

tor  $2/(2-a_e/R_e)$  größer als bei Verwendung eines Zylinderkondensators von gleich großem, mittlerem radialem Ablenkradius  $a_e$ . In unserem Falle beträgt dieser Faktor 2,67.

Abb. 2 zeigt eine mit dem neuen Apparat erhaltene Versuchsaufnahme des Triplets  $^{12}\text{CH}_4-^{14}\text{NH}_2-^{16}\text{O}$ . Die benützte Eintrittsspaltbreite betrug etwa  $s'_e = 0,003$  mm, nach obiger Formel sollte sich daraus ein Auflösungsvermögen etwa der Größe  $A = 50\,000$  ergeben. Erzielt wurde bis jetzt nach kurzer Erprobung  $A = 20\,000$ . Die Justierung verlief ohne besondere Schwierigkeiten in ganz ähnlicher Weise wie bei den mit Zylinderkondensator ausgerüsteten Apparaten. Eine feinere Nachjustierung der Toroidkondensator-Elektroden wurde nach der ersten exakten Montierung vor einigen Monaten bisher nicht vorgenommen.

Die effektive Länge des Eintrittsspalt betrug bei Herstellung der in Abb. 2 gezeigten Aufnahme

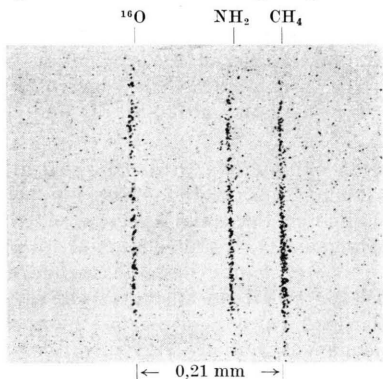


Abb. 2. Das Triplett  $\text{CH}_4-\text{NH}_2-^{16}\text{O}$ .

$b'_z = 0,2$  mm, sie wurde durch eine vorgeschaltete gekreuzte Horizontalblende entsprechender Weite gewährleistet. Die Länge der photographierten Massenlinien beträgt etwa  $b''_z = 0,32$  mm, wie es unter Berücksichtigung eines axialen Vergrößerungsfaktors

$$b''_z/b'_z = f_{ze}/(l'_e - g_{ze}) = 19,6/(28,9 - 16,4) = 1,57$$

bei stigmatischer Abbildung auch etwa zu erwarten ist. Der Polschuhabstand des Magneten würde bei Verwendung eines Zylinderkondensators eine Linienlänge von 5 mm zulassen. Daraus ist ersichtlich, daß die stigmatisch abbildenden doppelfokussierenden Apparate bei photographischem Nachweis der getrennten Massenlinien entsprechend der Verkürzung der Linien bei etwa gleicher Schärfe einen Intensitätsgewinn von mehr als einer Größenordnung ergeben.

Deshalb betragen die Belichtungszeiten z. B. für die Aufnahmen bei der Massenzahl 16 je nach der Weite der beiden Blenden zwischen den Feldern (0,1 bis 0,5 mm) auch nur 1–10 sec, wobei aber auf die Einstellung der Ionenquelle auf größte Stromausbeute noch keine besondere Mühe verwandt wurde. Ein solcher Intensitätsgewinn ist für Massenbestimmungen seltener Isotope von großer Bedeutung. Dabei wird der relative Gewinn umso größer sein, je größer man einen solchen Massenspektrographen baut.

Eine ausführlichere Darlegung der Theorie solcher stigmatisch abbildender Massenspektrographen und eine genaue Beschreibung des neubauten Apparates soll später folgen.

Der Deutschen Forschungsgemeinschaft möchten wir für die Zurverfügungstellung von Mitteln sehr danken.

## Ein einfaches Entwicklungsverfahren für Kernplatten

Von WOLFGANG LOHMANN

Physikalisches Institut der Universität Freiburg i. Brg.

(Z. Naturforsch. 11 a, 174–175 [1956]; eingegangen am 14. Januar 1956)

Die heute wohl üblichste Methode zur homogenen Entwicklung von Kernplatten ist das Temperaturentwicklungsverfahren<sup>1</sup>. Bei der dabei durchzuführenden Warmentwicklung, d. h. Änderung der Temperatur von  $5^\circ\text{C}$  auf ca.  $25^\circ\text{C}$  müssen Temperatursprünge vermieden werden, weil dadurch Verzerrungen oder Zerstörungen der Emulsion auftreten können.

Diese Tatsache veranlaßte YAGODA<sup>2</sup> dazu, ein neues Entwicklungsverfahren, die sogenannte isothermische Entwicklung, auszuarbeiten, bei dem die Entwicklung bei  $5^\circ\text{C}$  durchgeführt wird. Ein Nachteil haftet jedoch auch diesem Verfahren an. Es erfordert ebenfalls verhältnismäßig lange Gesamtentwicklungszeiten und einen größeren Arbeitsaufwand, da mit verschiedenen

$p_{\text{H}}$ -Werten gearbeitet wird. Die Variation in den  $p_{\text{H}}$ -Werten (die letzte Entwicklerlösung wird schließlich durch Wasser ersetzt) soll eine einheitliche Tiefenentwicklung ergeben.

Eine andere Methode haben BERNET und CHASTEL<sup>3</sup> vorgeschlagen, die es gestatten soll, auch dickere Kernplatten möglichst rasch und homogen zu entwickeln. Den sich bei der Einwirkung von Entwickler auf die Emulsion bildenden Entwicklungsgradienten versuchen sie durch folgendes Verfahren zu kompensieren: Die reduzierenden Eigenschaften des Entwicklers (Amidol) kommen erst dann zur Geltung, wenn der  $p_{\text{H}}$ -Wert des Entwicklers höher liegt als ein bestimmter kritischer Wert. Man läßt also den Entwickler mit einem  $p_{\text{H}}$ -Wert unter diesem kritischen Wert in die Emulsion hineindiffundieren. Da die Emulsion einen höheren  $p_{\text{H}}$ -Wert hat, nimmt der  $p_{\text{H}}$ -Wert des Entwicklers zu und erreicht schließlich bei einer bestimmten Eindringtiefe den kritischen Wert; die Entwicklung beginnt.

Wir fanden jedoch bei der Durchführung ihres Verfahrens, daß sämtliche untersuchten Kernplatten einen starken Entwicklungsgradienten aufwiesen. Hinzu

<sup>1</sup> C. DILWORTH, G. OCCHIALINI u. R. PAYNE, *Nature*, Lond. **162**, 102 [1948].

<sup>2</sup> H. YAGODA, *Rev. Sci. Instrum.* **26**, 3, 263 [1955].

<sup>3</sup> A. BERNET u. M. CHASTEL, *J. Phys. Radium* **15**, 781 [1954].



kommt noch, daß sie die Temperatur auf 25° C erhöhen, um eine gute Entwicklung trotz des niedrigen  $p_H$ -Wertes zu erzielen. Diese Temperaturerhöhung hat aber oben angegebene Nachteile zur Folge.

Wir versuchten deshalb, die optimalsten Bedingungen für eine gute homogene Entwicklung (von Agfa K-Platten) bei möglichst tiefem  $p_H$ -Wert und Zimmertemperatur zu erreichen. Dieses erfordert weiterhin nur einen geringen Aufwand an Geräten und Zeit.

Obige Überlegungen betr. des  $p_H$ -Wertes haben uns veranlaßt, einen Entwickler mit einem  $p_H$ -Wert unter dem kritischen Wert zu verwenden. Dabei muß der in Frage kommende Entwickler in dem betr.  $p_H$ -Bereich — in unserem Falle zwischen  $p_H=3$  bis  $p_H=6$  — im  $p_H$ -Wert sehr empfindlich sein, um ein schnelleres Ansteigen des Entwickler- $p_H$ -Wertes bei Eindringen in die Emulsion zu ermöglichen.

Um einen entsprechenden Amidol-Entwickler zu erhalten, wurden mit verschiedenen Substanzen Titrationskurven aufgenommen. Zunächst wurden dem Entwickler die heute üblichen Ansäuerungsmittel — wie Natriumbisulfit oder Borsäure — zugesetzt. Dabei wurde 0,4 m/l  $\text{NaHSO}_3$  bzw. 1,16 m/l  $\text{H}_3\text{BO}_3$  benutzt. Das Ergebnis wird in Abb. 1 dargestellt, wo der  $p_H$ -Wert als Funktion der zugegebenen Menge — jedesmal korrigiert auf die Menge der Entwicklera Ausgangslösung — aufgetragen worden ist. Beide Ansäuerungsmittel zeigten also nicht den gewünschten Erfolg. In der Abbildung sind ebenfalls die Titrationskurven für Essigsäure und Salzsäure enthalten, wobei die Konzentration 8 m/l bzw. 2,3 m/l betrug. Hieraus erkennt man, daß Amidol mit HCl versetzt gerade unsere obigen Anforderungen erfüllen wird. Da man nach der Entwicklung Essigsäure als Unterbrecherbad benutzt, wäre es natürlich am günstigsten, auch die Ansäuerung mit Essigsäure durchführen zu können. Bei  $\text{CH}_3\text{COOH}$  ist zwar auch eine günstige Steigung vorhanden, jedoch setzt sie sich über  $p_H=5,5$  fort. Darüber hinaus ist der Entwickler bei  $p_H \sim 4$  abgepuffert, man kann also kaum niedrigere  $p_H$ -Werte erzielen. Es liegen aber noch

keine Untersuchungen vor (s. auch <sup>4</sup>), ob die verschiedenen Säuren nicht Nebeneffekte hervorrufen.

Wir benutzten deshalb als Entwickler folgende Lösung:

Amidol	3 g
wasserfreies Natriumsulfit	11 g
dest. Wasser	1000 ccm

Salzsäurelösung ( $d=1,19$ ) 1 : 5 verdünnt, womit der gewünschte  $p_H$ -Wert eingestellt wurde.

Bei sämtlichen Kernplattendicken wurde mit zwei Entwicklerlösungen gearbeitet, wobei die zweite Lösung aus denselben Substanzen bestand wie die erste, nur 1 : 3 verdünnt wurde. Nachdem die erste Lösung eine bestimmte Zeit auf die Kernplatten eingewirkt hatte, wurde sie durch die zweite Lösung ersetzt. Die durchgeführten Versuche ergaben, daß wir damit eine gleichmäßige Tiefenentwicklung erzielen konnten. Weiterhin strebten wir an, sämtliche Versuche bei der an und für sich leicht einzustellenden Temperatur von 20° C durchzuführen. Dadurch ist die Gefahr der Zerstörungen der Emulsion bei höheren Temperaturen nicht zu groß, zum anderen ist der Aufwand an Geräten und dgl. für die Erzeugung und Konstanthaltung einer niedrigen Temperatur (5° C) nicht notwendig.

Auf Grund unserer Messungen empfehlen wir die in Tab. 1 zusammengestellten Entwicklungsbedingungen für die verschiedenen Emulsionsdicken.

Emulsionsdicke ( $\mu$ )	Entwicklungszeit (min)		$p_H$	$T$ (° C)
	$E_1$	$E_2$		
50	15	20	5,5	20
100	20	35	5,4	20
200	40	40	5,0	20
400	65	170	5,0	20

Tab. 1.

Auch bei diesem Verfahren erreicht man durch Vorwässern eine Verkürzung der Entwicklungszeit. Verschiedene Versuche bestätigten das. Nach einer Vorwässerungszeit von 10 bis 20 Min. je nach Plattendicke kann man dann die Entwicklungszeiten für  $E_1$  ungefähr auf die Hälfte reduzieren.

Zu beachten ist auch noch die Änderung des  $p_H$ -Wertes der Emulsion bei Zusatz von Substanzen wie z. B. Bor oder Lithium. Es zeigt sich, daß K 3-Platten (boriert) genau so gut bei einem  $p_H=4$  entwickelt wurden wie K 2-Platten bei  $p_H \sim 5$ .

Die Arbeit wurde im Institut für Mikrobiologie und experimentelle Therapie, Jena, durchgeführt. Dem Direktor dieses Instituts, Herrn Prof. Dr. KNÖLL, möchte ich für seine Unterstützung meinen verbindlichsten Dank aussprechen.

Herrn Dr. POSSNER, Jena, danke ich für seine Hilfe bei der Durchführung der Arbeit.

<sup>4</sup> M. TEUCHER, Erg. exakt. Naturw. 28, 413 [1955].

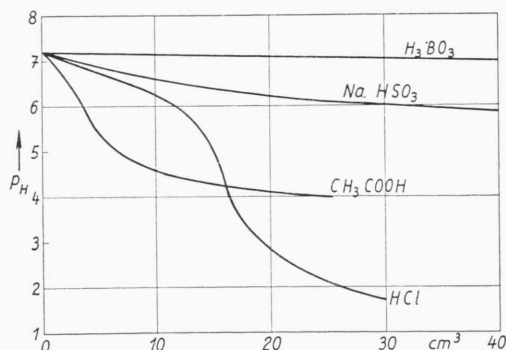


Abb. 1. Der  $p_H$ -Wert des Entwicklers als Funktion der zugegebenen Säuremenge (die Ausgangslösung des Entwicklers beträgt bei  $\text{CH}_3\text{COOH}$  und HCl je 500 cm³, bei  $\text{NaHSO}_3$  50 cm³ und bei  $\text{H}_3\text{BO}_3$  100 cm³).