

165. Präparative Dünnschichtchromatographie

von C. G. Honegger

(17. V. 62)

Die Dünnschichtchromatographie ist von STAHL¹⁾ zu einer heute unentbehrlichen Mikromethode entwickelt worden. Die ausserordentliche Trennschärfe und kurze Trennzeit sind Eigenschaften, welche ihre Anwendung für präparative Zwecke überaus wünschbar machen. Als präparatives Analogon zur Dünnschichtchromatographie wurde kürzlich von DAHN & FUCHS²⁾ die horizontale Säulenchromatographie im Cellophanschlauch beschrieben. Sie führten die Trennerfolge gegenüber der Säulenchromatographie speziell auf das Auftreten einer geringeren Diffusion, die weitgehend durch die kurze Trennzeit bedingt ist, zurück, sowie auf die Verwendung einer ca. 10 mal grösseren Menge Adsorptionsmittel, relativ zur Substanzmenge, und seiner oft feineren Körnung. Wir sehen das präparative Analogon der Dünnschichtchromatographie in der Verwendung dickerer Schichten, welche sich dagegen durch eine einfachere Handhabung und kürzere Trennzeit auszeichnen. Von verschiedenen Untersuchern wurden bereits Schichtdicken von 1 mm verwendet³⁾. In einer eben erschienenen Arbeit von RITTER & MEYER⁴⁾ werden Versuche auf 1–2 mm dicken Adsorptionsschichten beschrieben⁵⁾. Die Autoren fanden jedoch, dass Schichtdicken von 2 mm schwierig herzustellen sind, da sich beim Trocknen meist Risse bilden, und dass sich auf 1 mm dicken Schichten bessere Trennungen erreichen lassen. Bereits vor Erscheinen dieser Arbeit führten wir Versuche zur präparativen Trennung auf Adsorptionsschichten von 2–5 mm Dicke durch, über die wir hier berichten möchten.

Bei der *Herstellung der Adsorptionsschichten* spielen das Verhältnis Adsorbens:Wasser sowie die Trocknung der Schicht die Hauptrolle. Eine gute Haftfestigkeit (der Schicht) an der Glasunterlage wird durch die sorgfältige Reinigung der letzteren gewährleistet und trägt wesentlich zur Vermeidung von Rissen bei. Das Verhältnis Adsorbens:Wasser, das zur Bereitung normaler Schichtdicken (von 0,25 mm) 1:2 beträgt, muss bei zunehmender Dicke (3–5 mm) für Kieselgel G (MERCK) bis auf 1:1,57 und für Aluminiumoxid G (MERCK) auf 1:0,9 graduell gesenkt werden. Die Trocknungszeit der ausgestrichenen Schichten an der Luft wird von 5 auf 60 Minuten verlängert und durch Infrarotbestrahlung von der oberen Seite her ergänzt. Entsprechend

¹⁾ E. STAHL, *Pharmazie* 11, 633 (1956); *Chemiker-Ztg.* 82, 323 (1958); *Parfümerie u. Kosmet.* 39, 564 (1958); *Arch. Pharmaz.* 292/64, 411 (1959); *Pharmaz. Rdsch.* 1959, Heft 2, 1.

²⁾ H. DAHN & H. FUCHS, *Helv.* 45, 261 (1962).

³⁾ E. HABERMANN, G. BANTLOW & B. KRUSCHE, *Klin. Wschr.* 39, 816 (1961); H. R. BOLLIGER, *Privatmitteilung*.

⁴⁾ F. J. RITTER & G. M. MEYER, *Nature* 193, 941 (1962).

⁵⁾ Adsorptionsschichten von 2–3 mm Dicke ohne Zusatz eines Bindemittels wurden bereits von N. A. ISMAILOV & M. S. SHRAIBER, *Farmatsija* 1938, Nr. 3, 1, und später von MOTTIER & POTTERAT⁶⁾, V. CERNY, J. JOSKA & L. LABLER, *Collect. czechoslov. chem. Commun.* 26, 1658 (1961), und J. DAVIDEK & J. BLATTNA, *J. Chromatogr.* 7, 204 (1962), verwendet. Wir betrachten den Zusatz eines Bindemittels als einen wesentlichen Fortschritt und Vorteil, und möchten deshalb auf die erwähnten Arbeiten nicht weiter eingehen.

wird auch die Aktivierungszeit im Ofen bei 110° von $\frac{1}{2}$ auf 24 Stunden heraufgesetzt. Schichten bis 3 mm Dicke sind auf diese Art ohne besondere Schwierigkeiten herzustellen, während eine Erhöhung auf 5 mm bei Kieselgel G in etwa 50% der Fälle zu Rissbildung führt. Ein Zusatz von 2% Gips, welcher die chromatographischen Eigenschaften nicht beeinflusst, trägt bei dickeren Schichten zur Vermeidung von Rissen bei. Schichtdicken von ca. 5 mm werden vorläufig als Grenze der Methodik angesehen, da wegen ungenügender Haftfestigkeit an der Glasunterlage dickere Schichten zu Störungen in der Wanderung des Laufmittels führen können. Zusätzlich, wie wir später noch sehen werden, wirkt sich auch die Fleckenform als begrenzender Faktor aus. Das Gewicht der Menge Adsorbens pro mm Schichtdicke konnte, da diese stark vom jeweiligen Feuchtigkeitsgrad abhängt, nur annäherungsweise bestimmt werden. Für Kieselgel G beträgt es bei einer Plattengröße von 20×20 cm im Durchschnitt 20–25 g/mm Schichtdicke (vgl. Tab. 1). Zudem ist auch die Schichtdicke über die gesamte Fläche der Platte gewissen Schwankungen unterworfen.

Anhand von Farbstoffen, deren Verhalten eine rasche Beurteilung zulässt, wurden die im folgenden zu diskutierenden Ergebnisse gewonnen. Die gelösten Substanzen wurden je nach Schichtdicke und Flüssigkeitsvolumen entweder auf die *Schichtoberfläche* oder in einen vorpräparierten, der halben Schichtdicke entsprechenden *V-förmigen Graben* aufgetragen. Ein Liegenbleiben von Substanz am Startpunkt bei der Auftrennung konnte in beiden Fällen nicht beobachtet werden. Bei einer Schichtdicke bis ca. 1,5 mm sowie der Auftragung von mindestens 1 ml Flüssigkeitsvolumen der gelösten Substanz auf die ganze Länge der Startlinie einer 20×20 -cm-Platte ist die oberflächliche Auftragung durchaus geeignet. Die «Grabenauftragung» ist bei der Verwendung dickerer Schichten vorzuziehen, vor allem, wenn die aufzutrennenden Stoffe in einem kleinen Volumen gelöst vorliegen. Um die Beladungskapazität der Adsorptionsschicht voll auszunützen, sollte sich das zu trennende Gemisch nach der Auftragung auf die gesamte Schichtdicke verteilen. Ein nachträgliches Auffüllen des Grabens mit Adsorbens hat sich als unnötig erwiesen. Wichtig ist jedoch, den Graben nicht zu tief zu führen; geht er bis auf die Glasunterlage, so ergeben sich auch nach Auffüllen desselben schlechte Auftrennungen durch Schwanzbildung. Auf einer 20×20 -cm-Platte können portionenweise mehrere ml Substanzgemisch nach jeweiligem Abdampfen aufgetragen werden, was bei Erwärmen der Platte nur wenige Minuten beansprucht. RITTER & MEYER⁴⁾ verwenden eine Vorrichtung, die das Gemisch in einem dünnen Strahl auf die Startlinie aufsprüht. Wir fanden die einfache Auftragung mit Hilfe einer 0,1 ml Pipette durchaus befriedigend. Das aufgetragene Gemisch kann eine Breite bis zu 1,5 cm bilden. Die Startlinie wurde deshalb von 1,5 auf 2 cm vom unteren Rand her heraufgesetzt. Die Länge der Startlinie auf 20×20 -cm-Platten wurde auf 15 cm festgesetzt, um allfällig auftretenden Randeffekten begegnen zu können. Bei der Verwendung schmaler (20×5 cm) Platten konnte speziell bei Substanzen mit hohem Rf-Wert eine Verbreiterung der Bande senkrecht zur Laufrichtung beobachtet werden, was durch die starke Verdunstung an den seitlichen Kanten hervorgerufen wird. Zur präparativen Trennung werden aus diesen Gründen 20×20 -cm-Platten vorgezogen.

Die *chromatographische Auftrennung* kann *aufsteigend* oder *horizontal* erfolgen. Die aufsteigende Chromatographie zeichnet sich durch Einfachheit und kurze Trennzeit

aus, wobei die Schichtdicke, wie aus Tabelle 1 ersichtlich, auf die Laufzeit einen relativ kleinen Einfluss hat. Die kurze Trennzeit fällt speziell bei der Isolierung labiler Substanzen ins Gewicht. Werden Stoffe aufgetrennt, die einen geringen Unterschied in den Wanderungswerten aufweisen, führt die nochmalige Chromatographie oftmals zum Erfolg, und zusätzlich wird eine Verschärfung der Bandenbreite erzielt (vgl. Figur). Die horizontale Variante kann möglicherweise zur Trennung bei Schichtdicken über 5 mm herangezogen werden; sie wurde von uns speziell als *Durchlaufchromatographie* nach BRENNER & NIEDERWIESER⁶⁾ mit Erfolg auf dickeren Adsorptionsschichten verwendet. Die Methodik ist besonders wertvoll zur Trennung von Substanzen, deren Wanderungswerte annähernd gleich sind. Da die Laufzeit, verglichen mit der aufsteigenden Chromatographie, für eine 2 mm dicke Adsorptionsschicht etwa doppelt so lang ist (vgl. Tab. 1), dürfte der aufsteigenden Technik für «normale» Trennungen der Vorrang gegeben werden.

Tabelle 1. Die chromatographischen Verhältnisse verschieden dicker Adsorptionsschichten
Plattengrösse 20 × 20 cm

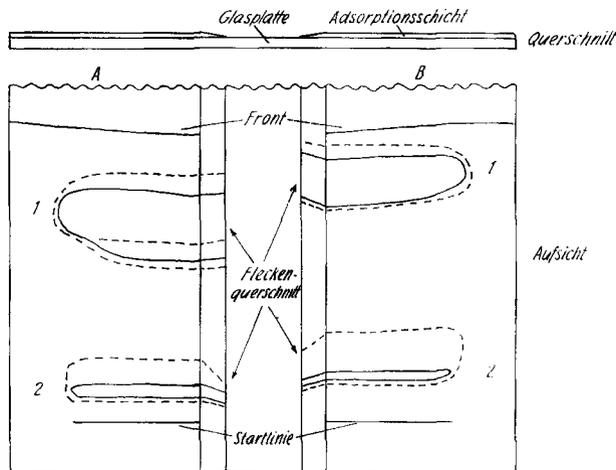
Chromatographie	Schichtdicke in mm	g Adsorbens/Platte		Laufzeit in Min. Front 12 cm ^{b)}				Beladungskapazität ^{c)} für Kieselgel G pro Substanz
		Kieselgel G	Aluminiumoxid G	Kieselgel G			Aluminiumoxid G B	
				CMW	C	B		
Aufsteigend	ca. 0,25 ca. 2 ca. 3 ca. 5,5	ca. 3–4 ca. 45 ca. 65 ^{a)} ca. 110	ca. 5–6 ca. 90	ca. 45 ca. 85	ca. 40 ca. 50	ca. 35 ca. 60 ca. 65 ca. 75	ca. 15 ca. 45	ca. 1–5 mg ca. 20–50 mg ca. 30–70 mg
Horizontal	ca. 2	ca. 40				ca. 120		

a) Zusatz von 2% Gips; b) CMW = Chloroform:Methanol:Wasser = 65:25:4; C = Chloroform; B = Benzol; c) Für Frobenogelb GL und Sudanrot G untersucht.

Die *Fleckenform* hängt vom *Rf-Wert* und der *Beladungskapazität* ab und kann zur Ermittlung der letzteren herangezogen werden. Bei Überladung kann sowohl eine Schwanzbildung als auch Verbreiterung senkrecht zur Laufrichtung auftreten. Die Beladungskapazität ist zudem stark substanzspezifisch. So zeigt Kieselgel G z. B. für Squalen eine ca. 2mal niedrigere Kapazität als für Cholesterylstearat. Zur präparativen Trennung eines Gemisches ist es wichtig, die Kapazität in einem Modellversuch zu bestimmen und danach die Auftragungsmenge zu wählen. Als Faustregel für eine 20 × 20 cm Kieselgel-G-Platte gilt: *1 mm Schichtdicke trennt 5–25 mg pro Komponente eines Gemisches*. Da die Beladung stark von der jeweiligen Treanaufgabe abhängt, können diese Grenzen über- bzw. unterschritten werden. Die Möglichkeit, sie festzustellen, sehen wir als einen weiteren Vorteil gegenüber der Säulenchromatographie an. Der Fleckenquerschnitt bei normaler Beladung spielt für die saubere Trennung eine sehr wichtige Rolle. Die Auftrennung von Frobenogelb GL (GEIGY) und Sudanrot G (HÖCHST) mit Benzol auf Kieselgel G ergab verschiedene Fleckenquerschnitte, wie aus der Figur ersichtlich. Sudanrot G mit kleinem *Rf-Wert* (0,16) ist ziemlich gleichmässig

⁶⁾ M. BRENNER & A. NIEDERWIESER, *Experientia* 17, 237 (1961).

auf den gesamten Querschnitt verteilt, zeigt jedoch gegenüber den tieferen Schichten an der Oberfläche eine raschere Wanderung in der Laufrichtung. Beim Frobenogelb GL mit hohem R_f -Wert (0,75) ist eine Konzentrierung der Substanz an der Oberfläche zu beobachten. Die übrige Schicht ist relativ schwach beladen, mit Ausnahme des unteren Randes, an welchem wiederum eine, wenn auch geringere Konzentrationserhöhung festzustellen ist. Umgekehrt wie beim Sudanrot G tritt hier gegen die Glasunterlage eine raschere Wanderung auf als an der Oberfläche. Es ist offensichtlich, dass diese Fleckenformen zu Überlappungen und dadurch zu unvollständigen Trennungen führen können. Bei zunehmender Schichtdicke werden diese Fleckenformen ausgeprägter, wodurch einer sauberen präparativen Trennung gewisse Grenzen gesetzt scheinen. Eine Rechromatographie, welche zu einer Verschärfung der Banden führt, kann hier weitgehend Abhilfe schaffen. Nach unseren bisherigen Erfahrungen liegt für eine einmalige chromatographische Auftrennung das Optimum der Versuchsbedingungen bei der Verwendung von Schichtdicken zwischen 1 und 3 mm. Damit können auf einer 20×20 cm Kieselgel-G-Platte präparative Trennungen von Gemischen durchgeführt werden, deren Beladung pro Substanz in den Grenzen von ca. 5–70 mg liegen. RITTER & MEYER⁴⁾ geben eine Beladungskapazität von 25 mg pro Substanz an ohne nähere Angaben über Schichtdicke. Das Verhältnis Adsorbens pro aufgetrennte Substanz ist ca. 1300:1. Zieht man zusätzlich in Betracht, dass bei der aufsteigenden Methodik nur etwa $\frac{3}{4}$ der Adsorptionsschicht für eine Trennung beansprucht und gleichzeitig mehrere Substanzen aufgetrennt werden, so weist die Beladungskapazität, verglichen mit derjenigen der Säulenchromatographie, keine grossen Unterschiede mehr auf.



Aufsicht und Querschnitt aus Dünnschichtchromatogramm von Frobenogelb GL (1) und Sudanrot G (2) auf Kieselgel G

Plattengrösse 20×20 cm, Schichtdicke 2,5 mm, Substanzbeladung je 25 mg
A aufsteigend, 1 \times Lauf Benzol; B aufsteigend, 2 \times Lauf Benzol

Das Auffinden der aufgetrennten Substanzen ist auch bei nicht gefärbten Stoffen sehr einfach. Es kann folgendermassen geschehen:

a) durch Anfärbung eines Streifens des entwickelten Chromatogramms mit einem geeigneten Reagens.

b) durch UV.-Betrachtung zur Feststellung fluoreszierender Stoffe. Dem Adsorbens können auch Leuchtstoffe beigemischt werden. Substanzen, welche im Anrengungsbereich dieser Fluoreszenzstoffe adsorbieren, sind als dunkle Banden erkennbar⁷⁾.

c) durch Vergleich von Rf-Werten, welche an einem Modellversuch gewonnen wurden. Da die Rf-Werte bekanntlich oft Schwankungen unterworfen sind, ist diese Methode eher unsicher.

Zur *Rückgewinnung* der Substanzen aus den lokalisierten Zonen werden diese am einfachsten mit einem Objektträger oder Glasstreifen vollständig herausgekratzt und in einem Chromatographierohr mit einem passenden Lösungsmittel eluiert. Bei der Durchführung quantitativer Versuche sowie auch für die Gewinnung reiner Substanzen ist es wichtig, Lösungsmittel und Adsorbens vorzureinigen.

Tabelle 2. *Verunreinigungen aus Adsorbens und Lösungsmitteln*

Lösungsmittel	Trockenrückstand	
	aus je 200 ml Lösungsmittel	aus je 50 g Kieselgel G (MERCK) eluiert mit 200 ml Lösungsmittel
Chloroform (<i>p. a. MERCK</i>)	3,2 mg	10 mg
Benzol (<i>p. a. MERCK</i>)	2,5 mg	8 mg
Aceton (<i>p. a. MERCK</i>)	1,5 mg	12 mg

Tabelle 2 gibt Anhaltspunkte über die Grössenordnung zu erwartender Verunreinigungen. MOTTIER & POTTERAT⁸⁾ saugen die Zonen in ein mit einem Wattepfropfen versehenes Glasrohr ab, das zur anschliessenden Elution gebraucht wird. RITTER & MEYER⁴⁾ verwenden eine ähnliche Methodik. Diese Art der Zonengewinnung erscheint uns, der innigen Durchmischung mit Luft wegen, speziell beim Vorliegen leicht oxydierbarer Substanzen als ungeeignet.

Die Unterstützung dieser Arbeit durch den EMIL BARELL-FONDS sei auch an dieser Stelle herzlichst verdankt.

Experimenteller Teil

1. *Bereitung der Adsorptionsschichten.* Die Glasplatten, welche als Träger der Adsorptionsschichten dienen, wurden erst mit dem Netzmittel Hamax⁹⁾, dann mit destilliertem Wasser sorgfältig gereinigt und getrocknet.

Zur Herstellung der Schichten wurde das Beschichtungsgerät der Firma CAMAG¹⁰⁾ verwendet. Damit können durch Verändern der Stellschrauben an der vorderen Querwand der Kammer Schichtdicken bis ca. 5 mm hergestellt werden. Die Bereitung von Adsorptionsschichten einer bestimmten Dicke ist höchstens bis auf 0,5 mm reproduzierbar. Adsorbens und Wasser werden in eine Pulverflasche gegeben, mit einem Plastikdeckel verschlossen und 30 Sekunden lang kräftig geschüttelt. Diese Streichmasse wird in die Kammer des bereits mit einer Glasplatte beschickten Beschichtungsgerätes gegossen, wobei die Öffnung an der vorderen Querwand, welche die Schicht-

⁷⁾ H. BROCKMANN & F. VOLPERS, Chem. Ber. 80, 77 (1947).

⁸⁾ M. MOTTIER & M. POTTERAT, Analyt. chim. Acta 13, 46 (1955).

⁹⁾ IMBACH AG., Wohlen/AG, Schweiz.

¹⁰⁾ CAMAG Chemie-Erzeugnisse und Adsorptionstechnik AG., Muttenz/BL, Schweiz.

dicke bestimmt, mit einer passenden Glasplatte abgedeckt wird, um die Streichmasse am vorzeitigen Ausfließen zu verhindern. Dickflüssige Masse wird erst durch seitliches Kippen in der Kammer gut verteilt. Gleichmässiges Durchschieben der Glasplatte ergibt eine relativ homogene Beschichtung. Allfällig vorhandene Luftblasen werden, solange die Schicht noch flüssig ist, durch Berühren mit einer Nadel zum Platzen gebracht. Die Trocknung der Schichten an der Luft wird teilweise durch Infrarotbestrahlung ergänzt. Die Aktivierung wird während 24 Stunden im Ofen bei 110° durchgeführt. Falls die Platten nach dem Abkühlen an der Luft nicht sofort verwendet werden, bewahrt man sie im Exsikkator über Blaugel auf. Das Verhältnis Adsorbens zu Wasser und die Art der Trocknung zur Herstellung der verschiedenen Schichtdicken folgt aus Tabelle 3. Aluminiumoxid-G-Schichten neigen weniger zu Rissbildung als diejenigen aus Kieselgel G.

Tabelle 3. *Bereitung und Trocknung von Adsorptionsschichten verschiedener Schichtdicken*

Adsorbens	Schichtdicke	Umdrehungen der Stellschraube	Verhältnis Adsorbens: Wasser	Trocknung an der Luft	Infrarotbestrahlung
Kieselgel G	ca. 1–1,5 mm	2	1:1,7	5 Min.	—
	ca. 2–3 mm	6	1:1,6	30 Min.	30 Min.
	ca. 3–4 mm*	8	1:1,6	30 Min.	30 Min.
	ca. 4–5 mm*	12	1:1,57	30 Min.	30 Min.
Aluminiumoxid G	ca. 1–1,5 mm	2	1:1	5 Min.	30 Min.
	ca. 4–5 mm	12	1:0,9	10 Min.	30 Min.

* Eventuell unter Zusatz von 2% Gips.

2. *Auftragung.* Die Auftragung auf eine 20×20-cm-Platte erfolgte auf einer Startlinie von 15 cm Länge (seitliche Einrückung 2,5 cm), 2 cm vom unteren Rand entfernt. Entsprechend der Schichtdicke wurden 2–9 ml 1-proz. Lösung aufgetragen, was 10–30 Minuten in Anspruch nimmt. Durch Erwärmen der Platte kann diese Zeit noch verkürzt werden. Der V-förmige Graben von 1–2 mm maximaler Breite wird mit Hilfe eines Lanzettchens gezogen.

3. *Anwendungsbeispiele.* – a) *Präparative Trennung von vorgereinigten Farbstoffen.* Frobeno gelb GL (1) (45 mg) und Sudanrot G (2) (45 mg) durch aufsteigende Plattenchromatographie; Adsorptionsmittel Kieselgel G, 3 mm Schichtdicke, Auftragung oberflächlich je 4,5 ml 1-proz. Lösung; Breite der Startzone 1,2 cm. Laufmittel: Benzol (*p. a. MERCK*), Laufzeit: 65 Minuten, Laufstrecke: 12 cm; Rf-Wert (1): 0,75, Zonenbreite: 2–3 cm; Rf-Wert (2): 0,16, Zonenbreite: 1,9 cm. Die Rückgewinnung durch Ausschaben der entsprechenden Zonen und Elution mit je 125 ml Chloroform bzw. Aceton ergab fast 100% Ausbeute.

b) *Trennung von je 13,5 mg Sudanrot G und Indophenol durch horizontale Durchlaufchromatographie* an Kieselgel G von 2 mm Schichtdicke. Als einzige Abweichung musste die Dicke der Glasbänder in der von BRENNER & NIEDERWIESER⁶⁾ beschriebenen Technik abgeändert werden. Sie betrug 3 mm bei einer Schichtdicke von 2 mm. Die Breite der Adsorptionsschicht wurde durch seitliches Abtragen auf 17,4 cm reduziert. Dabei ist unbedingt darauf zu achten, dass zwischen den Glasbändern und der Schicht ein Zwischenraum eingehalten wird, da sonst vom Lösungsmittel, welches den Streifen entlang durch Kapillarkraft angezogen wird, seitlich in die Schicht einwandern kann, was zu Störungen in der chromatographischen Trennung führt. Die Startlinie 2 cm vom untern Rand war 13,5 cm lang mit je 1,5 cm seitlichen Aussparungen. Die Auftragung von je 1,35 ml einer 1-proz. Lösung von Sudanrot G und Indophenol erfolgte oberflächlich. Die chromatographische Auftrennung wurde während ca. 8½ Std. durchgeführt. Nach ca. 3 Std. setzte die Verdunstung ein (Wanderungsstrecke 16 cm). Die zwei Farbstoffe wurden vollständig getrennt, Sudanrot G Rx-Wert 1,0, Zonenbreite 2 cm; Indophenol Rx-Wert 0,5, Zonenbreite 2,6–3 cm. Es wurden ca. 100 ml Benzol (ca. 10 ml/Std.) zur Auftrennung benötigt. Die Rf-Werte der beiden Substanzen bei normaler Auftrennung (Front 12 cm) betragen 0,16 bzw. 0,08.

Frl. M. BERNHARDT danke ich für ihre geschickte experimentelle Mithilfe.

SUMMARY

1. The preparation of 1-5 mm thick layers of adsorbent for preparative thin layer chromatography is described.

2. The conditions of separation on Kieselgel G in relation to layer thickness, shape of spots and loading capacity have been examined.

3. Optimum conditions have been found in layer thicknesses of 1-3 mm, whereby the loading capacity of Kieselgel G per substance lies at approximately 5-25 mg/mm layer thickness for a 20×20 cm plate.

4. The application for the preparative separation of dye mixtures by means of ascending chromatography and horizontal overflow chromatography is described.

Forschungslaboratorium der Neurologischen Universitätsklinik,
Basel, Socinstrasse 55

166. Apparatur zur Messung der Sorptionskinetik und eine Mikromethode zur Messung von Sorptionsisothermen¹⁾

von A. A. Hofer und H. Mohler

(18. V. 62)

A. *Messung der Sorptionskinetik*. BRUNAUER, EMMETT & TELLER²⁾ haben 1938 eine Arbeit publiziert («BET»-Konzept), welche gestattet, Sorptionsisothermen zu interpretieren. Die Sorptionsisotherme einer Substanz zeigt den Wassergehalt derselben als Funktion des Wasserdampf-Partialdruckes im Gleichgewichtsfall bei konstanter Temperatur.

SALWIN³⁾ hat die Frage nach der Gleichgewichtsfeuchtigkeit gestellt, die sich ergibt, wenn Substanzen mit verschiedenem Wasserdampfdruck in einem abgeschlossenen System bei konstanter Temperatur aufbewahrt werden. Die Frage nach der Kine-

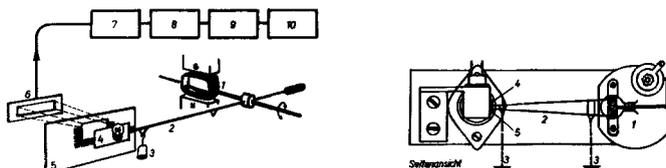


Fig. 1. Prinzip der CAHN-Elektrowaage

- | | |
|-------------------------|---------------------|
| 1 Drehspulinstrument | 6 Photozelle |
| 2 Waagebalken | 7 Servo-Verstärker |
| 3 Mikro-Wägeschälchen | 8 Nullpotentiometer |
| 4 Lichtblende am Balken | 9 Filter |
| 5 Lichtfenster | 10 Schreiber |

¹⁾ Aus der Dissertation von A. A. HOFER, Universität Basel 1962.

²⁾ S. BRUNAUER *et al.*, J. Amer. chem. Soc. 60, 309 (1938).

³⁾ H. SALWIN, Food Techn. 13, 594, 715 (1959).