

Bestimmung von Extraktionsmittelresten in koffeinfreiem Kaffee

Autor(en): **Waser, E. / Janett, S.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene = Travaux de chimie alimentaire et d'hygiène**

Band (Jahr): **28 (1937)**

Heft 3

PDF erstellt am: **26.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-982889>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

MITTEILUNGEN

AUS DEM GEBIETE DER

LEBENSMITTELUNTERSUCHUNG UND HYGIENE

VERÖFFENTLICHT VOM EIDG. GESUNDHEITSAMT IN BERN

TRAVAUX DE CHIMIE ALIMENTAIRE ET D'HYGIÈNE

PUBLIÉS PAR LE SERVICE FÉDÉRAL DE L'HYGIÈNE PUBLIQUE A BERNE

ABONNEMENT:

Schweiz Fr. 10.—; für Mitglieder des Schweiz. Vereins analytischer Chemiker Fr. 5.— per Jahrgang
Suisse fr. 10.—; pour les membres de la Société suisse des Chimistes analystes fr. 5.— par année
Preis einzelner Hefte Fr. 1. 80. — Prix des fascicules fr. 1. 80.

BAND XXVIII

1937

HEFT 3

Bestimmung von Extraktionsmittelresten in koffeinfreiem Kaffee.

Von E. WASER und S. JANETT, Zürich.

Verschiedene Verfahren zur Herstellung von koffeinfreiem Kaffee bestehen bekanntlich darin, dass die rohen Kaffeebohnen nach dem Aufweichen durch gespannten Wasserdampf während längerer Zeit mit organischen Lösungsmitteln extrahiert werden. Als solche Lösungsmittel kommen in Frage Aether, Benzol, Chloroform, Dichloräthylen und andere gechlorte Kohlenwasserstoffe. Wenn der Koffeingehalt des Rohkaffees auf oder unter die für koffeinfreien Kaffee meist gesetzlich vorgeschriebene Grenze gesunken ist, wird das Lösungsmittel durch erneute Behandlung mit gespanntem Wasserdampf und eventuell durch Evakuieren entfernt. Damit die Entkoffeinisierung bis auf den relativ sehr niedrigen Grenzwert innert nützlicher Frist fortschreitet, ist es nötig, dass auch die innersten Zellen der Kaffeebohne vom Lösungsmittel erreicht werden, und es erklärt sich daraus, dass die nachherige Entfernung auch der letzten Lösungsmittelreste aus den Bohnen eine Operation ist, welche grosse Sorgfalt erheischt. Man könnte zwar annehmen, dass kleine, den Kaffeebohnen anhaftende Reste von Extraktionsmitteln bei dem nachfolgenden Röstprozess restlos verschwinden, und das ist sicherlich für die an der Oberfläche der Bohnen befindlichen Teile der Fall. Der Röstprozess ist aber, wie unsere Erfahrungen zeigen, nicht imstande, die bei ungenügender Ausdämpfung und Evakuierung im Innern der Bohne zurückgebliebenen Lösungsmittelanteile zu entfernen, und so finden sich im Handel hin und wieder Partien von koffeinfreiem Kaffee, welche sich durch relativ sehr hohe Gehalte an Lösungsmitteln sehr unliebsam von den normalen Sorten von koffeinfreiem Kaffee abheben.

Es erscheint mir nicht überflüssig, an dieser Stelle, wie dies andere Autoren¹⁾ auch schon getan haben, auf die grosse und oft heimtückische Giftigkeit dieser organischen Extraktionsmittel und insbesondere der gechlorten Kohlenwasserstoffe hinzuweisen. Wenn schon in den Artikeln 465 bis 467, 479, 481 und 482 der Eidg. Lebensmittelverordnung vom 26. Mai 1936 auf die Gesundheitsschädlichkeit dieser Lösungsmittel hingewiesen wird und sie für bestimmte Zwecke verboten sind oder doch mindestens vor dem Einatmen der Dämpfe gewarnt wird, so ist es erst recht am Platze, wenn solche Solventien, und sei es auch nur in Spuren, in Lebensmitteln nicht geduldet werden, mit denen sie genossen werden müssen. Art. 294, Abs. 4 der zit. Verordnung enthält denn auch die neue Vorschrift, dass koffeinfreier Kaffee keine Reste von Extraktionsmitteln enthalten darf.

Bis jetzt war es ausserordentlich schwer, im koffeinfreien Kaffee Reste von Lösungsmitteln nachzuweisen, und noch viel schwerer, wenn nicht fast unmöglich, sie in genügender Menge zu isolieren und namentlich ihre Natur zu erkennen. Ich erspare es mir, auf die vielfachen Versuche einzugehen, die von uns und anderen Autoren in dieser Richtung angestellt wurden und erwähne bloss die Methode von *E. Kohn-Abrest*²⁾, nach welcher allerdings die einmal isolierten Lösungsmittel zum Zwecke der quantitativen Halogen- bzw. Kohlendioxydbestimmung beim Durchleiten durch ein rotglühendes Rohr zerstört werden, sodass sie also nicht in Substanz gefasst werden können.

Die Methode von *J. Ornfelt* gestattet, in kürzester Zeit zu erkennen, ob noch nennenswerte Lösungsmittelreste in koffeinfreiem Kaffee enthalten sind. Sie erlaubt ferner, diese Lösungsmittel zu isolieren und zu charakterisieren. Im folgenden beschreiben wir die Durchführung dieser Methode zur Bestimmung von Lösungsmitteln mit spezifischem Gewicht grösser als 1.

A. Beschreibung der Methode.

1 kg des zu untersuchenden, feingemahlten, gerösteten Kaffees wird sofort nach dem Mahlen in einen 5-Liter-Jenaer-Kolben eingefüllt und mit 2,5 L destilliertem oder gewöhnlichem Wasser durch starkes Umschütteln innig vermischt. Es ist vorteilhaft, das Wasser leicht vorzuwärmen, doch darf es nicht zu heiss sein, weil sonst eventuelle Verluste an Extraktionsmittel eintreten können.

Der Jenaer Kolben A besitzt oben einen Normal-Schliff, auf den so-

¹⁾ Ich zitiere bloss einige der äusserst verdienstvollen Arbeiten von *H. Zangger*, wie z. B. Archiv für Gewerbeapothologie und Gewerbehygiene, Bd. 1, S. 77 (1930); Bd. 2, S. 205 (1931); Schweiz. medizinische Wochenschrift, Bd. 61, S. 742 (1931); ferner die Dissertation von *M. Süssstrunk* über «Die akute Intoxikation durch trans- und cis-Dichloräthylen und Äthylenoxyd», Zürich, Universität, 1931. Im übrigen verweise ich auf die Handbücher der Toxikologie usw.

Von Interesse ist ferner eine Arbeit von *E. Kohn-Abrest*, La recherche des poisons volatils, Revue générale des Sciences pures et appliquées, Bd. 46, S. 14 (1935).

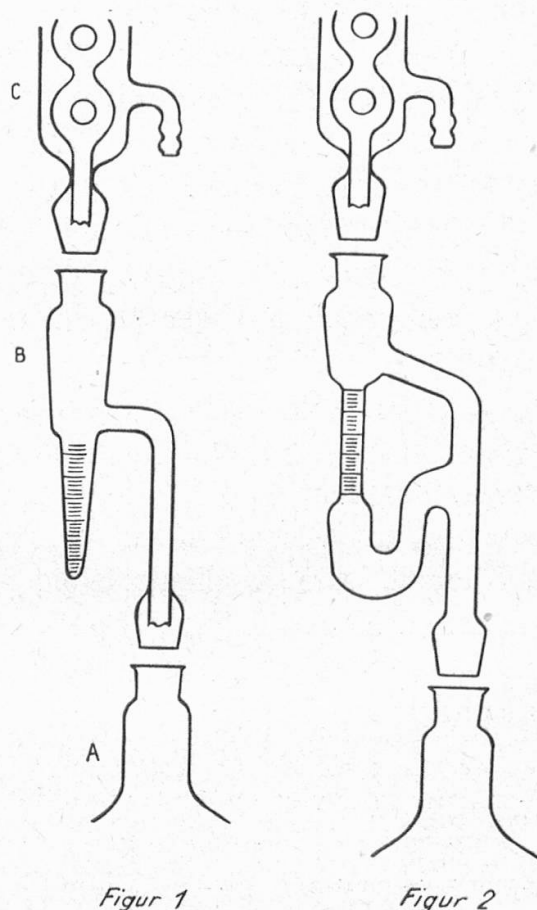
²⁾ s. *Kohn-Abrest*, loc. cit.

fort nach vollzogener Füllung das Zwischenstück B und der Kugelringkühler C aufgesetzt werden (s. Fig. 1*). Der Kolben wird nun vorteilhaft im Babo-Trichter, eventuell einfach über einem Drahtnetz mit einer starken Teclubrennerflamme bis zum Sieden der Flüssigkeit erhitzt. Das im Kaffee enthaltene Lösungsmittel wird durch die Wasserdämpfe mitgeführt und sammelt sich nach der Kondensation im Kühler in dem graduierten Messrohr. Es ist sehr darauf zu achten, dass während des Erhitzens der Kühler mit möglichst kaltem Wasser, eventuell mit Kältesole beschickt wird, um keine Verluste zu erleiden. Die Bestimmung kann abgebrochen werden, wenn sich kein weiteres Lösungsmittel mehr im graduierten Messrohr sammelt, was gewöhnlich nach 2 bis 3 Stunden der Fall ist. Zeigen sich in der ersten halben Stunde keine Lösungsmitteltropfen im Messrohr, so gelingt es auch durch länger dauerndes Erhitzen in der Regel nicht, eventuell vorhandenes Lösungsmittel auf diese Art nachzuweisen.

Die Identifizierung des aus dem Kaffee herausdestillierten Lösungsmittels geschieht durch Abtrennung desselben in einem kleinen Scheidetrichter, Trocknen über geschmolzenem Chlorcalcium und Destillation. Durch Ermittlung des Siedepunktes, der Dichte und eventuell des Halogen-Gehaltes lässt sich das Lösungsmittel leicht charakterisieren.

Für den Nachweis und die Bestimmung von Lösungsmitteln, deren spezifisches Gewicht kleiner als dasjenige von Wasser ist, haben wir das in Figur 2 dargestellte Zwischenstück konstruiert, dessen Wirkungsweise leicht ersichtlich ist.

Es wurden eine Reihe von Blindversuchen darüber angestellt, ob gemessene Mengen von chloriertem Kohlenwasserstoff, welche zu lösungsmittelfreiem Kaffee bzw. zu Wasser oder zu gesättigter Kochsalzlösung zugesetzt wurden, quantitativ wieder zu finden sind. Bei den Versuchen mit Wasser oder Salzlösungen ergab es sich, dass ein gewisser Prozentsatz, der je nach der Natur des Lösungsmittels verschieden hoch ist, nicht mehr zu finden ist.



Figur 1

Figur 2

*) Die Apparatur kann von jedem geschickten Glasbläser hergestellt werden.

B. Versuche mit Wasser und mit Salzlösungen.

1. Dichloräthylen. $C_2H_2Cl_2$ (Technisches Präparat, Siegfried).

a) Im «Ornfelt»-Apparat wurden 2 L Wasser mit $1,0\text{ cm}^3$ Dichloräthylen zum Sieden erhitzt. Im Messrohr wurde kein Dichloräthylen abgeschieden. Nach teilweisem Abkühlen wurde noch 1 cm^3 desselben Lösungsmittels zugesetzt. Beim Sieden wurde auch jetzt noch kein Dichloräthylen im Messrohr gefunden.

b) 2 L Wasser und $3,0\text{ cm}^3$ Dichloräthylen ergaben nach dem Kochen im Messrohr $0,9\text{ cm}^3$ Dichloräthylen.

c) 2 L Wasser und $4,0\text{ cm}^3$ Dichloräthylen ergaben nach dem Kochen im Messrohr $1,9\text{ cm}^3$ Dichloräthylen.

Am Schlusse jedes Versuches zeigte das im Kolben befindliche Wasser nach dem Erkalten deutlich den süßlichen Geruch des Lösungsmittels. Es liess sich auch mit der Methode von *Jujiwara*³⁾, auf die am Schluss der Mitteilung noch eingegangen wird, deutlich nachweisen.

Der Ausfall dieser Versuche lässt die Vermutung zu, dass 1 L siedendes Wasser ungefähr 1 cm^3 Dichloräthylen zu lösen vermag. Es wurde deswegen versucht, die Löslichkeit des gechlorten Kohlenwasserstoffes durch Zufügen von Kochsalz bis zur ungefähren Sättigung des Wassers herabzudrücken. Die Kochsalzlösung wurde durch Auflösen von 1200 g denaturiertem Kochsalz in 4 L gewöhnlichem Wasser hergestellt und durch Filtration von unlöslichen Anteilen befreit. Die Temperatur der siedenden Lösung betrug $104,5^\circ\text{ C}$.

d) 3 L Kochsalzlösung und $1,0\text{ cm}^3$ Dichloräthylen wurden im Ornfelt-Apparat langsam zum schwachen Sieden erhitzt. Die ersten Tropfen des Lösungsmittels sammelten sich schon vor Siedebeginn im Messrohr; die Menge stieg nach einer halben Stunde auf $0,5\text{ cm}^3$ und vermehrte sich auch nach mehrstündigem Sieden nicht mehr weiter. Die *Jujiwara*'sche Reaktion trat mit der im Rundkolben befindlichen Kochsalzlösung nur sehr unsicher ein (schmutziggelbe Verfärbung). Es kann dies einesteils darauf zurückgeführt werden, dass Dichloräthylen diese Reaktion überhaupt nicht besonders schön zeigt; wahrscheinlicher ist, dass sich ein Teil des zugesetzten gechlorten Kohlenwasserstoffes (ca. $0,5\text{ cm}^3$) zersetzt und damit dem Nachweis entzogen hat.

Versuch	Eingefüllt im Kolben		Wiedergefunden im Messrohr	
	Wasser cm^3	Dichloräthylen cm^3	Dichloräthylen cm^3	%
a	2000	1,0	0	0
	2000	2,0	0	0
b	2000	3,0	0,9	30
c	3000	4,0	1,9	47,5
d	3000*)	1,0	0,5	50

*) Kochsalzlösung

³⁾ Chemisches Zentralblatt 1935, I, 3961.

2. Trichloräthylen. C_2HCl_3 (Siegfried).

Auch beim Trichloräthylen gestalten sich die Verhältnisse aus Gründen, die wir bisher nicht aufklären konnten, sehr unübersichtlich. In der folgenden Tabelle sind einige unserer Versuche zusammengestellt, die dar- tun, dass die Methode Ornfelt nur 40—70% des im Wasser vorhandenen Trichloräthylens wiederzufinden gestattet.

Versuch	Eingefüllt im Kolben		Wiedergefunden im Messrohr	
	Wasser cm ³	Trichloräthylen cm ³	Trichloräthylen cm ³	%
a	4000	0,50	0,20	40
b	4000	1,0	0,70	70
c	1000	1,0	0,50	50
d	1000	1,0	0,60	60
e	2000	1,0	0,40	40
f	2000	2,0	1,30	65

3 L Kochsalzlösung + 1,0 cm³ Trichloräthylen wurde langsam zum schwachen Sieden erhitzt; schon vor Beginn sammelten sich einzelne Tropfen des Lösungsmittels im Messrohr; diese Menge stieg aber auch bei langem Kochen nicht über 0,5 cm³ (= 50%) an. Die Kochsalzlösung gab nach dem Erkalten nur eine sehr schwache Reaktion nach Jujiwara.

Bei einem weiteren Versuch mit 3 L Kochsalzlösung + 2,0 cm³ Trichloräthylen wurden 1,5 cm³ wiedergefunden. Der absolute Verlust an Lösungsmittel blieb sich demnach gleich (0,5 cm³) und es muss daher angenommen werden, dass sich diese Menge Trichloräthylen in 3 L siedender Kochsalzlösung löst oder während der Kochdauer zum Teil zerstört wird.

3. Chloroform. $CHCl_3$.

Die mit Chloroform und einigen weiteren chlorierten Kohlenwasserstoffen durchgeführten Versuche ergaben, wie die folgenden Zusammenstellungen zeigen, ebenfalls unsichere Resultate:

Versuch	Eingefüllt im Kolben		Wiedergefunden im Messrohr	
	Wasser cm ³	Chloroform cm ³	Chloroform cm ³	%
a	1000	3,0	0,75	25
b	4000	10,0	8,9	89
c	4000	2,0	0,9	45
d	1000	2,0	0,20	10

4. Tetrachlorkohlenstoff. CCl_4 .

Versuch	Eingefüllt im Kolben		Wiedergefunden im Messrohr	
	Wasser cm ³	Chloroform cm ³	Chloroform cm ³	%
a	2000	2,0	1,2	60

5. 1,2-Dichloräthan. $C_2H_4Cl_2$ (Siegfried).

Versuch	Eingefüllt im Kolben		Wiedergefunden im Messrohr	
	Wasser cm ³	Dichloräthan cm ³	Dichloräthan cm ³	%
a	1000	2,0	1,20	60
b	400	2,0	1,60	80
c	2000	2,0	1,30	65
d	3000 *)	2,0	1,40	70

*) Kochsalzlösung

6. Tetrachloräthylen. C_2Cl_4 . Siedepunkt 119°.

Versuch	Eingefüllt im Kolben		Wiedergefunden im Messrohr	
	Wasser cm ³	Tetrachloräthylen cm ³	Tetrachloräthylen cm ³	%
a	2000	2,0	1,9	95
b	4000	1,0	0,9	90
c	2000	2,0	1,8	90

7. Tetrachloracetylen. $C_2H_2Cl_4$. Siedepunkt 135°.

Versuch	Eingefüllt im Kolben		Wiedergefunden im Messrohr	
	Wasser cm ³	Tetrachloracetylen cm ³	Tetrachloracetylen cm ³	%
a	4000	5,0	4,7	94
b	2000	0,5	0,4	80
c	2000	1,0	0,7	70

Versuche, die von befreundeter Seite angestellt wurden, ergaben unter ähnlichen Bedingungen etwas gleichmässigeren Verluste an Lösungsmittel. Sie wurden so angestellt, dass in den Apparat von Ornfelt zuerst 2 L etwa 50—60° warmes Wasser, dann 2 cm³ des zu untersuchenden Lösungsmittels und hierauf noch 500 cm³ Wasser eingefüllt wurden. Hierauf wurde vollends zum Sieden erhitzt und das Erhitzen so lange fortgesetzt, bis die im Zwischenstück sich abscheidende Menge des Lösungsmittels nicht mehr zunahm. Der Kürze halber sind in der folgenden Tabelle die Mittelwerte mehrerer Versuche angegeben:

Zugesetztes Lösungsmittel	Siedepunkt	von 2 cm ³ zurückgewonnene Menge
1. Dichlormethan	42°	0,1 cm ³
2. Dichloräthylen	55°	0,1 »
3. Chloroform	61°	0,75 »
4. Tetrachlorkohlenstoff .	77°	1,4 »
5. Aethylenchlorid	84°	1,7 »
6. Trichloräthylen	87°	1,7 »
7. Tetrachloräthylen . . .	121°	2,0 »
8. Tetrachloräthan	146°	2,0 »

Bei den Lösungsmitteln Nr. 7 und Nr. 8 wurde sogar etwas mehr als die zugesetzten 2 cm³ wiedergefunden, doch ist dies durch Aufnahme von Wasser durch das Lösungsmittel leicht erklärlich.

C. Versuche mit Kaffeeaufgüssen.

In ähnlicher Weise wie die letzten Versuche wurden noch weitere in der Weise angesetzt, dass in den grossen Rundkolben des Ornfelt-Apparates zuerst 2 L 50—60° warmes Wasser und dann 1 kg feingemahlener, gerösteter Kaffee eingefüllt und sehr gut miteinander vermischt wurden, so dass sich das Kaffeepulver allseitig in der Mischung verteilte. Dann wurden je 2 cm³ des zu untersuchenden Lösungsmittels eingefüllt und mit weiteren 500 cm³ Wasser nachgespült. Das Ganze wurde zum intensiven Sieden gebracht. Hierbei muss man sehr auf der Hut sein, damit das Gemenge nicht überschäumt. Diese Erscheinung ist auf eine lebhaft entwickelte Kohlensäure-Entwicklung aus dem Kaffeepulver zurückzuführen und durch kräftiges Umschütteln zurückzudämpfen.

Die Mittelwerte mehrerer Versuche sind in folgender Tabelle enthalten:

Zugesetztes Lösungsmittel	Siedepunkt	von 2 cm ³ zurückgewonnene Menge
1. Dichlormethan	42°	0,6 cm ³
2. Dichloräthylen	55°	0,9 »
3. Chloroform	61°	1,8 »
4. Tetrachlorkohlenstoff .	77°	1,6 »
5. Aethylenchlorid	84°	2,0 »
6. Trichloräthylen	87°	2,0 »
7. Tetrachloräthylen . . .	121°	2,0 »
8. Tetrachloracetylen . . .	146°	2,0 »

Aus den mitgeteilten Werten ist zu ersehen, dass in diesem Falle eine ziemlich weitgehende Abhängigkeit zwischen Siedepunkt und Menge des wiedergefundenen Lösungsmittels besteht. Je tiefer der Siedepunkt, um so kleiner ist die nach dem Ornfelt-Verfahren zurückgewonnene Menge des künstlich zugesetzten Lösungsmittels.

D. Ergebnisse.

Aus den angeführten Versuchen geht hervor, dass sich die geschilderte Methode ausgezeichnet zum qualitativen Nachweis von Lösungsmittelresten in entkoffeinisiertem Kaffee gebrauchen lässt. Die quantitative Erfassung der Reste von Lösungsmitteln schwerer als Wasser ist dagegen an gewisse Voraussetzungen geknüpft. In erster Linie ist der Siedepunkt des zur Entkoffeinisierung verwendeten Lösungsmittels massgebend, denn nur bei Lösungsmitteln, welche über 80° sieden, kann man erwarten, dem Kaffee künstlich zugesetztes Lösungsmittel vollständig wiederzufinden. Da aber von einzelnen Firmen auch tiefer siedende Lösungsmittel verwendet werden, deren Natur dem Analytiker nicht ohne weiteres bekannt ist, so müssen die

von der Methode gelieferten Gehaltszahlen als Minimalwerte aufgefasst werden. In zweiter Linie geht aus den Versuchen hervor, dass wahrscheinlich alle gechlorten Kohlenwasserstoffe, welche zur Extraktion von Kaffee in Frage kommen, beim Kochen mit Wasser, mit Salzlösungen oder mit Kaffee-Aufgüssen mehr oder weniger starke Zersetzungen erleiden, die natürlich von ihrer chemischen Natur abhängen. Es scheint, dass infolge solcher Zersetzungsvorgänge, die auch beim Extraktionsprozess auftreten, der Chlorgehalt des Kaffees eine sehr wesentliche Steigerung erfährt. Auf jeden Fall sind aber die durch die geschilderte Methode erhaltenen Gehaltszahlen auch aus diesem Grunde nur als Minimalzahlen aufzufassen, und ein negativer Befund darf noch nicht als Beweis dafür gelten, dass der zur Untersuchung stehende Kaffee auch wirklich lösungsmittelfrei ist.

E. Anhang.

In einigen der vorstehend beschriebenen Versuche haben wir versucht, auch die von *Brüning* und *Schnetka*³⁾ beschriebene Methode von *Jujiwara* unsern Zwecken dienstbar zu machen. Einige weitere Versuche mit dieser Nachweismethode verdienen allgemeineres Interesse. Brüning und Schnetka haben diese Methode dazu benützt, um Trichloräthylen in Leichenteilen nachzuweisen und zu bestimmen. «Zu 2 cm³ der zu untersuchenden Lösung wird 1 cm³ Pyridin gegeben, gemischt und mit 2 cm³ 50%iger Natronlauge unterschichtet. Das Reagensglas wird dann in ein auf 70° erwärmtes Wasserbad getaucht und eine Minute darin geschüttelt. Der bei Anwesenheit von Trichloräthylen gebildete rotviolette Farbstoff wird von dem Pyridin aufgenommen und kann eventuell kolorimetrisch bestimmt werden. 1/1000 mg (1 μ) Trichloräthylen gaben noch eine deutliche Reaktion.»

Die Reaktion ist nicht charakteristisch für Trichloräthylen, sondern nach unseren Feststellungen für die meisten gechlorten Kohlenwasserstoffe. Wir erhielten positiven Ausfall mit Dichloräthylen, Tetrachloracetylen, Tetrachloräthan, Chloroform, Tetrachlorkohlenstoff, Monochlorbenzol, Chloralhydrat. Es ist zu bemerken, dass Dichloräthylen die Reaktion nicht besonders schön zeigt.

Bromierte Kohlenwasserstoffe geben zum Teil abweichende Reaktion:

Trimethylenbromid: Zitronengelbe, dann in Gelbbraun übergehende Färbung.

Butylbromid: Zuerst schwache, dann immer intensiver werdende, fuchsinrote Färbung.

Allylbromid: Zitronengelbe, in Gelbbraun umschlagende Färbung.

Bromcyclohexan: Sehr schwache Gelbfärbung, nach langem Verweilen bei 70—80° schwache Rosafärbung, nicht charakteristisch.

Auch die jodierten Kohlenwasserstoffe verhalten sich wenig charakteristisch. Methyljodid gibt erst nach langem Erwärmen auf 70—80° eine Rotfärbung.

Die Reaktion ist sehr wenig empfindlich.

Propyljodid gibt keine Färbung.