



Friedrich Klages

Friedrich Klages (1904 – 1989)

Am steilen Nordrand des Harzes, wo die Radau das Gebirge in engem Tal verläßt, liegt die malerische Stadt Bad Harzburg. Dort kam Friedrich Klages am 8. Februar 1904 als erstes Kind des Sägewerksbesitzers Heinrich Klages und seiner Frau Frieda, geb. Leonhardt, zur Welt. Von seinen Geschwistern Maria und Kurt hat der Bruder den Betrieb des Vaters weitergeführt. Nach dreijähriger Vorschulbildung besuchte Friedrich Klages ab 1913 das Reform-Realgymnasium seiner Heimatstadt. Ostern 1922 verließ er die Schule mit dem Reifezeugnis. Geprägt von einem wohlhabenden Elternhaus war es ihm schon früh vergönnt, seinen persönlichen Neigungen nachzugehen. Dies hat sicher eine nicht unbedeutende Rolle gespielt, als er sich entschloß, im Sommersemester 1922 das Chemiestudium mit den Nebenfächern Physik und Mathematik an der Universität Freiburg im Breisgau aufzunehmen. War es doch die Beschäftigung mit den in diesen Nebenfächern verkörperten Disziplinen,

die bei Friedrich Klages schon zu Beginn seiner akademischen Laufbahn ein fachübergreifendes Denken zur Entfaltung brachte. Er verfügte außerdem über eine ausgeprägte „mathematische Ader“, deren Ausfluß sich später wie ein roter Faden durch seine wissenschaftlichen Arbeiten ziehen sollte.

Offenkundig wird in der Freiburger Studentenzeit auch seine dualistisch angelegte Natur – hier die bedingungslose Begeisterung für die Wissenschaft, dort eine der Welt zugewandte Lebensweise. Beide Seiten ergänzten sich wie linke und rechte Apfelhälfte. Der Eintritt in eine Freiburger Studentenkorporation bot Klages hinreichend Gelegenheit, dem Prinzip Lebensfreude zu huldigen. In Freiburg machte er zum ersten Male die Bekanntschaft mit seinem späteren Lehrer Heinrich Wieland, der ihn als Mensch und Wissenschaftler von Anfang an faszinierte. Deshalb ist es nicht verwunderlich, daß er nach dem erfolgreich absolvierten ersten

Verbandsexamen, gleichbedeutend mit der heutigen Diplom-Chemiker-Vorprüfung, 1925 dem nach München zurückkehrenden Geheimrat Wieland folgte, um dort schon ein Jahr später sein Chemiestudium mit dem zweiten Verbandsexamen (Diplomprüfung) abzuschließen. Am 17. Dezember 1928 wurde Friedrich Klages an der Universität München mit einer unter der Anleitung von Heinrich Wieland ausgeführten Dissertation über „Versuche zur Darstellung rein aliphatischer ditertiärer Hydrazine und über die Einwirkung von Stickoxyd auf Alkoholate“ promoviert.

Ein Geschenk besonderer Art wurde Klages im vorhergehenden Jahr zuteil, als er auf einem Münchener Faschingsfest – charmanterweise an seinem (dreiundzwanzigsten) Geburtstag – Rita Weinzierl kennenlernte, die später seine Ehefrau werden sollte und mit der er bis zu seinem Tode in einer glücklichen Lebensgemeinschaft verbunden war. Die Ehe blieb kinderlos.

Im Anschluß an die Promotion folgte ein dreijähriger Forschungsaufenthalt am Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie in Berlin-Dahlem, wo Friedrich Klages im Laboratorium von Kurt Hess die Gelegenheit hatte, seine früh ausgeprägte Selbständigkeit im Denken und im Konzipieren von Experimenten unter Beweis zu stellen. Durch ein mathematisches Modell gelang ihm der Nachweis, daß die von Werner Kuhn und Karl Freudenberg untersuchte Kinetik der Hydrolyse von Polysacchariden keine geeignete Methode darstellt, mit der man eine Entscheidung zugunsten des makromolekularen Charakters dieser Substanzen treffen kann. Auf der anderen Seite führte ihn die Entdeckung der „osmotischen Anomalie“ bei Verbindungen mit perlschnurartigem Molekülaufbau zu der Überzeugung, daß es für die von seinem Abteilungsleiter Kurt Hess vertretene Anschauung, nach der Zellulose und Stärke aus stark assoziierten kleineren Moleküleinheiten aufgebaut sein sollten, keine physikalische Grundlage gibt.

Gut gerüstet mit dem Handwerkszeug eines Kohlenhydrat-Chemikers kehrte Klages 1932 von Berlin nach München zurück, um sich im Universitätslaboratorium – zunächst ohne Anstellung – für die Habilitation vorzubereiten. Am 15. Januar 1935 übertrug ihm die Universität München die *venia legendi*. Noch im gleichen Jahr erhielt er eine Anstellung als Assistent im Münchener Staatslabor. Damit war für Klages der Weg frei, die experimentelle Basis seiner wissenschaftlichen Arbeiten mit eigenen Doktoranden wesentlich zu vergrößern. Im Monat des verhängnisvollen Kriegsausbruchs erfolgte die Ernennung zum Universitätsdozenten. 1941 wurde ihm der Titel eines apl. Professors verliehen. In den Kriegsjahren hat sich Klages bis zum Einmarsch der amerikanischen Truppen neben seiner Forschung mit ganzer Kraft für die Ausbildung der Chemiestudenten eingesetzt.

Das Ende des zweiten Weltkrieges bedeutete im Leben von Friedrich Klages eine schmerzliche Zäsur, von der auch andere Kollegen betroffen waren. Bedingt durch die widrigen Umstände der Nachkriegsjahre konnte er erst 1948 nach Wiedererlangung der Lehrbefugnis für Chemie beginnen, seine wissenschaftliche Arbeit fortzuführen. 1949 wiederholten sich dann seine Bestellung zum wissenschaftlichen As-

sistenten und die Ernennung zum apl. Professor. Bereits im Jahr zuvor war es ihm gelungen, seinen ersten Nachkriegsdoktoranden anzuwerben, um die geplante Synthese der damals noch unbekanntenen Isonitrilkomplexe von Übergangsmetallen in Angriff zu nehmen. Der experimentellen Durchführung dieser Arbeiten ging eine Diskussion mit seinem Kollegen Walter Hieber von der Technischen Hochschule voraus, an der auch der betreffende Mitarbeiter als „ausführendes Organ“ teilnehmen mußte und bei der eine Abgrenzung der Forschungsziele erreicht werden konnte, die beide Parteien zufriedenstellte.

Das Chemische Laboratorium der Universität München war zu dieser Zeit als Provisorium im Zoologischen Institut in der Luisenstraße untergebracht. Die primitiv ausgestatteten und nur wenige Quadratmeter großen Laborräume forderten allen Benutzern eine hochentwickelte Improvisationskunst und dazu eine besondere Geschicklichkeit im Glasblasen ab. Die mit Flammen von Bunsenbrennern betriebene Entlüftung der Laborabzüge hätte nach heutigen Sicherheitsvorstellungen zu einer sofortigen Einstellung des gesamten Forschungsbetriebes geführt.

In der Zeit vor und unmittelbar nach der Währungsreform war Ethylalkohol ein Zahlungsmittel mit ungeahnter Konvertierbarkeit. Dies hatte zur Folge, daß das Entgallen von Brennspiritus als eine Labortätigkeit mit hoher Wertschöpfung empfunden wurde. Über eine hierzu verwendete Kupferkolonne weiß ein damaliger Mitarbeiter zu berichten, daß sie mit einem kleingeschlagenen Nachtopf des Ehepaares Klages gefüllt war. Klages selbst hat das Füllkörper-Geheimnis seiner Kolonne streng gehütet, um sich vor möglichen Kurswertverlusten der reindestillierten Ware zu schützen.

Die im ersten Halbjahr 1952 vollzogene Umwandlung seiner Assistentenstelle in eine Diätendozentur ermöglichte es Klages, sich intensiver als vorher mit wissenschaftlichen Fragestellungen auseinanderzusetzen. Es darf als sicher gelten, daß auch die Gestaltung der von ihm verfaßten Lehrbücher von der neuen Position profitiert hat. Seine Tätigkeit als akademischer Lehrer erfuhr eine willkommene Bereicherung, als ihm – zusammen mit Wolfgang Grassmann – zu Beginn des Sommersemesters 1955 die Leitung des organisch-chemischen Unterrichts an der in Regensburg eingerichteten Dependence der Universität München übertragen wurde. Die Mehrzahl der Regensburger Studenten mußte es mit großem Bedauern hinnehmen, daß ihre als Außenstelle des Chemischen Laboratoriums der Universität München bezeichnete Heimstätte nach dem Sommersemester 1956 für immer die Tore schloß und der Umzug in die wiederaufgebauten Chemischen Institute der Landeshauptstadt unvermeidlich wurde.

Für Klages bedeuteten die nun folgenden zwölf Jahre als Abteilungsvorstand im neuen Laboratorium in der Karlstraße eine Periode der Konsolidierung, in der er seine Forschungspläne konsequent realisieren konnte. Dabei bildeten die umfangreichen Arbeiten über *Oniumverbindungen* und die Entwicklung einer Methode zur kinetischen Aciditätsbestimmung starker Säuren die herausragenden Schwerpunkte. Die Mitarbeiter aus dieser Zeit erinnern sich beson-

ders gern an die fröhlichen Feiern in der Schoppenstube des Ratskellers, bei denen ein frisch Promovierter mit dem Aufsetzen eines einfallsreich gebastelten Doktorhutes in der Fakultätsfarbe von seinen Kollegen ein zweites Mal die höchsten Weihen empfing. Hinzu kamen die Einladungen in die Wohnung in der Schackstraße, wo der leidenschaftliche Amateurfotograf Klages anhand von Dia-Serien seine Reiseerlebnisse in humorvollem Plauderton zu Gehör brachte, während sich seine charmante Gattin liebevoll um das leibliche Wohl der Mitarbeiter sorgte. Hochgeschätzt waren die mehr sporadischen Ausflüge des Mitarbeiterkreises in die Berg- und Seenwelt des Salzkammerguts, die mit einer großzügigen Vesper am Spätnachmittag ihren gebührenden Abschluß fanden. Klages hat seinen Doktoranden nicht verschwiegen, daß Unternehmungen dieser Art mit der Überweisung eines Honorarabschlages für ein neu erschienenes Buch in einem zeitlichen Zusammenhang standen.

Man darf es als Würdigung seines wissenschaftlichen Lebenswerkes ansehen, daß Friedrich Klages 1968 die ehrenvolle Aufgabe zuteil wurde, den mit dem plötzlichen Tod von Walter Theilacker vakant gewordenen Lehrstuhl für Organische Chemie an der Technischen Hochschule Hannover zu verwalten. Als er diesen Auftrag erfüllt hatte, kehrte er 1970 nach München zurück, um in den wohlverdienten Ruhestand einzutreten.

In einem Rückblick auf das Leben des originellen Wissenschaftlers Friedrich Klages dürfen die Namen der Kollegen Georg Maria Schwab, Egon Wiberg und Hans Behringer nicht fehlen, zu denen er über viele Jahre in einem engen Freundschaftsverhältnis stand. Das trifft vor allem für Egon Wiberg zu, dem er die Anregung und wahrscheinlich auch den Anstoß zur Konzipierung eines groß angelegten Lehrbuches der Organischen Chemie verdankt. Das Gestalten seiner Bücher muß Klages außerordentlich viel Freude und Erfüllung geschenkt haben, auch wenn er nach Abschluß eines Werkes immer wieder die Feststellung machen mußte, daß er mit der Vergütung seiner schriftstellerischen Tätigkeit weit unter dem Handwerkerlohn blieb. Mit der Einführung von *Raubild-Formeln* als didaktisches Hilfsmittel zur Visualisierung stereochemischer Probleme hat Klages eine pädagogische Pionierleistung vollbracht. Sein Freund Wiberg fand diese Idee so großartig, daß er sie später in Gestalt von „Molekül- und Gitterstrukturen in stereoskopischer Darstellung“ als Beilage zum *Hollemann-Wiberg* übernahm. Die literarischen Arbeiten waren für Klages ein Elixier, das seinen Geist in den Jahren nach der Emeritierung noch lange lebendig hielt.

Eine plötzlich eingetretene Erblindung zwang Klages, sich im Frühjahr 1982 einer Augenoperation zu unterziehen. Nach einem Krankenhausaufenthalt von zwei Monaten schrieb der Genesene: „Ich habe mich daran gewöhnt, mit wie wenig Augenlicht man immer noch ein lebenswertes Leben führen kann.“ Noch im selben Jahr griff er wieder zur Feder um seine *Stabreimeleien* zu vollenden. Bei dieser Poesie handelt es sich um eine Sammlung von Erzählungen, die man als „lustige Beispiele für die Vielfalt der Ausdrucksmöglichkeiten in der Deutschen Sprache“ betrachten kann, weil jedes Wort mit einem bestimmten Buchstaben des Al-

phabetes beginnt. Es spricht für den hintergründigen Humor des glücklich verheirateten Ehemannes Klages, wenn in vielen seiner Gedichte der gehörnte Liebhaber einer nicht selten zwielichtigen Dame die Tragik des Geschehens bestimmt. In der berühmten Kurzgeschichte vom *Lebensstil Casanovas* nahm Klages sich die künstlerische Freiheit, die Initialen der einzelnen Wörter in alphabetischer Reihenfolge wie folgt zu wechseln:

Casanovas Lebensstil in alphabetischer Form

Abends besuchte Casanova Dagmar, Ernestine frühmorgens, gehörte hernach Irmgard jedoch, küßte Laura, musterte nebenbei Otilie, probierte Quintilias Rosenlikör, streichelte Theodora und versuchte währenddessen X-mal, Yvonne zuzublitzeln.

Während der letzten Jahre seines Lebens zog sich Friedrich Klages – liebevoll von seiner Gattin umgeben – mehr und mehr in die Geborgenheit der Neuperlacher Wohnung zurück. Allerdings konnten Briefe und Besuche alter Freunde die Erinnerungen an lange zurückliegende Zeiten schnell wieder aufleben lassen. Für die Eheleute Klages war es ein besonderes Geschenk, daß sie in dieser Zeit noch mehrere Male den Wechsel ins Neue Jahr mit Hans Behringer und seiner Gattin angemessen feiern durften.

Einen für den achtzigsten Geburtstag vorgesehenen Festakt wollte Klages nicht mehr entgegennehmen. Dafür fiel sein Dank an alle Gratulanten um so herzlicher aus, den er in folgenden Versen zum Ausdruck brachte:

Es war am achten Februar,
Da ward ich runde achtzig Jahr’!
Ich wollt es lange glauben nicht,
Daß ich schon bin solch alter Wicht.
Doch viele viele liebe Grüße
Zeigten, daß es wahr sein müsse!
Wie soll ich dafür ohne Wanken
Jedem einzelnen vielmals danken?
Ich bitte, nehmt es übel nicht,
Daß ich es tu durch dies Gedicht!

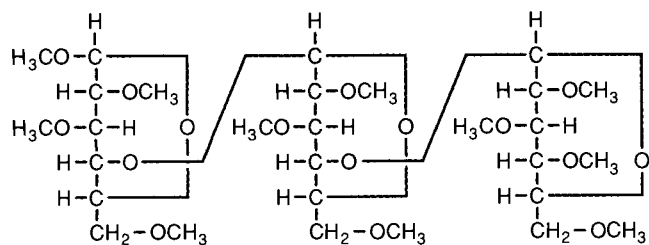
Für das Schlußwort zu diesem Teil des Nachrufes gibt es keinen Berufeneren als Karl Mönkemeyer, der mir in einem Brief schrieb: „Als am 4. November 1989 Friedrich Klages für immer von uns gegangen ist, wußten wir, daß wir einen im Grunde seines Herzens lebensfrohen und trotz aller Erschwernisse optimistischen Menschen verloren hatten, der mit liebenswertem Humor seine Mitmenschen betrachtete und der ständig bemüht war, in der verwirrenden Vielfalt unserer Welt ordnende Prinzipien zu erkennen. Sein Platz in unserer Erinnerung ist unauslöschlich. Seine warmherzige Förderung und seine Aufgeschlossenheit haben seine Schüler in reichem Ausmaß erfahren. Sie sind ihm deshalb für immer in ehrlicher Dankbarkeit verbunden.“

Das wissenschaftliche Werk von Friedrich Klages

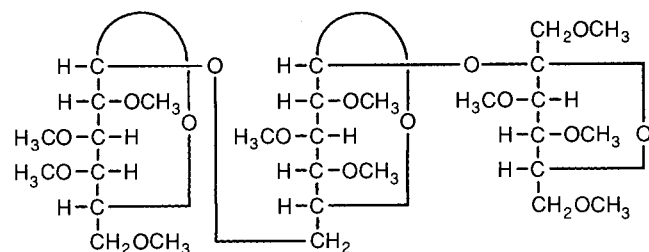
Will man die wissenschaftlichen Arbeiten von Friedrich Klages in gebührender Weise würdigen, so muß man sich den grundlegenden Wandel in Erinnerung rufen, den sowohl

die Art der Fragestellung als auch das Instrumentarium zur Problemlösung in der Organischen Chemie während der vergangenen sechzig Jahre erfahren haben. Hinzu kommt das Vertrautsein mit den verschiedenen Arbeitsgebieten der Chemie, das den Forscher und Lehrer noch in der ersten Hälfte unseres Jahrhunderts nicht selten auszeichnete. Letzteres hat Friedrich Klages in besonderem Maße bei seinem Doktorvater Heinrich Wieland erfahren, zu dessen Verantwortungsbereich als Leiter des Chemischen Laboratoriums der Universität München neben der Organischen Chemie auch die Anorganische Chemie, Physikalische Chemie und Biochemie zählten.

Nach seiner im Jahre 1928 abgeschlossenen und mit *summa cum laude* bewerteten Dissertation^[1] verbrachte Klages die erwähnten drei Lehr- und Wanderjahre im Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie, Berlin, in der Abteilung von Kurt Hess. Zu der wissenschaftlichen Ernte der Berliner Zeit gehören die Isolierung wasserlöslicher Dextrine aus den Abbauprodukten der Cellulose und der Befund, daß es sich bei diesen Kohlenhydraten um ein Gemisch niedermolekularer Cellulose-Bausteine, von der Cellobiose bis zur Cellohexaose, handelt^[3,6]. Von größerer Bedeutung ist jedoch die aufgrund von kryoskopischen Messungen gewonnene Erkenntnis, daß sowohl die Hendekamethylcelotriose als auch die Hendekamethylraffinose in verdünnten wäßrigen Lösungen ein vom Raoult'schen Gesetz abweichendes osmotisches Verhalten zeigen, weil beide in einem sich ändernden Konzentrationsbereich von 0.5 bis 0.05 Gewichtsprozenten eine Dissoziation in drei gleich große Bruchstücke vortauschen^[11]. Mit diesem Ergebnis wurde ein entscheidender Beitrag zur Beantwortung der damals noch offenen Frage geliefert, ob die Cellulose aus kettenförmigen Makromolekülen oder aus kleineren, durch starke Assoziationskräfte zusammengehaltenen Moleküleinheiten aufgebaut ist. Wie Klages später gezeigt hat, beobachtet man diese Anomalie des osmotischen Drucks auch bei Substanzen aus anderen chemischen Verbindungsklassen, wenn sie ein „perlschnurartiges“ Bauprinzip besitzen^[17].

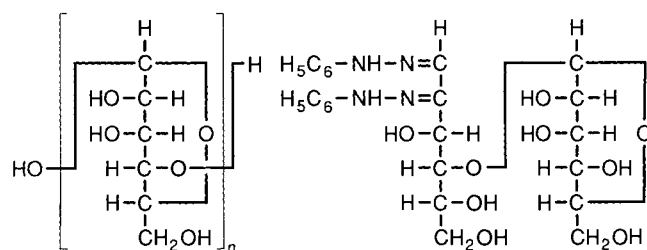


Hendekamethyl - cellotriose



Hendekamethyl - raffinose

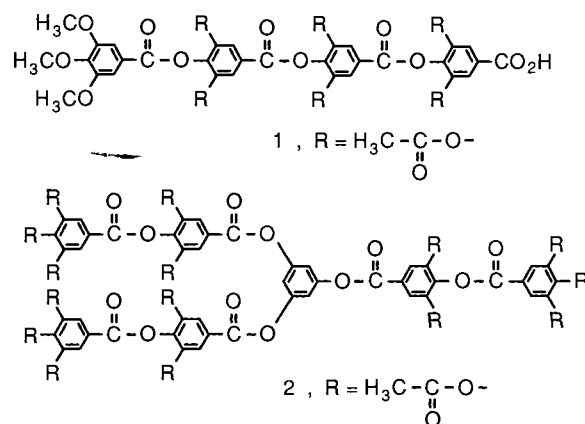
In seiner Habilitationsarbeit „Über die Konstitution der Steinnuß-Mannane“^[10] und den zu diesem Themenkreis veröffentlichten Untersuchungen^[8,9,12,14] konnte Klages problemlos den Beweis erbringen, daß sowohl die Mannane A und B der Steinnuß als auch das Salep-Mannan aus 1,4-verknüpften Mannopyranose-Einheiten zusammengesetzt sind. Dagegen bereitete ihre Zuordnung zur α - oder β -Mannosid-Reihe anfänglich Schwierigkeiten, weil ein optischer Vergleich des Methylmannans mit den beiden Pentamethylmannosen keine Entscheidung zu Gunsten der α - oder β -glykosidischen Konfiguration an C-1 zuließ. Mit der Isolierung eines kristallisierten Osazons der durch Mannan-Spaltung erhaltenen Mannobiose lag erstmals eine geeignete Vergleichssubstanz vor, auf die man die Hudsonschen Superpositionsregeln erfolgreich anwenden und somit die β -Mannosid-Struktur der Steinnuß- und Salep-Mannane sicherstellen konnte.



Steinnuß- und Salep-Mannan

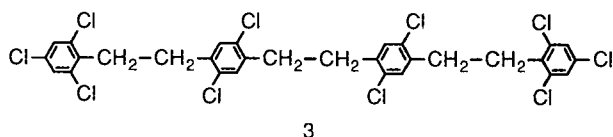
 β - Mannobioseosazon

Nach den bereits erläuterten Befunden können kryoskopische Molgewichtsbestimmungen der Oligosaccharide stark abweichende Werte von der berechneten Molmasse dieser Verbindungen liefern. Damit war der Anreiz gegeben, neue Substanzen mit einem den Kohlenhydraten eigentümlichen „perlschnurartigen“ Aufbau durch gezielte Synthese verfügbar zu machen und ihr osmotisches Verhalten in geeigneten Lösungsmitteln zu studieren^[15,17,26,27]. Die hierzu von Klages ausgewählten Polydepside sind präparativ leicht zugänglich und besitzen außerdem hinreichend gute Löslichkeitseigenschaften^[15]. Als Beispiele für die vielen untersuchten Modellspezies sollen hier lediglich die beiden aus Trimethylgallussäure und 3,5-Diacetyl-gallussäure oder aus 3,5-Diacetyl-gallussäure, Triacetyl-gallussäure und Phloroglucin synthetisierten Polydepside **1** und **2** vorgestellt werden.

1, R = H₃C-C(=O)-O-2, R = H₃C-C(=O)-O-

Kryoskopische Untersuchungen dieser Substanzen in Lösungsmitteln wie Dioxan oder Eisessig haben gezeigt, daß bei einer Konzentration von jeweils 0.05 Gewichtsprozenten Schmelzpunktsdepressionen beobachtet werden, aus denen für 1 ein Viertel und für 2 ein Siebtel des eigentlichen Formelgewichts resultieren. Erhöht man die Konzentrationen der gelösten Stoffe, so treten zunächst definierte „Zwischenstufen“ mit einem größeren Bruchteil der wahren Molmasse in Erscheinung, bis am Ende die Gefrierpunktserniedrigungen den aus der Struktur von 1 und 2 berechneten Molekülgrößen entsprechen. Besonderes Interesse verdient die im Rahmen dieser Arbeiten gemachte Beobachtung, daß sich der erwähnte Übergang von der einen in die nächst größere „Zwischenstufe“ ohne nennenswerte Änderung des osmotischen Drucks der Lösung vollzieht, selbst wenn sich dabei die Polydepsid-Konzentrationen um den Faktor 2 bis 3 erhöhen. Die hier geschilderten Ergebnisse der kryoskopischen Untersuchungen von Polydepsiden konnten später^[27] durch direkte Messungen der Dampfdruck-Erniedrigung bestätigt werden.

Die von Klages auch bei Substanzen der Chlorkohlenwasserstoff-Reihe nachgewiesene Anomalie des osmotischen Verhaltens^[26] ist deshalb bemerkenswert, weil z.B. die aus Ethylen-Brücken und Polychlorphenylgruppen aufgebaute Verbindung 3 in hinreichend verdünnter Lösung eine auf ein Viertel reduzierte Molekülgröße vortäuscht, während sich der entsprechende chlorfreie Kohlenwasserstoff bei der kryoskopischen Molgewichtsbestimmung ganz normal verhält. Daraus hat Klages den Schluß gezogen, daß für das Auftreten des osmotischen „Perlschnur-Effekts“ eine bestimmte Perlenlänge der Moleküle erforderlich ist.



In die Reihe der physikalischen Molekularkonstanten wie Parachor, Molvolumen oder Molekularrefraktion, die sich aus Inkrementen der Molekülbausteine zusammensetzen, ist auch die von Klages eingeführte „Siedezahl“ einzuordnen^[24]. Frühere Versuche von Walker oder von Kinney, die Siedepunkte organischer Verbindungen durch mathematische Gleichungen zu beschreiben, hatten den entscheidenden Nachteil, daß den dabei verwendeten Rechengrößen kein physikalischer Sinn zugrunde gelegt werden konnte. Klages hat als erster erkannt, daß es die Quadrate der absoluten Siedetemperaturen sind, welche in Analogie zu den oben genannten Molekularkonstanten die Eigenschaften einer additiven Größe besitzen. Um allzu große Zahlen zu vermeiden, bezeichnet man das Produkt $T^2 \times 10^{-4}$ (T = Siedetemperatur in K) als Molekülsiedezahl σ_{Mol} , die sich nach folgender Gleichung zusammensetzt:

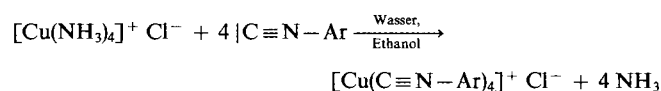
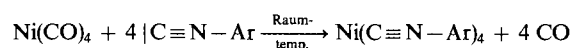
$\sigma_{\text{Mol}} = \sum \sigma_i + \sum \delta_k$. Hierbei bedeuten σ_i die den einzelnen Molekülbausteinen zugeordneten Atom- oder Gruppen-Siedezahlen $\sigma_1, \sigma_2 \dots \sigma_i$, während mit $\delta_1, \delta_2 \dots \delta_k$ die verschiedenen Inkremente – z.B. für endständige Kohlenstoffatome oder für aromatische Substituenten (Konstitutionsmerkmale) – bezeichnet werden.

Um die Brauchbarkeit seiner Methode auf die Probe zu stellen, hat Klages die Siedepunkte von 170 Substanzen geläufiger Verbindungsklassen der Organischen Chemie aus den jeweiligen Atom- und Gruppensiedezahlen sowie den durch die Konstitution der betreffenden Verbindung vorgegebenen Inkrementen berechnet. Das Ergebnis lautete: Bei 94% der Prüfsubstanzen lagen berechnete und gemessene Siedetemperatur weniger als 7°C auseinander. Bei einer Beschränkung dieser Siedepunktvergleiche auf 70 oder 40% der Testbeispiele gingen die entsprechenden Abweichungen auf Höchstwerte von 3°C bzw. 1°C zurück.

Wie Klages gezeigt hat, lassen sich die Anwendungsmöglichkeiten der oben genannten Gleichung beträchtlich erweitern, wenn man für die Berechnung der Siedetemperatur einer Substanz nicht die Siedezahlen und Inkremente ihrer Bausteine, sondern die Molekülsiedezahlen anderer zum Vergleich geeigneter Verbindungen einsetzt. Bei drei Beispielen unterscheiden sich die auf diesem Wege bestimmten Siedepunkte um weniger als 1°C von den beobachteten Werten.

Beispiel	$T_{\text{exp.}}$	Art der Berechnung	$T_{\text{ber.}}$
Thionaphthen	221	$\sigma_{\text{Thiophen}} + \sigma_{\text{Naphthalin}} - \sigma_{\text{Benzol}}$	221
Nerolin	274	$\sigma_{\text{Anisol}} + \sigma_{\text{Naphthalin}} - \sigma_{\text{Benzol}}$	274
Fluorenon	342	$\sigma_{\text{Fluoren}} + \sigma_{\text{Cyclohexanon}} - \sigma_{\text{Cyclohexan}}$	342

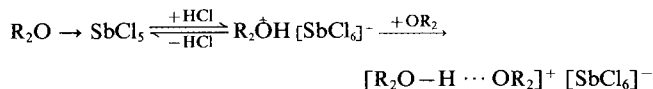
Als einen erfolgreichen Seitensprung in das Gebiet der metallorganischen Verbindungen darf man die als Beispiel vorgestellte Darstellung von Nickel-tetraarylonitrilen und der analogen vom einwertigen Kupfer oder Silber abgeleiteten Komplexe betrachten^[29–31].



Klages hat mit diesen Synthesen, denen Ligandenverdrängungs-Reaktionen zugrundeliegen, einen originellen Beitrag zur präparativen Erschließung der Übergangsmetall-Isonitrilkomplexe geliefert und einen weiteren experimentellen Beweis für die zwischen Kohlenmonoxid und Isonitrilen bestehende Isosterie-Beziehung erbracht. Der Befund, daß Nickeltetracarbonyl mit Cyanwasserstoff nicht zur Umsetzung gebracht werden konnte, wurde als chemisches Indiz für die Nitril-Struktur der Blausäure gewertet.

Einen besonderen Schwerpunkt im wissenschaftlichen Werk von Klages bilden die Untersuchungen zur Herstellung und Reaktivität von Onium-Salzen schwacher Basen. Diese Arbeiten, die ihren Niederschlag in 23 Publikationen gefunden haben, nahmen ihren Anfang mit der Synthese kristallisierter Oxonium-Salze von aliphatischen Ethern und Alkoholen^[38]. Infolge der geringen Basizität des Ether- und Alkohol-Sauerstoffs sind für die Salzbildung nur extrem starke Protonendonatoren geeignet, wie sie in den aus Lewis-Säuren und Halogenwasserstoff aufgebauten komplexen

Säuren vorliegen. Am gründlichsten untersucht wurden die thermisch besonders stabilen Dialkyloxonium-hexachloroantimonate, die am einfachsten durch Einwirkung von Chlorwasserstoff auf die Anlagerungsprodukte aus den betreffenden Dialkylethern und Antimonpentachlorid bei Temperaturen unterhalb 0°C hergestellt werden konnten.



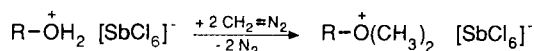
Aus dem Gleichgewichtscharakter dieser Reaktion geht hervor, daß alle auf dem geschilderten Wege synthetisierten „nicht-tertiären“ Oxoniumsalze in Abhängigkeit von der Temperatur einen mehr oder weniger stark ausgeprägten Chlorwasserstoffdruck aufweisen, der nicht nur die thermische Stabilität der betreffenden Verbindungen widerspiegelt, sondern auch ein Maß für die Differenz der Bildungsenergien von Ether-Lewis-Säure-Addukt und Hexachloroantimonat-Anion darstellt. Durch die Anlagerung eines Ether-Moleküls wird die HCl-Tension der sekundären Oxonium-Salze beträchtlich herabgesetzt, weil dieser Prozeß mit der Ausbildung einer starken Wasserstoffbrücke gekoppelt ist.

Mit der Einbeziehung weiterer Lewis-Säuren und des Fluorwasserstoffs konnte Klages zeigen, daß die Beständigkeit der sekundären Oxonium-Salze in Abhängigkeit von ihrem Anion nach folgender Rangordnung abnimmt:



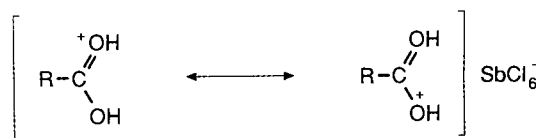
Die auffallend geringe Stabilität der Oxonium-tetrachloroaluminat und der Oxonium-fluoroborate läßt sich überzeugend aus der besonderen Affinität des Ethersauerstoffs zum Aluminiumtrichlorid und zum Bortrifluorid erklären. Damit wird auch verständlich, daß die bei Friedel-Crafts-Reaktionen beobachtete Reihenfolge der Lewis-Säure-Stärke im Falle der geschilderten Erzeugung von Oxoniumsalzen ihre Gültigkeit verliert.

Die auf gleiche Weise aus Alkoholen synthetisierten primären Oxonium-hexachloroantimonate konnten wegen ihrer geringen Stabilität nicht mehr in reiner Form isoliert werden; doch ließen sie sich – ähnlich wie die sekundären Oxoniumverbindungen – mit Diazomethan in die entsprechenden tertiären Oxoniumsalze umwandeln.



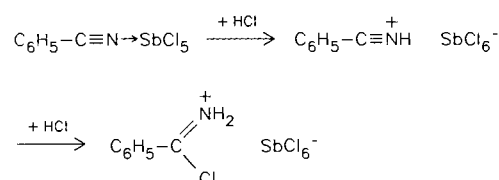
Aus präparativer Sicht stellen solche Alkylierungsreaktionen eine wertvolle Ergänzung zu früheren von Hans Meerwein entwickelten Methoden zur Gewinnung von Trialkyloxonium-Salzen aus Alkylierungsagens, Lewis-Säure und Dialkylether dar.

Ähnlich wie die aliphatischen Ether und Alkohole ließen sich auch Aldehyde, Ketone^[49] oder Carbonsäuren^[50] durch die Einwirkung von Antimonpentachlorid und Chlorwasserstoff in Oxonium-Salze umwandeln. Dabei zeichnen sich die von den Carbonsäuren abgeleiteten „Acidium-hexachloroantimonate“ durch eine Resonanz zwischen zwei gleichwertigen mesomeren Grenzformen aus.



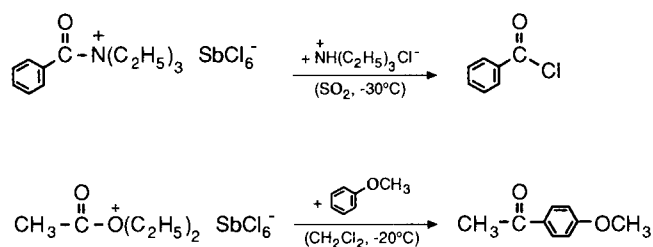
Bemerkenswert sind auch die von Klages in flüssigem Schwefeldioxid durchgeführten Messungen der elektrischen Leitfähigkeit, mit denen er den Salzcharakter der hier vorgestellten Oxoniumverbindungen zweifelsfrei nachweisen konnte.

Abweichend von den oben genannten Reaktionen der Sauerstoff-Basen resultieren bei der Umsetzung der Carbonsäurenitrile mit Antimonpentachlorid und Chlorwasserstoff nicht die erwarteten Nitrilium-Salze, sondern die um ein Mol Halogenwasserstoff reicheren Iminium-hexachloroantimonate der Carbonsäure-imidchloride^[42].



Daraus geht hervor, daß für den Vollzug der ersten Reaktionsstufe ein wesentlich größerer Chlorwasserstoff-Partialdruck wirksam ist als bei der Bildung der Endstufe. Dieser Befund bringt gleichzeitig die Basizitätssteigerung zum Ausdruck, die mit dem Übergang vom Nitril-Stickstoff zum Imin-Stickstoff verbunden ist.

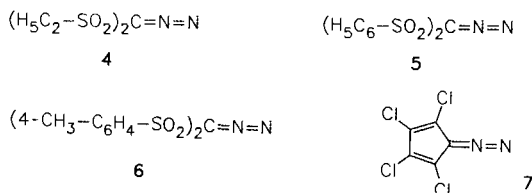
Einen besonderen Meilenstein erreichten die Klageschen Arbeiten über Oniumverbindungen mit der Isolierung von Acyl-ammonium- und Acyl-oxonium-Salzen^[48,51]. Diese bei tiefer Temperatur aus dem betreffenden Säurechlorid, Antimonpentachlorid und Trialkylamin bzw. Dialkylether hergestellten Substanzen verfügen nicht mehr über die geläufige Mesomeriestabilisierung der Carbonsäureamide oder der Carbonsäureester und zeichnen sich deshalb durch ein hohes, aber untereinander deutlich abgestuftes Acylierungspotential aus.



So reagiert das Benzoyl-triethylammonium-hexachloroantimonat bereits unterhalb 0°C sehr schnell mit Chlorid-Ionen zu Benzoylchlorid^[48], während das noch reaktionsfreudigere Acetyl-diethyloxonium-Salz unter ähnlichen Bedingungen Anisol in *p*-Acetylanisol überführen kann^[51].

Die intensive Beschäftigung mit den nicht-tertiären Oxonium-Salzen war für Klages der Ansporn, eine Methode zur Bestimmung der dynamischen Aciditäten starker Säuren zu entwickeln. Das hierfür ausgewählte Verfahren hat die Ki-

netik der Acidolyse aliphatischer Diazoverbindungen zur Grundlage. Um diese Aufgabe lösen zu können, mußten zunächst geeignete Diazoverbindungen gefunden werden. Auf der Suche danach stellte sich heraus, daß bereits bekannte Substanzen wie Diazomalonester und α -Diazo- β -ketocarbonsäureester zwar eine für Aciditätsmessungen ausreichende Stabilität gegenüber Chlorsulfonsäure oder Methylschwefelsäure besitzen; doch zeigten die beobachteten Geschwindigkeiten der Stickstoff-Freisetzung keine signifikante Abhängigkeit von der Stärke der untersuchten Säuren. Mit der Synthese der α -Diazo- β -disulfone 4–6 und des Tetrachlordiazocyclopentadiens 7^[62] konnte zum ersten Mal eine Reihe von Diazoverbindungen zugänglich gemacht werden, welche einmal die gewünschte Korrelation zwischen Zersetzungsgeschwindigkeit und Acidität der reagierenden Säure zufriedenstellend erfüllten und die außerdem voneinander abweichende Säurestabilitäten aufwiesen.



Die Säurestabilität nimmt von 4 nach 7 ab.

Damit waren alle Voraussetzungen gegeben, einen möglichst großen Aciditätsbereich zu erfassen. Im Sinne dieser Erwartung gelang es, mit Hilfe der säurestabilen Diazoverbindungen 4–7 die Protonenaktivitäten starker Säuren für eine kinetische Aciditätsskala von mehr als 6 pK-Einheiten zu bestimmen^[67].

Säure	ClSO_3H	$(\text{H}_5\text{C}_2)_2\text{OH}^+$	HClO_4	$\text{H}_3\text{COSO}_3\text{H}$	$\text{H}_5\text{C}_6-\text{SO}_3\text{H}$	$i\text{-C}_3\text{H}_7-\text{SO}_3\text{H}$
pK-Wert (25°C)	-11.6	-11.0	-10.5	-8.4	-5.9	-5.1

Durch die Einbeziehung weiterer Diazoverbindungen mit größerer Säureempfindlichkeit war es möglich, den Meßbereich der dynamischen Aciditäten lückenlos auf 16 pK-Einheiten, d. h. bis in das Gebiet der Carbonsäuren wie z. B. Benzoesäure auszudehnen^[65].

Es lag in der Absicht des Verfassers dieses Nachrufes, am Beispiel herausragender Arbeiten die Vielseitigkeit und das Originelle sowohl im Denken als auch beim Experimentieren des Chemikers Friedrich Klages in Erinnerung zu halten. Somit konnten andere, wenngleich nicht weniger interessante Beiträge – dazu zählen „eine Verbesserung der additiven Berechnung von Verbrennungswärmen und der Berechnung der Mesomerie-Energie aus Verbrennungswärmen“^[28] oder die Abhandlung „Zur Nomenklatur der dissoziierenden Verbindungen“^[7] – keine nähere Erläuterung finden. In diesem Zusammenhang dürfen auch die mit besonderer Zielstrebigkeit verfolgten Untersuchungen zur Existenz von Dialkyl- und Diacylnitronsäuren^[60] nicht unerwähnt bleiben.

Friedrich Klages hat sich als Autor eines dreibändigen „Lehrbuches der Organischen Chemie“ in bewundernswerter Weise um die Ausbildung der nachwachsenden Chemiker verdient gemacht. Hoch geschätzt wegen der systematischen Stoffgliederung und wegen der für die damalige Zeit modern anmutenden Behandlung von Reaktionsmechanismen wurde der „große Klages“ für viele Studenten zu einem unverzichtbaren Lern- und Nachschlagewerk. Klages hatte aber auch die Gabe, sein umfassendes chemisches Wissen einer breiteren Leserschicht nahezubringen. So verfolgte sein 1970 erschienenes Buch „Das Weltreich der Chemie“ die Ziele, junge Menschen zur Beschäftigung mit den Naturwissenschaften anzuregen und dem Laien die Bedeutung der Chemie für das alltägliche Leben verständlich zu machen.

Kaspar Bott

Schriftenverzeichnis

Wissenschaftliche Arbeiten von Friedrich Klages

- 1928 [1] F. K., Versuche zur Darstellung rein aliphatischer ditiärer Hydrazine und über die Einwirkung von Stickoxyd auf Alkoholate, Dissertation, Univ. München, 1928.
- [2] H. Wieland, J. J. Chavan, F. K., Über das Verhalten von Alkoholat-Lösungen gegen Stickoxyd, *Ber. Dtsch. Chem. Ges.* 1928, 61, 2382.
- 1931 [3] F. K., Über die Bildung eines wasserlöslichen, kristallisierten Kohlenhydrates aus Cellulose-Fasern, das das Röntgen-Diagramm der Hydratcellulose zeigt, *Ber. Dtsch. Chem. Ges.* 1931, 64, 1193.
- 1932 [4] F. K., Zur Kinetik der Spaltung vielgliedriger Kettenmoleküle, *Z. Phys. Chem. (A)* 1932, 159, 357.
- [5] F. K., Die Hydrolyse der Polysaccharide, Bemerkungen zu einer gleichnamigen Abhandlung von K. Freudenberg, W. Kuhn und Mitarbeitern, *Ber. Dtsch. Chem. Ges.* 1932, 65, 302.
- [6] F. K., Über die wasserlöslichen Dextrine aus Cellulose, *Justus Liebigs Ann. Chem.* 1932, 497, 234.
- 1933 [7] F. K., Zur Nomenklatur der dissoziierenden Verbindungen (Ein Beitrag zum Säuren-Basen-Problem), *Z. Elektrochem.* 1933, 39, 663.
- 1934 [8] F. K., Zur Kenntnis der Steinnußmannane I, Die Konstitution von Mannan A, *Justus Liebigs Ann. Chem.* 1934, 509, 159.
- [9] F. K., Die Konstitution von Mannan B (2. Mitteilung über Steinnußmannane), *Justus Liebigs Chem.* 1934, 512, 185.
- [10] F. K., Über die Konstitution der Steinnußmannane, Habilitationsschrift, Univ. München, 1934.
- 1935 [11] F. K., Über die Molekülgröße methylierter Oligosaccharide, *Justus Liebigs Ann. Chem.* 1935, 520, 71.
- 1936 [12] F. K., R. Niemann, Über die Konstitution des Salepmannans und die übrigen Kohlenhydrate aus Tubera Salep, 3. Mitteilung über Mannane, *Justus Liebigs Ann. Chem.* 1936, 523, 224.
- 1937 [13] F. K., R. Niemann, Neue Versuche zur Synthese des Rohrzuckers, *Justus Liebigs Ann. Chem.* 1937, 529, 185.
- 1938 [14] F. K., R. Maurenbrecher, Die Konfiguration des Steinnuß- und Salepmannans und über den Gültigkeitsbereich der Hudsonschen Superpositionsregeln bei Mannose-derivaten, 4. Mitteilung über Mannane, *Justus Liebigs Ann. Chem.* 1938, 535, 175.
- 1939 [15] F. K., F. Kircher, J. Fessler, Über anormale osmotische Effekte an Kettenmolekülen II, Synthese und kryoskopisches Verhalten von Polydepsiden, *Justus Liebigs Ann. Chem.* 1939, 541, 17.
- 1940 [16] F. K., F. Kircher, Zur Frage des Vorkommens einer Manno-biase im Gerstenmalz, 5. Mitteilung über Mannane, *Justus Liebigs Ann. Chem.* 1940, 543, 183.
- [17] F. K., Über anormale osmotische Effekte an Kettenmolekülen III, Zusammenfassung der bisherigen Ergebnisse, *Kolloid Z.* 1940, 93, 19.

- [18] F. K., Künstliche Faserstoffe und ihre Bedeutung für die deutsche Volkswirtschaft, *Z. Ges. Naturwiss.* **1940**, 298.
- 1941** [19] F. K., G. Nober, F. Kircher, M. Bock, Untersuchungen in der Hydrazinreihe I, Die Darstellung von Tri- und Tetra-alkyl-hydrazinen, *Justus Liebig's Ann. Chem.* **1941**, 547, 1.
- [20] F. K., G. Nober, Untersuchungen in der Hydrazinreihe II, Die thermische Zersetzung quartärer Hydrazonium-basen, *Justus Liebig's Ann. Chem.* **1941**, 547, 39.
- [21] F. K., E. Drerup, Über 1-Amino-vinyläther, *Justus Liebig's Ann. Chem.* **1941**, 547, 65.
- [22] F. K., Das deutsche Faserstoffproblem, Deutschlands Erneuerung, **1941**, 113.
- 1942** [23] F. K., Die Stickstoffarbeiten von H. Wieland, *Naturwissenschaften* **1942**, 30, 351.
- 1943** [24] F. K., Die „Siedezahl“, eine neue additive Molekular-konstante, *Ber. Dtsch. Chem. Ges.* **1943**, 76, 788.
- 1945** [25] F. K., K. Möhler, Molekulargewichtsbestimmung aus der Dampfdruckerniedrigung, IV. Mitteilung über das anomale osmotische Verhalten von Kettenmolekülen, *Angew. Chem.* **1945**, 58, 60; Neudruck in *Chem. Ber.* **1951**, 84, 56.
- 1948** [26] F. K., E. Mergenthaler, H. Haury, Über das anomale osmotische Verhalten von Kettenmolekülen, V. Mitteilung: Synthese und Kryoskopie weiterer Substanzen mit perlschnurartigem Molekülaufbau, *Chem. Ber.* **1948**, 81, 400.
- [27] F. K., K. Möhler, Über das anomale osmotische Verhalten von Kettenmolekülen, VI. Mitteilung: Bestimmung der Dampfdruckerniedrigung von Polydepsiden, *Chem. Ber.* **1948**, 81, 411.
- 1949** [28] F. K., Über eine Verbesserung der additiven Berechnung von Verbrennungswärmen und der Berechnung der Mesomerie-Energie aus Verbrennungswärmen, *Chem. Ber.* **1949**, 82, 358.
- 1950** [29] F. K., K. Mönkemeyer, Über Nickel-tetra-phenylis-onitril, *Naturwissenschaften* **1950**, 37, 210.
- [30] F. K., K. Mönkemeyer, Über Isonitrilkomplexe, I. Mitteilung: Darstellung und Eigenschaften aromatischer Nickel-tetraisonitrile, Ein chemisches Argument für die Nitrilstruktur der Blausäure, *Chem. Ber.* **1950**, 83, 501.
- 1952** [31] F. K., K. Mönkemeyer, Über Isonitrilkomplexe, II. Mitteilung: Darstellung und Eigenschaften einiger Isonitrilkomplexe des Nickels, Kupfers, Silbers und Quecksilbers, *Chem. Ber.* **1952**, 85, 109.
- [32] F. K., R. Heinle, Über einige Derivate des Nickel-bicarbonates, *Chem. Ber.* **1952**, 85, 123.
- [33] F. K., K. Mönkemeyer, Über Isonitrilkomplexe, III. Mitteilung: Isonitrile und Friedel-Crafts-Katalysatoren, *Chem. Ber.* **1952**, 85, 126.
- [34] F. K., K. Mönkemeyer, W. Grill, Über Isonitrilkomplexe, IV. Mitteilung: *p*-Toluisonitril und Schwefeltrioxyd, *Chem. Ber.* **1952**, 85, 129.
- [35] F. K., H. Meuresch, Die Darstellung von Trialkyloxonium-Salzen mit Hilfe von Diazoparaffinen, *Chem. Ber.* **1952**, 85, 863.
- 1953** [36] F. K., H. Meuresch, Über eine neue Darstellungsreaktion für Trialkyloxonium-Salze (II. Mitteilung über Oxonium-Salze), *Chem. Ber.* **1953**, 86, 1322.
- [37] F. K., H. Träger, Über den Austausch von Pyridin-Stickstoff gegen Oxonium-Sauerstoff (III. Mitteilung über Oxonium-Salze), *Chem. Ber.* **1953**, 86, 1327.
- 1955** [38] F. K., H. Meuresch, W. Steppich, Über nicht-tertiäre Oxoniumsalze, 4. Mitteilung über Oxoniumsalze, *Justus Liebig's Ann. Chem.* **1955**, 592, 81.
- [39] F. K., W. Mesch, Über das Verhalten von Triazenen bei Anlagerungsreaktionen, ein Beitrag zur Reaktivität der N=N-Doppelbindung, *Chem. Ber.* **1955**, 88, 388.
- [40] F. K., J. Dasch, Über die Einwirkung von Distickstofftrioxyd auf Methylamin, *Chem. Ber.* **1955**, 88, 379.
- [41] F. K., W. Rapp, Über die Struktur des Stibiobenzols, *Chem. Ber.* **1955**, 88, 384.
- [42] F. K., W. Grill, Untersuchungen in der Reihe der Nitrilium-Salze, 5. Mitteilung über Oxoniumsalze, *Justus Liebig's Ann. Chem.* **1955**, 594, 21.
- 1956** [43] F. K., H.-J. Manderla, Über einen Mono-biphenyl-bis-phenylmethanfarbstoff, *Chem. Ber.* **1956**, 89, 987.
- [44] F. K., E. Zange, Über Acidium-Salze der Carbonsäuren und der Kohlensäure, *Angew. Chem.* **1956**, 68, 704.
- [45] F. K., E. Mühlbauer, W. Uhl, Über Onium-Salze von Verbindungen mit semipolar gebundenem Sauerstoff, *Angew. Chem.* **1956**, 68, 704.
- [46] F. K., H. Wolf, Über Hydrazinium(2+)-Salze, *Angew. Chem.* **1956**, 68, 705.
- [47] F. K., A. Gleissner, Über nicht-tertiäre Sulfonium-Salze, *Angew. Chem.* **1956**, 68, 705.
- 1957** [48] F. K., E. Zange, Über Carbonamidiumsals, eine neue Klasse von Carbonsäure-Derivaten, *Justus Liebig's Ann. Chem.* **1957**, 607, 35.
- 1959** [49] F. K., H. Träger, E. Mühlbauer, Über die Oxoniumsalze von Oxoverbindungen, *Chem. Ber.* **1959**, 92, 1819.
- [50] F. K., E. Zange, Über Oxoniumsalze in der Reihe der Carbonsäuren und der Kohlensäure, *Chem. Ber.* **1959**, 92, 1828.
- [51] F. K., A. Gleissner, R. Ruhnau, Über Sulfoniumsalze der Mercaptane, Thioäther und Disulfide, *Chem. Ber.* **1959**, 92, 1834.
- [52] F. K., H. Wolf, Über Hydrazinium(2+)-Salze, *Chem. Ber.* **1959**, 92, 1842.
- [53] F. K., R. Ruhnau, W. Hauser, Untersuchungen in der Reihe der Nitrilium-Salze II, Zur Frage der Existenz von Nitrilium-Salzen mit einer NH-Gruppe, *Justus Liebig's Ann. Chem.* **1959**, 626, 60.
- [54] F. K., H. Sitz, Über die Darstellung von *N,N*-Di-*tert*-butylhydroxylamin und Di-*tert*-butylamin, *Chem. Ber.* **1959**, 92, 2606.
- 1961** [55] F. K., E. Mühlbauer, G. Lukaszcyk, Über zu Friedel-Crafts-Reaktionen befähigte Oxoniumsalze, *Chem. Ber.* **1961**, 94, 1464.
- 1962** [56] F. K., P. Hegenberg, Herstellung von Lösungen wasserfreier Perchlorsäure in Halogenkohlenwasserstoffen und von Perchlorsäuremonohydrat, *Angew. Chem.* **1962**, 74, 902.
- 1963** [57] F. K., K. Hoheisel, E. Mühlbauer, F. Malecki, Versuche zur Darstellung aktiver Sulfonsäurederivate, *Chem. Ber.* **1963**, 96, 2057.
- [58] F. K., H.-U. Schmidt, Über 1-Thionia-adamantan-Salze, *Chem. Ber.* **1963**, 96, 2063.
- [59] F. K., G. Lukaszcyk, Über Amidium- und Imidium-Salze in der Reihe der Kohlensäure, *Chem. Ber.* **1963**, 96, 2066.
- [60] F. K., R. Heinle, H. Sitz, E. Specht, Zur Frage der Existenz von Dialkyl- und Diacylnitronsäuren, *Chem. Ber.* **1963**, 96, 2387.
- [61] F. K., H. Sitz, Sterische Hinderung bei Reaktionen des Di-*tert*-Butylamins, *Chem. Ber.* **1963**, 96, 2394.
- 1964** [62] F. K., K. Bott, Über die Bestimmung der Acidität starker Säuren mit Hilfe aliphatischer Diazoverbindungen I, Synthesen und Infrarotspektren weitgehend säurestabiler aliphatischer Diazoverbindungen, *Chem. Ber.* **1964**, 97, 735.
- 1965** [63] F. K., J. E. Gordon, H. A. Jung, NMR- und IR-Spektren von Oxoniumsalzen, *Chem. Ber.* **1965**, 98, 3748.
- [64] F. K., H. A. Jung, Synthese und Eigenschaften eines bicyclischen Oxoniumsalzes, *Chem. Ber.* **1965**, 98, 3757.
- [65] F. K., K. Bott, P. Hegenberg, H. A. Jung, Aciditätsbestimmung mit Hilfe aliphatischer Diazoverbindungen II, Die Aufstellung einer dynamischen Aciditätsreihe, *Chem. Ber.* **1965**, 98, 3765.
- 1966** [66] F. K., F. E. Malecki, Über Tosylperchlorat, *Liebigs Ann. Chem.* **1966**, 691, 15.
- [67] F. K., H. A. Jung, P. Hegenberg, Aciditätsbestimmung mit Hilfe aliphatischer Diazoverbindungen III, Die dynamische Acidität sehr starker Säuren, *Chem. Ber.* **1966**, 99, 1704.
- 1968** [68] F. K., M. Thümmeler, M. Hödl, Aciditätsbestimmung mit Hilfe aliphatischer Diazoverbindungen IV, Die dynamische Acidität sehr schwacher Säuren, *Chem. Ber.* **1968**, 101, 2153.

Bücher

- 1942** F. K., *Künstliche Faserstoffe und ihre Bedeutung für die deutsche Volkswirtschaft*, Verlag J. F. Lehmann, München, **1942**.
- 1952** F. K., *Lehrbuch der Organischen Chemie*, Band I/1, Verlag Walter de Gruyter, Berlin, **1952**; 2. Auflage **1959**; spanische Übersetzung **1961**.

- 1953 F. K., *Lehrbuch der Organischen Chemie*, Band I/2, Verlag Walter de Gruyter, Berlin, 1953; 2. Auflage 1959; spanische Übersetzung 1961.
- 1954 F. K., *Lehrbuch der Organischen Chemie*, Band II, Verlag Walter de Gruyter, Berlin, 1954; 2. Auflage 1957, 3. Auflage 1962; spanische Übersetzung 1965.
- 1958 F. K., *Lehrbuch der Organischen Chemie*, Band III, Verlag Walter de Gruyter, Berlin, 1958, 2. Auflage 1967; spanische Übersetzung 1968.
- 1961 F. K., *Einführung in die Organische Chemie*, Verlag Walter de Gruyter, Berlin, 1961; 2. Auflage 1965, 3. Auflage 1969.
- 1970 F. K., *Das Weltreich der Chemie*, Societäts-Verlag, Frankfurt/Main, 1970.
- 1979 F. K., *Aufbau und Eigenschaften der Materie im Mikro- und Makrokosmos*, Aus der Sammlung Göschen, Verlag Walter de Gruyter, Berlin, 1979.

Schriften mit anderen Autoren

- 1961 *Fischer-Lexikon, Band Chemie* (Herausgeber F. K. und U. Wannagat), S. Fischer Verlag, Frankfurt/Main, 1961; 2. Auflage 1965, 3. Auflage 1974.
- 1963 F. K., *Molekül- und Gitterstrukturen in stereoskopischer Darstellung* (Raumbildbeilage im „Hollemann-Wiberg“, Lehrbuch der anorganischen Chemie), Verlag Walter de Gruyter, Berlin, 1963.

Handbuch-Artikel

- 1943 F. K., *Bildung und Spaltung von Organo-oxyden, Handbuch der Katalyse*, Verlag J. Springer, Wien, 1943.
- F. K., *Substitution, Handbuch der Katalyse*, Verlag J. Springer, Wien, 1943.

[N 1/92]