

# HistoPopArt – eine Synthese von Kunst und Wissenschaft

---

„Histologie“ setzt sich aus den beiden altgriechischen Begriffen „histos“ (Gewebe) und „logos“ (Lehre) zusammen, beschreibt folglich die Wissenschaft vom Aufbau biologischer Gewebe und dem mikroskopischen Feinbau der Organe. Für histologische Untersuchungen werden von Geweben bzw. Organen dünne Schnitte hergestellt und auf einem Objektträger unter einem Deckglas eingedeckt. Standard-Schnitte für lichtmikroskopische Untersuchungen sind etwa 10 – 50 Mikrometer ( $\mu\text{m}$ ) dick, sogenannte Dünnschnitte nur 0,5 – 10  $\mu\text{m}$ . Für elektronenmikroskopische Untersuchungen benötigt man noch deutlich dünnere Schnitte (Ultradünnschnitte), deren Dicke etwa bei 10 Nanometern (nm) liegt. Üblicherweise werden Schnitte vor der lichtmikroskopischen Untersuchung noch gefärbt, wobei eine Vielzahl unterschiedlicher Färbemittel zur Verfügung steht, je nachdem, welche speziellen Strukturen man wie anfärben möchte. Routinemäßig werden gefärbte histologische Präparate im Hellfeld betrachtet. Dies ist die älteste und einfachste Beleuchtungsart im durchfallenden Licht. In einem üblichen aufrechten Labormikroskop verläuft das Beleuchtungslicht von unten kommend mehr oder weniger lotrecht durch das Präparat, welches folglich auf hellem Untergrund durchleuchtend betrachtet wird. Fertigt man von gefärbten Organ- oder Gewebeschnitten Mikrofotos an, entstehen in der Regel mehr oder weni-

ger nüchterne Sachaufnahmen, welche das Gesehene im Sinne eines Befundes dokumentieren.

HistoPopArt ist dadurch charakterisiert, dass digitale Farbfotos gefärbter histologischer Präparate durch spezielle Techniken der computergestützten Nachbearbeitung zu künstlerischen Lichtbildwerken transformiert werden, welche sich durch eine intensive, vielgestaltige Farbgebung, lebhaftige Kontraste und spezielle Texturdarstellungen auszeichnen. Die Bilder erhalten also ihren speziellen farbkünstlerischen Ausdruck durch computergestützte Wandlung. Die gestalterischen Ergebnisse ähneln dem Stil der Pop Art – und so entsteht HistoPopArt.

Auf den ersten Blick wirken die Bildwerke sehr bunt und herrlich abstrakt. Doch was zunächst wie beliebig angeordnete Farben, Formen und Muster aussieht, offenbart in Wirklichkeit den sehr differenzierten, nur mikroskopisch fassbaren Aufbau der unterschiedlichsten Gewebe und Organe. HistoPopArt verbindet auf diese Weise die Histologie mit der modernen Pop Art. Die faszinierenden Werke bieten ihren Betrachtern eine unkonventionelle Möglichkeit, sich mit ihrem Inneren auseinanderzusetzen. Sie regen die Phantasie an, können vielfältige Assoziationen induzieren und gewähren gleichzeitig tiefe Einblicke in das Innere des Menschen und die „Kunstformen der Natur“.



# Die Autoren und ihr Weg zu diesem Buch

---

Anne Kerber leitet seit vielen Jahren als Medizinisch-technische Assistentin das dermatopathologische Labor der Klinik für Dermatologie, Venerologie und Allergologie am Universitätsklinikum des Saarlandes, Homburg. Es gehört zu ihren täglich anfallenden Routinearbeiten, histologische Schnitte von Gewebeproben anzufertigen, die für diagnostische Zwecke mikroskopisch untersucht werden. Zusätzlich fertigt sie für Unterrichts- und Lehrzwecke Schnittpräparate von gesunden Geweben.

Begonnen hatte alles mit der originellen Idee, Histologie und Kunst zu verbinden. Als passionierter Fotografin war Anne Kerber mit den Methoden und Potenzialen der digitalen Bildbearbeitung vertraut. Schon bei ihren Erstlingswerken konnte sie erfahren, dass die entstandenen histologischen Bilder im Pop Art Style den Betrachtern gefielen und deren Phantasie anregten. Auch medizinische Laien waren von den Bildansichten fasziniert und erbat Exemplare, um diese als Raumschmuck in ihre Wohnung zu hängen. Dieses positive „Feedback“ gab den Impuls, auf dem begonnenen Weg weiter voranzuschreiten. Auf eines legt Anne Kerber aber Wert: Schnitte von pathologischem Gewebe, also krankhaften Befunden, nutzt sie generell nicht für ihre Pop Art-Bilder. Bei aller Verfremdung der Schnittansichten ist es ihr zudem bei ihrer Arbeit wichtig, dass in den Bildern das zugrundeliegende gesunde Gewebe mit all seinen Strukturen immer noch zu erkennen ist. Das entstandene Bild soll nicht allzu abstrakt werden. Bei allen Assoziationen, welche diese

Bilder wecken, soll immer noch deutlich bleiben, um welche Anteile eines Gewebes oder Organs es sich handelt.

Mittlerweile hat Anne Kerber einen umfangreichen Fundus an Bildwerken geschaffen, welche in zahlreichen Städten auf Ausstellungen gezeigt und in mehreren medizinischen und mikroskopischen Fachzeitschriften vorgestellt wurden. Eine ganz persönliche Auswahl, die vielgestaltige Einblicke in die reichhaltige Welt der Histologie vermitteln soll, präsentiert sie in diesem Buch. Zu jedem Bild teilt sie uns ihre persönlichen Assoziationen mit, als Anregung für den Betrachter, an diesen Assoziationen teilzuhaben, oder seinen eigenen Assoziationen zu folgen.

Jörg Piper war auf Grund einer „angeborenen Neugier“ schon als Kind von der Welt des Unsichtbaren, dem Mikrokosmos, fasziniert; er wünschte sich sein erstes Mikroskop mit sieben Jahren und ist der Mikroskopie und Mikrofotografie seitdem eng verbunden. In der „prä-digitalen Ära“ war er von den Möglichkeiten fasziniert, durch geschicktes Spiel mit dem beleuchtenden Licht ästhetisch reizvolle Ansichten der mikroskopisch kleinen Welt zu erschließen. Mehrfach wurden seine Bilder in Fotozeitschriften („Leica-Fotografie“), in „Leitz-Mikrokalendern“, verschiedenen Farbprospekten und Zeitschriften führender Mikroskophersteller präsentiert. Nach Abschluss seines Medizinstudiums hat er in einem Thema zur lichtmikroskopischen Grundlagenforschung promoviert und danach unter Anderem verschiedene Forschungsaufträge bearbeitet, die sich

mit der Entwicklung und Verbesserung mikroskopischer Methoden befassen. Er ist Herausgeber zweier mikroskopischer Fachzeitschriften, Autor zahlreicher Fachpublikationen und Mitglied in der „Optical Society of America“ sowie der „Microscopy Society of America“. In 2010 erhielt er für eine von ihm entwickelte spezielle mikroskopische Untersuchungstechnik einen amerikanischen Forschungspreis (Microscopy Today Innovation Award).

Mit großer Freude hat Jörg Piper die Aufgabe wahrgenommen, die außergewöhnlichen Lichtbildwerke von Anne Kerber mit fachlichen Kommentaren zu versehen, welche dem Leser in Grundzügen vermitteln sollen, was er im jeweiligen

Bild konkret sieht. Zur weitergehenden Veranschaulichung dieser Erklärungen hat er zusätzlich aus jedem originalen HistoPopArt-Bild eine lineare Schwarz-Weiß-Ansicht digital extrahiert, diese, soweit erforderlich, mit dezenten Grautönen unterlegt und mit Beschriftungen versehen. Für diejenigen Leser, welche nicht in der Histologie bzw. Anatomie fachkundig sind, hat Jörg Piper zusätzlich allgemein gehaltene Einführungen in die Grundlagen der Zell- und Gewebelehre sowie in den Bau und die Funktion der hier gezeigten Organe und Organsysteme beige-steuert, welche den Bildpräsentationen vorangestellt werden.

### Anatomische Abkürzungen und Termini

---

A.	Arteria (Arterie)
Aa.	Arteriae (Arterien)
V.	Vena (Vene)
Vv.	Venae (Venen)
M.	Musculus (Muskel)
Mm.	Musculi (Muskeln)
N.	Nervus (Nerv)
Nn.	Nervi (Nerven)
Tr.	Truncus (Trunkus, Stamm), Tractus (Traktus, Bahn)
Gl.	Glandula (Drüse)
Gll.	Glandulae (Drüsen)
ant.	anterior (vorne)
post.	posterior (hinten)
sup.	superior (oben, oberhalb)
inf.	inferior (unten, unterhalb)
ventral	zum Bauch hin, vorne gelegen
dorsal	zum Rücken hin, hinten gelegen
cranial	zum Kopf hin
caudal	zum Schwanz hin
asc.	ascendens (aufsteigend)
desc.	descendens (absteigend)

# Einführung in die Zell-Lehre (Zytologie) und Gewebelehre (Histologie)

---

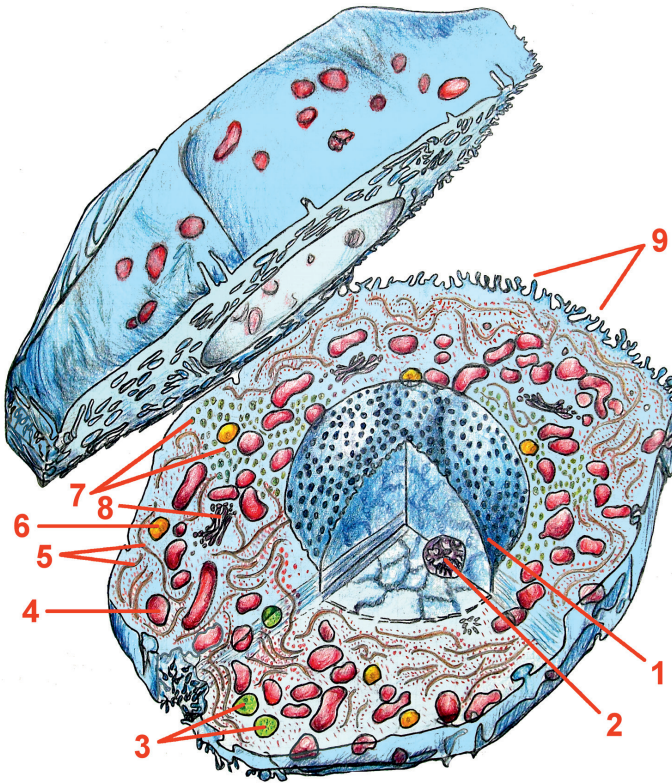
Die Zell-Lehre (Zytologie) befasst sich mit Aufbau und Funktion der Zelle, die Gewebelehre (Histologie) mit dem Aufbau und der Funktion verschiedener „Zellverbände“ (Gewebe) sowie dem mikroskopischen Feinbau der Organe, welche aus spezifischen, für das jeweilige Organ typischen Geweben bestehen. Zum weiteren Verständnis der Beschreibungen zu den einzelnen „HistoPopArt“-Bildern sollen daher einige grundlegende Erläuterungen zur Zytologie und Histologie vorangestellt werden.

## Allgemeine Zytologie

Der kleinste Baustein des Lebens, der sich selbst vermehrt und einen eigenen Stoffwechsel zeigt, ist die Zelle. Sämtliche Gewebe und Organe sind aus Zellen zusammengesetzt. Die tierischen Zellen, also auch die Zellen des Menschen, haben im Unterschied zu pflanzlichen Zellen keine starren Zellwände, sondern sind nur von einer Zellmembran umschlossen. Innerhalb der Zellmembran befindet sich die Zellflüssigkeit (Zytoplasma, Zytosol), zusätzlich wird das Innere der Zelle von einem feinen Zellskelett (Zytoskelett) durchzogen. Das genetische Material der Zelle (beim Menschen DNA, Desoxyribonukleinsäure) befindet sich im Zellkern (Nukleus), die DNA stellt sich in Inneren des Zellkerns regionär unterschiedlich

dicht dar, die Gesamtheit des lichtmikroskopisch sichtbaren Kernmaterials wird als Chromatin bezeichnet. Gelegentlich kann man im mikroskopischen Zellpräparat innerhalb des Zellkerns auch noch das „Kernkörperchen“ (Nukleolus) erkennen, dieses kann einfach oder mehrfach vorhanden sein. Umschlossen ist der Zellkern von einer eigenen Kernmembran, welche zahlreiche Poren enthält. Außerhalb des Zellkerns befinden sich im Zell-Leib (Perikaryon) unterschiedliche Zellorganellen, welche verschiedene Funktionen haben. In routinemäßigen Gewebeschnitten erscheinen die Zellorganellen im Lichtmikroskop nur als Körnchen (Granula bzw. Granulationen) von unterschiedlicher Größe.

Zellmembran und Kernmembran können ebenso wie der Feinbau der Zellorganelle nur im Elektronenmikroskop studiert werden. Die Membranen sind im Lichtmikroskop unsichtbar, die größeren Organellen liegen bereits im Grenzbereich der lichteptischen Auflösung eines Standard-Labormikroskops. Abbildung 1 zeigt in einer Skizze die wichtigsten elektronenmikroskopisch fassbaren Bestandteile einer Zelle. Der Zellkern (1) mit seinem Chromatin-Gerüst kann hier sehr gut aufgelöst werden, ebenso wie der Nukleolus (2). In den Lysosomen (3) befinden sich verschiedene Enzyme, welche von der Zelle aufgenommenes bzw. inkorporiertes Material chemisch aufbereiten („Zellverdauung“). In den Mitochondrien (4) findet die Oxidation (Verbrennung“) von



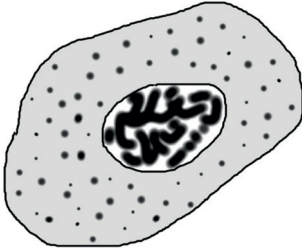
**Abb. 1.** Elektronenmikroskopisch fassbarer Feinbau einer tierischen/menschlichen Zelle (Hand-Farbskizze von J. Piper nach einer Vorlage aus 1973).

- 1 = Zellkern (Nukleus),
- 2 = Kernkörperchen (Nukleolus),
- 3 = Lysosomen,
- 4 = Mitochondrium,
- 5 = Endoplasmatisches Retikulum, umsäumt von Ribosomen (sog. „rauhes“ ER),
- 6 = Mikrokörper,
- 7 = Speicherstoffe (z.B. Glykogen),
- 8 = Golgi-Apparat,
- 9 = Mikrovilli.

Traubenzucker statt („Zellatmung“, sog. „Atmungskette“); die hierbei gewonnene Energie dient dem Aufbau des „Energieträgers“ ATP (Adenosin-Triphosphat). Das Endoplasmatische Retikulum (ER, 5) bildet ein komplexes und stark verzweigtes Kanalsystem, welches aus Membranen besteht und den gesamten Zell-Leib durchzieht. Umsäumt wird es zu großen Anteilen von zahlreichen Ribosomen (im Bild durch kleine rötliche Punkte angedeutet), welche Orte des Eiweiß-Aufbaus (Protein-Synthese) sind. Die von Ribosomen besetzten Anteile des ER werden als „rauhes“ ER bezeichnet, im Unterscheid zu den geringeren Anteilen ohne Ribosomen, welche das „glatte“ ER bilden.

Mikrokörper (6) sind Reservoirs weiterer Enzyme. Manche Zellen lagern bestimmte Speicherstoffe (7) ein, so z. B. Leberzellen das Glykogen. Der Golgi-Apparat (8) besteht aus Membranstapeln; er dient der Ausscheidung bzw. Ausschleusung von Stoffen aus der Zelle, indem er kleine membranumhüllte Blasen abschnürt, welche zur äußeren Zellmembran bewegt werden und dort ihren Inhalt nach außen abgeben (Exozytose). Die Zellmembran kann zahlreiche fingerförmige Ausstülpungen bilden (Mikrovilli, 9), welche der Oberflächenvergrößerung dienen.

In lichtmikroskopischen Routinepräparaten von Organschnitten können in der Regel lediglich der Zelleib als Protoplast

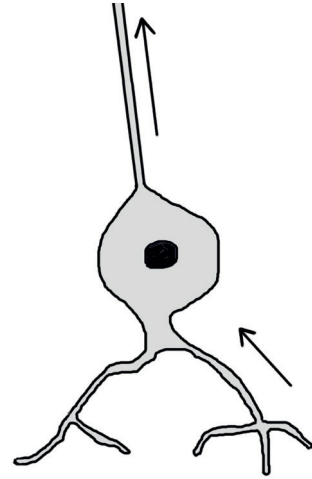


**Abb. 2.** Zelle im Lichtmikroskop (schematisch).

bzw. Perikaryon sowie der Zellkern und ggf. das Kernkörperchen erkannt werden. Innerhalb des Zell-Leibs bildet die dort befindliche Zellflüssigkeit mit ihren als feine Körnung wahrnehmbaren Zellorganellen das Protoplasma. Abbildung 2 zeigt schematisch eine Zelle auf dem Level des im normalen Lichtmikroskop Erkennbaren (Nukleus mit Chromatingerüst und Perikaryon/Protoplast mit feinen Granulationen).

Undifferenzierte Stammzellen stehen am Anfang einer jeden Zelldifferenzierung; sie können sich zu diversen spezialisierten Zellen weiterentwickeln bzw. differenzieren. Undifferenzierte Stammzellen können ähnlich aussehen wie die in Abbildung 2 gezeigte schematische Zelle. Innerhalb der Organe nehmen die jeweils spezialisierten Orgazellen als differenzierte Zellen sehr unterschiedliche Formen an, die an die jeweilige Funktion angepasst sind. Hierfür sollen nur einige Beispiele gegeben werden.

Eine Nervenzelle (Neuron, Abb. 3) ist darauf spezialisiert, sich mit anderen Nervenzellen (Neuronen) zu „verschalten“ und bestimmte elektrische Signale als „Aktionspotenziale“ zu bilden, diese ihrerseits von anderen Nervenzellen aufzunehmen und wiederum an andere Zellen wei-



**Abb. 3.** Nervenzelle (schematisch).

terzuleiten. Entsprechend dieser Funktion bildet der Zelleib verschiedene Fortsätze aus. Kürzere und mehrfach verzweigte Fortsätze (Dendriten, im Bild nach unten verlaufend) stehen mit Fortsätzen diverser benachbarter Nervenzellen in Kontakt. Ein einzelner langer Fortsatz, Neurit oder Axon genannt (im Bild nach oben orientiert), kann lange Nervenbahnen bilden und folglich den Kontakt zu weit entfernten Zellen herstellen. Die Aktionspotenziale verlaufen stets gerichtet. Die Dendriten können z. B. Potenziale benachbarter Nervenzellen aufnehmen und zum Perikaryon leiten, von wo sie über den Neurit weiter gegeben werden (vgl. Pfeile). Umgekehrt kann eine Nervenzelle aber auch über ihren Neuriten Signale aus der entfernten Peripherie aufnehmen und über die Dendriten an mehrere Nachbarzellen weitergeben.

Eine quergestreifte Skelettmuskelfaser (Abb. 4) hat hingegen einen gänzlich anderen Feinbau. Hier ist eine einzelne Muskelzelle so lang wie der betreffende Muskel selbst, also durchaus mehrere Zentimeter. Folgerichtig enthält eine solche Skelettmuskelfaser zahlreiche Zellkerne innerhalb ihrer Zellmembran, 20 – 40 Stück pro Millimeter. Die Zellkerne liegen im Gegensatz zu einer Nervenzelle



Abb. 4. Skelettmuskelzelle (schematisch).

im Randbereich, weil der überwiegende Anteil des Zellquerschnitts von spezialisierten Strukturen ausgefüllt wird, welche der Verkürzung (Kontraktion) der Muskelfaser dienen. Diese Strukturen bilden eine im Lichtmikroskop erkennbare typische Querstreifung; sie bestehen aus den Muskeleiweißen (Proteinen) Aktin und Myosin. Der Streifenabstand vergrößert sich, wenn der Muskel gedehnt wird und er verringert sich, wenn sich der Muskel anspannt und verkürzt (kontrahiert).

Glatte Muskelzellen (Abb. 5), wie sie sich z. B. in den Wänden von Blutgefäßen finden, kontrahieren sich ebenfalls, sind aber wiederum gänzlich anders gebaut als eine Skelettmuskelzelle. Sie bestehen aus vergleichsweise kurzen, spindelförmigen Einzelzellen mit einem mittig liegenden Zellkern. Auch diese Muskelzellen enthalten kontraktile Elemente; diese lassen aber im Gegensatz zur Skelett- (und Herz)-Muskulatur keine Querstreifung erkennen.

Diese wenigen Beispiele lassen bereits erahnen, dass die Gestalt verschiedener Körperzellen so variantenreich ist wie die zahlreichen Aufgaben bzw. Funktionen, welche die unterschiedlichen Zellen des Körpers in den jeweiligen Organen zu erfüllen haben.

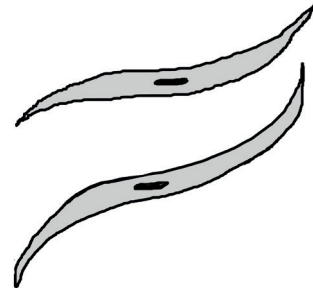


Abb. 5. Zwei glatte Muskelzellen (schematisch).

## Allgemeine Histologie

In jedem Organ finden sich verschiedene Arten von Zellen, die miteinander verbunden sind und auf unterschiedliche Weise zusammenwirken. Die Verbindung der Zellen wird durch verschiedene Feinstrukturen erreicht, die letztlich dazu führen, dass die Membranen benachbarter Zellen an bestimmten Stellen aneinanderhaften. Auch diese Haftapparate sind nur im Elektronenmikroskop erkennbar. Im Folgenden sollen die Prinzipien der Gewebsbildung anhand einiger Beispiele verdeutlicht werden.

### Epithelgewebe (Hautgewebe)

Ebenso, wie die Oberfläche des Körpers selbst, wird auch jede Oberfläche eines Hohlorgans von einem feinen Haut- bzw. Schleimhautgewebe überzogen bzw. ausgekleidet, das aus Epithel- bzw. Endothelzellen besteht. Beispiele: Blutgefäße (Arterien und Venen), Herz, Harnblase, Gallenblase und Gallenwege, Bronchien, Speiseröhre, Magen und Darm, Gebärmutter, Vagina, Harnleiter, Eileiter, Samenleiter, Mundhöhle. Die Zellverbände, welche innere Hohlräume, also Binnenräume eines Organs auskleiden, werden auch als Endothel bezeichnet (Beispiele: Gefäßendothel, Herzendothel). In manchen Organen können die Endothelgewebe auch komplexe