

Weitere Massenspektrometer mit vollständiger Doppelfokussierung zweiter Ordnung

Von H. HINTENBERGER und L. A. KÖNIG

Aus dem Max-Planck-Institut für Chemie, Mainz
(Z. Naturforschg. 13 a, 236—237 [1958]; eingegangen am 24. Januar 1958)

In einer früheren Arbeit¹ haben wir für Massenspektrometer und Massenspektrographen, die aus einem elektrischen und einem dahintergeschalteten magneti-

gen der Korrekturgleichungen vorhanden sind. Wir haben zwei Tabellen solcher Lösungen in unserer Arbeit² angegeben.

Läßt man die Einschränkung auf geradlinig begrenzte Magnetfelder fallen ($1/R' \neq 0$, $1/R'' \neq 0$), so wird eine noch viel größere Mannigfaltigkeit physikalisch brauchbarer Lösungen existieren als bei geraden Feldgrenzen, und es ist zu erwarten, dadurch Apparate mit vollständiger Doppelfokussierung zweiter Ordnung zu finden, die gegenüber den in unserer früheren

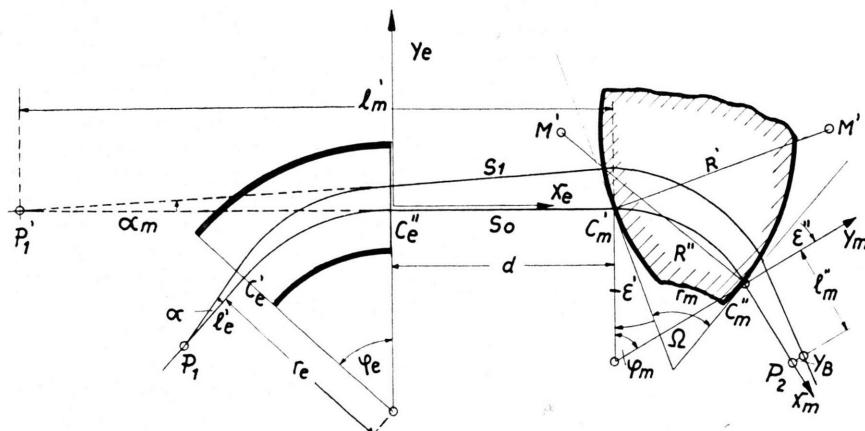


Abb. 1. Bahnverlauf bei gleichsinniger Ablenkung im elektrischen und magnetischen Feld (schematisch). s_0 = Mittelbahn, die von Teilchen der Geschwindigkeit v_0 mit $\alpha=0$ durchlaufen wird; s_1 = Nachbarbahn von Teilchen mit $v=v_0(1+\beta)$ und $\alpha \neq 0$. ϵ' und ϵ'' sind positiv, wenn die Normalen zu den Feldgrenzen in den Punkten C_m' und C_m'' auf der vom Ablenzzentrum abgewandten Seite von s_0 liegen. Die Krümmungsradien R' und R'' der Feldgrenzen in den Punkten C_m' und C_m'' sind für konvexe Krümmung (wie in der vorliegenden Abbildung) positiv, für konkav Krümmung negativ gezählt.

schen Ablenfeld bestehen, die vom Öffnungswinkel α des eintretenden Strahlenbündels und der relativen Geschwindigkeitsabweichung $\beta = \Delta v/v_0$ der Ionen von der Normalgeschwindigkeit v_0 quadratisch abhängenden Bildfehler (Glieder mit α^2 , $\alpha\beta$ und β^2) berechnet. Daraus und aus den Bedingungen für Doppelfokussierung erster Ordnung konnten fünf Bedingungsgleichungen für die zehn Größen φ_m , ϵ' , ϵ'' , φ_e , r_e/r_m , l_e/r_m , d/r_m , l_m''/r_m , R' und R'' abgeleitet werden (siehe Abb. 1), die wir in einer zweiten Arbeit² für den Fall geradlinig begrenzter homogener Magnetfelder ($1/R' = 1/R'' = 0$), die mit einem Zylinderkondensator kombiniert sind, gelöst haben*. Es zeigte sich dabei, daß im $(\varphi_m, \epsilon', \epsilon'')$ -Raum Gebiete π_1 und π_2 existieren, in denen Wertetripel der Winkel φ_m , ϵ' und ϵ'' liegen, zu denen physikalisch brauchbare Werte der Größen φ_e , r_e/r_m , l_e/r_m , d/r_m und l_m''/r_m als Lösun-

¹ H. HINTENBERGER u. L. A. KÖNIG, Z. Naturforschg. 12 a, 140 [1957].

² H. HINTENBERGER u. L. A. KÖNIG, Z. Naturforschg. 12 a, 773 [1957].

* In diesen beiden Arbeiten wurde die vorhandene einschlägige Literatur ausführlich zitiert. Nachzutragen ist noch die inzwischen erschienene Arbeit, CH. F. ROBINSON, Rev. Sci. Instrum. 28, 777 [1957].

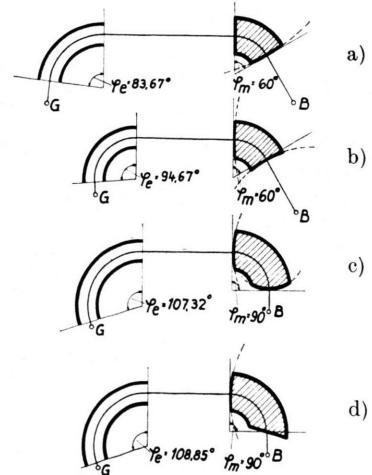


Abb. 2. Vier Apparate mit vollständiger Doppelfokussierung zweiter Ordnung, die besonders günstige Abmessungen haben. Die genauen Daten sind aus Tab. 1 zu entnehmen. In den Teilstudien a, b, c und d werden die Apparate mit den Nummern 4, 10, 20 und 13 der Tabelle dargestellt.



Dieses Werk wurde im Jahr 2013 vom Verlag Zeitschrift für Naturforschung in Zusammenarbeit mit der Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften e.V. digitalisiert und unter folgender Lizenz veröffentlicht: Creative Commons Namensnennung-Keine Bearbeitung 3.0 Deutschland Lizenz.

This work has been digitized and published in 2013 by Verlag Zeitschrift für Naturforschung in cooperation with the Max Planck Society for the Advancement of Science under a Creative Commons Attribution-NoDerivs 3.0 Germany License.

Zum 01.01.2015 ist eine Anpassung der Lizenzbedingungen (Entfall der Creative Commons Lizenzbedingung „Keine Bearbeitung“) beabsichtigt, um eine Nachnutzung auch im Rahmen zukünftiger wissenschaftlicher Nutzungsformen zu ermöglichen.

On 01.01.2015 it is planned to change the License Conditions (the removal of the Creative Commons License condition "no derivative works"). This is to allow reuse in the area of future scientific usage.

Nr.	ϵ'	ϵ''	$\frac{r_m}{R'}$	$\frac{r_m}{R''}$	$\sqrt{2} \varphi_e$	φ_e	$\frac{d}{r_m}$	$\frac{r_e}{r_m}$	$\frac{l'_e}{r_m}$	$\frac{l''_m}{r_m}$
$\varphi_m = 60^\circ$										
1	0	-3	0	0	128,70	91,00	2,993	1,220	0,283	1,214
2	0	-3	0	0,250	105,62	74,68	3,868	1,541	0,805	1,061
3	0	3	0	0,450	91,96	65,03	4,647	1,835	1,364	0,981
4	0	0	0	0,200	118,33	83,67	3,532	1,412	0,500	1,169
5	0	0	0	0,300	110,10	77,85	3,879	1,539	0,707	1,114
6	0	0	0	0,500	96,14	67,98	4,631	1,821	1,219	1,028
7	0	0	0,100	0,100	96,34	68,12	4,198	1,674	1,119	1,087
8	0	0	0,200	-0,350	115,39	81,59	3,063	1,257	0,497	1,297
9	0	0	0,200	-0,400	127,21	89,95	2,723	1,132	0,286	1,399
10	0	0	0,190	-0,400	133,88	94,67	2,603	1,088	0,192	1,442
$\varphi_m = 90^\circ$										
11	27	-15	0	0	133,87	94,66	1,595	1,594	0,708	0,948
12	17	-15	0,100	0	160,45	113,46	1,706	1,407	0,068	0,792
13	2	-15	0,350	0	153,94	108,85	2,218	1,379	0,056	0,508
14	2	-15	0,355	0	149,82	105,94	2,236	1,388	0,124	0,505
15	2	-15	0,360	1,500	126,89	89,72	2,822	1,654	0,581	0,427
16	0	-6	0,360	1,500	155,38	109,87	2,500	1,456	0,016	0,465
17	0	0	0,400	1,500	140,80	99,56	2,595	1,502	0,273	0,475
18	0	0	0,400	1,000	148,82	105,23	2,456	1,442	0,132	0,499
19	0	0	0,400	1,300	143,41	101,41	2,541	1,479	0,226	0,484
20	0	0	0,400	0,900	151,78	107,32	2,426	1,429	0,081	0,504
$\varphi_m = 110^\circ$										
21	31	-35	0	0	154,54	109,28	1,343	2,019	0,762	0,442
22	26	-35	0,200	0	135,97	96,15	1,565	2,021	1,133	0,411
23	20	-35	0,300	0	152,01	107,49	1,539	1,697	0,441	0,382
24	19	-35	0,400	0	134,28	94,95	1,707	1,824	0,874	0,364
25	10	-35	0,500	0	159,20	112,57	1,676	1,491	0,133	0,307
$\varphi_m = 119^\circ$										
26	35,9	-45	0	3,000	178,01	125,87	1,602	3,020	0,799	0,268

Arbeit² vorgeschlagenen weitere Vorzüge aufweisen. Man kann z. B. die Krümmung der Feldgrenzen so wählen, daß die Ein- und Austrittswinkel am Magnetfeld ϵ' und ϵ'' Null werden oder daß günstigere Werte für die Größen r_e/r_m , d/r_m , l'_e/r_m und l''_m/r_m erreicht werden. Man wird dann auch für $(\varphi_m, \epsilon', \epsilon'')$ -Werte Lösungen erwarten können, für die bei geradlinigen Feldgrenzen keine Lösungen existieren.

Wir haben mit Hilfe eines IBM-Magnettrommelrechners Type 650 im Rechenzentrum der IBM Deutschland in Sindelfingen nach dem bereits in der früheren Arbeit² beschriebenen Verfahren solche Lösungen gesucht und dabei die Abmessungen für eine große Zahl von Massenspektrometern mit vollständiger Doppelfokussierung zweiter Ordnung gefunden, von denen eine Auswahl in der folgenden Tabelle zusammengestellt ist. Der Strahlengang einiger solcher Apparate wird in Abb. 2 wiedergegeben. Zur Auffindung neuer Lösungen wurde das Newtonsche Näherungsverfahren herangezogen und als Ausgangslösungen Apparate mit

geraden Feldgrenzen verwendet. Die angegebenen Lösungen beziehen sich nur auf Apparate mit gleichsinniger Ablenkung im elektrischen und magnetischen Feld. Ebenso wie bei geradlinigen Magnettfeldgrenzen existieren auch für gekrümmte Feldgrenzen Lösungen der Korrekturgleichungen für Apparate mit gegensinniger Ablenkung. Es wurden aber dafür keine Lösungen gefunden, die für die praktische Ausführung vergleichbar günstig wären wie die in der Tabelle angegebenen Apparate mit gleichsinniger Ablenkung. Es wurden wieder die in der früheren Arbeit² beschriebenen Kontrollmöglichkeiten ausgenutzt sowie Stichproben auf der Tischrechenmaschine gerechnet.

Wir möchten Herrn Professor MATTIAUCH für die Bereitstellung der Mittel zur Durchführung der Rechnung bestens danken. Ferner danken wir Fräulein Dr. G. BEYER für die Programmierung sowie Fräulein BRAUM und Fräulein WALTER für die Durchführung der Kontrollrechnungen auf der Tischrechenmaschine.