

Papierchromatographie der Derivate von Epoxydverbindungen¹⁾

Von W. SCHÄFER, W. NUCK und H. JAHN

Mit 2 Abbildungen

Inhaltsübersicht

Epoxydverbindungen werden durch Umsetzung mit Phenolsulfonsäuren, Pikrinsäure, Pikramid und N-Methylpikramid in Dioxan in Derivate überführt. Es bilden sich durch Öffnung des Epoxydrings in 1- bzw. 2-Stellung jeweils zwei stellungsisomere Derivate. Für die Papierchromatographie eignen sich insbesondere die durch Umsetzung mit Pikrinsäure in Dioxan in der Siedehitze erhaltenen Derivate. Ihr papierchromatographisches Verhalten wurde näher untersucht. Sie werden auf formamidimprägniertem Papier mit Mischungen von Zyklohexan-Toluol (insbesondere 2:1) chromatographiert. Da die Farbe der Derivate p_H -abhängig ist, ist für jede Verbindung zunächst nur ein orange-farbiger Fleck sichtbar. Erst bei höherem p_H -Wert (Behandeln mit Ammoniak-Dampf) wird das zweite, stellungsisomere Derivat als gelber, im UV-Licht fluoreszierender Fleck sichtbar.

1. Einleitung

Bei den vorausgegangenen Versuchen²⁾ hat sich gezeigt, daß die meisten der von uns untersuchten Epoxydverbindungen zu flüchtig und die Nachweisreaktionen auf dem Papier zu unempfindlich für eine sichere papierchromatische Trennung und Identifizierung der reinen niedermolekularen Epoxydverbindungen sind. Es wurde daher untersucht, wie man die Epoxydverbindungen in Derivate überführen, die Derivate chromatographieren und auf dem Papier nachweisen kann.

Derartige Derivate müssen folgende Bedingungen erfüllen:

a) Sie müssen sich durch einfache Umsetzungen leicht herstellen lassen. Die Umsetzungsreaktion soll möglichst nur in einer Richtung und quantitativ verlaufen.

b) Die Derivate sollen einen hohen Siedepunkt aufweisen.

¹⁾ Diese Arbeit wurde im Rahmen der Diplomarbeit von W. NUCK ausgeführt.

²⁾ W. SCHÄFER, W. NUCK u. H. JAHN, Das Verhalten von Epoxydverbindungen beim Chromatographieren und ihr Nachweis auf dem Papier, J. prakt. Chem. **11**, 1 (1960).

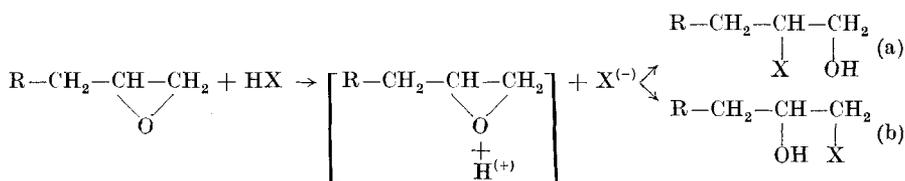
c) Sie müssen auf dem Papier leicht nachweisbar sein (Eigenfarbe, Farbreaktion, Fluoreszenzerscheinungen).

d) Es müssen sich zum Entwickeln der Derivate geeignete Lösungsmittelsysteme finden lassen.

Der Epoxydring ist infolge der hohen Spannung im Dreiring äußerst reaktionsfähig und bildet daher leicht Derivate. Allerdings ist hierbei immer die Gefahr der gleichzeitigen Bildung von zwei stellungsisomeren Derivaten durch Öffnung des Rings in 1- bzw. 2-Stellung gegeben.

2. Die Öffnung des Epoxydringes

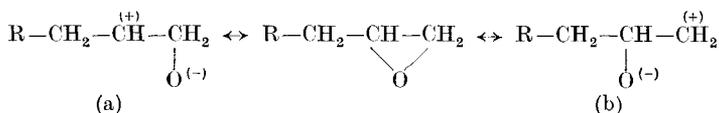
Die Reaktionen des Epoxydringes mit Säuren bzw. im sauren Medium laufen nach HAMANN³⁾ über eine Oxonium-Struktur ab:



Ob sich der Epoxydring in Richtung (a) oder (b) öffnet, hängt im wesentlichen von der Ladungsverteilung im Molekül ab, d. h. vom Substituenten R. Von geringerem Einfluß ist die Natur des angreifenden Anions $\text{X}^{(-)}$.

Da im vorliegenden Falle R festgelegt ist durch die jeweils vorliegende Verbindung ($\text{R} = \text{Cl}, \text{HO}, \text{C}_n\text{H}_{2n} +_1\text{O}, \text{Phenyl-O}$), konnte nur durch die Wahl des Anions, d. h. des Säurerestes, versucht werden, eine Aufspaltung in nur eine Richtung zu erzielen.

Bei der Reaktion mit Basen, die nicht mehr über eine Oxonium-Struktur verlaufen kann, wird angenommen, daß der durch die Spannung geschwächte Ring sich beim Zusammenstoß mit einem Anion öffnet und hierbei in einem zwitterionigen, mesomeren Zustand zu reagieren vermag (siehe z. B. WICHTERLE⁴⁾):



Auch hier besteht die Möglichkeit zur Bildung von zwei stellungsisomeren Derivaten a und b. Das Anion wird normalerweise mit dem sterisch am zugänglichsten C-Atom des Epoxydringes reagieren, d. h. vorzugsweise in der Form b.

³⁾ K. HAMANN, *Angew. Chem.* **63**, 326 (1951).

⁴⁾ O. WICHTERLE, *Allgem. org. Chem.*, Berlin 1955, 423.

Enthält der Epoxydring Substituenten mit +F-Effekt, wie es bei den vorliegenden Epoxydverbindungen der Fall ist ($R = -Cl, -OH, -OR$), so wird die Öffnung des Ringes in Richtung (b) etwas verstärkt.

Sowohl die Umsetzung mit Säuren als auch mit Basen wurde von uns untersucht. Die Umsetzungen erfolgten in Anlehnung an die Bestimmung der Epoxydgruppen mit Dioxan-HCl nach KING⁵⁾ ebenfalls in wasserfreiem Dioxan als Lösungsmittel.

3. Reaktionsprodukte von Epoxydverbindungen mit Phenolsulfonsäuren

Sulfonsäuren gehören zu den stärksten organischen Säuren und sollten daher schnell mit dem Epoxydring reagieren. Phenole andererseits lassen sich auf dem Papier leicht nachweisen.

Die sorgfältig gereinigten und getrockneten Sulfonsäuren wurden mit den Epoxydverbindungen umgesetzt. Für die Untersuchungen wurden Glyzidol, Epichlorhydrin, Methyl-, Propyl-, Hexyl- und Phenylglyzidäther verwendet. Es wurde jeweils 0,01 Mol der Epoxydverbindung in 100 ml reinem Dioxan mit 0,011 Mol der entsprechenden Sulfonsäure bei normaler Temperatur umgesetzt. Nach etwa 3 Stunden war die Reaktion fast quantitativ abgelaufen.

Mit Hilfe einer Kapillarpipette wurden auf dem Startpunkt entsprechend zugeschnittener Bogen (SuS 2043 b⁶⁾) etwa 0,002 ml der erhaltenen Lösungen aufgetragen, das entspricht etwa 20 γ Substanz.

In zahlreichen Versuchen wurden die Sulfonsäurederivate mit den verschiedensten Lösungsmitteln entwickelt. Die Auftrennung erfolgt unter anderem mit folgenden Lösungsmittelsystemen:

- Zyklohexan-Chloroform (3:1) + 1% Methanol;
- Reines Zyklohexan;
- Zyklohexan-Benzol (10:1) + 1% Methanol.

Verwendet man diese Lösungsmittelsysteme, so muß man vor dem Entwickeln die Chromatogramme 4 Tage in eine mit Wasserdampf gesättigte Kammer hängen. In den Chromatographiegefäßen befand sich eine Schale mit Wasser. Eine Entmischung der Lösungsmittelsysteme fand in der wasserdampfgesättigten Kammer nicht statt.

Die Sulfonsäurederivate wurden auf dem Papier durch Sprühen mit einer 2proz. wäßrigen Eisen-III-Chlorid-Lösung oder durch Sprühen mit einer frisch zubereiteten sodaalkalischen Lösung von diazotierter Sulfanilsäure nachgewiesen. Die vorliegenden Verbindungen gaben mit

⁵⁾ G. KING, Nature **164**, 706 (1949).

⁶⁾ Papier der Firma Schleicher und Schüll.

den Sprühreagenzien gut gefärbte Flecke mit einer Empfindlichkeit von 5 bis 10 γ .

Als einzige handelsübliche Phenolsulfosäure stand uns zunächst nur die Sulfosalizylsäure zur Verfügung. Nach dem Sprühen wurden auf jeder Bahn zwei Flecke sichtbar. Außerdem befand sich noch jeweils ein Fleck am Startpunkt, der als nicht umgesetzte Sulfosalizylsäure identifiziert werden konnte. Die beiden anderen Flecke sind Umsetzungsprodukten der Sulfosalizylsäure mit der jeweiligen Epoxydverbindung zuzuordnen.

Das Auftreten von zwei Flecken kann entweder durch Reaktion des Epoxydrings mit der stärker sauren Sulfonsäuregruppe sowohl in 1- als auch in 2-Stellung oder durch gleichzeitige Reaktion mit der Karboxylgruppe neben der Sulfonsäuregruppe erklärt werden.

Da jedoch das gleichzeitige Auftreten von zwei Flecken für jede Verbindung die Papierchromatographie sehr erschwert, wurde zunächst versucht, Monoxy-mono-Sulfonsäuren (p-Phenol-sulfosäure, o-Kresol-sulfosäure-6 und α -Naphthol-2-sulfosäure) anzuwenden.

In allen Fällen wurden nach dem Entwickeln und Anfärben der Chromatogramme 3 Flecke sichtbar. Der unterste (meist am Startpunkt) konnte der entsprechenden nicht umgesetzten Monoxy-mono-sulfosäure zugeordnet werden, die beiden anderen stammten aus Umsetzungsprodukten mit der Epoxydverbindung.

Zwar wurde zunächst auch noch in Erwägung gezogen, daß neben der Sulfonsäuregruppe die phenolische Hydroxydgruppe mit dem Epoxydring reagiert haben könnte (eventuell durch die Sulfonsäure katalysiert), jedoch scheidet dies praktisch aus, da die so entstehenden Derivate weder kuppeln noch FeCl_3 -Reaktion zeigen dürften. Es kann sich bei den beiden Derivaten also nur um eine stellungsisomere Aufspaltung des Epoxydrings in 1- und 2-Stellung nach a und b handeln.

4. Papierchromatographie von Pikrinsäure-Derivaten

Es wurde nun versucht, durch Verwendung eines anderen Säurerestes die Umsetzungsreaktion in eine Richtung zu lenken. Für diese Untersuchungen wurde die Pikrinsäure gewählt, da sie außer der sauer reagierenden OH-Gruppe im Molekül keine funktionellen Gruppen enthält, die mit dem Epoxydring reagieren können.

4.1 Bildung der Derivate

Die Umsetzung wird in gleicher Weise wie bei den Phenolsulfosäuren in wasserfreiem Dioxan durchgeführt; allerdings muß hier 8 Stunden unter Rückfluß gekocht werden, da sonst keine ausreichende Umsetzung erzielt wird.

Es entstehen dabei Pikryläther des Propantriols, Propandiols oder Äthandiols bzw. von deren Derivaten. Man kann diese Pikryläther auch als Pikrinsäure-Ester auffassen. Es entstehen auch hier jeweils zwei stellungsisomere Derivate. Die Reaktionsgeschwindigkeit bei der Bildung der Derivate in Abhängigkeit von der Struktur der Epoxydverbindung und die Struktur sowie einige Besonderheiten der Derivate (Umesterungsreaktionen) wurden von uns untersucht. Wir werden darüber in einem weiteren Beitrag ausführlich berichten ⁷⁾.

4.2 Identifizierung der Pikrinsäure-Derivate

Pikrinsäure und insbesondere deren Äther sind bisher kaum papierchromatographisch bearbeitet worden. Lediglich LONG ⁸⁾ trennte sie papierchromatographisch von anderen organischen Säuren über die Ammoniumsalze mit Äthanol-Ammoniak-Wasser (80:4:16) und wies sie durch Sprühen mit Ninhydrin bzw. einem pH -Indikator nach.

Bei der Suche nach einer empfindlichen Nachweisreaktion für die zu erwartenden Derivate zeigte sich überraschenderweise, daß alle in Frage kommenden Verbindungen in Mengen von 1 bis 3 γ nach dem Chromatographieren im neutralen bis alkalischen Gebiet auf dem Papier durch ihre Eigenfarbe als orangefarbige bzw. gelbe Flecke sichtbar sind. Eine Farbverteilung oder Empfindlichkeitssteigerung durch die von ANGER ⁹⁾ angegebene Tüpfelreaktion für den Nachweis aromatischer Nitroverbindungen mit 10proz. Kaliumcyanid-Lösung (Bildung von *m*-Purpursäure), für den FEIGL ¹⁰⁾ bei Pikrinsäure bzw. Pikramid eine Empfindlichkeit von 2 γ angibt, konnte nicht erreicht werden. Hat man auf mit Wasser vorbehandeltem Papier mit Zyklohexan-Chloroform-Eisessig chromatographiert, so ist wenige mm über dem Startpunkt nur ein gelber Fleck, der der Pikrinsäure zukommt, zu sehen. Erst beim Behandeln mit NH_3 -Dampf werden für jede Epoxydverbindung ein orangefarbiger und kurze Zeit später ein meist darunter liegender (bei Epichlorhydrin darüber liegender) gelber Fleck sichtbar. Im UV-Licht zeigt der gelbe Fleck starke gelbe Fluoreszenz, der orangefarbige Fleck keine Reaktion, während der gelbe Fleck der Pikrinsäure am Startpunkt stark fluoreszenzlöschend auf die schwache, blaue Eigenfluoreszenz des Papiers wirkt.

Chromatographiert man auf mit Formamid imprägniertem Papier, so erscheint der orangefarbige Fleck sofort ohne jegliche Nachbehandlung. Erst nach mehreren Tagen bis Wochen (bei Behandeln mit Ammoniak natürlich sofort) wird der gelbe, fluoreszierende Fleck sichtbar, der jetzt immer einen höheren R_f -Wert als der orangefarbige Fleck aufweist.

Es kann also festgestellt werden, daß auch mit Pikrinsäure jeweils 2 Derivate (Abb. 1) entstehen, die jedoch eine pH -abhängige Eigenfarbe besitzen. Durch Ausnutzung dieses Effektes

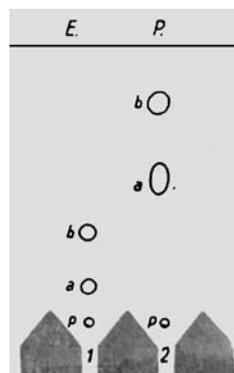


Abb. 1. Papierchromatogramme der Umsetzungsprodukte von Epichlorhydrin und Phenylglycidäther mit Pikrinsäure. Fließmittel: Zyklohexan-Chloroform-Eisessig 10:1:1 (nach dem Chromatographieren kurzzeitig in NH_3 -Atmosphäre gehalten). a = orangefarbiger Fleck; b = gelber, fluoreszierender Fleck; p = Pikrinsäure

⁷⁾ W. NUCK, W. SCHÄFER u. H. JAHN, Untersuchungen über die Reaktion von 1,2-Epoxyden mit Pikrinsäure, Chem. Berichte, im Druck.

⁸⁾ A. LONG, J. chem. Soc. (London) 1951, 2197.

⁹⁾ V. ANGER, Mikrochim. Acta 2, 6 (1937).

¹⁰⁾ F. FEIGL, Spot tests, Elseviers Publ. 10, New York 1954, 125.

(insbesondere bei formamidimprägniertem Papier) ist es möglich, nur eines der beiden Derivate sichtbar werden zu lassen.

4.3 Auswahl des chromatographischen Systems

Die üblichen Fließmittel sind nicht zum Chromatographieren der entstehenden mittelhydrophilen bis lipophilen Derivate geeignet. Entweder wandern die Verbindungen mit der Front oder es tritt starke Schwanzbildung ein.

Durch Zusatz von Eisessig konnte die Schwanzbildung bei Gemischen auf der Basis von Zyklohexan unterdrückt werden. Bewährt hat sich z. B. ein Fließmittel aus Zyklohexan—Chloroform—Eisessig (10:1:1) beim aufsteigenden Chromatographieren. Allerdings ergeben sich große Schwierigkeiten bei der Einhaltung eines optimalen Wassergehalts auf dem Papier. Das einphasige Fließmittel Zyklohexan—Chloroform—Eisessig enthält praktisch kein Wasser, ist jedoch infolge des Gehalts an Eisessig stark hygroskopisch. Nimmt es Wasser auf, so tritt sofort Entmischung ein. Bereits bei Aufnahme von sehr wenig Wasser geht praktisch der gesamte Eisessig in die wäßrige Phase und wird daher unwirksam.

Da das Fließmittel wasserfrei ist, muß das Papier mit Wasser vorbehandelt werden. Erfolgt dies nicht, so liegen die R_f -Werte zu hoch. SuS 2043b wurde hierzu zwei Tage in eine mit Wasserdampf gesättigte Kammer gehängt.

Arbeitet man aufsteigend in einem kleinen Gefäß für orientierende Versuche, so erhält man scharfe Flecke ohne Schwanzbildung, d. h. befriedigende Resultate. Die R_f -Werte schwanken allerdings auch hier bereits stark. Verwendet man jedoch ein größeres Gefäß zum Entwickeln (z. B. ein Chropa-Entwicklungsgerät von VEB Glaswerk Ilmenau mit etwa 45 l Inhalt), so muß man dieses bereits vorher mit Wasser sättigen, da sonst das Wasser während des Chromatographierens zu schnell vom Papier verdunstet. Beim Sättigen der Kammer jedoch tritt sofort Entmischung des Fließmittels ein.

Bei den weiteren Versuchen wurde daher das Papier mit einem polaren Lösungsmittel, und zwar Formamid, vorbehandelt. Dimethylformamid erwies sich als weniger geeignet. Ebenso konnte mit azetyliertem Papier (SuS 2043b, azetyliert) keine Trennung erreicht werden.

Formamid-imprägnierte Papiere sind hisher z. B. von ZAFFARONI und Mitarbeiter¹¹⁾ sowie BURTON und Mitarbeiter¹²⁾ zur Trennung von Steroiden verwendet worden. Hierbei wurde entweder mit reinem Formamid imprägniert und zwischen Gummiwalzen abgepreßt oder mit einer 50proz. Lösung in Methanol bzw. Äthanol imprägniert, zwischen Filterpapier abgepreßt und 15 Minuten an Luft getrocknet. In beiden Fällen erhielten wir verwaschene, unscharfe Flecken mit stark schwankenden R_f -Werten. Günstigere Ergebnisse erhielten wir mit einer 25proz. methanolischen Formamidlösung. Wir führten eingehende Versuche über den Einfluß der Imprägnierdauer, Trocknungsbedingungen (Temperatur und Zeit) und die nachträgliche Konfektionierung an Luft aus. Hierbei zeigte sich, daß das formamidimprägnierte Papier bei Trocknung an Luft bei Raumtemperatur nicht alles Methanol verliert, jedoch beträchtliche Mengen Wasser aufnimmt. Die stationäre Phase besteht also aus einem ternären System Formamid—Methanol—Wasser. Diese Tatsache ist unseres Erachtens bisher nicht genügend berücksichtigt worden. Wir werden über diese Versuche in einer weiteren Veröffentlichung¹³⁾ ausführlich berichten.

¹¹⁾ A. ZAFFARONI u. Mitarb., Science (New York) **111**, 6 (1950).

¹²⁾ J. BURTON, J. biol. Chem. **188**, 763 (1951).

¹³⁾ W. SCHÄFER, W. NUCK u. H. JAHN, Formamidimprägnierte Papiere bei der Papierchromatographie der 1.2-Epoxyde. J. Chromatography, in Vorbereitung.

Außerdem stellten wir fest, daß die Reinheit des Formamids von starkem Einfluß ist. Eine mit frisch destilliertem Formamid zubereitete methanolische Lösung soll erfahrungsgemäß 3 Tage stehen („reifen“, eventuelle geringe Hydrolyse), ehe sie verwendet wird. Folgende Arbeitsweise hat sich bei unseren Versuchen als zweckmäßig erwiesen.

Das Papier (SuS 2043b bzw. Whatman Nr. 1) wird 20 Minuten in eine 25proz. methanolische Formamid-Lösung getaucht, zwischen Filterpapier abgepreßt, 30 Minuten im Trockenschrank bei 70 °C getrocknet und dann 60 Minuten an Luft hängengelassen (Lufttemperatur und proz. rel. Feuchtigkeit der Luft nicht berücksichtigt).

Bei einer Gesamtgewichtszunahme von etwa 44% (Papiergewicht lufttrocken = 100%) hat das Papier dann z. B. etwa 26% Formamid und etwa 18% Wasser aufgenommen.

Als Fließmittel erwiesen sich Mischungen von Zyklohexan-Toluol (insbesondere 2:1), die mit Formamid gesättigt sind, besonders geeignet. Auf mit Formamid imprägniertem Papier ist die Auftrennung sehr stark, wie aus den Chromatogrammen (Abb. 2) sowie den in Tab. 1 enthaltenen R_f -Werten hervorgeht.

Die Trennleistung des Lösungsmittel-Systems auf dem mit Formamid behan-

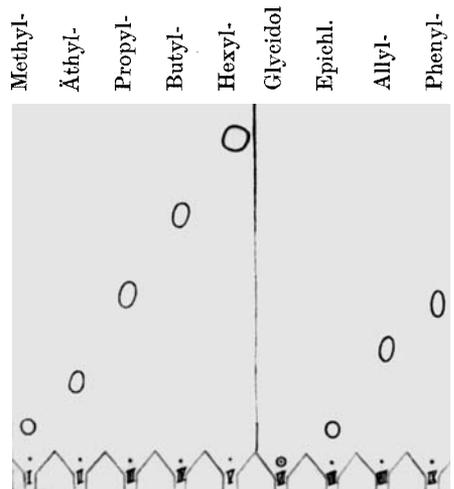


Abb. 2. Papierchromatogramm der Pikrinsäurederivate verschiedener 1,2-Epoxyde. Fließmittel: Zyklohexan:Toluol = 2:1; Papier: Whatman Nr. 1, vorbehandelt mit Formamid (Bezeichnung der einzelnen Substanzen entspr. Tab. 1)

Tabelle 1
 R_f -Werte verschiedener Epoxydverbindungen als Pikrylderivate

Bezeichnung in Bild 2	Substanz	R_f -Wert
I	Methylglycidäther	$0,09 \pm 0,02$
II	Äthylglycidäther	$0,23 \pm 0,04$
III	Propylglycidäther	$0,48 \pm 0,08$
IV	Butylglycidäther	$0,69 \pm 0,08$
V	Hexylglycidäther	$0,89 \pm 0,02$
VI	Glycidol	0,00
VII	Epichlorhydrin	$0,08 \pm 0,02$
VIII	Allylglycidäther	$0,27 \pm 0,05$
IX	Phenylglycidäther	$0,37 \pm 0,07$

Papier: Whatman Nr. 1, vorbehandelt mit Formamid;
Fließmittel: Zyklohexan-Toluol (2:1) aufsteigend; Temperatur: 18 °C

delten Papier ist sehr gut. Schon eine geringfügige Änderung des Lösungsmittel-Systems gibt eine große Änderung der R_f -Werte. Man besitzt dadurch die Möglichkeit, eine große Anzahl von Epoxydverbindungen durch geringfügige Variation des Lösungsmittel-Systems chromatographieren zu können.

Die Konstanz der R_f -Werte ist wie bei fast allen Verfahren mit vorbehandelten Papieren nicht besonders gut. Neben wechselndem Gehalt des Papiers an Formamid und Wasser sind hierfür wahrscheinlich auch gute Trennleistung des Systems und die dadurch bedingte Empfindlichkeit gegen Änderung des Verhältnisses Zyklohexan/Toluol sowie gegebenenfalls auch Temperaturschwankungen verantwortlich zu machen.

4.4 Pikramid-Derivate

Mehrere Epoxydverbindungen (Glyzidol, Epichlorhydrin, Methyl- und Hexylglyzidäther) wurden mit Pikramid in Dioxan umgesetzt. Da die Umsetzung sehr langsam verläuft, wurde 8 Stunden am Rückfluß gekocht. Nach dem Chromatographieren wurden neben nicht umgesetztem Pikramid wieder 2 Flecken erhalten, die den beiden stellungs-isomeren Derivaten entsprechen. Die Möglichkeit, daß es sich bei dem zweiten Fleck um ein tert. Amin handelt, das aus dem zunächst gebildeten sekundären Amin durch Reaktion mit einer weiteren Epoxydgruppe entstanden ist, scheidet aus, da

a) sich die beiden Derivate dann chromatographisch sehr unterschiedlich verhalten würden und die Flecke nicht dicht beieinander liegen könnten, wie es tatsächlich der Fall ist;

b) N-Methyl-pikramid ebenfalls zwei Flecken gibt, die den beiden Stellungs-isomeren zuzuordnen sind.

4.5 Papierchromatographie von Epoxydverbindungen mit mehreren Epoxydgruppen

Die Papierchromatographie von Verbindungen mit mehreren Epoxydgruppen über die Pikryläther stößt auf Schwierigkeiten, da bei unvollständiger Umsetzung für jede Verbindung mit z. B. zwei Epoxydgruppen fünf Derivate entstehen, von denen drei auf dem mit Formamid behandelten Papier als orangefarbige Flecke sichtbar werden. Das gleichzeitige Auftreten mehrerer Flecken für jede nachzuweisende Verbindung erschwert aber die sichere Identifizierung sehr stark. Trotzdem haben wir dieses Verfahren in einzelnen Fällen erfolgreich zur Klärung bestimmter Fragen angewandt. Wir haben z. B. so nachgewiesen, daß das aus Ansätzen zur Herstellung von niedermolekularem Epoxydharz zurückgewonnene Epichlorhydrin neben Glyzidol auch gewisse Mengen Diglyzidäther enthält.

In anderen Fällen haben wir den direkten Nachweis der Epoxydverbindungen auf dem Papier (z. B. Umsetzen mit NH_3 und Nachweis der entstandenen α -Oxamine mit Ninhydrin- CdCl_2)²⁾ erfolgreich angewandt.

Die Arbeiten über die Papierchromatographie von Verbindungen mit mehreren Epoxydgruppen werden fortgesetzt. Wir werden darüber zu gegebener Zeit ausführlicher berichten.

Berlin-Adlershof, Institut für Kunststoffe der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin.

Bei der Redaktion eingegangen am 8. September 1959.