

4. ERGEBNISSE

4.1 ÜBERSICHT

Das Gehirn des Haushuhns wird von verschiedenen Hüllen, den Meningen, umgeben. Lichtmikroskopisch lassen sie sich in eine Leptomeninx, aus Pia mater, Arachnoidea und Neurothel bestehend, und in eine Pachymeninx, die Dura mater, gliedern (Abb. 1). Die Pia mater bildet die innerste Hülle, die sich als zartes dünnes Häutchen darstellt, in dem Gefäße eingeschlossen sind. Auf die Pia mater folgt ein Hohlraum, das Cavum subarachnoideale, das von einzelnen, wenigen Zellen und Fasern durchzogen wird. Nach außen folgt auf diesen Hohlraum eine besonders auffällige und breite Schicht, die Arachnoidea. Diese ist am Cavum subarachnoideale locker gebaut (retikuläre Arachnoidea¹). Darüber besteht sie aus einer mehrlagigen kompakteren Schicht (Arachnoideagrenzschicht¹). Die Zellen des letztgenannten Arachnoideaabschnitts erscheinen lichtmikroskopisch rund und hell. Der dritte Teil der Leptomeninx ist das Neurothel, das der Arachnoideagrenzschicht außen aufliegt und im Lichtmikroskop nur als dünne Zellschicht zu erkennen ist. Die Pachymeninx, oder Dura mater, ist die äußerste Hülle, die mit dem Periost verschmolzen ist und direkt dem Schädelknochen anliegt. Sie lässt bereits im lichtmikroskopischen Bild ihren Reichtum an kollagenen Fasern mit dazwischen gelegenen spindelförmigen Zellen erkennen.

¹ Bezeichnung nach ORLIN et al. (1991)

4.2 GLIAGRENZMEMBRAN UND BASALMEMBRAN

An der Oberfläche des Cortex cerebri bildet die zentralnervöse Glia eine Grenzmembran aus, die *Membrana limitans gliae superficialis*. Diese ist im Lichtmikroskop nicht zu erkennen, lässt sich aber im transmissionselektronenmikroskopischen Bild deutlich identifizieren. Sie besteht aus den sich zur Oberfläche hin verbreiternden Zellfortsätzen der astrozytären Glia. Das Zytoplasma der Astrozyten reagiert stark positiv mit dem Vimentin-Antikörper und erscheint im transmissionselektronenmikroskopischen Bild elektronendurchlässig und organellenarm. Auf der *Membrana limitans gliae superficialis* liegt eine kontinuierliche Basalmembran, die das Gehirn vom darüber liegenden meningealen Bindegewebe trennt und deren Breite ca. 450 nm beträgt. Mit der Silberimprägnationstechnik ist die *Lamina fibroreticularis* der Basalmembran bereits lichtmikroskopisch darstellbar. Im transmissionselektronenmikroskopischen Bild ist der ultrastrukturelle dreischichtige Aufbau der Basalmembran in *Lamina rara*, *Lamina densa* und *Lamina fibroreticularis* deutlich zu erkennen (Abb. 2).

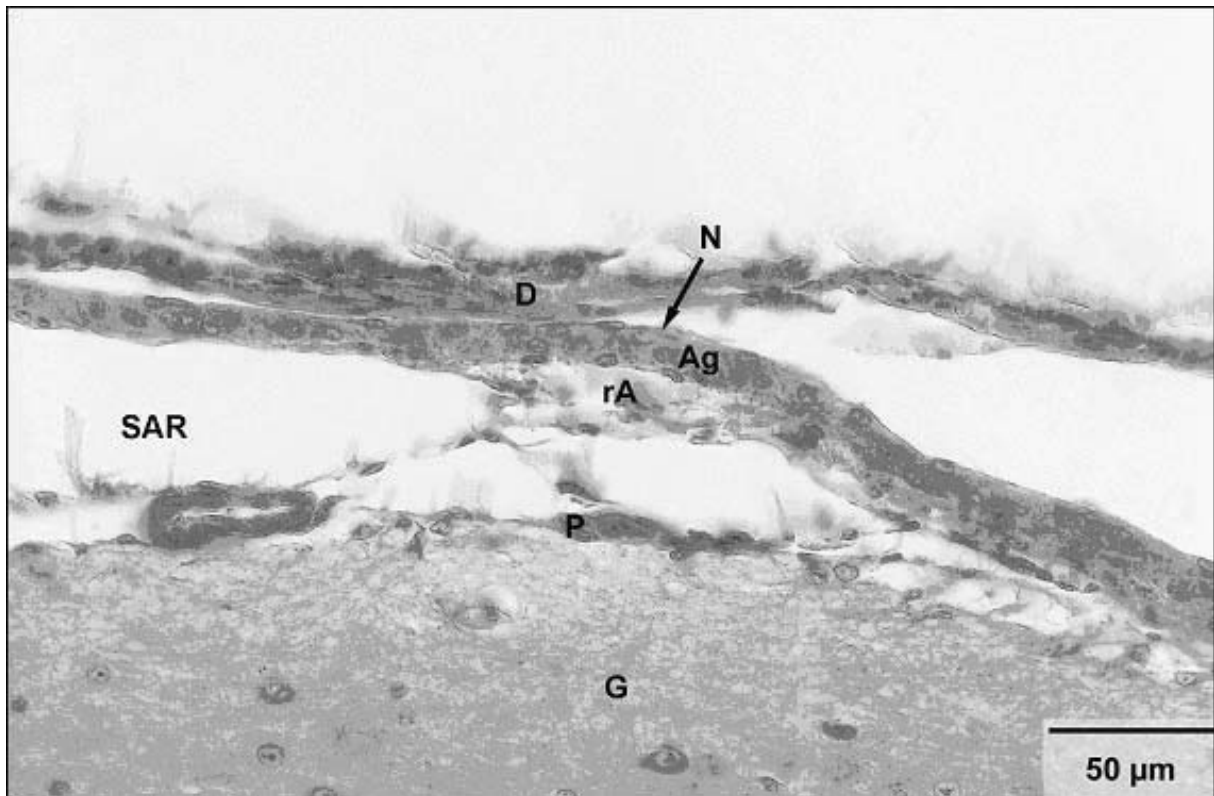


Abb. 1: Meningen des Haushuhns (Trichrom-Färbung), lichtmikroskopische Übersicht. G Gehirn, P Pia mater, SAR Subarachnoidalraum, rA retikuläre Arachnoidea, Ag Arachnoideagrenzschicht, N Neurothel, D Dura mater

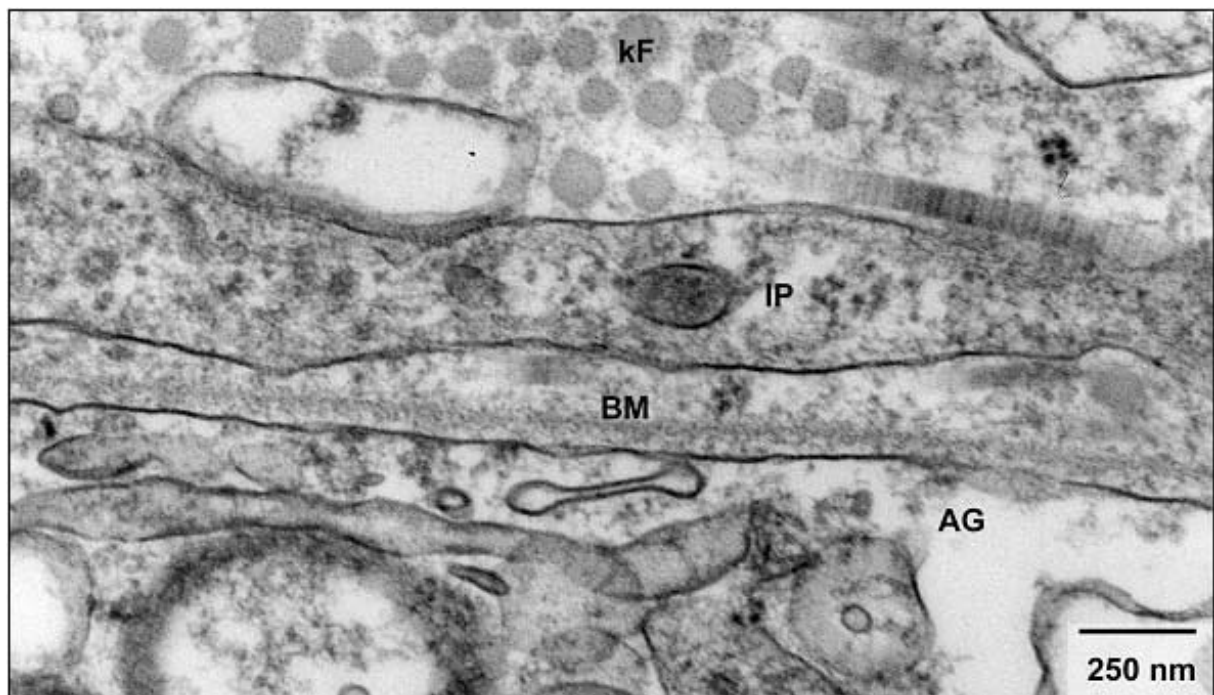


Abb. 2: Gehirnoberfläche (TEM): Basalmembran (BM) des Gehirns mit Lamina rara, Lamina densa und Lamina fibroreticularis. AG Astroglia = Membrana limitans gliae superficialis, IP Intima piae, kF kollagene Fibrillen im Längs- und Querschnitt

4.3 LEPTOMENINX

4.3.1 Pia mater

Die Pia mater liegt der Basalmembran des Gehirns direkt auf. Sie setzt sich aus einer Lage langgestreckter Zellen, der Intima piae, und einer darüber gelegenen Schicht aus lockerem Bindegewebe und Gefäßen, der eigentlichen Pia mater, zusammen. Die Intima piae besteht aus sich stark überlappenden langen Zellfortsätzen, deren Zytoplasma besonders reich an rauem endoplasmatischem Retikulum ist und kleine Mitochondrien enthält. Von der darunter liegenden Basalmembran und der darüber liegenden eigentlichen Pia mater wird die Intima pia durch kollagene Fibrillen abgegrenzt (Abb. 2 und 3).

Das charakteristische Grundgerüst der eigentlichen Pia mater wird von locker angeordneten Fibrozyten gebildet, die über lange Zytoplasmaausläufer in Verbindung stehen. In den weiten Interzellularspalten befinden sich Kollagenfibrillen. Die Zellkerne der Fibrozyten sind groß und oval und zeichnen sich durch ein heterochromatisches Karyoplasma und deutliche, randständige Nukleoli aus. Das Zytoplasma ist nur als schmaler Saum um den Zellkern herum ausgebildet und bildet dünne Fortsätze. Dort, wo sich die Zellfortsätze der pialen Fibrozyten berühren, sind Desmosomen und *gap junctions* ausgebildet. Zum Cavum subarachnoideale entsteht auf diese Weise eine kontinuierliche zelluläre Bedeckung. Die Abgrenzung der einzelnen Fibrozyten ist im lichtmikroskopischen Bild nicht immer möglich.

Die Gefäße der Pia mater (kleine Arteriolen und Venulen) sind zwischen kollagenen Faserbündeln eingebettet und werden von den Zellfortsätzen der pialen Fibrozyten derart bedeckt, dass eine kontinuierliche Zellbedeckung zum darüber liegenden Cavum subarachnoideale, das die Gefäße durchziehen, entsteht. Kleine Arteriolen stellen den größten Teil der pialen Gefäße dar. Sie besitzen eine lückenlose, geschlossene endotheliale Auskleidung, die von einer kontinuierlichen Basalmembran unterlagert wird. Das Zytoplasma der Endothelzellen reagiert stark positiv mit dem Vimentin-Antikörper. Die glatten Muskelzellen der Tunica muscularis der Arteriolen zeigen deutliche Membranvesikulationen. Zwischen Tunica muscularis und Tunica adventitia treten gehäuft kleine marklose Nerven auf, deren Axoplasma zahlreiche Vesikel (*small dense core vesicles*) enthält (Abb. 4).

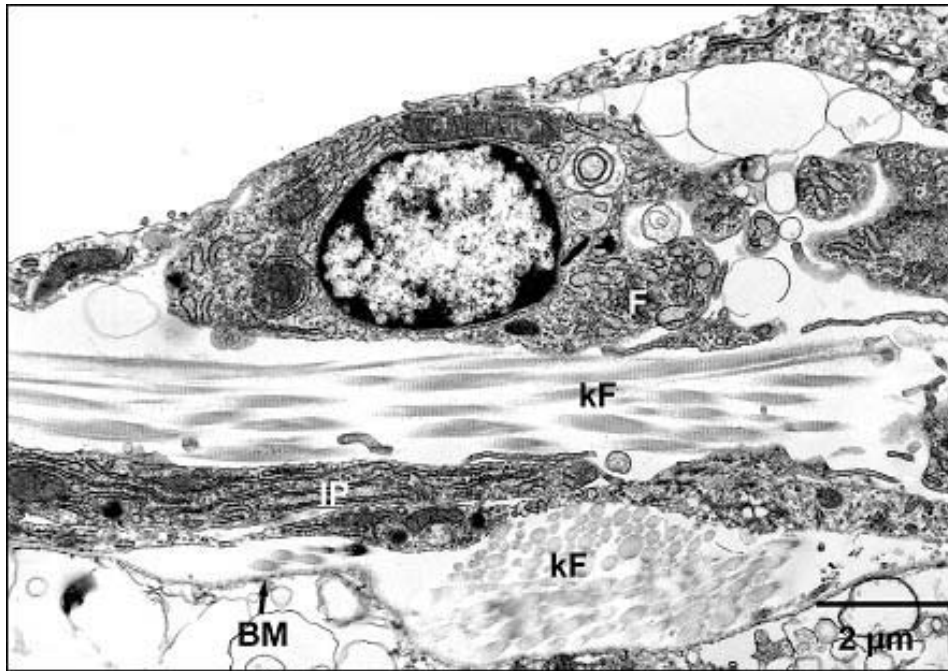


Abb. 3: Grenze Gehirnoberfläche zur Pia mater (TEM).
 BM Basalmembran, kF kollagene Fibrillen, IP Intima piae, F Fibrozyt

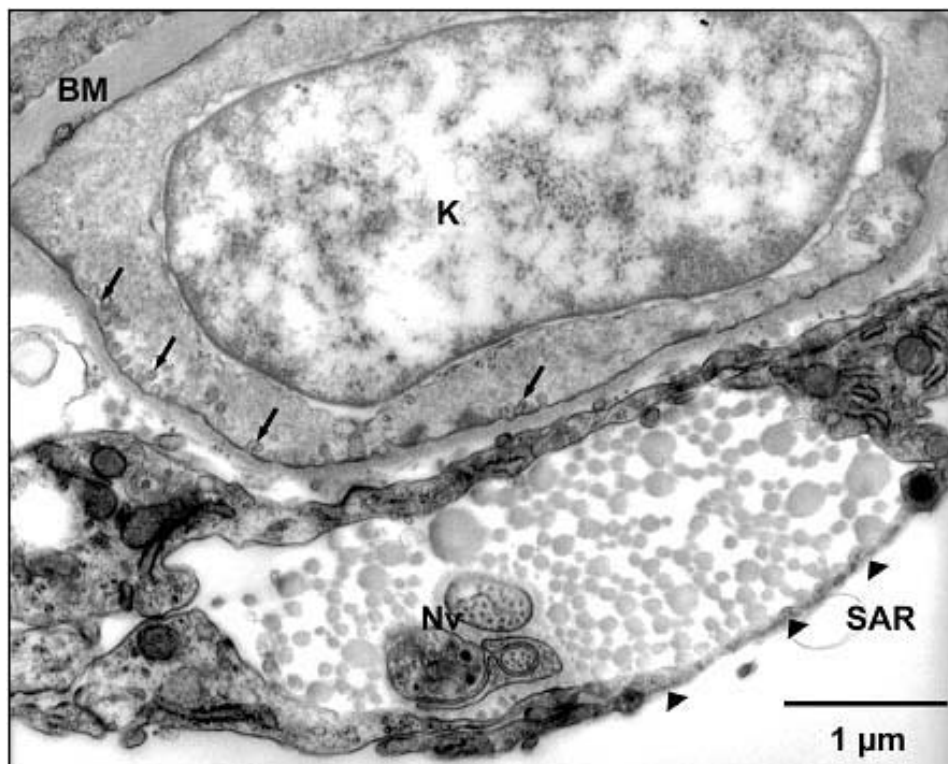


Abb. 4: Pia mater (TEM): Gefäßadventitia mit marklosem Nerven.
 BM Basalmembran, K Kern einer glatten Muskelzelle,
 Nv Nerv, SAR Subarachnoidalraum,
 Pfeile: Membranvesikulationen im Zytoplasma einer glatten Muskelzelle
 der Tunica muscularis.
 Pfeilspitzen: zelluläre Oberfläche am Subarachnoidalraum

4.3.2 Arachnoidea und Cavum subarachnoideale

Die Arachnoidea des Huhns lässt sich in drei Teile untergliedern: Das von Bindegewebsfasern und Zellen durchzogene Cavum subarachnoideale, die retikuläre Arachnoidea und die Arachnoideagrenzschicht. Diese Dreiteilung deutet sich bereits lichtmikroskopisch an (vgl. Abb. 1) und ist in der transmissionselektronenmikroskopischen Übersicht deutlich zu erkennen (Abb. 5).

Das Cavum subarachnoideale folgt durawärts auf die Pia mater und grenzt dabei an den retikulären Arachnoideaabschnitt. Es wird von kollagenen Faserbündeln unterschiedlichen Durchmessers durchzogen, die von Fibrozyten umschlossen werden. Dabei wird das lichtmikroskopische Bild durch die vorherrschenden kollagenen Faserbündel bestimmt.

Im elektronenmikroskopischen Bild wird die enge Beziehung zwischen den kollagenen Faserbündeln und den sie umgebenden Zellen deutlich: Die Fibrozytenfortsätze umschließen die Faserbündel vollständig. Dabei liegen die Zellfortsätze dicht aneinander und überlappen sich so, dass eine kontinuierliche zelluläre Bedeckung der Fasern entsteht. Auf diese Weise kann ein Fibrozyt, bzw. Fibroblast mehrere Faserbündel unterschiedlichen Durchmessers einschließen und es entsteht eine komplette zelluläre Grenze zwischen den Faserbündeln und dem liquorgefüllten Hohlraum. Das elektronenmikroskopische Bild macht deutlich, dass zwischen den Faserbündeln und der umgebenden Zelle keine Basalmembran ausgebildet ist (Abb. 6 u. 7), vielmehr schmiegen sich die Fasern eng an die Zellkontur an. Die fibrillenbedeckenden Fibrozyten besitzen einen euchromatischen Zellkern und ihr Zytoplasma enthält viel raues endoplasmatisches Retikulum. Untereinander stehen sie über *gap junctions* und Desmosomen in Verbindung.

Neben den Fibrozyten findet man häufig einen weiteren Zelltyp im Cavum subarachnoideale. Dieser zeichnet sich durch verzweigte Zellfortsätze aus, die ihm eine amöbenhafte Morphologie verleihen. Sein Zytoplasma enthält zahlreiche primäre und sekundäre Lysosomen. Nach ihrem Erscheinungsbild handelt es sich bei diesen Zellen um sessile Makrophagen (Abb. 7).

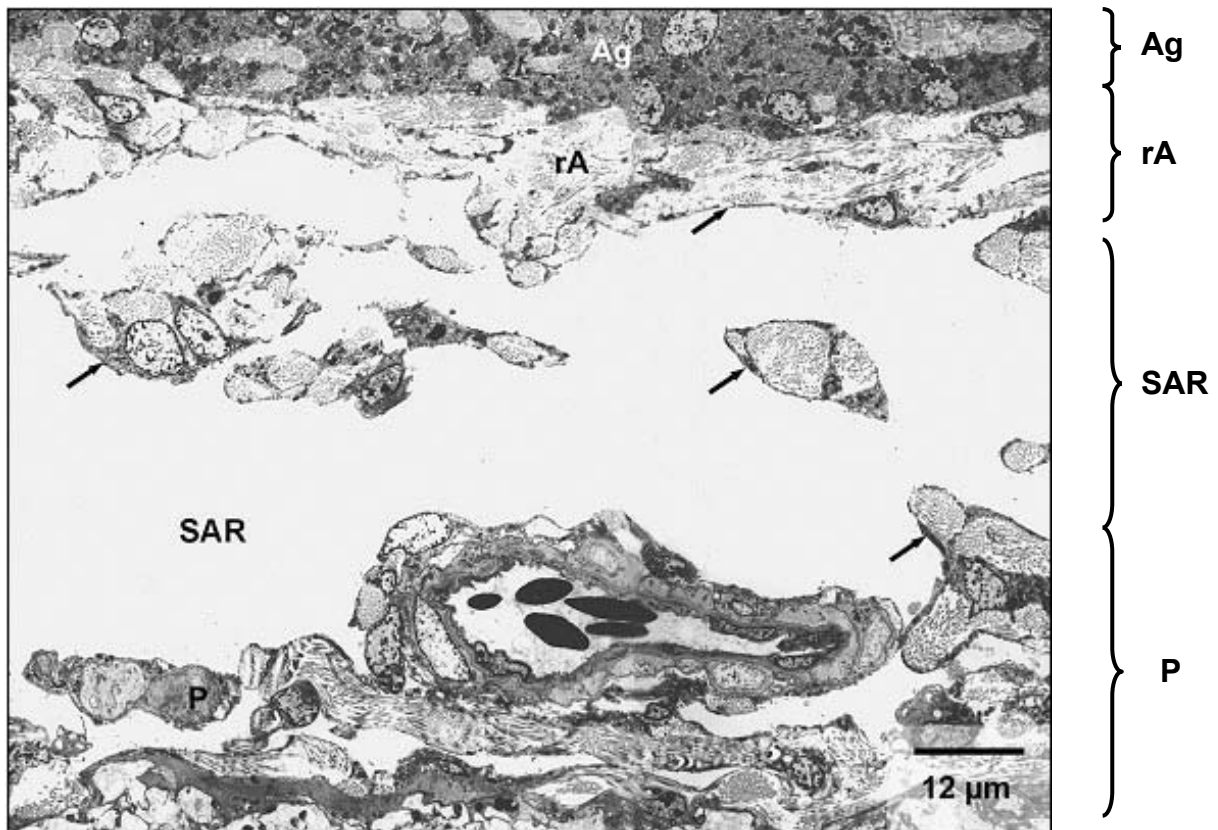


Abb. 5: Übersicht über den Subarachnoidalraum mit seinen Begrenzungen (TEM). P Pia mater mit Gefäßen, SAR Subarachnoidalraum, rA retikuläre Arachnoidea, Ag Arachnoideagrenzschicht, Pfeile: zelluläre Bedeckung der kollagenen Fibrillen und der retikulären Arachnoidea

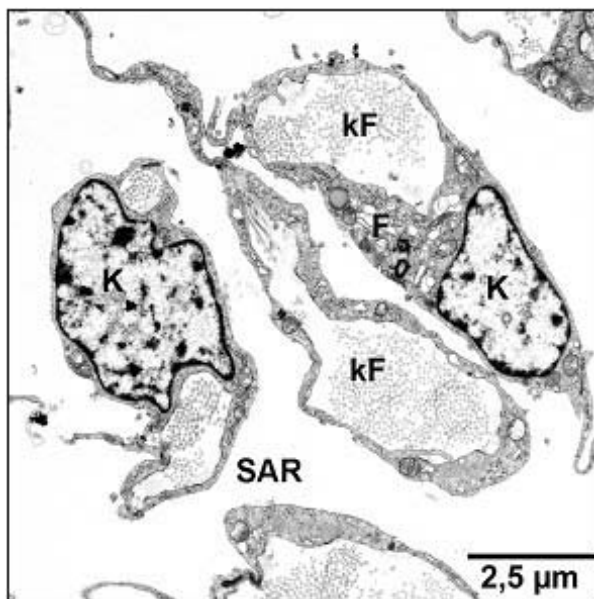


Abb. 6: Subarachnoidalraum (TEM). kF kollagene Fasern, F Fibrozyt, K Kern eines Fibrozyten, SAR Subarachnoidalraum

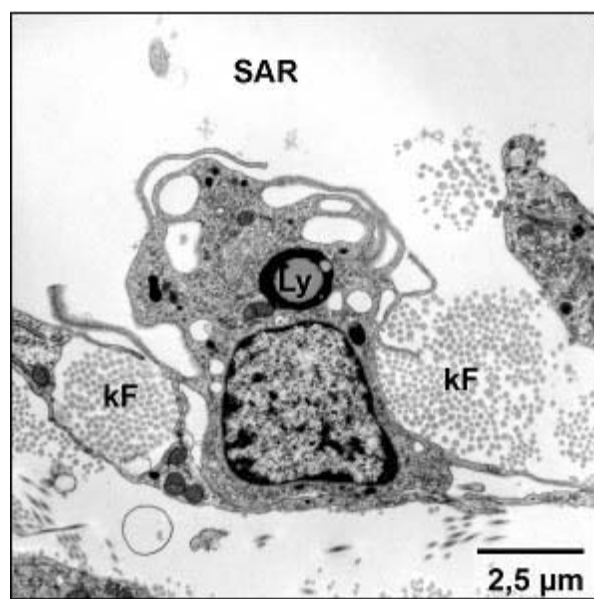


Abb. 7: Subarachnoidalraum (TEM). sessiler Makrophage mit sekundärem Lysosom (Ly), kF kollagene Fasern, SAR Subarachnoidalraum