



Synthese neuer organischer Schwefelverbindungen aus aromatischen Thiolverbindungen und Sulphinsäuren

Jewgeni M. Alow, Nina P. Gerassimowa, Piotr W. Korikow, Juri A. Moskwitschjow,
Nikolai A. Noshnin, Alexej N. Paschinin

Die rasche Entwicklung der Chemie organischer Schwefelverbindungen in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts wurde durch drei wichtige Prozesse ausgelöst:

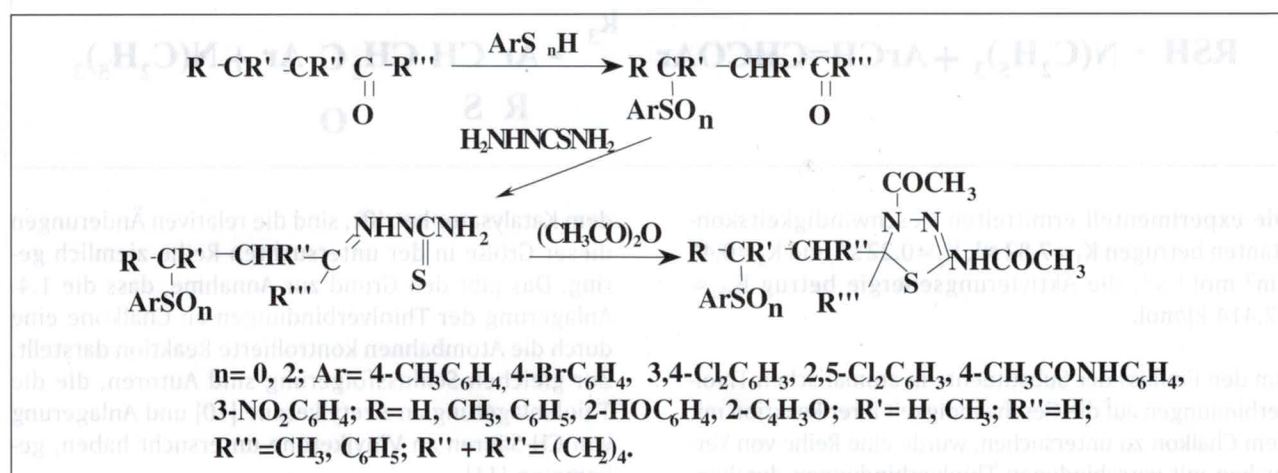
- die Einbeziehung von schwefelhaltigen und stark schwefelhaltigen Erdölen sowie die Verwendung von schwefelhaltigen Abfällen zur Steigerung der Produktion, die durch die Entwicklung anderer Industriebranchen notwendig wurde;
- die Erweiterung der Anwendungsbereiche von organischen Schwefelverbindungen bei der Produktion von Arzneimitteln, Pestiziden, Flotationsmitteln, Zusatzstoffen für Öle und Heizstoffe, Inhibitoren gegen Metallkorrosion, Polymerisationsreglern, Farbstoffen u. a.;
- durch das große Interesse an organischen Schwefelverbindungen als Modelle für die Erforschung vieler wichtiger Grundlagenkonzeptionen in der organischen Chemie.

Aus diesem Grunde ist die Synthese neuer organischer Schwefelverbindungen mit potenziell nützlichen Eigenschaften sowie die Untersuchung der Gesetzmäßigkeiten des Reaktionsverlaufs mit dem Ziel, diese Prozesse bewusst zu steuern, von besonderer Aktualität. In der vorliegenden Arbeit wurden Reaktionen der nukleophilen Addition von aromatischen Thiolverbindungen und Sulfinsäuren an aktivierte Doppelbindungen (Vinylketone und Akrylnitrile) und die weitere Umwandlung der entstandenen Addukte zu heterozyklischen Verbindungen untersucht. Das Anwendungsgebiet der letztgenannten Stoffe ist bekanntermaßen sehr groß [1]: Ihr Anteil unter Arzneimitteln und Präparaten, die in der Landwirtschaft und Veterinärmedizin eingesetzt werden, ist dominierend. Sie werden als optische Aufheller, Antioxidanten, Inhibitoren gegen Metallkorrosion und diverse Zusatzstoffe angewandt. Viele Farbstoffe und Pigmente besitzen eine heterozyklische Struktur.

Die Synthese von schwefelorganischen Derivaten der ungesättigten α - und β -Ketone

Ungesättigte α - und β -Karbonylverbindungen sind aufgrund ihres hohen Reaktionsvermögens gut geeignet zur Herstellung diverser Derivate und werden in der organischen Synthese häufig verwendet. Das ist bedingt durch die Existenz gekoppelter Mehrfachbindungen ($C=C-C=O$) mit delokalisierte Elektronendichte und ambidenter Elektrophilie in den Molekülen dieser Sintone. In der letzten Zeit ist das Interesse an der Chemie der ungesättigten α - und β -Ketone, insbesondere der 1,3-diarylsubstituierten Propenone (Chalkone) aufgrund der Möglichkeit, auf deren Basis biologisch aktive Stoffe mit einem breiten Wirkungsspektrum zu erzeugen [2,3], deutlich gewachsen. Dazu zählen Arzneimittel, Bakterizide, Insektizide und Polymere [4] speziell für den Einsatz in der Optik [5] und andere für die Praxis wertvolle Produkte. Eine Reihe von ungesättigten aromatischen Oxiketonen (Butein, Kartamin, Kurkumin), die Naturpigmente darstellen und als Farbstoffe für Baumwolle und Seide eingesetzt werden, werden als Indikatoren genutzt [6].

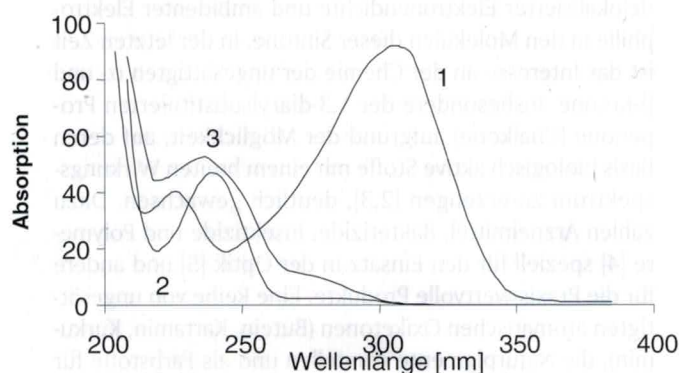
Dennoch fehlen in der Literatur bis heute systematische Untersuchungen zur Kinetik und zum Mechanismus einer z. B. für die Praxis so wichtigen Reaktion wie Thiolanlagerung an α , β -ungesättigte Ketone, die zur Bildung von Sulfiden führt, den potenziellen Reglern der Polymerisationsprozesse, Vulkanisierungsbeschleuniger, Insektizide, Arzneimittel u. a. [7]. Die Synthese von γ -Ketosulphonen auf der Grundlage der Chalkone wurde nur in wenigen Publikationen behandelt [8,9], obwohl die Reaktionsprodukte potenzielle Schutzstoffe gegen radioaktive Strahlung und Arzneipräparate zur Behandlung von Malaria und Tuberkulose darstellen.





Die ungesättigten α , β -Ketone als Ausgangsstoffe haben wir nach der Claisen-Kondensation synthetisiert. In der vorliegenden Arbeit wurden die Reaktionen der nukleophilen 1,4-Addition von aromatischen Thiolverbindungen und Sulphinsäuren an diese Substrate sowie die nachfolgende Kondensation der gesättigten Ketone unter Einbeziehung der Carbonylgruppe mit Hilfe von Thiosemikarbazid und Essigsäureanhydrid untersucht.

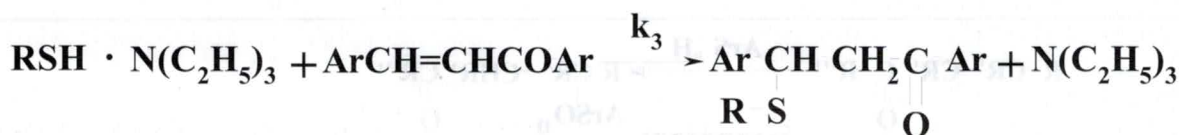
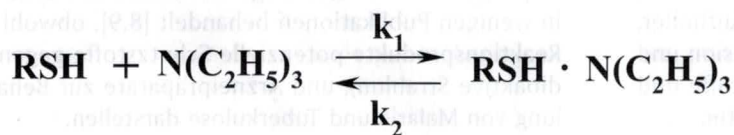
Die kinetischen Untersuchungen der Thiolanlagerung der Enonverbindungen haben wir am Beispiel der Anlagerung des 4-Methylthiophenols an 1,3-Diphenyl-1-Propen-3-on (Chalkon) in reinem Methanol mit Triethylamin als Katalysator durchgeführt. Die kinetischen Messungen erfolgten spektrophotometrisch nach der optischen Dichte des Reaktionsgemischs bei einer Wellenlänge von $\lambda_{\max} = 380$ nm, die der Absorption von Chalkon entspricht (Abb. 1).



1 – Chalkon, 2 – Thiol, 3 – Addukt

Abb. 1: Absorptionsspektren der Reaktionsstoffe und des Addukts.

Es wurde nachgewiesen, dass die zu untersuchende Reaktion eine biomolekulare katalytische Reaktion ist, deren Mechanismus mit Hilfe des folgenden Schemas dargestellt werden kann:



Die experimentell ermittelten Geschwindigkeitskonstanten betragen $K_1 = 7,82 \text{ s}^{-1}$, $K_2 = 0,22 \text{ s}^{-1}$ und $K_3 = 0,40 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$, die Aktivierungsenergie betrug $E_{\text{akt}} = 42,414 \text{ kJ/mol}$.

Um den Einfluss der Substituenten in aromatischen Thiolverbindungen auf die Geschwindigkeit ihrer Reaktion mit dem Chalkon zu untersuchen, wurde eine Reihe von Versuchen mit verschiedenen Thiolverbindungen durchge-

führt. In Bezug auf ihre elektronischen Eigenschaften variierten die Substituenten von stark ausgeprägten Donatoren bis zu starken Akzeptoren (Tabelle 1).

R	Energie der höchstbesetzten Molekülorbitale, V		Atomladung S, y. e.		W $\cdot 10^{-5}$, mol/dm 3 /s
	Thiolverbindung	Komplexverbindung mit Thiol	Thiol	Komplexverbindung mit Thiol	
CH3O	-8.52	-8.09	0.095	-0.093	1.28
CH3	-8.67	-8.28	0.097	-0.094	0.92
H	-8.78	-8.31	0.098	-0.097	0.50
Cl	-8.78	-8.34	0.105	-0.087	0.35
Br	-8.94	-8.48	0.107	-0.087	0.13
NO2	-9.52	-9.03	0.0135	-0.068	-

Tabelle 1: Ergebnisse der quantenchemischen Berechnungen für 4R-substituierte aromatische Thiolverbindungen und die Anfangsgeschwindigkeiten ihrer Reaktion mit Chalkonen.

Vertreter der untersuchten Reihe von Thiolverbindungen reagieren nicht mit Chalkonen ohne Katalysator. Die von uns nach der Methode RM-3 durchgeführten quantenchemischen Berechnungen der Reaktantenmodelle zeigen, dass die Werte der Energie der höchstbesetzten Molekülorbitale von Thiolverbindungen (Tab. 1) und Chalkonen ($E = -9,37 \text{ eV}$) ziemlich nah beieinander liegen. Das ist wahrscheinlich der Hauptfaktor, der die Reaktion des Chalkons mit nichtaktivierten Thiolverbindungen verhindert. Die Komplexbildung mit Triethylamin erhöht die Anregungsenergie der höchstbesetzten Molekülorbitale und ermöglicht den Reaktionsablauf mit dem Chalkon.

In Tabelle 1 sind die Thiolverbindungen nach der Abnahme der Anfangsgeschwindigkeit ihrer Reaktion mit Chalkonen geordnet. Dieser Abnahme entspricht die Verringerung der höchstbesetzten Molekülorbitale der Thiolverbindungen und deren Komplexe mit dem Triethylamin. Was die Ladung der Schwefelatome in den Thiolverbindungen und in ihren Komplexen mit

dem Katalysator betrifft, sind die relativen Änderungen dieser Größe in der untersuchten Reihe ziemlich gering. Das gibt den Grund zur Annahme, dass die 1,4-Anlagerung der Thiolverbindungen an Chalkone eine durch die Atombahnen kontrollierte Reaktion darstellt. Zur gleichen Schlussfolgerung sind Autoren, die die Thiolanlagerung an Azetylketone [10] und Anlagerung von CH-Säuren an Vinylketone untersucht haben, gekommen [11].



Wir haben die Synthesebedingungen für β -Arylthioketon so gewählt, dass der Ertragswert möglichst nah an der quantitativen Ausbeute liegt. Die Ausbeute von β -Arylsulphonylketonen war deutlich geringer als die der β -Arylthioketone und betrug 36 – 80 %. Das ist offensichtlich auf die niedrigere Nucleophilie des Sulfinat-Anions im Vergleich zum Thiolat, sowie auf mögliche räumliche Probleme bei der Anlagerung des voluminösen Sulfinat-Anions zurückzuführen. Im Gegensatz zu den Thiolverbindungen lagern sich die Arensulphinsäuren an ungesättigte α,β -Ketone erst nach der Aktivierung der Carbonylgruppe an. Die Aktivierung erfolgt in der Regel durch eine Protonierung (CH_3COOH , H_3BO_3 , HCl u. a.).

Der Aufbau der synthetisierten Verbindungen wurde durch die Infrarotspektroskopie und paramagnetische Resonanz nachgewiesen. Die Infrarotspektren der synthetisierten Verbindungen weisen Absorptionsmaxima im Bereich $1630 - 1660 \text{ cm}^{-1}$ ($\text{C}=\text{O}$) auf. Bei der paramagnetischen Resonanz gibt das Proton der Methingruppe ein Signal in Form eines Multipletts im Bereich $3,0 - 3,5 \text{ ppm}$. Die Protonensignale der Ethylgruppe, die in Bezug auf die Ketongruppe eine α -Position hat, liegen im Bereich $2,3 - 2,5 \text{ ppm}$ in Form eines Singulets. Die Protonen des Furanrings strahlen Signale in Form eines Singulets in den Bereichen $6,1, 6,3$ und $7,5 \text{ ppm}$ aus.

Die Untersuchung der Kondensation der gewonnenen β -Arylthio(sulphonyl)ketone mit Thiosemicarbazid in Alkohol hat ergeben, dass α -arylsubstituierte Ketone wesentlich langsamer als α -Methylketone reagieren. Das ist offensichtlich auf die sterischen Faktoren zurückzuführen. Ferner entstehen neben Thiosemikarbazonen auch eine Reihe von Nebenprodukten, die eine Abscheidung der Zielprodukte wesentlich erschweren. Die Umwandlung der Thiosemikarbazonen in Thiadiazoline in einer Zyklisierungsreaktion in Essigurethanhydrid bei 100°C und bei einer Dauer von zwei Stunden verläuft ziemlich gleichmäßig und mit hohem Ertrag.

Die Infrarotspektren der synthetisierten Verbindungen weisen Absorptionsmaxima in den Bereichen $1550 - 1580$ ($\text{C}=\text{N}$), $1630 - 1660$ ($\text{C}=\text{O}$), $3200 - 3240$ (NH) auf. In den paramagnetischen Resonanzspektren der Thiosemikarbazonen, der Addukte von Benzolazeton und 4-Methylthiophenole strahlt das Proton der Methingruppe ein Signal in Form eines Multipletts im Bereich $4,7 - 5,5 \text{ ppm}$ aus. In den paramagnetischen Resonanzspektren der 5-substituierten-2-Azetamino-4-azyl-1,3,4-D²-Thiodjasoline strahlen die Protonen der Gruppe CH_3CO Signale im Bereich $2,0 - 2,3 \text{ ppm}$ aus, das CH_3 -Signal erscheint bei $2,4 \text{ ppm}$ und das CH_2 -Signal erscheint bei $11,2 - 11,4 \text{ ppm}$.

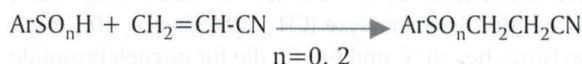
Synthese von heterozyklischen Derivaten der Arenthio(sulphonyl)karbonsäuren

Unter organischen Schwefelverbindungen sind Arenthio(sulphonyl)karbonsäuren und deren Derivate (Nitril, Äther, Amid, Salze u. a.) von besonderer Bedeutung. Für die Synthese dieser Verbindungen wurden gute Methoden entwickelt [12]. Sie werden als Zwischenprodukte

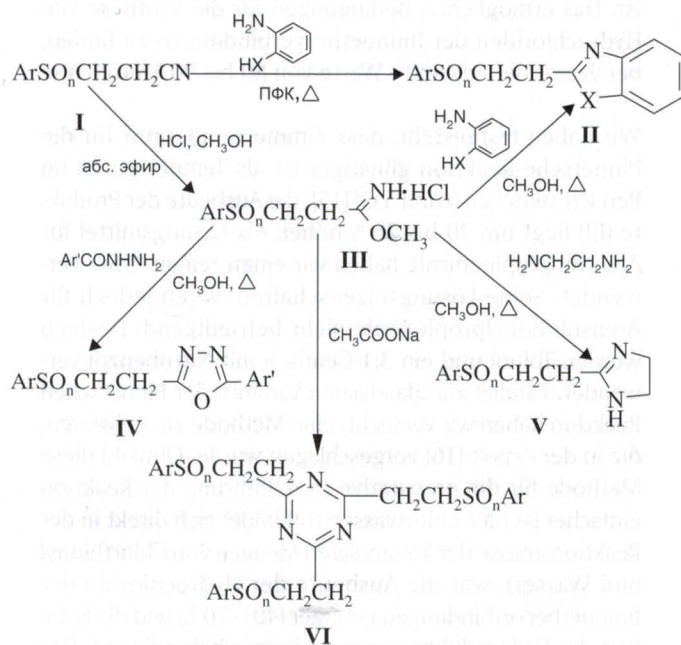
bei der Synthese von Farbstoffen, Herbiziden, Wachstumsreglern bei Pflanzen, Arzneipräparaten usw. verwendet [13]. Wir haben eine Reihe neuer Derivate der Arenthio(sulphonyl)karbonsäuren synthetisiert [14], die biologisch aktiv waren.

Unter den Derivaten der Karbonsäuren sind Nitrile von besonderem Interesse. Durch die stark polare Nitrilgruppe und ihre hohe Polarisierbarkeit unter Einwirkung verschiedener Stoffe können Nitrile in verschiedene Reaktionen treten, die u. a. auch zur Bildung von heterozyklischen Verbindungen führen.

Die Ausgangsnitrile haben wir durch Cyanethylierung von aromatischen Thiolverbindungen und Sulphinsäuren mit einer Ausbeute von über 90 % synthetisiert:



In der vorliegenden Arbeit wurden die Arenthio(sulphonyl)propionnitrile (I) zum ersten Mal für die Synthese von Benzimidazol (II, $x=\text{NH}$), Oxazolonen (II, $x=\text{O}$), Thiazolonen (II, $x=\text{S}$), Oxadiazolonen (IV), Imidazolinen (V), s-Triazininen (VI) nach dem folgenden Schema verwendet:



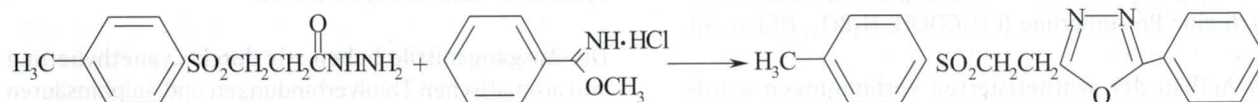
$n=0, 2$; $X = \text{NH}, \text{S}, \text{O}$; $\text{Ar} = 4\text{-CH}_3\text{C}_6\text{H}_4, 4\text{-ClC}_6\text{H}_4, 3,4\text{-Cl}_2\text{C}_6\text{H}_3, 4\text{-BrC}_6\text{H}_4, 4\text{-CH}_3\text{OC}_6\text{H}_4, 2\text{-C}_{10}\text{H}_7$; $\text{Ar}' = \text{C}_6\text{H}_5, 4\text{-BrC}_6\text{H}_4, 4\text{-FC}_6\text{H}_4, 4\text{-NC}_5\text{H}_4$.

Es wurde die einstufige Gewinnung von Benzazolen (II) aus Arenthio(sulphonyl)propionnitril in der Polyphosphorsäure (PPS) als Medium bei einer Temperatur von $110 - 170^\circ\text{C}$ und einer Reaktionszeit von 2 bis 8 Stunden untersucht. Es wurde festgestellt, dass bei dieser Synthesemethode eine befriedigende Ausbeute (bis zu 70 %) von Verbindungen mit $n=2$ und $x=\text{NH}$ erreicht wird. Es ist erforderlich, dass die Temperatur im Bereich zwischen 150 und 170°C liegt und die Reaktionszeit 6 Stunden beträgt. Bei der Synthese von Verbindungen mit $n=2$ und $x=\text{O}, \text{S}$ beträgt die Ausbeute nicht mehr als 26 – 32 % und für $n=0$ und $x=\text{NH}$ liegen die entsprechen-



den Werte zwischen 10 und 15 %, dabei kommt es zu einem starken Verharzen des Reaktionsgemisches. Die einstufige Kondensation in der Polyphosphorsäure als Medium kann also nur für die Synthese von 2-(2-Benzimidazolil)ethylarylsulphonen empfohlen werden.

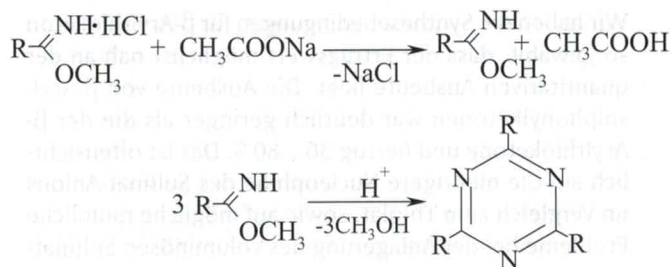
Aus diesem Grunde haben wir eine andere Synthesemethode mit einer niedrigeren Temperatur gewählt, die auf einer Umwandlung der Arenthio(sulphonyl)propionitrile in reaktionsfähigere Syntone – Methyliminoetherverbindungen der Arenthio(sulphonyl)propionsäuren und



derer Hydrochloride(III) – basiert. Es wurde festgestellt, dass bei der Basenkatalyse (CH_3 in Methanol, 10 Gew. % zum Nitril, bei 20 °C und 64 °C), die für hochelektrophile Nitrilverbindungen empfohlen wird, die untersuchten Verbindungen keine Iminoetherverbindungen bilden. Zugleich binden sie leicht Alkohole bei Pinnerschen Reaktionsbedingungen, bei denen die Elektrophilie der Nitrilgruppe aufgrund der Bildung des Karbiminkations $\text{RC}^+=\text{NH}$ unter Einwirkung von Chlorwasserstoff erhöht ist. Das ermöglichte, Bedingungen für die Synthese von Hydrochloriden der Iminoetherverbindungen zu finden, bei denen die Ausbeute Werte von 80 bis 90 % erreichte.

Wir haben festgestellt, dass Zimmertemperatur für die Pinnersche Reaktion günstiger ist als Temperaturen im Bereich zwischen 0 und 5 °C [15], die Ausbeute der Produkte (III) liegt um 20 bis 25 % höher. Als Lösungsmittel für Arenthiopropionitrile haben wir einen reinen Äther verwendet. Seine Lösungseigenschaften waren jedoch für Arensulphonylpropionitrile nicht befriedigend. Deshalb wurden Toluol und ein 3:1-Gemisch mit Nitrobenzol verwendet. Parallel zur klassischen Variante der Pinnerschen Reaktion haben wir versucht, eine Methode zu realisieren, die in der Arbeit [16] vorgeschlagen wurde. Obwohl diese Methode für die preparative Durchführung der Reaktion einfacher ist (der Chlorwasserstoff bildet sich direkt in der Reaktionsmasse der äquimolaren Mengen von Chlorthionyl und Wasser), war die Ausbeute der Hydrochloride der Iminoetherverbindungen geringer (40 – 70 %) und die Reinheit der Endprodukte war nicht immer befriedigend. Das wurde offensichtlich durch Nebeneffekte verursacht, die durch die Wasserzugabe hervorgerufen wurden.

Die von uns synthetisierten Hydrochloride der Iminoetherverbindungen (III) waren einwandfreie Syntone für die Synthese angestrebten heterozyklischen Verbindungen. Die besten Ausbeuten (60 bis 92 %) für die Verbindungen (II, IV, V) wurden erzielt durch ein 4- bis 6-stündiges Kochen der äquimolaren Reagenzmengen in Methanol. Die Verbindungen (IV) wurden mittels der Reaktion des wasserfreien Natriumazetats mit Verbindungen (III) synthetisiert. Die Ausbeute betrug 43 – 60 %. Die Rolle des Natriumazetats in diesem Prozess besteht im Abspalten des Chlorwasserstoffs vom Iminesterhydrochlorid und der Bildung von Essigsäure, die ein Katalysator für die Trimerisation der Iminoäther darstellt:



Das Oxadiazol (IV, $\text{Ar}=4\text{-CH}_3\text{C}_6\text{H}_4$, $\text{Ar}'=\text{C}_6\text{H}_5$, $n=2$) wurde außerdem mittels Kontrollsynthese synthetisiert:

Die Verbindungen (II, IV), die mittels zweier Methoden synthetisiert wurden, hatten gleiche Schmelzpunkte und identische Spektralcharakteristika.

Die Infrarotspektren der Verbindungen (II, IV, V, VI) haben Absorptionsmaxima in den Bereichen 16530 – 1540 cm^{-1} ($\text{C}=\text{N}$). Die Absorptionsmaxima der Verbindungen (II) und (IV) liegen im Bereich 1035-1080 cm^{-1} ($\text{C}-\text{O}-\text{C}$), die für Schwingungen der Gruppe $-\text{SO}_2$ charakteristisch sind. In den paramagnetischen Resonanzspektren der Verbindungen (II, IV, V, VI) sind die Protonen der Methingruppen in Form von Triplettens als zwei Gruppen von Signalen im Bereich 3.0 – 3.2 und 3.5 – 3.7 ppm sichtbar.

Literatur

- [1] Джилкрист Т. Химия гетероциклических соединений: пер. с англ.- М.: Мир, 1996.- 464 с., ил. (Gilchrist, T.: Chemie der heterozyklischen Verbindungen. Übersetzung aus dem Englischen, Moskau, Verlag „Mir“. S. 464)
- [2] Dimmrok J. R., Patil S. A., Sardesai M. S., Mazurek M.: Pharmazin. 1987. Vol. 42, № 2.- P. 111-113.
- [3] Пат. 57-197262 Япония. Способ получения оптически активных ν -арилтио- и алкилтиокетонов. (Patent 57 197262, Japan. Verfahren zur Synthese optisch aktiver β -Arylthio- und Alkylthioketone.)
- [4] Сидорович А.В., Баклагина Ю.Г., Лукасов С.В., Лаврентьев В.К. и др. Журн. Прикл. химии.- 1998. - т. 71, № 9.- С. 1500-1504. (Sidorowitsch, A. V., Baklagina, Ju. G., Lukassow, S. W., Lawrentjew, W. K. u. a.: Journal für angewandte Chemie, Band 71, Nr. 9, S. 1500-1504.)
- [5] Пат. 5097016 США, МКИ С 07 К 7/10. Nonlinear optical materials of polypeptides. (Patent 5097016, USA.)
- [6] Карпер П. Курс органической химии.-Л.: Государственное научно-техническое издательство химической литературы, 1960.-1216с. (Kapper, P.: Handbuch der organischen Chemie, Leningrad, Staatlicher Verlag für chemische Literatur, 1960, S. 1216)
- [7] Прилежаева Е. Н., Шостаковский М.Ф. Успехи химии. – 1963.-№ 8.-С. 908-911. (Prileshajewa, E. N., Schostakowski, M. F.: Erfolge der Chemie, 1963, Nr. 8, S. 908-911.)
- [8] Gilman H., Cason F. J. Am. Chem. Soc.-1950.- Vol. 72, № 8.-P 146-148.



- [9] Шабаров Ю. С. Органическая химия. Т. 1. Нециклические соединения: Учебник для вузов – 2-ое изд., перераб. – М.: Мир, 1996.-496 с. (Schabarow, Ju. S.: Organische Chemie, Band 1. Nicht-zyklische Verbindungen. Lehrbuch für Hochschulen, 2. überarbeitete Aufl., 1996, S. 496)
- [10] Бодриков И. В., Коршунов С. П., Бажан Л. И. Журн. Орган. Химии.- 1988.- № 4.- С. 679-683. (Bodrikow, I. W., Korschunow, S. P. und Bashan, L. I.: Journal für Organische Chemie, 1988, Nr. 4, S. 679-683.)
- [11] Яновская Л. А., Крышталь Г. В., Кульганек В. В. // Успехи химии.- 1984.-№ 8.- С. 1280. (Janowska, L. A. Kryschtal, G. W. und Kulganew, W. W.: Erfolge der Chemie, 1984, Nr. 8, S. 1280.)
- [12] Мирскова А.Н., Крюкова Г.Г., Левковская Г. Г., Гусева С.А., Воронков М.Г. Журн. Орган. Химии.- 1984.- Е. 20, № 5.- С. 602-608. (Mirskowa, A. N., Krjukowa, G. G., Lewkowskaja, G. G., Gussewa, S. A. und Woronkow, M. G.: Journal für organische Chemie, 1984, E 20, Nr. 5, S. 602-608.)
- [13] Омокава Н., Ichizen N., Tabogami S., Takematsu №. Agric. Biol. Chem.- 1985.- Vol. 49, 12.- P. 3551-3555.
- [14] Пат. СССР 1806134. Трис-(2-оксиэтил)аммониевая соль 3,4-дихлорфенилсульфонилюксусной кислоты в качестве стимулятора корнеобразования/ Алов Е.М., Новиков С.Э., Никифоров А.В., Москвичев Ю.А. и др. (Patent der UdSSR 1806134: Tris-(2-Oxiethyl)ammoniumsalz der 3,4-Dichlorphenylessigsäure als Stimulator der Wurzelbildung, Alov, E. M., Nowikow, S. E., Nikiforow, A. W, Moskwitschjow, Ju. A. u. a.)
- [15] Зильберман Е.И. Реакции нитрилов. М: Химия.-1972. – 448с. (Silberman, E. I.: Nitrilreaktionen, Moskau, Verlag Chemie, 1972, S. 448)
- [16] А. с. СССР 115896 Зарецкий В.И.: Бюлл. изобр., 1958.- № 11.-С. 28 (Urheberschein der UdSSR 115896 von Sarezki, W. I. In: Bulletin der Erfindungen, 1958, Nr. 11, S. 28.)

Autoren

Jewgeni M. Alow

Doktor der Chemiewissenschaften
Leiter des Lehrstuhls für organische Chemie

Nina P. Gerassimowa

Kandidat der chemischen Wissenschaften
wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für chemische Technologie organischer Stoffe

Pjotr W. Korikow

Aspirant am Lehrstuhl für chemische Technologie organischer Stoffe

Juri A. Moskwitschjow

Professor, Doktor der Chemiewissenschaften
Rektor der Jaroslawler staatlichen technischen Universität
Leiter des Lehrstuhls für chemische Technologie organischer Stoffe, verdienter Wissenschaftler der Russischen Föderation

Nikolai A. Noshnin

wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für chemische Technologie organischer Stoffe

Alexej N. Paschinin

Aspirant am Lehrstuhl für chemische Technologie organischer Stoffe

Übersetzung:

Dr. Olga Rösch

Technische Fachhochschule Wildau
Sprachenzentrum
Tel. (0 33 75) 508-367
E-Mail: roesch@sprz.tfh-wildau.de