

Übersichtsreferat / Review Article

**Zur Bedeutung neuerer morphologischer
Untersuchungsmethoden in der Rechtsmedizin ***

E. Böhm

Institut für Rechtsmedizin der Universität Düsseldorf, Moorenstraße 5, D-4000 Düsseldorf,
Bundesrepublik Deutschland

The Significance of the Newer Morphological Methods in Legal Medicine

Summary. This paper reports on the development, technical improvements, and problems occurring in the application of new morphological techniques – mainly electron microscopy (SEM and TEM) – in legal medicine. By means of examples, preparation techniques are explained with regard to the problems involved and artifact interference caused by unsuitable preparations. The increasing automatization of sample preparation and examination and the progress in microelectronics have together brought about a reduction in personnel costs and increased efficiency of the instruments, as well as a reduction in prices. The question of costs is discussed. Anyone using these techniques must have considerable experience.

Key words: Thick sections – Scanning electron microscopy – Transmission electron microscopy – Combined examination and preparation techniques – Preparation techniques

Zusammenfassung. Es wird über Entwicklung, technische Fortschritte und Probleme bei der Anwendung neuerer morphologischer, vor allem elektronenoptischer Untersuchungsmethoden (REM und TEM) in der Rechtsmedizin berichtet. An Beispielen wird erläutert, wie das präparatorische Vorgehen von der Problemstellung abhängig ist, Artefakte durch ungeeignete Präparationen die zu erhebenden Befunde beeinträchtigen bzw. verunmöglichen können. Die zunehmende Automatisierung der Probenvorbereitungs- und Untersuchungsschritte und die Fortschritte der Mikroelektronik können den Personalbedarf herabsetzen, die Effizienz erhöhen, die Gerätepreise senken.

Der Kostenfaktor wird angesprochen.

Auf die entsprechende Erfahrung des Untersuchers kann nicht verzichtet werden.

Schlüsselwörter: Semidünnschnitt-Technik – Transmissionselektronenmikroskopie – Rasterelektronenmikroskopie – Kombinierte Untersuchungstechniken – Präparationstechniken

* Herrn Prof. Dr. med. H. Schweitzer zum 65. Geburtstag gewidmet

Die Einführung durchstrahlungselektronenmikroskopischer (TEM) und raster-elektronenmikroskopischer (REM) Techniken in die Morphologie hat zu einer außerordentlichen Erweiterung lichtmikroskopischer (LM) Befunde geführt, so daß sich in den letzten Jahrzehnten aussichtsreiche Verfahren für die morphologische Analyse rechtsmedizinisch relevanter Befundmuster eröffnet haben.¹ Auf die Anwendung der Elementaranalyse als Technik der physikalischen „Ultrahistochemie“ (topische Zuordnung der Elementkomposition von Oberflächen zu morphologischen Strukturen – z. B. an Schnittpräparaten) wurde bereits bei Einführung der Technik in die Rechtsmedizin (Böhm 1971a; siehe auch Schneider 1979 und Seta et al. 1982) besonders hingewiesen. Die Elementaranalyse hat seitdem vor allem wie auch die rasterelektronenmikroskopische Technik in die kriminalistische bzw. kriminaltechnische Untersuchung Eingang gefunden (Literaturübersicht bei Pfister 1982), während die Anwendung dieser kombinierten Untersuchungstechnik in der Rechtsmedizin keine weite Verbreitung gefunden hat (Literaturübersicht Böhm und Böhm 1983). Auch die Anwendung transmissionselektronenmikroskopischer Techniken ist im Gegensatz zur Situation in der Pathologie (diagnostische Elektronenmikroskopie) in der Rechtsmedizin als allenfalls sporadisch zu bezeichnen.² Dies gilt im wesentlichen auch für die Anwendung der Rasterelektronenmikroskopie in der Pathologie (Literaturübersicht Buss und Hollweg 1980). Die Notwendigkeit einer erweiterten morphologischen Analyse forensisch relevanter Befunde mit elektronenmikroskopischen Techniken ist dem lichtmikroskopisch versierten Untersucher bekannt. Es ergeben sich jedoch eine ganze Reihe von Problemen, von denen die dem Verfasser am wichtigsten erscheinenden hier kurz angesprochen werden sollen. Insbesondere ist darauf hinzuweisen, daß mit der Einführung dieser Techniken auch die Anzahl der Irrtums- und Fehlermöglichkeiten wächst.

Artefaktfrage

Artefakte können bereits durch (vermeidbare und unvermeidbare) postmortale Lagerung der Leiche im Rahmen der Autolyse und Fäulnis auftreten. An Hartsubstanzen, z. B. Knochen (Harsanyi 1979), sind sie ebenso wie fixationsbedingte Artefakte kaum zu befürchten. Sie betreffen insbesondere die intrazellulären ultrastrukturellen Gebilde (Mitochondrien etc.) der parenchymatösen Organe und machen sich bei der feinstrukturellen Untersuchung im TEM besonders störend bemerkbar. Wären diese Prozesse nicht so stark von der Umgebungstemperatur der Leiche abhängig, würden sie geradezu ideale Voraussetzungen für die Erarbeitung einer morphologischen Todeszeitbestimmungsmethode liefern (siehe auch Penttilä et al. 1976; Penttilä und Ohmann 1977). Fehlermöglichkeiten treten bereits bei der Obduktion einer Leiche auf, nicht nur die groben Schäden, die durch Wässerung des Materials (Abspülen mit Leitungswasser)

1 Eine Übersicht über den technischen Stand der apparativen Möglichkeiten wird in der Zeitschrift *Mikroskopie-Elektronenmikroskopie Supplement* Januar 1983 gegeben

2 Einführung der Durchstrahlungselektronenmikroskopie in die Rechtsmedizin mit zahlreichen Arbeiten durch Somogyi und Mitarbeiter in den 60iger Jahren. Zur Bedeutung der Elektronenmikroskopie für die Untersuchung des Herztodes siehe Somogyi et al. (1982)

hervorgerufen werden, sondern auch solche durch die Art der Vorbehandlung (Immersions- oder Perfusionsfixation), die Auswahl des Fixans, dessen Zusammensetzung, die Eigenschaften des Puffers, die Besonderheiten des Ausgangsmaterials und viele zum Zeitpunkt der Obduktion im einzelnen nicht näher überschaubare Momente bedingt sind. Auch im Verlauf der Weiterpräparation und Vorbereitung des Materials sowie der Untersuchung können weitere Artefakte auftreten. Präparationstechniken, die jegliches Material unter allen denkbaren Bedingungen optimal für die Weiteruntersuchung fixieren und stabilisieren, gibt es nach übereinstimmender Meinung überhaupt nicht³ – es kann sie aus theoretischen Gründen auch gar nicht geben. Es muß vielmehr das Ziel der oben angesprochenen Techniken sein, Artefakte überschaubar zu halten, ihre Morphologie genau zu erkennen, die Techniken so zu vereinfachen, zu optimieren und zu standardisieren, so daß die erhaltenen Befunde für forensisch-medizinische Zwecke die erforderliche Vergleichbarkeit untereinander besitzen. Nur für spezielle Probleme kann es zweckmäßig sein, auf eine Fixationsstabilisierung der Probe völlig zu verzichten und lediglich nach Anwendung von Kryoprotectiva eine Kryopräparation mit Nachkontrastierung der mittels Ultramikrotomie erhaltenen Schnitte durchzuführen. Ebenso wie für die Untersuchung tiefgekühlter Objekte im REM wurden hierfür eigene zusätzliche apparative Voraussetzungen und spezielle Methoden entwickelt (z. B. Propan-Jet-Technik), auf die im einzelnen hier nicht eingegangen werden kann. Insgesamt gesehen hat sich die Kryopräparation als Routinetechnik⁴ jedoch wenig durchgesetzt, lediglich Kryobruchtechniken und Kryoätzverfahren werden vor allem in experimentellen Arbeiten häufiger als Techniken zur Eröffnung neuer Oberflächen und zur Darstellung von Zellorganen herangezogen. Die Frage der Herstellung von neuen Oberflächen zur Gewebsuntersuchung haben wir bereits 1972 diskutiert, neuere Mitteilungen liegen von Hamasaki und Murakami (1982) sowie Haggis (1982) vor, Methodisches ist auch bei Rosenbauer und Kegel (1978) aufgeführt.

Grundsätzlich ist hervorzuheben, daß bei sämtlichen operationellen Schritten im Verlauf der Untersuchung Artefakte entstehen können, die allerdings in neuerer Zeit durch zunehmende Bereitstellung und Verbesserung entsprechender Geräte weitgehend vermieden werden können. Es liegt auch im Geschick des Untersuchers und seiner Mitarbeiter, inwieweit die Verfahren so gestaltet werden können, daß Ausmaß und Art der Artefakte (Artefaktlevel) tolerierbar bleiben. Vom Gerätetechnischen her sei in diesem Zusammenhang erwähnt, daß das früher so umständliche und artefaktreiche Kontrastieren von Ultradünnschnitten heute mit einem Färbeautomaten durchgeführt werden kann, zu dem die entsprechenden Reagenzien in gebrauchsfertiger Form geliefert werden. Auch die Bedienung der Elektronenmikroskope, insbesondere auch die Herstellung einer optimalen Strahlgeometrie, wurde so weit automatisiert, daß die Anforderungen an Hilfskräfte immer geringer werden.

Auf einen routinemäßig auftretenden Artefakt der Zelloberflächenstruktur ist ganz besonders hinzuweisen. Es handelt sich um die Darstellung feiner Zelloberflächen, die für die diagnostische Einordnung, z. B. der Blutzellelemente, im

³ siehe Glauert (1980)

⁴ Für die Untersuchung von elektrischen und Schußverletzungen kann sie dagegen günstige Voraussetzungen bieten

REM⁵ von Bedeutung ist. Der Artefakt tritt als Folge der Lufttrocknung auf und kann durch Kritische-Punkt-Trocknung (Critical-Point-Trocknung) oder Kryopräparation vermieden werden. Beide Techniken haben jedoch – wie wir bestätigen können – andere schwerwiegende Nachteile, so daß wir sie nicht generell empfehlen können (siehe auch Rosenbauer und Kegel 1978).

Auf weitere besondere Artefaktquellen sei hier, beispielhaft an zwei vom Verfasser ausführlich untersuchten forensischen Problembereichen bzw. Gewebematerialien dargestellt, hingewiesen.

Material- und Problemorientierung der Präparation

Bei der Untersuchung elektrischer Verletzungen mit Hilfe von Rasterelektronenmikroskopie und Elementaranalyse ist eine spezielle Asservierung der Strommarke unter Vermeidung mechanischer und chemischer Artefakte erforderlich. Der Einsatz von REM und TEM sowie Elementaranalyse erfordert ein differenziertes Programm, wobei die Metallisation beispielsweise sowohl auf der Hautoberfläche (REM) als auch am Gewebsanschnitt (REM und TEM) untersucht und differenziert werden kann (Einzelheiten Böhm 1975). Das präparatorische Vorgehen kann einerseits unter Erhaltung von Gewebe und Metallisation, andererseits unter Fixierung und Stabilisierung der Zellstrukturen, schließlich als dritte Möglichkeit nur unter Erhaltung der Metallisationsform erforderlich werden. Hierzu sind völlig unterschiedliche Präparationstechniken notwendig, da flüssige Fixantien die Metallisation verändern bzw. auflösen können. Die Präzipitation löslicher metallischer Bestandteile durch Sulfidfällung verändert bereits das Primärbild der elektrisch ausgelösten Metallisation. Besonders gravierend wird dieser Effekt durch Anwendung des SSB-Verfahrens unter weiterer Fremdmetallanlagerung (Sulfid-Silber-Bild). Bei Untersuchung in Transmission führen die üblichen Kontrastierungsmittel (erwünschterweise) am Ultradünnschnitt zu einer Einbringung von Fremdkontrasten (Osmiumtetroxyd, Blei- und Uransalze), die das durch die Metallisation hervorgerufene Strukturbild der Strommarke bis zur Unkenntlichkeit verändern können. Diagnostische Wertigkeit der erhaltenen Befunde und präparatorisches Vorgehen sind somit entscheidend abhängig zu machen von der Zielsetzung des jeweiligen elektronenmikroskopischen Untersuchungsganges. Sie sind auch im speziellen abhängig von der jeweiligen Probenbeschaffenheit, z. B. bei der Strommarke von deren Größe, sofern das zur Verfügung stehende Material aufgeteilt und in separaten Untersuchungsgängen unterschiedlich aufgearbeitet werden muß. Es besteht allerdings auch die Möglichkeit, dasselbe Material für die Durchstrahlungselektronenmikroskopie sowie für die Rasterelektronenmikroskopie entsprechend zu präparieren. Hierzu sind jedoch spezielle Vorkehrungen erforderlich.⁶

Die besondere Bedeutung der Erfassung thrombembolischer und hämostatischer Prozesse mit dem REM haben wir in zahlreichen Publikationen herausgearbeitet (Böhm und Tschomakow 1972, 1973a, b; Böhm 1978, 1979; Böhm und

5 Polliak (1977)

6 Eine spezielle Nachpräparation von histologischen Schnitten für das TEM wird von Rossner (1971) beschrieben

Hochkirchen 1983). Es kann nach Meinung des Verfassers als gesicherte morphologische Erkenntnis angesehen werden, daß die Vitalität einer Gerinnselstruktur aufgrund deren Gesamtkomposition in geeigneten Fällen licht-, raster- und transmissionselektronenmikroskopisch mit ausreichender Zuverlässigkeit erfaßt werden kann. Es haben sich jedoch auch präparatorische Probleme ergeben, die zu Fehldeutungen Anlaß geben könnten. Wir haben deshalb für die Gefäßpräparation entsprechende Verfahren erprobt, die sich auch in dem Rahmen einer rechtsmedizinischen Obduktion einbauen lassen (Böhm 1982, 1983 a, b). Die Perfusionsfixation in situ nach vorheriger Spülung erwies sich dabei als Methode der Wahl. Die Ausformung des Oberflächenreliefs der Gefäße von Aorta, Coronararterien und Lebersinusoiden in Abhängigkeit vom Perfusionsdruck bei der Fixation und die bei Immersionsfixation auftretenden Artefakte sind durch zahlreiche experimentelle Untersuchungen literaturmäßig belegt.⁷ Wie wir kürzlich bei der Säuglingslunge (Wessig und Böhm 1983) dargelegt haben, gibt es jedoch für die Lungengefäße keine Technik, die allen Anforderungen optimal gerecht wird.⁸ Perfundiert man über rechtes Herz bzw. Pulmonalarterien, so können einerseits für die Beurteilung wichtige zelluläre Elemente des Blutes ausgespült, andererseits durch Zellaggregate verlegte Kapillargebiete von der Perfusionsfixation nur unvollständig erfaßt werden. In Abweichung von den übrigen Körperorganen kann es bei der Lunge sinnvoll sein, anstelle der Perfusion eine transthorakale Injektionsfixation (modifiziertes Verfahren nach Bachofen et al. 1975) durchzuführen. Die Injektionstechnik erscheint auch unter Berücksichtigung der rechtlichen Situation im frühpostmortalen Zeitraum unter bestimmten Voraussetzungen empfehlenswert.

Als gesicherte Erkenntnis ist festzuhalten, daß die Perfusionsfixation von Organen im allgemeinen eine rasche Unterbrechung der autolytischen Prozesse herbeiführt und gerade aus diesem Grund von besonderer forensischer Bedeutung ist. Im Rahmen einer derartigen – auch als Ganzkörperperfusion durchführbaren – Technik haben wir besondere Verletzungsmuster (Halsorgane, Böhm und Hübner 1983) sowie Störungen der Mikrozirkulation im Rahmen vaskulärer Prozesse (Infarkt etc.) lokalisatorisch zu erfassen versucht. Weitere differenzierte Untersuchungen unter Anwendung der Röntgenmikroradiographie sind Gegenstand laufender Dissertationsarbeiten. Neben der Ausdehnung von Gebieten mit entsprechend gestörter Mikrozirkulation erscheint uns deren nähere morphologische Analyse in den Übergangszonen (Rand) nicht nur von rechtsmedizinischer Bedeutung.

Das präparatorische Vorgehen ist material- und problemorientiert auf die jeweilige Zielprojektion der Untersuchung zu beziehen. So kann die Feststellung von Formationsdichte-Komposition und partikulärer Substruktur elektrischer Metallisationen, wie oben angesprochen, eine ganz andere Untersuchungstechnik (Abb. 1) erforderlich machen als die Darstellung von Gefäßschäden. Eine ganz ähnliche Problematik ist auch die Untersuchung partikulärer Schmauchresiduen der Schußhand, wie das methodische Vorgehen in der Kriminaltechnik gezeigt hat. Eine besondere Bedeutung kommt forensich-medizi-

7 Übersicht bei Hollweg und Buss (1980)

8 Dies gilt auch hinsichtlich der von Brinkmann et al. angewandten pertrachealen Instillation von Fixierungsflüssigkeit

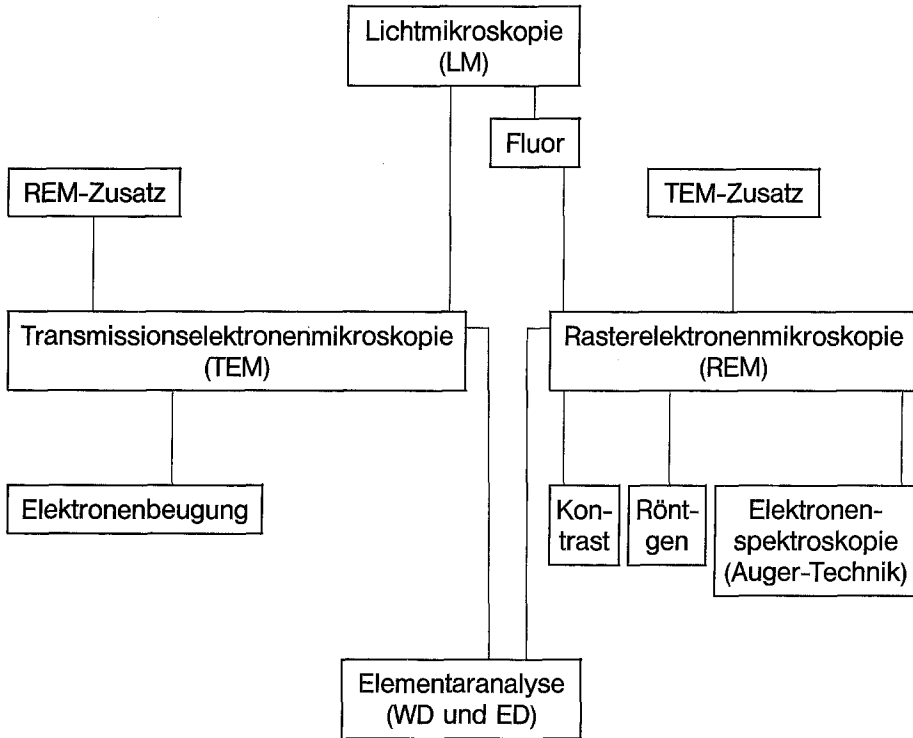


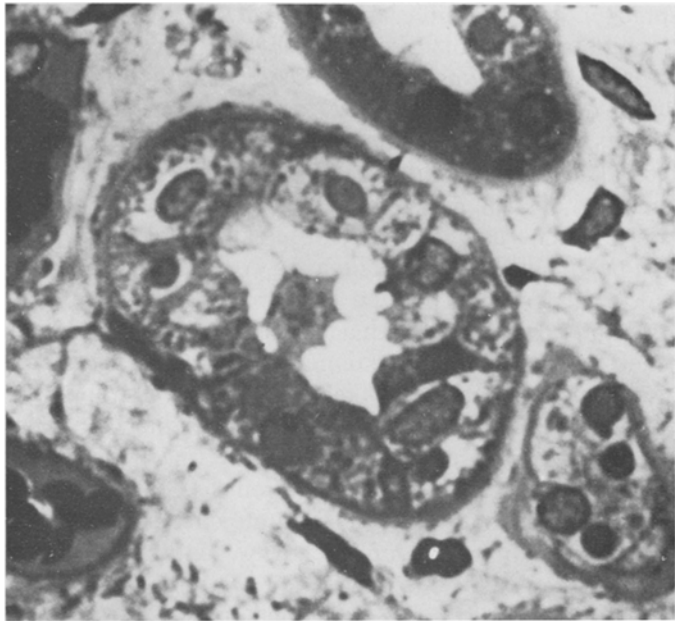
Abb. 1. Untersuchungstechniken mittels Kombination von Lichtmikroskopie, Transmissionselektronenmikroskopie und Rasterelektronenmikroskopie zur morphologischen Bildanalyse, Elementaranalyse und Materialcharakterisierung. Fluor = Fluoreszenzeinrichtung für lichtmikroskopische Untersuchungen im REM. Kontrast = Elektronische Einheiten zur Differenzierung des Materialkontrasts bzw. Elementkontrasts in der Probe; Festkörperdetektoren-paar, Probenstromverstärkung etc. Röntgen = Zusatzmodul zur höchstauflösenden Röntgenmikroradiographie. WD = Wellenlängendispersives System, ED = Energiedispersives System der Elementaranalyse

nisch der Befundkomposition über größere Gewebsbezirke zu. Hierzu hat sich vor allem die Rasterelektronenmikroskopie bewährt, worauf Sotony und Somogyi (1976) und Somogyi und Sotony (1977) besonders hingewiesen haben.

Neuere Entwicklungen

Die Notwendigkeit zur Untersuchung nicht nur von Einzelzellen und deren Substruktur, sondern größerer Zellformationen in Übersicht sowie der interzellulären Matrixmorphologie wurde auch bei der technischen Neukonzeption der diagnostischen Elektronenmikroskope in den letzten Jahren berücksichtigt (Optimierung der Abbildungsparameter an niedrigen Vergrößerungen). Während der ausgesprochenen Hochauflösung im Transmissionselektronenmikroskop für forensisch-medizinische Untersuchungen keine entscheidende Bedeutung zukommt, scheint es sich bei der von Tanaka und Naguro (1981) durch ent-

LM



EM

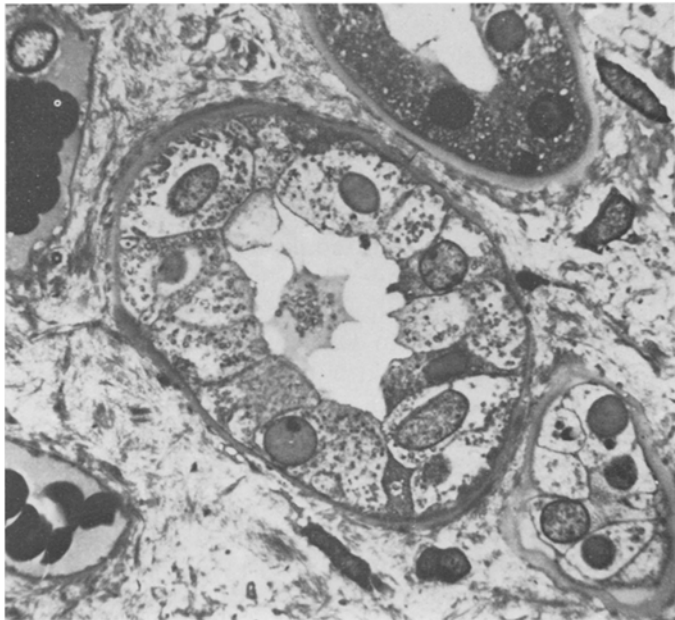


Abb. 2. Korrespondierende Befunde identischer Schnitte und Präparatstellen im integrierten Licht- und Elektronenmikroskop (LEM 2000). Vergr.: 128 \times (Niere). LM = lichtmikroskopisches Bild, EM = durchstrahlungselektronenmikroskopische Abbildung. Schnittdicke ca. 0,3 μ m. Gute Übereinstimmung zwischen der Kontrastierung durch die Färbung im LM und die Schwermetallkontrastierung im EM. Für die Unterstützung bei der Beschaffung der Bilder sind wir der Fa. LEITZ-ISI zu Dank verpflichtet

sprechende Präparationstechniken nutzbar gemachten Hochauflösung im REM um eine rechtsmedizinisch aussichtsreiche Technik zu handeln.

Eine Erweiterung konventioneller lichtmikroskopischer Befunde hat sich durch die Semidünnschnitt-Technik ergeben, worauf kürzlich vor allem die Arbeitsgruppe um Brinkmann hingewiesen hat (Literatur Brinkmann et al. 1983). Die Untersuchungsmöglichkeiten rechtsmedizinischen Materials wurden auch von einer neuen Gerätekonzeption, nämlich der Entwicklung eines integrierten Licht- und Transmissionselektronenmikroskopes (LEM 2000 der Fa. ISI) begünstigt. Die Untersuchung von 80 nm dünnen Schnitten von 5 : 5 mm Blöckchen ergibt licht- und elektronendurchlässige Präparate, die außerdem vom optischen Teil der Anlage vollautomatisch in den elektronenmikroskopischen transferiert werden können, wobei die Positionierung der lichtmikroskopisch voruntersuchten Objektstelle im Elektronenmikroskop automatisch erfolgt. Ein Beispiel hierfür ist in der Abbildung 2 zu sehen. Die lichtmikroskopische Vorbefundung kann bei Vergrößerungen von 50- bis 500fach erfolgen. So läßt sich bei dieser Gerätekombination das Gewebematerial von einem Größenordnungsbereich an vergleichend untersuchen, der dem der Rasterelektronenmikroskopie entspricht und einer der wesentlichsten Gründe für ihre rasche Verbreitung gewesen sein dürfte. Die Untersuchung von Gewebsschnitten in Durchstrahlung ist prinzipiell auch im REM möglich (*Rastertransmissionselektronenmikroskopie*). Derzeit ist dieses Verfahren jedoch noch nicht so weit ausgereift, daß dadurch die konventionelle Durchstrahlungselektronenmikroskopie im mittleren Auflösungsbereich ersetzt werden könnte.

Schlußbetrachtungen — Ausblick

Der entscheidende Gesichtspunkt für die weitere Nutzung elektronenmikroskopischer Techniken in der Rechtsmedizin scheint jedoch finanzieller Art zu sein. Vom Technischen her werden die Geräte servicefreundlicher, weniger störanfälliger, einfacher in der Bedienung (Prozeßautomatisierung). Durch die Fortschritte der Mikroelektronik sind die Preise z. B. im rasterelektronischen Bereich teilweise erheblich gesunken.

Die Erleichterung der Präparations- und Untersuchungstechniken ermöglicht eine Einsparung von Personal und die Beschäftigung weniger qualifizierter Kräfte.

Während beispielsweise in den ersten Jahrzehnten nach Einführung der Transmissionselektronenmikroskopie die Geräte meist von einem Physiker betrieben wurden, können heute die Routinearbeiten auch mit dem TEM und REM von technischen Assistentinnen nach Einarbeitung mit guten Ergebnissen bewältigt werden. Auf die fortlaufende Kontrolle aller präparationstechnischen Prozesse durch den „Untersucher“, der entsprechende Befunde dann auswerten und forensisch vertreten muß, kann jedoch ebensowenig verzichtet werden wie auf dessen eigene ausreichende Erfahrung, gewonnen durch eigene elektronenmikroskopische Präparationstätigkeit. Eine Erleichterung der Selbstkontrolle des Untersuchers wie der Lehrtätigkeit und der forensischen Demonstration elektronenmikroskopischer Befunde und Befundmuster bietet die Videotech-

nik. Sie erlaubt es auch, ein sehr umfangreiches Material für wissenschaftliche Auswertungen zu speichern und beliebig abzurufen.

Die technischen Voraussetzungen für eine Erweiterung konventioneller morphologischer Befundmuster durch elektronenmikroskopische Methodik sind somit derzeit als ausgesprochen günstig zu betrachten. Neben den erforderlichen Mitteln fehlt bedauerlicherweise manchmal die Einsicht in deren Notwendigkeit.

Literatur

- Bachofen M, Weibel E, Roos B (1975) Postmortem fixation of human lungs for electron microscopy. *Am Rev Resp Dis* 111 : 247-256
- Böhm E (1971a) Die Anwendung des Rasterelektronenmikroskops in der Rechtsmedizin. *Beitr Gerichtl Med* 28 : 121-135
- Böhm E (1971b) Application of the SEM in forensic medicine. *Scan Electron Microsc* 553-560
- Böhm E (1972) Spezielle Entnahme-, Präparations- und Untersuchungstechniken für die Anwendung der Rasterelektronenmikroskopie in der forensischen Medizin. *Beitr Gerichtl Med* 29 : 228-258
- Böhm E (1975) Zum Nachweis des Stromtodes. *Beitr Gerichtl Med* 33 : 154-159
- Böhm E (1978) Der Nachweis der frühen lokalen Vitalreaktion durch Kombination morphologischer Untersuchungsmethoden. *Z Rechtsmed* 81 : 191-206
- Böhm E (1979) Zum morphologischen Nachweis der frühen lokalen Vitalreaktion mit kombinierter Untersuchungstechnik. *Beitr Gerichtl Med* 37 : 127-139
- Böhm E (1982) Perfusionstechniken im Rahmen rechtsmedizinischer Obduktionen. XII. *Kongr Int Ak Ger Soz Med Proceedings*, vol 1, pp 451-455
- Böhm E (1983a) A preparative technique for morphological analysis of the vessels in head and neck for medico-legal examination. *Scan Electron Microsc* (im Druck)
- Böhm E (1983b) Ergebnisse postmortaler Organ- und Gewebsperfusionen. *Beitr Gerichtl Med* 41 : 449-458
- Böhm E, Böhm I (1983) Bibliography of scanning electron microscopy application in forensic medicine. *Scan Electron Microsc* 305-309
- Böhm E, Hochkirchen KH (1983) Zur Ultrastruktur vitaler, postmortaler und autolyserter Gerinnsel. *Forensic Sci Int* 21 : 117-127
- Böhm E, Hübner F (1983) Mikroradiographische Befunde beim Erhängungstod. *Beitr Gerichtl Med* 41 : 465-473
- Böhm E, Tschomakov M (1972) Ein Sekundenphänomen der vitalen Reaktion, demonstriert an Stichverletzungen von Arterien. *Z Rechtsmed* 71 : 235-242
- Böhm E, Tschomakov M (1973a) Frühe Merkmale einer vitalen Reaktion — Untersuchungen an Schnittverletzungen der Rattenhaut. *Z Rechtsmed* 72 : 111-118
- Böhm E, Tschomakov M (1973b) Ein Sekundenphänomen der vitalen Reaktion. *Beitr Gerichtl Med* 31 : 221-229
- Brinkmann B, Fechner G, Püschel K (1983) Zur Lungenhistologie bei experimentellem Ertrinken. *Z Rechtsmed* 89 : 267-277
- Buss H, Hollweg HG (1980) Application of SEM to diagnostic pathology. *Scan Electron Microsc* 139
- Glauert AM (1980) Fixation; dehydration and embedding of biological specimens. North-Holland, Amsterdam New York Oxford
- Haggis GH (1982) Contribution of scanning electron microscopy to viewing internal cell structure. *Scan Electron Microsc* 751-763
- Hamasaki M, Murakami M (1982) Application of physical, chemical-enzymatic, and combined methods for scanning electron microscopic study of internal cell-surfaces within rat testes. *Scan Electron Microsc* 1325-1332

- Harsanyi L (1979) Knochenschäden durch elektrothermische Wirkung und Laserstrahlen, *Kriminalistik Forens Wiss* 35 : 31-38
- Hollweg HG, Buss H (1980) Problems with the preparation of blood vessels for SEM— A critical review. *Scanning* 3 : 3
- Penttilä A, Sumuvuori H, Ohman J (1976) Postmortem and in vitro changes of human red blood cells. II. SEM studies. *Proc 6th Scand Meeting in Forensic Medicine, Helsinki*, pp 218-226
- Penttilä A, Ohman J (1977) Transformation of rat blood cells postmortem. A SEM study. *Zacchia* 52 : 451-466
- Pfister R (1982) The use of scanning electron microscope and associated techniques in forensic sciences (a bibliographic update). *Scan Electron Microsc* 1037-1042
- Polliak A (1977) Normal, transformed and leukemic leukocytes. Springer, Berlin Heidelberg New York
- Rosenbauer KA, Kegel BH (1978) Rasterelektronenmikroskopische Technik. Präparationsverfahren in Medizin und Biologie. Thieme, Stuttgart
- Rossner JA (1971) Morphologische Untersuchungen im Licht- und Elektronenmikroskop mit der kontinuierlichen morphologischen Untersuchungstechnik (KMU-Technik). *Verh Dtsch Ges Pathol* 55 : 824
- Sato H, Miyasaka S, Yoshino M, Seta S (1982) Morphological comparison of the cross section of the human and animal hair shafts. *Scan Electron Microsc* 115-126
- Seta S, Sato H, Yoshino M, Miyasaka, S (1982) SEM/EDX Analysis of inorganic elements in human scalp hairs with special reference of the variation with different locations on the head. *Scan Electron Microsc* 127-140
- Schneider V (1979) Über den Wert der Röntgenmikroanalyse in Todesermittlungsverfahren (Gerichtliche Leichenöffnungen). *BEDO* 12/1 : 77
- Somogyi E, Sotonyi P (1977) On the possibilities of application of SEM in the forensic medicine. *Z Rechtsmed* 80 : 205-219
- Somogyi E, Sotonyi P, Balogh I, Sreter F (1982) Diagnostic electron microscopy and biochemistry of human post-mortem sudden death cardiac biopsy. *Proceedings XII. Kongr Int Acad Forensic Sci, Wien*, p 17
- Sotonyi P, Somogyi E (1976) Application of scanning electron microscopy in the medico-legal practice. *Morphol Igazsagugyi Orv SZ* 16 : 93-99
- Tanaka K, Naguro T (1981) High resolution scanning electron microscopy of cell organelles by a new specimen preparation method. *Biomed Res [Suppl]* 2 : 63-70
- Wessig E, Böhm E (1983) Kombinierte morphologische Untersuchungen der Säuglingslunge beim „SIDS“. *Beitr Gerichtl Med* 41 : 23-30

Eingegangen am 14. Oktober 1983