

Polarisierbarkeit des nicht geladenen bzw. des elektrisch geladenen Fadenelementes ab, die Depolarisation des Streulichtes ausserdem noch vom Absolutwert der Polarisierbarkeit des Fadenelementes. Der Vergleich mit der Erfahrung zeigt, und zwar übereinstimmend auf Grund des Betrages der Strömungsdoppelbrechung und auf Grund der Depolarisation des Streulichtes, dass der Übergang vom nicht geladenen zum geladenen Faden trotz der geometrischen Streckung eine starke Erniedrigung der optischen Anisotropie des Fadenelementes zur Folge hat.

Physikalisch-Chemische Anstalt der Universität Basel¹⁾.

264. Neue Zellsätze für Elektrophorese-Messungen und kleinpräparative Elektrophorese-Versuche

6. Mitteilung über Elektrophorese²⁾

von E. Wiedemann.

(14. X. 48.)

Im Laufe zahlreicher Elektrophorese-Messungen, über die an anderer Stelle berichtet wird³⁾, haben wir auf Grund theoretischer und praktischer Überlegungen die von *A. Tiselius*⁴⁾, *L. G. Longsworth*⁵⁾ und *H. Svensson*⁶⁾ angegebenen Zellsätze verschiedentlich modifiziert. Da sich diese Modifikationen bewährt haben und mit weniger Arbeitsaufwand als bisher sowohl die Ausführung exakter Messungen als auch präparativer Trennungen erleichtern, sei im folgenden darüber berichtet.

Der von *A. Tiselius*⁴⁾ eingeführte rechteckige Querschnitt der Zellen-Mittelteile, sowie ihr Aufbau aus planparallelen optischen Gläsern guter chemischer Beständigkeit wurden nicht nur im Falle der analytischen Zellen beibehalten, sondern auch für eine neue präparative Zelle eingeführt. Da von den verschiedenen Zellenformen die von *L. G. Longsworth*⁵⁾ zuerst angegebene „hohe“ Form mit nur

¹⁾ Die gegenwärtige Adresse von *A. Katchalsky* ist: *Weizmann Institute of Science*, Rehovoth. Die endgültige Fassung des vorliegenden Manuskripts musste in seiner Abwesenheit fertiggestellt werden.

²⁾ 5. Mitteilung vgl. *Helv.* **31**, 40 (1947).

³⁾ Vgl. z. B. *Rev. d'Hématologie* (Paris) 1947, im Druck.

⁴⁾ *A. Tiselius*, *Koll. Z.* **85**, 129 (1938).

⁵⁾ *L. G. Longsworth*, *Chem. Rev.* **30**, 323 (1942).

⁶⁾ *H. Svensson*, *Ark. Kem.* **22**, A, No. 10, 1 (1946).

einem Zellen-Mittelteil die rationellste ist, weil sie für ein gegebenes Volumen Untersuchungslösung die bestmögliche Auflösung erzielen lässt, wurde dieser Form durchwegs der Vorzug gegeben. Dagegen wurden die Bodenteile aller unserer Zellen gegenüber den Vorbildern geändert und durch strömungstechnisch und thermisch günstigere Stücke mit halbrundem Querschnitt ersetzt. Die Zellen-Oberteile erhielten durchwegs weite, senkrechte Ansätze; dadurch wird eine leichte Reinigung auch der nicht auseinander genommenen Zellen ermöglicht.

Es ist bekannt, dass die Verwendung von Gummi-Verbindungen zwischen den Zellen und den Elektrodengefäßen sehr leicht zu verschiedenen Störungen Anlass bietet; Kriechstromverluste, kleine Undichtigkeiten und merkliche Niveauverschiebungen in der Zelle bei ungewollten kleinen Verschiebungen der Zellen- und Elektrodengefäß-Halter gegeneinander sind in diesem Falle nur bei sehr sorgfältigem Arbeiten zu vermeiden. Wir haben deshalb alle unsere neuen Zellsätze nach dem Prinzip der Ganz-Schliff-Apparaturen gebaut. Die Verbindungsrohre zwischen Zellsatz und Elektrodengefäßen wurden an die letzteren angeschmolzen und mit den Zellenoberteilen durch (aufrecht stehende) Normalschliffe verbunden¹⁾. Derartige Ganz-Schliff-Apparaturen bringen eine Reihe von Vorteilen: Anstelle dreier Halter kann und darf nur noch einer Verwendung finden, der das Ganze trägt. Das Ansetzen der Versuche, das Einsetzen der Zellsätze in den Thermostaten und ihr Zentrieren darin wird erleichtert. Störungen der Versuche durch Undichtigkeiten oder durch ein Verschieben von Haltern gegeneinander sind ausgeschaltet und die Kriechstromverluste werden auf ein Minimum reduziert²⁾.

Für beide Elektrodengefäße haben wir auf Grund zahlreicher Versuche eine neue, gleiche Form gewählt. Nachdem *L. G. Longworth*³⁾ den Vorteil geschlossener Elektrodengefäße dargelegt und gezeigt hatte, dass die Verwendung „hoher“, dreiteiliger Zellen ihre Anwendung erfordert, haben sich geschlossene Elektrodengefäße allgemein eingeführt⁴⁾⁵⁾. Ihr Vorteil war aber zunächst nicht voll ausgenützt worden; Nachteile, wie ein zu tiefer Ansatz der Verbindungsrohre oder Schwierigkeiten sie zu reinigen, blieben noch bestehen. Wir haben deshalb die Ansatzrohre über einen (weiteren) Normalschliff verlegt. Damit bestehen die eigentlichen Elektrodengefäße nur noch aus einem mit Normalschliff versehenen Becher, dessen Kappe sowohl das Verbindungsrohr zum Zellenoberteil, als auch die auf ein passend langes Glasrohr aufgesetzte Silber-Elektrode grosser Oberfläche trägt. Dieses Glasrohr enthält eine sorgfältig abgedichtete Stromzuführung und ist zugleich als verschliessbares

¹⁾ Man dichtet diese Schliffe, da sie normalerweise nicht gedreht werden können, am besten mittels einiger Tropfen Paraffinöl.

²⁾ Der verschiedentlich gemessene Kriechstromverlust beträgt bei geschlossener Zelle und einer Elektrodenspannung von 450 V etwa 0,25 mA. Bei einer Versuchsspannung von 360 V und einer Versuchsstromstärke von 25 mA wird er also auf ungefähr 0,002 mA oder etwa 0,001% absinken.

³⁾ *L. G. Longworth*, Chem. Rev. **30**, 323 (1942).

⁴⁾ *H. Svensson*, Ark. Kem. **22**, A, No. 10, 1 (1946).

⁵⁾ Vgl. auch *E. Wiedemann*, Exper. **3**, 341 (1947).

Steigrohr durchgebildet, um die Elektroden umschichten zu können. Ferner besitzen die Kappen an ihrem höchsten Punkt eine verschliessbare Entlüftung. Diese Ausführung, die nun bei allen unseren Zellsätzen prinzipiell gleich gehalten ist und zunächst etwas kompliziert erscheinen mag, bietet die folgenden Vorteile:

a) Die Elektrodengefässe bzw. ihre Kappen sind vertauschbar. Man kann also die Elektroden alternierend als Anode und Kathode benützen, was sich im Hinblick auf ihre gleichmässige Abnützung empfiehlt. Bei präparativen Versuchen ersetzt eine entsprechende Arbeitsweise erheblich kompliziertere Anordnungen (vgl. später).

b) Die Elektrodengefässe können sowohl offen, wie geschlossen benützt werden, je nach Stellung des Entlüftungshahns (zumeist wird mit anodenseitig geschlossenem Gefäss gearbeitet). Sie gestatten ferner eine beliebige, äusserst subtile Verschiebung insbesondere der Anfangsgradienten, indem lediglich auf den einen oder anderen Entlüftungshahn ein zu einer Kapillare ausgezogenes Glasrohr als Luftbremse gesetzt wird und die Grenzflächen durch einen kleinen hydrostatischen Überdruck im gegenüberliegenden Steigrohr bewegt werden. Damit dieser Überdruck passend klein gehalten werden kann, ist ein (sonst nicht erforderlicher) Druckausgleich zwischen den Elektrodengefässen vorgesehen worden.

c) Unter gewissen Voraussetzungen (Schliessen des ganz mit Flüssigkeit gefüllten gegenüberliegenden Elektrodengefässes) ist es möglich, während eines Versuches die Elektrodenflüssigkeiten zu wechseln. Dies kann bei Versuchen besonders langer Dauer erwünscht sein.

d) Irgendwelche Kompensationseinrichtungen (Verdrängungszylinder und dgl.) zum Verschieben von Grenzflächen während der Versuche sind überflüssig, weil nach b) jederzeit ein beliebiges Verschieben der Gradienten möglich ist.

In den Haltern unserer Zellsätze sind die Glaszellen unten zwischen Anschlägen beweglich, während sie oben innerhalb eines gefederten, mit Ausschnitten versehenen Deckels erheblich präziser und sicherer als bisher geführt werden. Die Verschiebung der Zellenmittelteile (z. B. zum Öffnen bei Beginn eines Versuches) erfolgt nicht mehr pneumatisch¹⁾, oder mechanisch²⁾, sondern hydraulisch; in dem weichen, stossfreien und unelastischen Gang einer solchen Einrichtung erblicken wir einen erheblichen Vorteil besonders im Hinblick auf die Erzeugung sehr scharfer Anfangsgradienten.

Spezielle Elektrodengefäss-Halter sind durchwegs weggefallen; an ihre Stelle ist je ein Haltering am Zellenhalter getreten, der die Elektrodengefässe trägt. Auf diese Weise bildet der komplette Zellsatz — auch bei der Einrichtung für präparative Versuche — ein stabiles Ganzes, das leicht manipuliert werden kann. Einmal richtig verpasst, sind Beschädigungen der Glasteile und Versuchsstörungen durch unbeabsichtigtes Verschieben derselben so gut wie ausgeschlossen.

Die für die meist gebräuchlichen Abbildungsverfahren von Brechungsindexgradienten erforderlichen Blenden befinden sich neuerdings unmittelbar vor den Zellen-Mittelteilen. Sie enthalten keinen beweglichen Teil, da es nicht zweckmässig ist, die Zellenhalter während eines Versuches mehr als unbedingt erforderlich zu berühren. Eine partielle Abdunkelung der Blendenschlitze wird vielmehr durch einen schwenkbaren Blechstreifen ausserhalb des Thermostaten bewerkstelligt.

Die bisher erwähnten Überlegungen sind zuerst in einem sogenannten Standard-Zellsatz verwirklicht worden, wie er in Fig. 1 wiedergegeben ist. Das Zellen-Mittelteil dieses Satzes weist die von A. Tiselius¹⁾ eingeführten Dimensionen auf und ist bei einem Querschnitt von je 3×25 mm 92 mm hoch; die nutzbare Bildhöhe beträgt 84 mm. Für eine solche Zelle werden 12 cm³ einer etwa 1–2-proz. Untersuchungslösung benötigt. Zum Füllen der Elektrodengefässe und der übrigen, nicht mit Untersuchungslösung beschickten Glasteile genügen 1,5 Liter Pufferlösung. Der Wirkungsgrad dieser Zelle

¹⁾ A. Tiselius, Koll. Z. **85**, 129 (1938).

²⁾ L. G. Longworth, Chem. Rev. **30**, 323 (1942).

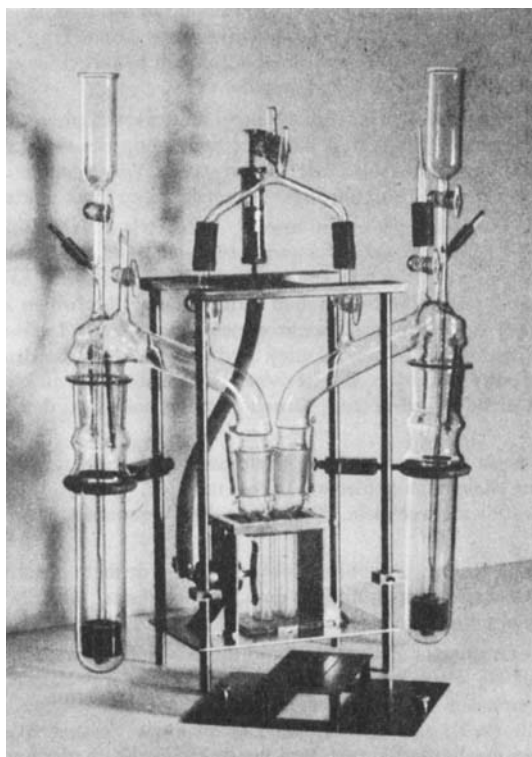


Fig. 1.

Standard-Zelle, hohe Form, mit Elektrodengefäßen in gemeinsamem Halter. Davor die (abgenommene) Blende.

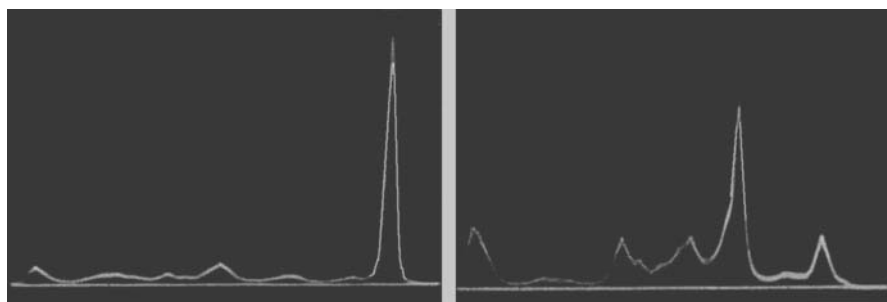


Fig. 2.

a) Normales humanes Plasma, rising boundaries, aufgenommen unter Verwendung der in Fig. 1 wiedergegebenen, hohen Standard-Zelle.

b) Pathologisches humanes Plasma (schwerer Nephrose-Fall), rising boundaries, aufgenommen unter Verwendung der in Fig. 1 wiedergegebenen, hohen Standard-Zelle.

beträgt reichlich 75%, d. h. bei homogener Beschickung entfallen mehr als $\frac{3}{4}$ des gesamten Spannungsabfalls auf das Zellen-Mittel- und Unterteil. Die mit dieser Zelle erzielbare Auflösung ist in den allermeisten Fällen ausreichend. Dies sei durch die beiden nachfolgenden Aufnahmen humaner Plasmen illustriert, Aufnahmen, die auch feinere Einzelheiten gut erkennen lassen.

Da bei manchen Elektrophorese-Untersuchungen ein Aufwand von ca. 12 cm³ Untersuchungslösung bzw. ca. 150 mg Substanz für eine Analyse noch als zu gross erscheint, hat es nicht an Versuchen gefehlt, mit kleineren Mengen auszukommen. Es sei in diesem Zusammenhang nur an die Plasma-Untersuchung einzelner, kleiner Laboratoriums-Säugetiere oder an die Liquor-Analyse beim Menschen erinnert, wobei unbedingt mit weniger Material auszukommen ist. Aus solchen Gründen ist schon frühzeitig von A. Tiselius¹⁾ eine vierteilige Mikro-Elektrophorese-Zelle angegeben worden, deren Auflösungsvermögen aber begrenzt ist. In der Folge hat H. A. Abramson²⁾ eine Mikrozelle angegeben, mit der Beweglichkeiten unter dem Mikroskop gemessen werden können, die sich aber kaum für die zumeist viel wichtigeren Mengenbestimmungen eignen dürfte. In dieser Hinsicht etwas leistungsfähiger ist zweifelsohne die von H. Labhart und H. Staub²⁾ angegebene Mikro-Elektrophorese-Einrichtung, obschon auch hierbei auf wesentliche Faktoren, wie z. B. Temperaturkonstanz bei den Versuchen, bewusst verzichtet wird. Ausserdem werden von verschiedenen Firmen, die Elektrophoreseeinrichtungen herstellen, Mikro-Elektrophorese-Zellen als Diminutive der Standard-Zellen gebaut. Allen diesen Einrichtungen ist gemeinsam, dass sie eine zum Teil ganz erhebliche Verringerung der Lösungsmenge mit einer annähernd adäquaten Abnahme des Auflösungsvermögens erkaufen und damit entsprechend weniger genaue Resultate ergeben. Für manche Untersuchungen mag dies zulässig sein; wird aber eine der üblichen chemischen Analyse entsprechende Genauigkeit gefordert, so führt eine Verringerung der Lösungsmenge sehr bald zu Schwierigkeiten, weil sich sowohl eine Verkleinerung der Schichtdicke als auch der Zellenhöhe ungünstig auswirken müssen, sofern man nicht Nachteile anderer Art, wie z. B. der interferometrischen Gradientenabbildung, in Kauf nehmen will. Immerhin ist es uns gelungen, mit dem in Fig. 3 wiedergegebenen Halbmikro-Elektrophorese-Zellensatz die Lösungsmenge ohne erhebliche Einbusse an Auflösungsvermögen und Messgenauigkeit auf etwa den dritten Teil, also 4 cm³, zu reduzieren.

Hierzu wurde die wirksame Zellenbreite von 3 auf 2 mm reduziert, die Schichtdicke von 25 auf 20 mm ermässigt und die nutzbare Bildhöhe von 84 auf 58 mm verkleinert. Ausserdem wurden beide Zellschenkel einander genähert. Versuche haben gezeigt, dass in Küvetten von 2 mm Breite Konvektions- und Kapillarattraktivitäts-Störungen in einer 1 mm breiten Mittelschicht noch mit Sicherheit vermieden werden können und dass eine Bildhöhe von 58 mm zumindest bei Plasmaanalysen eine noch genügende Auflösung gestattet. Dies werde durch die nachfolgende Fig. 4 illustriert, in der die Aufnahme eines pathologischen humanen Plasmas wiedergegeben ist, wie sie unter Verwendung der in Fig. 3 abgebildeten Zelle erhalten wurde.

Da mit der in Fig. 3 dargestellten Zelle die gleichen Elektrodengefässe wie für die Standard-Zelle benützt werden, ist der Wirkungsgrad des Halbmikro-Zellensatzes höher als der des Standard-Satzes; er überschreitet 80% und erlaubt daher, bei einer Belastung von 25 mA Plasma-Analysen in etwa $1\frac{1}{2}$ Stunden durchzuführen.

Unsere Problemstellungen haben es als wünschenswert erscheinen lassen, auch elektrophoretische Trennungen im Laboratoriumsmassstab ausführen zu können. Zellensätze, die diesem Zwecke

1) Beschreibung siehe: H. A. Abramson, L. S. Moyer und M. H. Gorin, *Electrophoresis of Proteins*, Reinhold Publ. Corp., New York 1942.

2) H. Labhart und H. Staub, *Helv.* **30**, 1954 (1947).

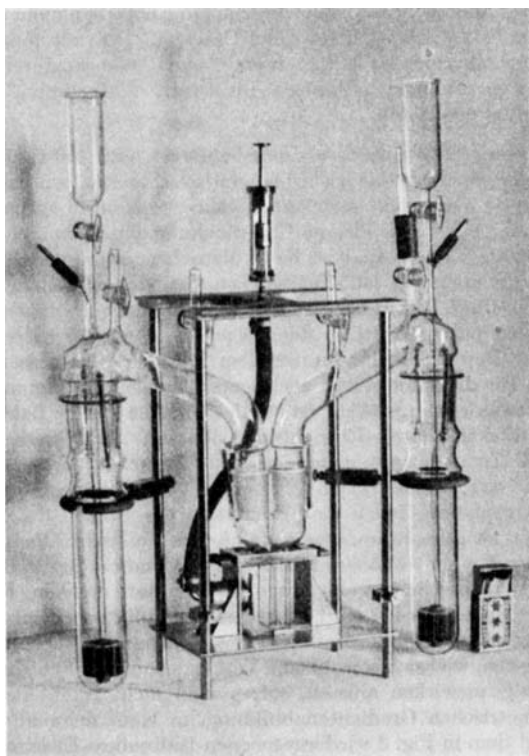


Fig. 3.

Halbmikro-Zelle, hohe Form, mit Elektrodengefäßen in gemeinsamem Halter (Blende entfernt).

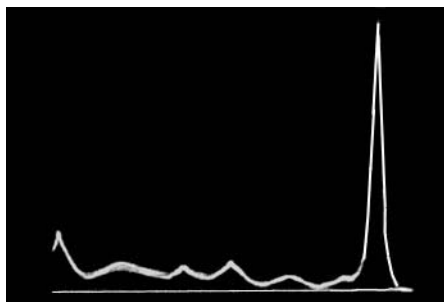


Fig. 4.

Pathologisches humanes Plasma, rising boundaries, aufgenommen unter Verwendung der in Fig. 3 wiedergegebenen, hohen Halbmikro-Zelle.

dienen, sind bereits von *H. Theorell*¹⁾, *A. Tiselius*²⁾, *M. A. Macheboeuf*³⁾ und *H. Svensson*⁴⁾ ⁵⁾ angegeben worden. Trotzdem erschien es uns wünschenswert, von den Vorteilen, die unsere analytischen Zellsätze bieten, auch bei der präparativen Elektrophorese Gebrauch zu machen und nach den eingangs erwähnten Prinzipien einen grösseren Zellsatz zu bauen, der bis zu einem gewissen Grade für kontinuierliches Arbeiten geeignet ist und Probeentnahmen gestattet. In Anlehnung an das Vorgehen von *H. Svensson*⁶⁾ stellten wir zunächst einen grösseren Zellsatz mit geschlossenen Elektrodengefässen unserer Form her, dessen (einteilige) Mittelzelle mit 2×2 Ansätzen für Probeentnahmen nach *M. A. Macheboeuf*³⁾ versehen war und dessen Bodenzelle die Zuführung frischer Untersuchungslösung ermöglichte. Eine Vertauschung der Elektrodengefässe während der Versuche nach *H. Svensson's* Prinzip⁶⁾ wurde durch einen über der Zelle angeordneten, grossen Wechsellhahn (Vierweghahn) in Verbindung mit einem Kommutator ermöglicht. Dieser Zellsatz befriedigte indessen nicht; sein Wirkungsgrad war viel zu schlecht, weil der Spannungsabfall ausserhalb der Zelle nicht klein genug gehalten werden konnte. Die Versuche liefen viel zu langsam, womit eine Reihe weiterer Nachteile verbunden war. Es erschien zweckmässig, die Verhältnisse jenen bei der analytischen Elektrophorese so weit wie angängig anzugleichen. Dies bedingte aber im Hinblick auf die dann erforderlichen Rohrquerschnitte eine Abkehr von *H. Svensson's* Prinzip der Vertauschbarkeit der Elektrodengefässe. Wider Erwarten stellte es sich heraus, dass man auf diese Weise sehr leistungsfähige, kleinpräparative Zellsätze bauen kann, ohne auf die Möglichkeiten einer beliebigen Gradientenverschiebung und die Vertauschbarkeit der Elektrodengefässe verzichten zu müssen. Darüber hinaus sind solche Zellsätze von bemerkenswert einfacher Konstruktion und deshalb wenig empfindlich und wenig störungsanfällig.

Die Zelle dieses Satzes ist prinzipiell gleich wie eine analytische Elektrophorese-Zelle gebaut, besteht also wie diese aus chemisch gut beständigen, planparallelen optischen Gläsern, die mit hoher Präzision zu rechteckigen Küvetten verkittet sind⁷⁾ und gestattet daher die Anwendung aller üblichen optischen Beobachtungs- und Registrierungsmethoden. Bei einem Querschnitt von 5×50 mm und einer Höhe von 120 mm, die bei Verwendung in der vom Verfasser angegebenen Elektrophorese-Apparatur⁷⁾⁸⁾ noch keine besondere Schlierenoptik erfordert, kann die Apparatur pro Lauf mit 50 cm^3 Untersuchungslösung beschickt werden. Die Mittelzelle weist 2×2 Ansätze für Probeentnahmen auf, während

1) *H. Theorell*, *Bioch. Z.* **278**, 291 (1935).

2) *A. Tiselius*, *Koll. Z.* **85**, 129 (1938).

3) *M. A. Macheboeuf*, *C. r. Soc. Biol.* **135**, 1241 (1941); *M. A. Macheboeuf* und *A. M. Monnier*, *C. r.* **214**, 1002 (1942).

4) *H. Svensson*, *Ark. Kem.* **15**, B, No. 19, 1 (1942).

5) *H. Svensson*, *Ark. Kem.* **22**, A, No. 10, 1 (1946).

6) *H. Svensson*, *Ark. Kem.* **15**, B, No. 19, 1 (1942).

7) Vgl. auch *E. Wiedemann*, *Exper.* **3**, 341 (1947).

8) *E. Wiedemann*, *Chimia* **2**, 25 (1948).

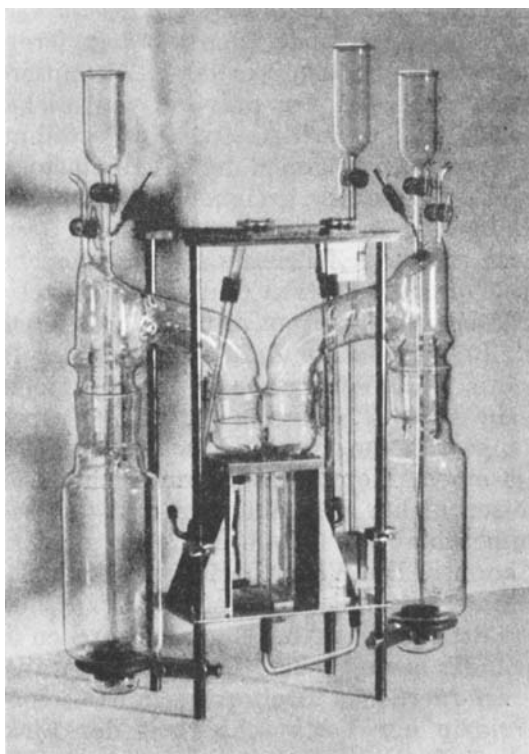


Fig. 5.

Neuer Zellsatz für kleinpräparative Versuche, für kontinuierliches Arbeiten mit Probenentnahmen und optischer Kontrolle der Versuche nach den üblichen Aufnahme-Verfahren (Blende und doppelte hydraulische Verschiebe-Einrichtung abgenommen).

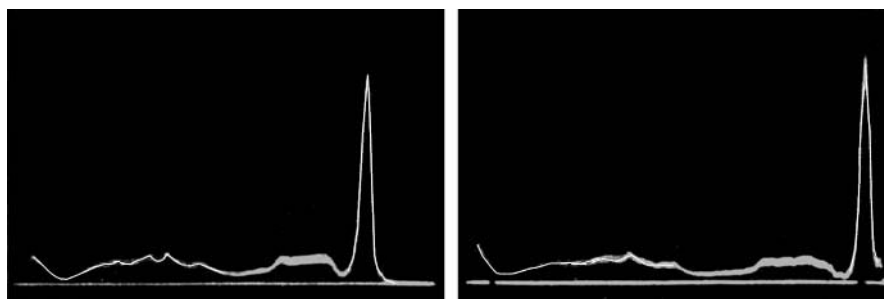


Fig. 6.

a) Normales Rinderserum, rising boundaries, aufgenommen unter Verwendung der in Fig. 1 wiedergegebenen, hohen Standard-Zelle.

b) Das gleiche Rinderserum, rising boundaries, aufgenommen unter Verwendung der in Fig. 5 wiedergegebenen, präparativen Zelle. Bild am Ende des 2. Laufes (nach dem 1. Lauf wurden die Elektrodengefäße, wie beschrieben, vertauscht. Man beachte die beiden Markierungen an der Basislinie, die den Ansatz der Kapillaren anzeigen).

der Ansatz am halbrunden Bodenteil zum Nachführen frischer Untersuchungslösung dient. Die Querschnitte der Verbindungsglasteile und Elektrodengefässe sind so bemessen, dass ein Wirkungsgrad von etwa 70% erreicht ist. Es entfallen also 70% des gesamten Spannungsabfalls auf die Zelle, wodurch Wanderungsgeschwindigkeiten wie bei analytischen Versuchen eingehalten und überschritten werden können. Aus dem gleichen Grunde gelingt es, bei einer Belastung der Zelle mit 50 mA die Elektrodenspannung zumeist erheblich unter 400 V zu halten, sodass man auch bei präparativen Versuchen mit den für analytische Versuche gebräuchlichen, stabilisierten Gleichrichter-Sätzen auskommt.

Bei präparativen Versuchen wird dieser Zellsatz am besten zunächst ganz mit Pufferlösung beschickt und dann im Thermostaten der Elektrophorese-Apparatur aus-temperiert. Erst dann wird die (vorgekühlte) Untersuchungslösung durch die Bodenzelle eingeführt. Zweckmässigerweise lässt man sie durch Bedienung der entsprechenden Kapillaransatz-Quetschhahnen, die in Fig. 5 oben anzusetzen sind, gleich wie bei analytischen Versuchen in dem einen Schenkel bis zum unteren, im anderen aber bis zum oberen Kapillaransatz steigen und schärft¹⁾ anschliessend die Grenzflächen durch Nachziehen von ein wenig Pufferlösung.

Nach der Wanderung werden Anfangs- und Endfraktion auf der Seite der rising und descending boundaries abgezogen; dann wird die Mittelfraktion auf die gleiche Weise entnommen und schliesslich frische Untersuchungslösung nachgeführt. Bei dieser Gelegenheit ist es zweckmässig, die Elektrodengefässe zu vertauschen, indem man die Untersuchungslösung in den Schenkeln umgekehrt wie zuerst steigen lässt und die Elektroden-Anschlüsse vertauscht²⁾. Zieht man es vor, oder ist es nach einer Reihe von Wanderungen erforderlich, die Pufferlösung in den Elektrodengefässen zu ersetzen, so kann dies bei geöffneter Zelle im einen und nachher im anderen Elektrodengefäss geschehen, wenn unterdessen das gegenüberliegende Elektrodengefäss ganz gefüllt und geschlossen bleibt. Noch einfacher wird der Wechsel der Pufferlösung, wenn man die Zelle unterdessen durch Verschieben schliesst.

Die Zuhilfenahme von Kompensationseinrichtungen (Verdrängungszylinder oder dgl.) ist auch bei dieser Zelle nicht vorgesehen und auch gar nicht erforderlich, weil die Durchbildung der Elektrodengefässe jede beliebige Gradientenverschiebung erlaubt.

Das sehr präzise Erfassen einzelner Fraktionen wird einerseits durch die ständige optische Kontrolle der Vorgänge in der Zelle und andererseits durch die Möglichkeit der Heranführung der Grenzflächen an die Kapillaransätze durch Verschieben ermöglicht. Ausserdem weist die vor die Zelle zu setzende Blende in der Höhe der Kapillaransätze Markierungen auf, die das Auffinden bzw. Einstellen der richtigen Gradientenlage zu einem ganz einfachen Vorgang machen.

Da die optische Qualität der präparativen Zelle jener der analytischen Zellen durchaus ebenbürtig ist, kann sie schliesslich auch analytischen Zwecken dienen und ergibt dabei, der grösseren Höhe entsprechend, eine noch bessere Auflösung der Details im Bilde. Die grössere Schichtdicke erlaubt zudem unter sonst gleichen Bedingungen theoretisch sehr günstige Versuchsansätze mit hohem Salz-

¹⁾ H. Svensson, Ark. Kem. 15, B, No. 19, 1 (1942).

²⁾ Die Elektrophorese-Apparaturen von Strübin & Co., Basel, Gerbergasse 25, nach den Angaben des Verfassers erhalten hierzu neuerdings einen Polwendeschalter auf dem Schaltpult.

und niedrigem Substanzgehalt ($\mu = 0,2$ bis $0,3$, Substanzgehalt unter 1%).

Um eine Vorstellung von der Leistungsfähigkeit der in Fig. 5 wiedergegebenen, präparativen Elektrophorese-Zelle zu geben, sei angeführt, dass wir im Laufe eines Arbeitstages 150 cm^3 des in Fig. 6 wiedergegebenen Rinderserums in drei Läufen in die drei Fraktionen: Albumine, γ -Globuline und Mittelfraktion zerlegt haben. Ein Wechsel der Elektrodenflüssigkeit war dabei nicht erforderlich. Wir erhielten in diesem Versuch grössere als für die analytische Kontrolle erforderliche Mengen der reinen Albumin- und γ -Globulinfraktionen, obschon das gewählte Beispiel des Rinderserums an sich nicht besonders günstig ist. Die nachfolgende Fig. 7 zeigt das Ergebnis der analytischen Elektrophorese-Kontrolle der beiden Endfraktionen.



Fig. 7.

a) Albumin-Fraktion von Rinderserum, descending boundaries, elektrophoretisch abgetrennt, wie im Text beschrieben.

b) γ -Globulin-Fraktion von Rinderserum, descending boundaries, elektrophoretisch abgetrennt, wie im Text beschrieben.

Abschliessend sei erwähnt, dass wir nach den eingangs erwähnten Prinzipien neben den hier beschriebenen Elektrophorese-Zellensätzen auch eine neue Zelle für Diffusionsmessungen konstruiert und erprobt haben, in der auch flüchtige Lösungsmittel Verwendung finden können. Ihre Beschreibung soll demnächst in dieser Zeitschrift erfolgen.

Der Verfasser dankt auch an dieser Stelle Herrn Prof. Dr. A. Stoll herzlich für die Unterstützung seiner Elektrophorese-Arbeiten.

Zusammenfassung.

In der vorliegenden Mitteilung werden neue Zellensätze für analytische und präparative Elektrophorese-Versuche beschrieben, die als Ganzschliff-Apparaturen durchgebildet sind, vereinfachte Halter aufweisen und im Vergleich mit früheren Geräten durch eine Reihe von Detail-Verbesserungen ein subtileres und zugleich sichereres Arbeiten ermöglichen. Die Arbeitsweise mit diesen Zellensätzen wird kurz beschrieben, und es werden Beispiele ihrer Leistungsfähigkeit gezeigt.

Chemisch-pharmazeutisches Laboratorium „Sandoz“, Basel.