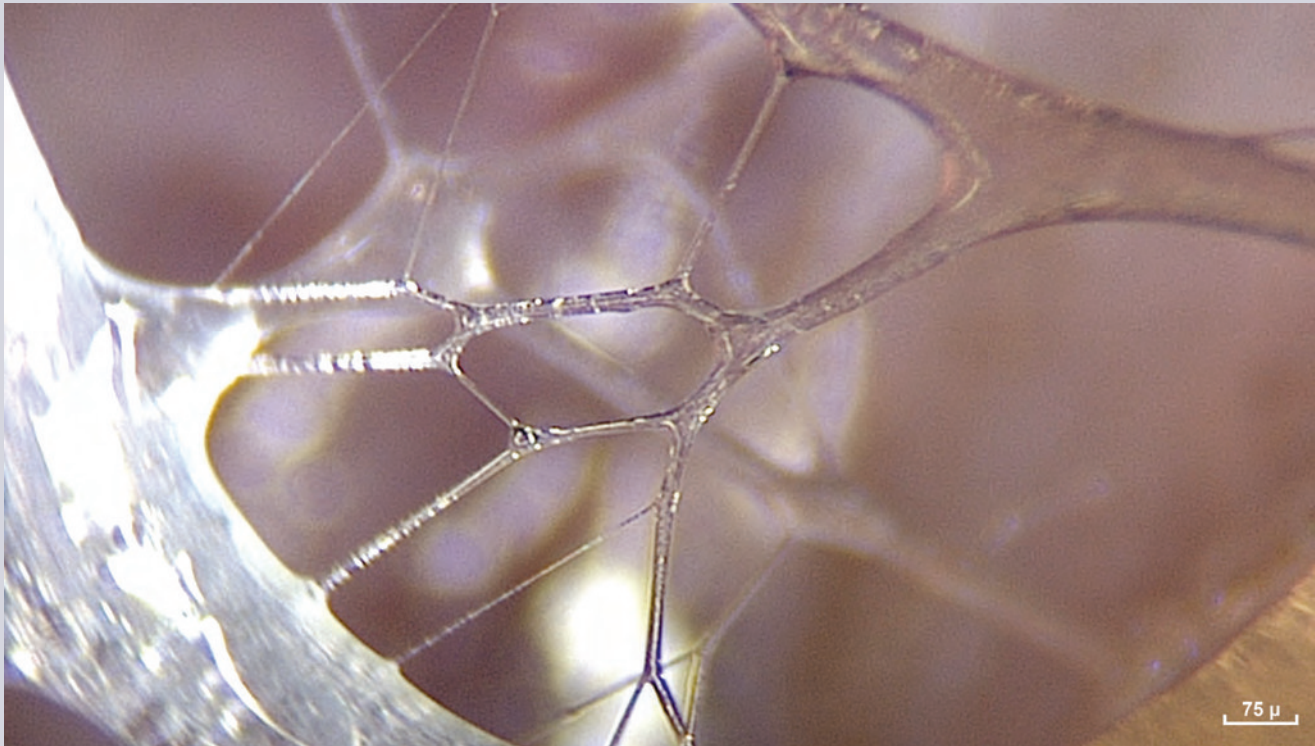


Abb. 2.25

Unsere Vorstellung strukturierter Form ist das Resultat der architektonischen Organisation und der kontinuierlichen, permanenten Verbindung zwischen allen Komponenten. Der Einfluss verschiedener physikalischer Kräfte spielt eine entscheidende Rolle in der Erzeugung und Erhaltung einer strukturierten Form.



- **Mobilität.** Das bedeutet, dass die Strukturen sich gemeinsam harmonisch bewegen, um erforderliche Aufgaben zu erfüllen, ohne benachbarte und periphere Strukturen zu beeinflussen. Die mobilen Strukturen sind mit einer Art Gewebedächtnis ausgestattet, das sie dazu befähigt, stets in ihren ursprünglichen Zustand zurückzukehren, sobald sie die gewünschte Aktion ausgeführt haben – vorausgesetzt, sie haben den mechanischen Stress unbeschädigt überstanden.
- **Geschmeidigkeit.** Strukturen müssen biegsam sein, ohne dabei Schaden zu nehmen oder zu reißen, um bereitwillig auf mechanischen Stress zu reagieren und die funktionelle Unabhängigkeit der Komponenten sicherzustellen.
- **Anpassungsfähigkeit.** Eine adaptive Struktur ist in der Lage, umgehend auf jeden unerwarteten mechanischen Stress zu reagieren, der eine Formveränderung erfordert – beispielsweise bei plötzlich ausgeübtem lokalem Zug.
- **Selbsterhaltung.** Selbsterhaltung bedeutet, dass die essenziellen Anforderungen des Lebens, wie das konstante Diffundieren von elektrischer Energie, Sauerstoff und metabolischen Faktoren, sichergestellt werden und zwar unabhängig von jeglichem einwirkendem Stress oder sonstiger physikalischer Anstrengung. Dies kann nur erreicht werden, wenn die Pfade der Energieversorgung in die strukturelle Organisation des Gewebes integriert sind.

Es ist nicht schwierig, hier eine Parallele zum Ikosaeder oder Tetraeder der Mikrovakuole zu erkennen. Wir müssen zugeben, dass wir innerhalb des fibrillären Netzwerks zuweilen Formen erkennen, die uns an die Euklid'sche Geometrie erinnern, dies passiert jedoch eher selten. Es existiert allerdings ein direkter Zusammenhang zwischen der erkennbaren und unbestreitbaren Existenz von Mikrovakuolen und der Theorie der Tensegrity (Abb. 5.14). Mir ist keine weitere biomechanische Theorie bekannt, die eine ähnlich klare und rationale Erklärung dessen bereithält, was ich während meiner endoskopischen Explorationen beobachte. Wie wir gesehen haben, gleiten die Fibrillen aneinander entlang, teilen sich zuweilen in zwei, drei oder vier Subfibrillen und verteilen dabei augenblicklich die einwirkende Last auf neu formierte Räume. Dies liefert uns eine einfache Erklärung nicht nur über die Verteilung der Schwerkraft, sondern auch über die Fähigkeit, Bewegung zuzulassen, die sich in der Peripherie dermaßen abschwächt, dass die dortigen Strukturen nur noch leicht beeinflusst werden (Abb. 5.15 und Video 5.4).

Abb. 5.14

Das Verhalten der Mikrovakuolen und des fibrillären Netzwerks ist gut mithilfe der Theorie der Tensegrity erklärbar. Es existiert eine Beziehung zwischen der beobachtbaren Existenz von Mikrovakuolen und der Theorie der Tensegrity, die nicht zu unterschätzen ist.

- A** Parallele Anordnung von Fibrillen (200fach).
- B** Sich gegenüberliegende Dreiecke (200fach).
- C** Übereinanderliegende Dreiecke (200fach).
- D** Eine Abfolge von Dreiecken (200fach).

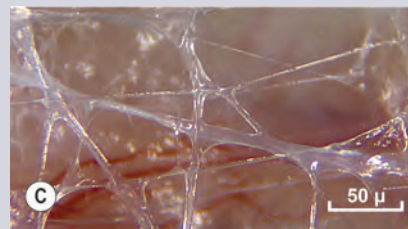
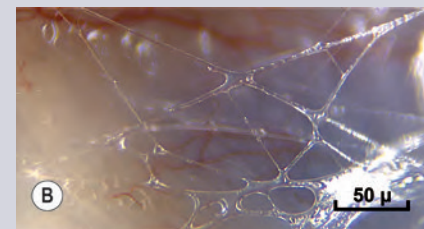
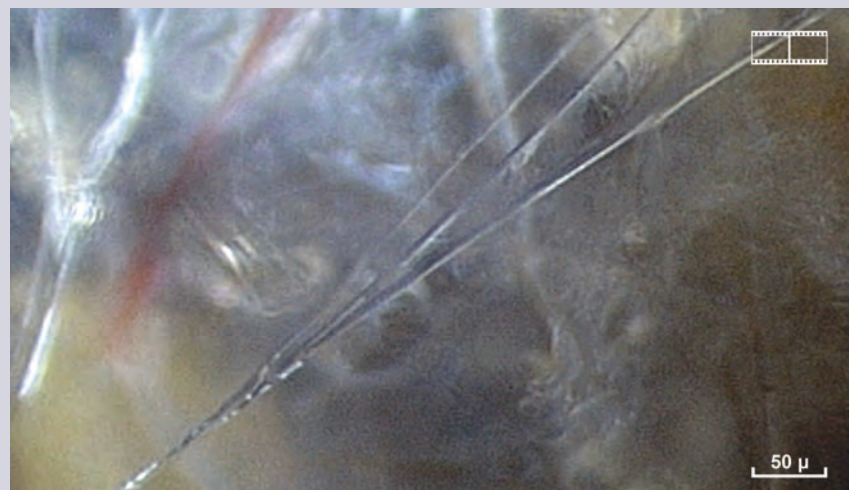


Abb. 5.15

Trifurkation (eine Unterteilung in drei Äste) einer Fibrille. Dieser Mechanismus verteilt und absorbiert Kraft innerhalb des fibrillären Netzwerks (200fach).



Video 5.4





Guimberteau, J.-C./Armstrong, C./ Stechmann, K. **Faszien, mit DVD**

*Hat Ihnen das Buch gefallen? Zum
Bestellen [hier](#) klicken*



by naturmed Fachbuchvertrieb

Aidenbachstr. 78, 81379 München

Tel.: + 49 89 7499-156, Fax: + 49 89 7499-157

Email: info@naturmed.de, Web: <http://www.naturmed.de>