

ducte der ersten Reaction feste Körper dar, so kann man sie durch Krystallisation leicht reinigen. Anderenfalls ist es am besten die Einwirkung des Mercaptans auf das Keton bei niederer Temperatur allmählich, und bei Gegenwart von überschüssigem Mercaptan stattfinden zu lassen. Der Ueberschuss des Mercaptans kann nach beendeter Reaction durch Schütteln mit Natronlauge wieder entfernt werden.

Unter Beobachtung dieser Verhältnisse gelang es neuerdings das Dithioethyl-Dimethyl-Methan $(\text{CH}_3)_2\text{C}(\text{C}_2\text{H}_5\text{S})_2$ von constantem Siedepunkt zu gewinnen. Dasselbe stellt eine stark lichtbrechende in Wasser unlösliche leicht bewegliche Flüssigkeit dar, welche zwischen 190 und 191° vollkommen überdestillirt.¹⁾

Das Dithioethyl-Dimethyl-Methan verbindet sich wie die Sulfide mit Jodmethyl direct und bei gewöhnlicher Temperatur zu einer krystallisirten Sulfidverbindung. Mit Brom giebt es keine Additionsverbindung; dieses wirkt vielmehr, wie bei allen hierher gehörenden Körpern, energisch substituierend ein.

586. E. Baumann: Ueber Disulfone.

(Eingegangen am 26. October.)

Disulfone hat R. Otto diejenigen Körper genannt, welche 2 mal die einwerthige Gruppe — SO_2X . an Kohlenstoff gebunden, enthalten. Bei diesen Verbindungen hat man zu unterscheiden:

- 1) solche, in welchen die 2 Sulfonreste mit einem und demselben Kohlenstoffatom vereinigt sind,
- 2) solche, deren Sulfongruppen an zwei verschiedene Kohlenstoffatome geknüpft sind.

Bis jetzt sind nur Verbindungen der letzteren Art bekannt, welche von Otto und seinen Schülern auf verschiedenen Wegen erhalten worden sind.

Versuche, zu den Disulfonen der 1. Kategorie zu gelangen, sind früher von Michael und Palmer²⁾ mit negativem Erfolge unternommen worden. Die Darstellung dieser Körper gelingt leicht durch Oxydation der aus den Aldehyden, Ketonen und Ketonensäuren gebildeten Mercaptanderivate.

Als Oxydationsmittel hat sich bis jetzt nur eine wässrige Lösung von Permanganat bewährt. Die Oxydation vollzieht sich bei gewöhnlicher Temperatur, meist unter schwacher Erwärmung, wenn man die

¹⁾ Vergl. E. Baumann. Diese Berichte XVIII, 883.

²⁾ Amer. chem. Journ. 1884, 253.

zu oxydirende Substanz mit 5 procentiger Permanganatlösung schüttelt und tropfenweise verdünnte Schwefelsäure oder Essigsäure zusetzt oder Kohlensäure einleitet. Die bleibende Rothfärbung zeigt das Ende der Reaction an.

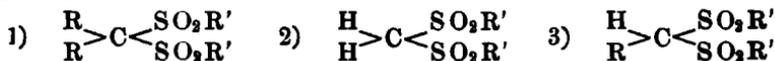
Der Verlauf der Oxydation und die Ausbeute an Disulfon ist aber in einzelnen Fällen sehr verschieden.

Die Oxydation geht um so langsamer von statten, je geringer die Löslichkeit des Sulfids und des daraus gebildeten Disulfons ist. Sehr wenig löslich sind z. B. die vom Phenylmercaptan abgeleiteten Körper; ihre Oxydation gelingt daher nur schwierig; dagegen lassen sich die aus dem Aethylmercaptan dargestellten Derivate im Allgemeinen sehr leicht oxydiren, denn die dabei gebildeten Disulfone sind löslich und können in der Regel aus Wasser umkrystallisirt werden.

Die Ausbeute an Disulfon scheint wesentlich abhängig zu sein von der Anzahl der Kohlenstoffatome in den Seitenketten, so zwar dass man die relativ beste Ausbeute erhält bei der Oxydation der Mercaptanderivate des gewöhnlichen Acetons, während die vom Propylmethylketon abgeleiteten Sulfide eine erheblich geringere Menge von dem entsprechenden Disulfon liefern. Diese Erfahrung wurde bestätigt gefunden bei der Oxydation des aus Acetessigester und Aethylmercaptan gewonnenen Sulfids, und bei der entsprechenden Verbindung der Lävulinsäure.

Die aus den Aldehyden und Ketonen dargestellten Disulfone gehören zu den beständigsten organischen Verbindungen. Sie sind gegen Säuren, Alkalien und gegen Wasserstoff in statu nascendi beständig und zeigen dadurch sehr bemerkenswerthe Unterschiede von den von Otto und Damköhler dargestellten Disulfonen¹⁾. Aus diesen wird beim Kochen mit Alkalien leicht ein Sulfonylrest in Form von Sulfinssäure abgespalten. Durch Natriumamalgam werden ferner die Disulfone Otto's in Sulfinssäure beziehungsweise Mercaptan und Alkohol zerlegt.

Bei den im Folgenden zu beschreibenden Disulfonen lassen sich im Allgemeinen 3 verschiedene Arten von Körpern unterscheiden, deren Constitution durch die nachstehenden Formeln genauer bezeichnet wird:



R und R' bedeuten einwerthige organische Reste. Die Verbindungen nach der ersten Formel sind die beständigsten unter den Disulfonen; sie sind der Substitution schwer oder gar nicht zugänglich. Die Disulfone, welche der 2. Formel entsprechen, lassen die beiden Wasserstoffatome des Methanrestes sehr leicht durch Halogenatome sub-

¹⁾ Journ. pr. Ch. XXX, 171 u. 321.

stituiren; in den so gebildeten Verbindungen ist das Halogen sehr leicht beweglich, so zwar dass es schon bei Erwärmen mit verdünnter wässriger Natronlauge vollständig abgespalten wird.

Auch in den Disulfonen von der 3. Formel ist das Wasserstoffatom des Methanrestes durch Brom leicht substituierbar; aus der Bromverbindung wird auch hier schon durch wässrige Natronlauge des Brom wieder abgespalten.¹⁾

Disulfone, welche eine Carboxylgruppe neben den beiden Sulfonresten an dasselbe Kohlenstoffatom gebunden enthalten, scheinen im freien Zustande nicht existiren zu können. Bei der Oxydation der Mercaptanderivate der Brenztraubensäure findet stets Abspaltung von Kohlensäure statt, indem ein Disulfon des Aethylidens entsteht.

1. Sulfone, $(RSO_2)_2 = C = R'_2$,

Diäthylsulfon-Dimethyl-Methan, $(C_2H_5SO_2)_2C(CH_3)_2$.

Dithioäthyl-Dimethyl-Methan wird mit 5procentiger Lösung von Permanganat geschüttelt, indem man von Zeit zu Zeit einige Tropfen Essigsäure oder Schwefelsäure hinzufügt. Man fährt mit dem Zusatz der Permanganatlösung fort, bis diese nicht mehr entfärbt wird. Ist dieser Punkt erreicht, so schwimmen an der Oberfläche zahlreiche Krystalle des Oxydationsproductes; man erwärmt nun die Masse auf dem Wasserbade und filtrirt heiss. Nach dem Verdunsten der Lösung auf die Hälfte ihres Volums krystallisirt in der Kälte der grösste Theil des gebildeten Disulfons aus, welches durch einmaliges Umkrystallisiren aus heissem Wasser oder Alkohol gereinigt wird. Das so gewonnene Diäthylsulfon stellt farblose dicke Prismen dar, welche in Wasser oder Alkohol in der Kälte schwer, beim Erwärmen leicht löslich sind; in Aether, Benzol und Chloroform lösen sie sich ziemlich leicht auf. Das Disulfon schmilzt bei 130—131°. Es siedet bei etwa 300° unter geringer Verkohlung und Entwicklung eines stechenden Geruches. Das Destillat ist gelblich, es erstarrt krystallinisch und liefert nach einmaligem Umkrystallisiren wieder reines Disulfon.

Analyse:

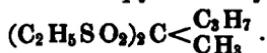
	Berechnet		Gefunden			
	für $(C_2H_5SO_2)_2C(CH_3)_2$		I.	II.	III.	
C ₇	84	36.84	37.04	37.10	—	pCt.
H ₁₆	16	7.02	7.00	7.04	—	›
S ₂	64	28.07	—	—	28.34	›
O ₄	64	28.07	—	—	—	›
	228	100.00.				

¹⁾ Die hier genannten Bromverbindungen der Disulfone können, wie es scheint, zur Darstellung zahlreicher Körper benutzt werden. Es sind u. A. Versuche mit denselben begonnen, welche die Gewinnung von Trisulfonen $R-C(SO_2R')_3$ und Tetrasulfon $C(SO_2R')_4$ bezwecken.

Das Disulfon löst sich sehr leicht in concentrirter Schwefelsäure auf, beim Erwärmen tritt allmählich Zersetzung unter Entwicklung von schwefliger Säure ein. Durch Wasser wird das Disulfon aus dieser Lösung wieder gefällt. In concentrirter Salpetersäure löst es sich schon in der Kälte leicht auf; diese Lösung kann längere Zeit gekocht werden, ohne dass Zersetzung eintritt; auch hier wird durch Wasserzusatz der unveränderte Körper wieder abgeschieden. Brom löst das Disulfon auf, ohne darauf einzuwirken; verdunstet man das Brom auf dem Wasserbade, so bleibt ein krystallinischer Rückstand, der beim Umkrystallisiren aus Wasser und Alkohol wieder reines Disulfon liefert. Aetzalkalien wirken auch bei längerem Kochen nicht ein. Ebenso wurde vergebens versucht, aus dem Disulfon durch Natriumamalgam oder durch Zinn und Salzsäure ein Reductionsproduct zu gewinnen.

Bei der grossen Widerstandsfähigkeit des Disulfons gegen concentrirte Salpetersäure durfte man erwarten, dass diese auch zur Oxydation des Dithioäthyl-Dimethyl-Methans zum Disulfon geeignet sei. Allein dieses ist nicht der Fall. Die Salpetersäure wirkt explosionsartig auf das Sulfid ein und bei der eintretenden Oxydation wird, auch wenn man verdünnte Salpetersäure in der Wärme einwirken lässt, kein Disulfon gebildet, sondern die Oxydation geht in diesem Falle immer direct weiter. Bei der Oxydation des Sulfides mit Permanganat entstehen nur geringe Mengen von Schwefelsäure, wahrscheinlich wird auch Aethylsulfosäure gebildet, die aber nicht direct nachgewiesen wurde. Die Ausbeute an dem Disulfon ist eine relativ sehr günstige. Bei einem Versuche lieferten 6.5 g des Sulfids 4.8 g reines Disulfon, während in den Mutterlaugen etwa $\frac{1}{2}$ g des Disulfons zurückblieb.

Diäthylsulfon-Propyl-Methyl-Methan,



Dieses Disulfon erhält man bei der Oxydation des entsprechenden Mercaptanderivates des Propyl-Methylketons, aber in viel geringerer Ausbeute als das zuerst beschriebene Disulfon. Es ist in kaltem Wasser schwer, in Alkohol, Aether, Chloroform löslich. Aus der wässrigen Lösung krystallisirt es in langen Nadeln und Blättchen, welche bei 86° schmelzen.

Analyse:

	Ber. für $(C_2H_5SO_2)_2C \begin{matrix} C_3H_7 \\ \diagdown \\ CH_3 \end{matrix}$		Gefunden
C ₉	108	42.19	42.76 pCt.
H ₂₀	20	7.81	7.85 „
S ₂	64	25.00	— „
O ₄	64	25.00	— „
	256	100.00.	

In seinem Verhalten gegen Reagentien ist es ähnlich dem früher beschriebenen Disulfon.

Die Oxydation des Dithiophenyl-Dimethyl-Methans, $(C_6H_5S)_2C(CH_3)_2$, verläuft wegen der geringen Löslichkeit des daraus gebildeten Disulfons langsam und ergab ein Gemenge des Disulfons mit einem Zwischenproduct. Mit viel kochendem Wasser wird diesem Gemenge das Disulfon $(C_6H_5SO_2)_2C(CH_3)_2$ entzogen. Es bildet kleine Krystalle, welche bei 97° schmelzen, in kaltem Wasser fast unlöslich, in Alkohol, Aether oder Chloroform leicht löslich sind.

β -Diäthylsulfon-Buttersäureester,



Aus Acetessigester und Aethylmercaptan erhält man in der früher angegebenen Weise den β -Dithioäthyl-Buttersäureester. Bei der Oxydation mit Permanganat entsteht das zugehörige Disulfon, allerdings nur in wenigen Procenten von der theoretischen Ausbeute. Die grosse Krystallisationsfähigkeit dieses Körpers ermöglicht aber auch hier die Isolirung des Disulfons. Dieses ist in kaltem Wasser sehr schwer löslich; es krystallisirt aus der heiss gesättigten Lösung in mehr als zolllangen dünnen Nadeln, welche in Alkohol und Aether viel leichter als in Wasser sich lösen; sie schmelzen bei 63° .

Analyse:

	Berechnet		Gefunden		
	für $(C_2H_5SO_2)_2C \begin{array}{l} \text{CH}_3 \\ \text{CH}_2CO_2C_2H_5 \end{array}$		I.	II.	
C ₁₀	120	40.0	39.28	—	pCt.
H ₂₀	20	6.66	6.72	—	»
S ₂	64	21.33	—	20.80	»
O ₆	96	32.00	—	—	»
	300	99.99			

In Alkalien löst sich dieser Disulfonester leicht auf; beim Kochen mit Alkali zerfällt er in Alkohol und eine in Wasser, Aether und Alkohol sehr leicht lösliche Säure, welche nicht krystallisirt erhalten wurde.

Das Disulfon aus dem früher beschriebenen β -Dithiophenylbuttersäureester ¹⁾ darzustellen, gelang nicht; es scheint, dass die Oxydation hierbei früher den Rest des Acetessigesters ergreift, bevor die Thiophenylreste in die Sulfongruppen verwandelt werden.

2. Disulfone, $H_2C(SO_2R)_2$.

Diäthylsulfon-Methan, $CH_2(SO_2C_2H_5)_2$.

Dem ersten Disulfon von obiger Constitution begegnete ich bei Versuchen, welche einen anderen Zweck verfolgten, nämlich die Dar-

¹⁾ Diese Berichte XIX, 1790.

stellung von Trisulfonen $\text{HC}(\text{SO}_2\text{R})_3$. Nach den bisher gewonnenen Erfahrungen bei der Oxydation verschiedener Sulfide erschien es mir ausserordentlich wahrscheinlich, dass auch die von Gabriel¹⁾ entdeckten Orthothioameisenester bei der Oxydation entsprechende Sulfone liefern würden. Gabriel hatte zwar selbst beim Orthothioameisensäurephenyläther einen dahin zielenden Versuch angestellt, wobei nur die Bildung von Phenyldisulfid constatirt wurde. Da ich schon Erfahrungen darüber gewonnen hatte, dass die Thiophenylderivate weniger glatt sich oxydiren lassen als die entsprechenden Aethylverbindungen, bereitete ich nach der Vorschrift von Gabriel aus Chloroform und wässriger Lösung von Kaliumäthylmercaptid den Orthothioameisensäureäthylester.²⁾ Dieser, ein hellgelb gefärbtes Oel, wurde mit Permanganat unter Schwefelsäurezusatz oxydirt; es zeigte sich, dass das hierbei gebildete, in Wasser leicht lösliche Sulfon der Lösung durch (6—8 mal) wiederholtes Schütteln mit grösseren Mengen Aether entzogen werden konnte. Nach dem Abdestilliren des Aethers hinterblieben ca. 5 g eines farblosen Oeles³⁾, das zu einer langfaserig krystallinischen Masse erstarrte. Diese Substanz ist in Wasser leicht löslich und krystallisirt aus der eingedampften, wässrigen Lösung in glänzenden Blättchen, welche nach wiederholtem Umkrystallisiren den Schmelzpunkt 104° zeigten.

Die Analyse ergab für Diäthylsulfon-Methan scharf stimmende Zahlen, obschon die Zusammensetzungsunterschiede von diesem Körper und dem eigentlich erwarteten Triäthylsulfon-Methan sehr geringe sind.

Analysen:

		Berechnet für		Gefunden			
		$\text{CH}_2(\text{SO}_2\text{C}_2\text{H}_5)_2$	$\text{CH}(\text{SO}_2\text{C}_2\text{H}_5)_3$	I.	II.	III.	IV.
C_5	60	30.0	C_7 84	29.96	30.01	29.54	— pCt.
H_{12}	12	6.0	H_{16} 16	5.59	5.8	6.09	— „
S_2	64	32.0	S_3 96	—	—	—	31.87 „
O_4	64	32.0	O_6 96	—	—	—	— „
	200	100.0	292				100.00.

Das Diäthylsulfon-Methan ist in Aether schwer, leicht in Alkohol und in Benzol löslich; beim Erhitzen im Röhrchen verflüchtigt es sich unzersetzt.

Die bemerkenswertheste Eigenschaft dieses Disulfons besteht in seinem Verhalten gegen Brom. Bringt man etwas Bromwasser zur wässrigen Lösung des Disulfons, so trübt sich die Flüssigkeit bald

¹⁾ Diese Berichte X, 185.

²⁾ Der Ester wurde vor der Oxydation nicht destillirt, sondern nur im Wasserbade vom überschüssigem Chloroform befreit.

³⁾ Aus 12 g Mercaptan.

und indem die Farbe des Broms verschwindet, wird eine Menge kleiner glänzender Kryställchen einer Bromverbindung gefällt, welche in kaltem Wasser fast unlöslich ist; aus der Lösung in siedendem Wasser krystallisirt dieser Körper in prächtigen glänzenden Nadeln, welche bei 131° schmelzen und bei weiterem Erhitzen unter geringer Zersetzung sich verflüchtigen. In verdünnter Natronlauge löst sich die Verbindung leicht auf, aber schon in der Kälte, schnell beim Erhitzen wird das Brom abgespalten, wobei ein neuer noch nicht weiter untersuchter Körper gebildet wird.

Die Analyse der Bromverbindung ergab scharf stimmende Werthe für die Formel Diäthylsulfon-Dibrom-Methan $(C_2H_5SO_2)_2CBr_2$.

Analyse:

	Berechnet für $C_5H_{10}Br_2S_2O_4$		I.	II.	III.
C ₅	60	16.76	16.73	—	— pCt.
H ₁₀	10	2.79	2.77	—	— >
Br ₂	160	44.69	—	44.89 ¹⁾	44.32 ²⁾ >
S ₂	64	17.88	—	18.07	— >
O ₄	64	17.88	—	—	— >
	358	100.00.			

Die Art der Abscheidung der Bromverbindung, ihre Unlöslichkeit in kaltem Wasser, ihre charakteristische Krystallform, ihr Schmelzpunkt lassen sehr kleine Mengen dieser Substanz scharf erkennen. Ferner kann durch ihre Darstellung am besten das Disulfon auf Beimengungen anderer verwandter Körper geprüft werden: die letzteren bleiben dabei vollkommen in der Lösung.

Bei der Oxydation des vermeintlichen Orthothioameisensäure-äthylesters wurde keine nachweisbare Menge von Aethylsulfonsäure gebildet; es konnte also das obige Disulfon nicht dadurch gebildet worden sein, dass einer der 3 Mercaptanreste bei der Oxydation abgespalten wird.

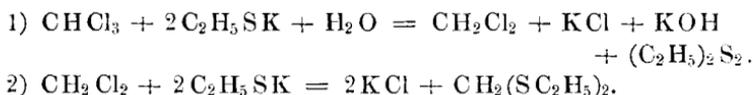
Das Aethyldisulfon des Methans ist auch nicht das einzige Product der Oxydation, sondern es bildet sich offenbar mindestens noch ein zweites Sulfon ausserdem, welches aber noch nicht rein dargestellt werden konnte.

Das Disulfon kann daher nur durch Oxydation von dem dem Formaldehyd entsprechenden Sulfid: $CH_2(SC_2H_5)_2$ gebildet worden

¹⁾ Nach Carius Methode.

²⁾ Das Brom wurde durch $\frac{1}{4}$ stündiges Kochen mit verdünnter Natronlauge abgespalten.

sein, welches im vorliegenden Falle das Hauptproduct der Einwirkung von Chloroform auf die alkalische Lösung des Aethylmercaptans darstellte. Mehrfach wiederholte Versuche überzeugten mich, dass diese Reaction zu einem grossen, wahrscheinlich zum grösseren Theile in folgender Weise verläuft:



Die Bildung des Disulfids bei der ersten Reaction lässt sich durch die bekannten Eigenschaften dieses Körpers, insbesondere seine Rückbildung zu Mercaptan leicht nachweisen. Gabriel hat das Vorhandensein des Körpers $\text{CH}_2(\text{SC}_2\text{H}_5)_2$ in dem von ihm beschriebenen Orthothioameisenester nicht constatiren können, weil die Analyse für letzteren gut stimmende Werthe lieferte; die Differenzen in der Zusammensetzung der beiden in Frage stehenden Körper sind zwar gering, allein Gabriel's Zahlen lassen keine andere Deutung als die auf den Thioameisenäther zu:

		Berechnet		Gabriel's Werthe:				
für $\text{CH}_2(\text{SC}_2\text{H}_5)_2$		für $\text{CH}(\text{SC}_2\text{H}_5)_3$		I.	II.	III.		
C ₅	60	44.12	C ₇ 84	42.86	43.14	—	—	pCt.
H ₁₂	12	8.12	H ₁₆ 16	8.16	8.16	—	—	»
S ₂	64	47.06	S ₃ 96	48.98	—	48.53	48.45	»
	136	100.00		196	100.00			

Es bleibt daher für die Erklärung des Widerspruchs nur möglich, dass die Dauer des Erhitzens oder ein anderer Umstand auf den Verlauf der Reaction von erheblichem Einflusse ist.

Bei der Einwirkung von Phenylmercaptan auf Chloroform und Kalilauge habe auch ich eine glatte Umsetzung erzielt. Hier findet keine Reduction des Chloroforms statt, weil die Körper viel leichter auf einander einwirken als es bei Anwendung von Aethyl- oder Methylmercaptan der Fall ist.

Kocht man Chlorkohlenstoff (CCl_4) mit Aethylmercaptan und starker Kalilauge, so findet die Einwirkung noch langsamer als beim Chloroform statt. Das Reactionsproduct ist auch hier ein gelbes Oel, welches keinen constanten Siedepunkt besitzt, und bei der Oxydation mehrere Sulfone liefert, unter welchen, allerdings in kleinen Mengen, das Aethyldisulfonmethan durch die früher beschriebene Bromverbindung vollkommen sicher nachgewiesen wurde.

Dass übrigens bei der Einwirkung von Chlorkohlenstoff auf Mercaptane bei Gegenwart von Alkali keine glatte Umsetzung erfolgt, hat auch Gabriel beobachtet.

Aus dem früher Mitgetheilten erhellt, dass man zur Darstellung grösserer Mengen des hier geschilderten Disulfons zweckmässiger vom Methylchlorid oder -jodid ausgehen wird.

Einige Repräsentanten der dritten hierher gehörigen Art von Disulfonen werden in der folgenden Abhandlung beschrieben.

587. R. Escales und E. Baumann: Ueber einige Disulfone.

(Eingegangen am 26. October.)

3. Disulfone, $\begin{matrix} \text{H} \\ \text{R} \end{matrix} > \text{C}(\text{SO}_2\text{R})_2$ ¹⁾.

Diese Disulfone erhält man durch Oxydation entweder der aus den Aldehyden und Mercaptanen gebildeten Körper, oder der Mercaptan-derivate der Brenztraubensäure und anderer α -Ketonsäuren.

Aethylidendiäthylsulfon, $(\text{CH}_3)\text{CH}(\text{SO}_2\text{C}_2\text{H}_5)_2$.

Dieses Disulfon wurde zuerst aus der α -Dithioäthylpropionsäure (aus Brenztraubensäure und Aethylmercaptan) gewonnen. Letztere, ein in Wasser wenig lösliches Oel, wird in der früher beschriebenen Weise, aber ohne Zusatz einer Säure, mit Permanganatlösung geschüttelt, bis letztere nicht mehr entfärbt wurde. Das gebildete Disulfon ist in Wasser leicht löslich und wird der Lösung durch Aether völlig entzogen.

Man schüttelt das Oxydationsgemisch mit Aether aus und löst das nach Verdunsten des Aethers zurückbleibende gelbe Oel in wenig heissem Wasser. Beim Erkalten krystallisirt das Aethylidendiäthylsulfon in langgestreckten, farblosen Tafeln und Blättchen, welche ziemlich leicht in Wasser, noch leichter in Alkohol und in Aether löslich sind. Das Disulfon schmilzt bei 60° und verflüchtigt sich bei höherer Temperatur unzersetzt. Es ist gegen Säuren und Alkalien beständig wie die übrigen Disulfone. — Analyse:

		Berechnet	Gefunden			
		für $(\text{CH}_3)\text{CH}(\text{C}_2\text{H}_5\text{SO}_2)_2$	I.	II.	III.	pCt.
C ₈	72	33.64	33.52	33.40	—	>
H ₁₄	14	6.54	6.55	6.60	—	>
S ₂	64	29.91	—	—	30.20	>
O ₄	64	29.91	—	—	—	>
	214	100.00				

¹⁾ Vergl. die vorstehende Abhandlung.