

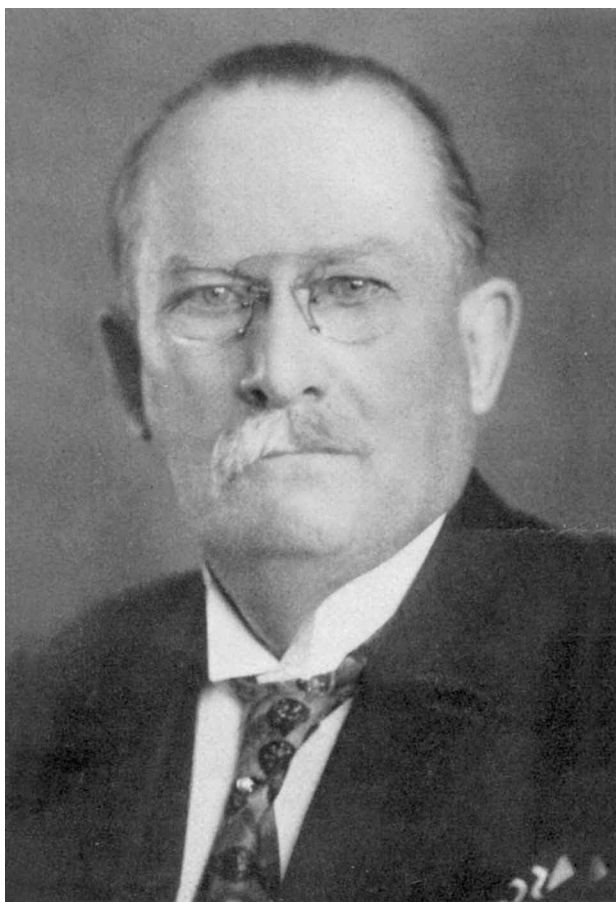
## GUSTAF KOMPPA

1867 — 1949

Gustaf Komppa wurde am 28. Juli 1867 zu Viipuri (Wiborg) geboren. Diese alte Stadt mit engen Gassen, ihrem trutzigen Schloß, an das sich ein am Ende des 18. Jahrhunderts angelegter schöner Park anschließt, die sich später durch hübsche Grünanlagen erweitert hat, ist nicht die Heimat seiner Vorfahren gewesen. Sein Vater David Komppa, der in Viipuri den Beruf eines Droschkenkutschers ausübte, stammte als Sohn eines Landwirts vom Lande, aus Heinjoki auf der Karelischen Landenge östlich von Viipuri, seine Mutter, eine gebürtige Helena Lipponen aus dem Kirchspiel Johannes, südlich der Stadt. Ob die Komppas früher vom Westen her, aus Mittelfinnland gekommen sind, wo in Hirvensalmi der Name Komppa häufiger vorkommt und wo es sogar ein Dorf Komppa gibt, ist ungewiß; nach seinem lebhaften Wesen zu urteilen ist Komppa jedenfalls als ein Karelrier rein finnischer Abstammung anzusehen. Der Vater brachte vom Lande her eine Liebe zur Natur mit, die sich nicht nur auf das Lebendige in ihr, sondern auch auf den gestirnten Himmel erstreckte, an dem er die wechselnde Stellung der Planeten wahrnahm und sie verfolgte. Wohl deshalb machte es Komppa besondere Freude, als einmal ein in Finnland neu entdeckter Stern nach ihm benannt wurde — „er könne so noch bei lebendigem Leibe am Himmel herumfahren“, meinte er dazu. Komppas Mutter besaß, obwohl sie keine höhere Bildung genossen hatte, ein bemerkenswertes Talent für fremde Sprachen.

Die Liebe zur Natur vererbte sich vom Vater auf den Sohn, bei dem sie einen charakteristischen Zug seines Wesens ausmachte. Mit ihr war in Gustaf Komppa eine geistige Begabung verbunden, die ihn dazu trieb, unbeschadet der Freude an der Natur, sich schon während seiner Volksschulzeit mit naturwissenschaftlichen und botanischen Dingen zu beschäftigen, wie mit Dampf- und elektrischen Maschinen, die ihm Anregung zum Basteln gaben. Bemerkenswerterweise war Gustaf der einzige in der Familie, der so lebendige geistige Interessen besaß, daß sie ihm halfen, alle Schwierigkeiten zu beseitigen, die es auf seinem Lebenswege zum Forscher zu überwinden gab. Seine beiden jüngeren Geschwister ließen nichts von einer besonderen Begabung erkennen; der Bruder wurde Droschkenkutscher wie der Vater, später Gutsverwalter bei seinem Bruder Gustaf, die Schwester wurde Näherin. So ist Gustaf Komppa in seiner Familie eine ebenso einzigartige Erscheinung wie Michael Faraday in der seinen.

Spezielles Interesse an der Chemie, oder eigentlich zunächst einfach am Stofflichen, begann sich bei Komppa bereits gegen Ende der Volksschulzeit zu regen, und zwar gerade auf dem Gebiete, dem später seine Lebensarbeit



*Ernst Kumpke*

gewidmet sein sollte: aus Harz destillierte er mit Wasserdampf das Terpentinöl heraus. In der Realschule, in die Komppa bei seiner Begabung ohne Schwierigkeiten aufgenommen wurde und die er von 1880–1885 besuchte, mußte er freilich wegen einer Erkrankung an Typhus den allerdings wenig umfangreichen Chemieunterricht versäumen. Doch erwarb er sich in der Chemie eine sichere Grundlage durch Selbststudium in Stöckhardts Schule der Chemie, von der es eine finnische Übersetzung gab, demselben Buche, dem auch Wilhelm Ostwald in seiner Jugend wertvolle Anregungen verdankte und das auch den Verfasser dieses Nachrufs bei seinen ersten chemischen Versuchen begleitet hat. Zum Experimentieren richtete sich Gustaf daheim ein kleines Laboratorium ein. Seine Interessen wurden aber nicht ganz von diesem in Anspruch genommen; er beschäftigte sich einige Zeit auch eingehend mit Physik, Zoologie und insbesondere Botanik. Er erfuhr dabei eine lebendige Förderung durch den Rektor der Realschule Zilliacus, der nicht allein in der Schule in diesen Fächern unterrichtete, sondern darüber hinaus botanische und zoologische Exkursionen mit interessierten Schülern unternahm. Im ganzen überwog bei Komppa das Interesse an der Chemie so stark, daß er seinen Entschluß kundgab, Chemiker zu werden. Das bedeutete in den achtziger Jahren in Finnland, das damals kaum so etwas wie eine chemische Industrie besaß und an dessen Universität der Chemieunterricht ziemlich darniederlag, ungefähr dasselbe wie in Deutschland 60 Jahre zuvor. Komppa glaubte, eine Vervollkommnung im chemischen Experimentieren am besten in einer Apotheke erwerben zu können und verließ deshalb vorzeitig die Schule, als sich die Gelegenheit bot, in eine solche einzutreten. Doch waren die experimentellen Möglichkeiten dort so beschränkt, daß er die Stellung nach einem halben Jahr enttäuscht wieder verließ und in seine Realschule zurückkehrte. An ihr machte er im Jahre 1886 ein sehr gutes Schlußexamen.

Einem Studium am Polytechnischen Institut hätte nun nichts mehr im Wege gestanden, wenn nicht die Mittel dazu gefehlt hätten. So mußte sich Komppa schweren Herzens nach einem Broterwerb umsehen; er fand einen solchen in der Versicherungsbranche. Im Kontor von Francke und Hackman in Viipuri war er etwa ein halbes Jahr tätig. Währenddessen war der Kommerzienrat Hackman auf ihn aufmerksam geworden; dieser wußte auch den Konsul Eugen Wolff für den tüchtigen jungen Mann zu interessieren, und beide Gönner verschafften ihm ein Darlehen, auf Grund dessen er das Chemiestudium am Polytechnischen Institut in Helsinki aufnehmen konnte.

Dieses Institut, die spätere technische Hochschule, besaß damals zwar wenig vom Charakter einer Hochschule; der Betrieb war sehr schulmäßig mit viel Hausaufgaben. Dabei gab es keine Lehrbücher. Immerhin gab der systematische Unterricht, den in anorganischer Chemie der Rektor, Chemiker-Ingenieur E. E. Qvist, und in organischer Chemie der Dozent H. A. Wahlforss, der auch an der Universität tätig war, erteilten, eine ziemlich vollständige Übersicht über das Gebiet der Chemie und schuf eine sichere Grundlage. Über ihn hinaus versuchte sich Komppa in kleineren Experimentaluntersuchungen. Nachdem er alles mitgenommen hatte, was das In-

stitut zu bieten vermochte, verließ er es im Frühjahr 1890 mit einem glänzend bestandenen Diplomexamen.

Mit diesem in der Tasche hätte Komppa sofort in der Industrie unterkommen können, von der er auch mehrere lockende Angebote erhielt. Doch es zog ihn zur Wissenschaft. Der Weg zu ihr war aber nur bei Erlangung akademischer Grade möglich, die damals nur die Universität verleihen konnte. Eine weitere Schwierigkeit machte das fehlende Abiturientenexamen, da das Abgangszeugnis einer Realschule nicht zum Universitätsstudium berechnete. Doch gelang es Komppa, nicht zum wenigsten auf Grund seiner sehr guten Zeugnisse, alle diese Hemmnisse zu überwinden und im Jahre 1891 das philosophische Kandidatenexamen an der Universität abzulegen.

Im Anschluß daran fand Komppa gleich eine Stellung als stellvertretender Leiter der Städtischen Nahrungsmittelkontrollanstalt in Helsinki, wo er Nachfolger von Ossian Aschan wurde. Nur kurze Zeit war er dort tätig, aber diese reichte aus, im Zusammenhang mit den ihm übertragenen Aufgaben seine erste Veröffentlichung „Natronkalk als Trockenmittel bei der Marshschen Probe“ herauszubringen. Er stellte fest, daß hier der Ersatz von Calciumchlorid durch Natronkalk als Trockenmittel nicht erlaubt ist, weil letzterer zersetzend auf den Arsenwasserstoff wirkt; ebenso wirkt, wie man heute weiß, im gekörnten Calciumchlorid enthaltenes basisches Chlorid, weshalb man bei forensischen Untersuchungen Calciumchlorid-hexahydrat nehmen muß.

Bereits Anfang des Jahres 1892 gab Komppa seine Stellung auf, weil ihm die Verleihung eines Stipendiums es ermöglichte, im Auslande seinen wissenschaftlichen Horizont zu erweitern. Er ging für 7 Monate nach Zürich zu Arthur Hantzsch. Dieser wirkte damals, kurz bevor er als Nachfolger Emil Fischers nach Würzburg berufen wurde, in der Mitte der Dreißiger stehend, als jugendlicher Feuerkopf und glänzender Experimentator außerordentlich anregend, ebenso wie sein genialer Schüler Alfred Werner, und zog dadurch viele junge Leute nach Zürich. Mit einem von diesen, Roland Scholl, schloß Komppa damals eine Freundschaft fürs Leben, und er versäumte auch im Alter keine Gelegenheit, ihn in Dresden aufzusuchen. Außer bei Hantzsch arbeitete Komppa auch für kurze Zeit bei Leo Goldschmidt. Die experimentelle Arbeit, die er in Zürich ausführte, entstammte freilich weder dem Ideenkreis von Hantzsch, noch dem eines anderen Züricher Chemikers, wenn sie auch zweifellos durch Hantzsch befruchtet wurde. Er brachte den Gedanken, über das Styrol zu arbeiten, aus Finnland mit, wo ihn unter dem Einfluß des Unterrichts von Wahlforss die organische Chemie in ihren Bann geschlagen hatte. Sein Auslandsstipendium benutzte Komppa nun aber nicht nur, um sich im Laboratorium zu betätigen. Mit offenen Augen sah er sich die Welt an und besuchte auf der Hin- und Rückreise mehrere Städte in Deutschland, Italien und Österreich. Die Liebe zu Reisen, auf denen er gleichzeitig Kontakt mit ausländischen Fachgenossen zu gewinnen trachtete, ist ihm sein ganzes Leben lang geblieben. Oft reiste er zu wissenschaftlichen Veranstaltungen ins Ausland. Den letzten internationalen Kongreß für

angewandte Chemie vor dem ersten Weltkrieg in New York und Washington machte er im Kreise deutscher und österreichischer Kollegen, darunter L. Knorr, C. Duisberg, A. Bernthsen, B. Rassow, M. Freund, L. Goldschmied (Wien), R. Wegscheider und den zur jüngeren Generation gehörenden Chemikern Arndt, Skita, Keppler und Ebler mit; auch mit P. Walden war er dabei viel zusammen. Noch als Achtziger besuchte er als würdiger Vertreter Finnlands den internationalen Kongreß für reine und angewandte Chemie in London. Besonders enge Beziehungen besaß er zu Deutschland, wo ihn mit mehreren Fachgenossen, so außer dem bereits genannten Roland Scholl auch mit Aladar Skita, Freundschaft verband; bereits 1890, noch ehe er Deutschland bereist hatte, war er Mitglied der Deutschen Chemischen Gesellschaft geworden. Zu einem kurzen Studienaufenthalt bei Johannes Wislicenus und Wilhelm Ostwald kam er 1895 nach Leipzig, als er schon promoviert hatte; zu einem ebensolchen weilte er etwas später in Paris.

Nach seiner Rückkehr aus Zürich im September 1892 vollendete Komppa im Laboratorium von Edvard Hjelt seine Dissertation „Über kernsubstituierte Styrole“ und wurde gleichzeitig dort Assistent. Im April 1893 promovierte er zum Doktor und bestand um die gleiche Zeit sein Philosophielizentiatexamen mit Physik, Mineralogie und Geologie als Nebenfächern. Für die Mineralogie hat er zeitlebens ein Interesse behalten und kam noch im Alter manchmal auf mineralogische Fragen zu sprechen.

Nach dem bestandenen Examen verblieb Komppa zunächst als Assistent am chemischen Laboratorium der Universität, wo er die quantitative Analyse lehrte. Als nun nicht ganz ein Jahr danach am polytechnischen Institut eine finnisch-sprachliche Hilfslehrerstelle — die erste dieser Art, da bis dahin nur auf Schwedisch gelesen worden war — für allgemeine Chemie neu geschaffen wurde, erhielt Komppa diese auf Empfehlungen von E. Hjelt und O. Aschan hin. In dieser Stellung hob er das Niveau der Ausbildung der Chemieingenieure beträchtlich, besonders dadurch, daß er eine experimentelle Arbeit verlangte, die in ihrem Charakter etwa einer Diplomarbeit entsprach. Nebenher behielt er seine Tätigkeit als Dozent bis zum Jahre 1903 bei, auch nachdem er 1898 als Nachfolger von Wahlforss nach dessen Tode Vorstand des Chemischen Laboratoriums am Polytechnikum geworden war. Freilich dauerte es noch eine Reihe von Jahren, bis Komppa, vierzigjährig, im Jahre 1907 zum Professor ernannt wurde; ein Jahr später erfolgte der Ausbau des Polytechnischen Instituts zur Technischen Hochschule, an der nunmehr Komppa die Leitung der Chemischen Abteilung übertragen wurde.

Dieses neue Amt stellte weiterhin große Anforderungen an die Unterrichtstätigkeit, da Komppa anfangs das gesamte Gebiet der Chemie mit ihren Grenzgebieten zu lehren hatte mit bis zu 13 Wochenstunden Vorlesung. Eine gewisse Erleichterung gegen früher war für ihn, daß es jetzt endlich ein finnisches Lehrbuch der Chemie gab, das er selbst als erster in finnischer Sprache unterrichtender Hochschullehrer der Chemie für seine Studenten im Jahre 1906 in Anlehnung an das auch in deutscher Übersetzung weitverbreitete Werk von

Ira Remsen verfaßt hatte, den „Remsen-Komppa“, der von nun an (neben den deutsch-sprachigen Werken) Jahrzehnte hindurch den finnischen Studenten in die chemische Wissenschaft eingeführt hat.

Bei seiner starken Belastung durch den Unterricht ist es erstaunlich, wie wenig Komppas experimentelle Forschungen darunter litten, obwohl er fast alle Versuche mit eigener Hand ausführen mußte und sich nur selten der Hilfe eines Mitarbeiters erfreuen konnte. Denn die Zahl seiner Mitarbeiter blieb stets gering, weil die meisten Komppa-Schüler gleich nach bestandnem Ingenieur-examen in die Industrie gingen.

Zur gleichen Zeit, als Komppa diejenige Stellung als Hochschullehrer erlangte, die er bis zu seiner Emeritierung im Jahre 1937 beibehalten sollte, regte er, der sich in der wissenschaftlichen Welt durch seine Camphersynthese einen Namen gemacht hatte, die Gründung einer Finnischen Akademie der Wissenschaften (Suomalainen Tiedeakademia) an. Mit diesem Vorschlag fand er bei anderen finnischen Gelehrten Widerhall. So trat im Jahre 1908 diese Akademie ins Leben, deren erster Schriftführer Gustaf Komppa wurde; ihr gehörte auch der spätere erste Präsident von Finnland, K. J. Ståhlberg, von Anfang an an. Als Schriftführer hatte Komppa die Korrespondenz zu führen, den Druck der Veröffentlichungen zu überwachen und den Jahresbericht anzufertigen. Diese Verpflichtungen kosteten ihn viel Zeit, aber erst im Jahre 1944 gewann er es über sich, sich von ihnen entbinden zu lassen. In den Annalen der Akademie hat Komppa über 30 seiner Arbeiten veröffentlicht.

Es war eine gewaltige Arbeitslast, die Komppa als experimentierender Forscher, als Hochschullehrer, als Mitglied und Schriftführer der Akademie und dazu noch durch seine Verbindungen mit der Industrie – er war unter anderem von 1922–1945 Vorsitzender des Ausschusses für die staatliche Pulverfabrik – auf seine Schultern lud. Daß er sie bewältigen konnte, verdankte er seiner eisernen Gesundheit, dem Erbgut unverbrauchter Volkskraft. Zu ihrer Erhaltung trug wohl nicht unwesentlich sein alljährlicher Aufenthalt auf seinem am Ufer eines Sees gelegenen Landgut Tammisto in Karjalohja, einem etwa 65 km westlich von Helsinki gelegenen Kirchspiel, bei. Hier lebte er ganz seiner Liebhaberei, der Botanik. Er pflanzte dort Hunderte von ausländischen Bäumen, die er, ebenso wie die Blumen des Gartens, liebevoll pflegte und seinen Gästen mit Stolz zeigte; vor allem galt dieser seiner Sammlung von Koniferen, einer der vollständigsten in der Welt, soweit diese im Klima Finnlands gedeihen. Auch das Familienleben kam dort zu seinem Recht. Seit 1903 war Komppa mit Siiri Andelin, der Tochter eines Kaplans der Finnischen Evangelischen Kirche, verheiratet, die ihm einen Sohn Olavi und eine Tochter Leila schenkte. Sein Sohn wurde Chemiker und ist heute in der chemischen Industrie tätig, die Tochter verwaltet heute mit ihrem Manne das Landgut.

Erst in den Jahren nach 1940 war Komppas Gesundheit nicht mehr wie früher; seelische Erschütterungen kamen hinzu. Nach seiner Emeritierung, die im Jahre 1937 erfolgte, war er, nunmehr frei von Unterrichtsverpflichtungen, noch eifrig im Laboratorium tätig gewesen. Daneben hatte er seit 1935 das Amt des Kanzlers der finnischen Universität Turku inne, an deren

Gründung neben der dort etwa gleichzeitig ins Leben tretenden schwedischen Akademie er wesentlichen Anteil hatte, und behielt es 10 Jahre lang, 1936 bis 1945. Auch als Berater der finnischen chemischen Industrie und als Sekretär der finnischen Akademie (bis 1944) war er weiterhin tätig. Da traf ihn am 30. November 1939 ein schwerer Schicksalsschlag, von dem er sich trotz aller Lebensenergie nicht mehr ganz erholen konnte. An diesem Tage, an dem ohne Kriegserklärung russische Bomben auf Finnlands Hauptstadt fielen, wurde sein geliebtes Laboratorium mit allen Präparaten und Aufzeichnungen vollständig zerstört: seine Kollegen, der Physikochemiker Sihvonen und der Anorganiker Ant-Vuorinen, wurden zur selben Stunde an ihrem Arbeitsplatz getötet. Nach Beendigung der Kriegshandlungen, als Finnland mit bewundernswerter Energie daranging, die Schäden des verlorenen Krieges zu heilen, interessierte sich Komppa als fast 80jähriger lebhaft für den von seinem Nachfolger Palmén und anderen geleiteten Neubau des Instituts, und voll Stolz zeigte er mir im September 1948 die Räume des wiederaufgebauten Laboratoriums, das damals fast ganz vollendet war. Aber gleichzeitig ließ er die schmerzliche Entsagung durchblicken, die er nach der Zerstörung seines alten Laboratoriums durch den Verzicht auf die experimentelle Arbeit hatte auf sich nehmen müssen. In jenen Septembertagen des Jahres 1948 war Komppa geistig sehr frisch und nahm auch an froher Geselligkeit teil, wobei eine seit einigen Jahren bestehende Schwerhörigkeit ihn nur wenig behinderte. Freilich hatte sich schon einige Zeit vorher ein zeitweiliges Nachlassen seiner geistigen Spannkraft bemerkbar gemacht, und jene Tage mögen vielleicht die letzten gewesen sein, in denen er sich fast in seiner alten Frische zeigte. Zwei Monate später erlitt er einen Schlaganfall, dem er am 20. Januar 1949 erlag.

Komppa gab sich im Verkehr mit Kollegen ganz natürlich, mit einer von Herzen kommenden Freundlichkeit, so gar nicht in dem Stil der Leute, welche meinen, stets alle Vorschriften gesellschaftlicher Höflichkeit beachten zu müssen. Dieses zwanglose Sich-geben, das wenig professoral war, hinderte ihn aber nicht, unter Umständen eine echt professorale Vergeßlichkeit an den Tag zu legen. Um diese Seite seines Wesens zu beleuchten, sei eine kleine Geschichte: „Komppa als Manteldieb“ erzählt. Im August 1934 hatte ich mit ihm, seiner Frau und seinem Sohn zusammen auf der Terrasse des Hochhauses in Helsinki zu Abend gespeist. Hinterher suchte Komppa in der Garderobe vergeblich seinen Mantel. Endlich glaubte er ihn gefunden zu haben, mußte aber dann feststellen, daß es nicht seiner war. Seine Frau bemerkte noch, daß der Mantel zwar dem seinigen sehr ähnlich, aber doch nicht ganz so schäbig sei. Komppa, in der Annahme, ein anderer Gast habe, den Mantel verwechselnd, den seinigen angezogen, zog den Mantel an. Unten angelangt, im Begriff, ins Auto einzusteigen, fiel ihm plötzlich ein: „Ach, ich hatte ja überhaupt keinen Mantel angehabt und wäre jetzt beinahe zum Dieb geworden“ – und er brachte den Mantel wieder die vielen Stockwerke hinauf.

## Das wissenschaftliche Werk

Schon frühzeitig zog die Mannigfaltigkeit der organischen Verbindungen und ihrer Umsetzungen Komppa in ihren Bann, so daß er, obwohl er während seiner ganzen Lehrtätigkeit in organischer und anorganischer Chemie unterrichtete, sich experimentell so gut wie ausschließlich der organischen Chemie widmete. Seine Doktorarbeit über kernsubstituierte Styrole regte ihn zwar zu weiteren Forschungen in der aromatischen Reihe an, doch fesselten ihn von ihr ausgehende Ideen nur zeitweise stärker, wenn sich auch solche Ausstrahlungen bis zum Jahre 1934 verfolgen lassen, in dem Komppa mit G. A. Nyman zusammen eine Arbeit über das Selenonaphthen veröffentlichte. Der Zusammenhang mit seiner alten Styrolarbeit ergibt sich aus folgendem Gang der Beobachtungen und Gedanken. *o*-Oxy- $\omega$ -chlor-styrol gibt, wie Komppa fand, beim Erwärmen Cumaron, dessen schon früher durch andere Reaktionen festgelegte Struktur nunmehr auch durch eine durchsichtige Synthese erwiesen wurde<sup>1)</sup>. Auf analoge Weise gewann Komppa im gleichen Jahr 1893 kurz vor L. Gattermann<sup>2)</sup> auch das Thionaphthen synthetisch<sup>3)</sup>, dem er dann später noch einige Arbeiten widmete (Veröffentlichungen aus den Jahren 1897, 1929 und 1933).

Das für die wissenschaftliche Arbeit Komppas so schicksalsreiche Jahr 1893 brachte trotz der schönen Ergebnisse im Bereich der aromatischen Chemie eine grundlegende Wendung in seinen wissenschaftlichen Interessen. Auf einmal begann ihn die Chemie des Camphers zu interessieren, dessen Formel noch nicht bewiesen war. Zwar stellte Julius Bredt im gleichen Jahre mit genialem Blick die richtige Formel für den Campher auf, doch war diese Komppa, als er seine neue Arbeitsrichtung einschlug, noch nicht bekannt. Ebensovienig wie die neue Campherformel Bredts bestimmte ihn die ebenfalls 1893 herauskommende erste Arbeit von O. Aschan auf dem Camphergebiet, sich dem Problem der Konstitution des Camphers zuzuwenden, oder gar der Umstand, daß in Finnland bereits 1879 Edvard Hjelt seine Doktorarbeit über die Camphoronsäure auf eine Anregung von Johannes Wislicenus hin gemacht hatte. Wir müssen also nach einer ganz anderen Ursache suchen, die Komppas Themawahl bestimmte. Wir finden sie in seiner Liebe zur pflanzlichen Natur, insbesondere zu den Bäumen. Sie war es, die ihn das Produkt des Campherbaums zum Gegenstand seiner Forschungen wählen ließ. Hing doch der Campher, wie man bereits wußte, eng mit einem Produkt der heimischen Nadelbäume zusammen, dem Terpentinöl; war doch damals schon durch die Arbeiten Wallachs „Terpene und Campher“ der Sammelbegriff für eine Klasse von konstitutionell wie genetisch eng miteinander verwandten

<sup>1)</sup> Synthetisch war Cumaron früher bereits von R. Fittig u. G. Ebert, A. 216, 168 [1882] aus Cumarinmono- und dibromid über die Cumarilsäure, sowie von A. Rössing, B. 17, 3000 [1884], aus *o*-Formyl-phenoxyessigsäure mittels Eisessigs und Natriumacetats erhalten worden (vergl. die bessere Synthese von R. Stoermer aus Phenoxyacetal, B. 30, 1703 [1897]).

<sup>2)</sup> B. 26, 2808 [1893].

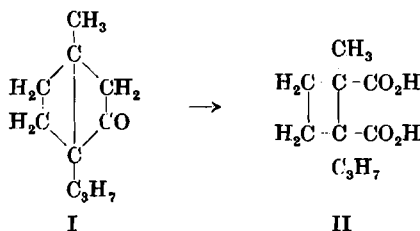
<sup>3)</sup> Acta Soc. Sci. fenn 23, 6 [1897]; die erste Veröffentlichung über das Thionaphthen hat Komppa also erheblich später als Gattermann herausgebracht.



Stoffen geworden. Dem Hauptbestandteil des Terpentins, dem Pinen, sollte sich freilich erst später das Interesse Komppas zuwenden; man kann die Totalsynthese dieses Stoffes, die ihm in seinen letzten größeren Arbeiten glückte, als den sein Lebenswerk krönenden Abschluß ansehen.

Synthese, möglichst Totalsynthese einer Verbindung aus der Klasse der Terpene und des Camphers, bei der der Aufbau Schritt für Schritt in durchsichtiger Weise erfolgt, war von vornherein Komppas Ziel. Dahin trieb ihn, zumal in späteren Jahren, wohl weniger der Wunsch, mit der Synthese die Strukturformel einer Verbindung endgültig zu beweisen, als vielmehr der Ehrgeiz, es mit den Mitteln des Laboratoriums der Natur nachzutun. Es ist im Grunde genommen dieselbe Triebfeder, die Emil Fischer dazu trieb, Polypeptide zu synthetisieren. Nur sie macht die fast kindliche Freude verständlich, die in Komppas Vorträgen über seine synthetischen Arbeiten so lebendig zum Ausdruck kam.

Bei einer Totalsynthese muß man ganz von unten anfangen. So kam es, daß Komppa sich anfangs gar nicht mit dem Campher oder einem Terpen beschäftigte, sondern mit Abbauprodukten des Camphers. Das am leichtesten zugängliche Abbauprodukt des Camphers ist die Camphersäure. Deren Konstitution leitete man damals noch aus der Campherformel von Kannonikow (I), die aus dem Jahre 1883 stammte, ab:

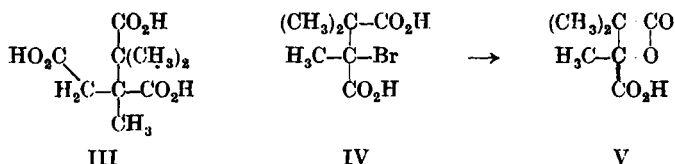


Zu dieser 1-Methyl-2-isopropyl-cyclobutan-dicarbonsäure-(1.2) (II) suchte nun Komppa über ein Kondensationsprodukt von Oxalsäureester mit Bernsteinsäureester zu gelangen. Die dahin zielenden Versuche schlugen fehl, und er hat deshalb seinerzeit nichts über sie veröffentlicht. Die Säure ist bis heute noch nicht synthetisiert worden.

Inzwischen war Komppa die Campherformel von Bredt bekannt geworden, die dieser aus den Ergebnissen des Abbaus hergeleitet hatte. Für Komppa besaß diese Herleitung eine große Überzeugungskraft, doch empfand er es als unbefriedigend, daß die Konstitution verschiedener Abbauprodukte noch nicht durch Synthese sichergestellt war. Da in dem Konstitutionsbeweis von Bredt die Camphoronsäure (III) eine Schlüsselstellung einnahm, bemühte er sich zunächst um deren Synthese. Hiermit kamen ihm aber William Henry Perkin jun. und Jocelyn Field Thorpe im Jahre 1897 zuvor<sup>4)</sup>. Dennoch blieben die dahin zielenden Versuche Komppas nicht ohne Frucht; ihr weiterer Ausbau führte ihn im Jahre 1902 von der  $\alpha$ -Brom- $\alpha,\alpha',\alpha'$ -trimethyl-bernstein-

<sup>4)</sup> Journ. chem. Soc. London 71, 1190 [1897].

säure (IV) zum  $\beta$ -Lacton der Trimethyläpfelsäure (V); es war dies nach dem  $\beta$ -Lacton der Dimethyläpfelsäure von Baeyer und Villiger (1897) das zweite  $\beta$ -Lacton aus der aliphatischen Reihe.



Nachdem ihm die Synthese der Camphoronsäure aus den Händen genommen war, nahm Komppa den Plan zur Synthese der Camphersäure – nunmehr auf neuer, eine sichere Richtungweisender theoretischer Grundlage – wieder auf. Er wußte, daß mit dem Gelingen dieser Synthese auch die Totalsynthese des Camphers verwirklicht war. Denn die letzten Schritte von der Camphersäure zum Campher waren bereits 1879 und 1896 von Albin Haller<sup>5)</sup> sowie von Julius Bredt und M. v. Rosenberg<sup>6)</sup> zurückgelegt worden; der erstere hatte aus dem Camphersäureanhydrid über das Campholid die Homocamphersäure aufgebaut, die letztgenannten Autoren hatten aus deren Bleisalz durch Erhitzen Campher erhalten. Diesmal gelang Komppa die Synthese der Camphersäure, die als Musterbeispiel für eine Totalsynthese bereits in elementaren Lehrbüchern erwähnt wird, so daß sich ein näheres Eingehen auf sie erübrigt. Doch seien wenigstens einige schwierige Klippen erwähnt, die umschifft werden mußten, um verständlich zu machen, daß die Synthese mehrere Jahre Arbeit erforderte, bis sie im Jahre 1903 gelungen war. Zunächst galt es, ein ergiebiges Verfahren zur Darstellung des  $\beta,\beta$ -Dimethylglutarsäureesters zu finden<sup>7)</sup>, der dann nach Dieckmann mit Oxalsäureester kondensiert werden sollte. Damit war der Weg zur Darstellung der Apocamphersäure frei, deren Synthese Komppa im Jahre 1901 veröffentlichen konnte<sup>8)</sup>. Nun dauerte es aber noch zwei Jahre, bis die Einführung der Methylgruppe gelang, durch deren Vorhandensein sich die Camphersäure von der Apocamphersäure unterscheidet. Sie gelang schließlich beim Diketo-apocamphersäure-dimethylester, dem durch Kondensation von Oxalsäure- und Dimethylglutarsäureester entstehenden Zwischenprodukt bei der Apocamphersäure-Synthese.

Die Freude an der gelungenen Camphersäure-Synthese<sup>9)</sup> wurde etwas dadurch getrübt, daß sie noch im gleichen Jahre auch W. H. Perkin und J. F. Thorpe, die auch diesmal wieder Komppas Konkurrenten waren, gelang, freilich auf einem anderen Wege<sup>10)</sup>, der in seinen einzelnen Stufen auch heute noch nicht als völlig aufgeklärt gelten kann. Allerdings veröffentlichten diese Forscher ihre Ergebnisse erst im Jahre 1906 ausführlich<sup>11)</sup>, nachdem ihnen die einwandfreie Charakterisierung ihrer nur in geringer Ausbeute erhaltenen Säure als Camphersäure gelungen war. Aber es wurde nun die Priorität Komppas bestritten und, was ihm noch näher ging, es wurden auch Einwände

<sup>5)</sup> Thèse Nancy 1879.    <sup>6)</sup> A. 289, 4 [1896].    <sup>7)</sup> B. 32, 1421 [1899].

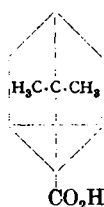
<sup>8)</sup> B. 34, 2472 [1901].    <sup>9)</sup> B. 36, 4332 [1903].

<sup>10)</sup> Journ. chem. Soc. London 85, 128 [1904].

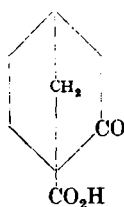
<sup>11)</sup> Journ. chem. Soc. London 89, 795 [1906].

gegen die Richtigkeit seiner Synthese erhoben, die auch die nach ausführlicheren Veröffentlichungen<sup>12)</sup> immer leise erhobenen Zweifel nicht ganz verstummen ließen. Schließlich konnte Komppa aber auch diese letzten Zweifel im Jahre 1911 beseitigen; im Verlauf der zu diesem Zweck durchgeführten Arbeiten stellte er als wichtiges Beweisstück die Äthylapocampfersäure an Stelle der Methylapocampfersäure = Campfersäure dar, womit die Stellung des Alkyls am richtigen Ort erwiesen war<sup>13)</sup>. Zur Synthese des natürlichen Camphers fehlte nun Komppa nur noch die Spaltung seiner synthetischen racemischen Campfersäure in optische Antipoden; als er wissen ließ, daß er mit dahinzielenden Versuchen beschäftigt sei, teilte Ernst Beckmann mit<sup>14)</sup>, daß ihm mit E. Soran die Spaltung schon 1897<sup>15)</sup> gelungen sei. Mithin war tatsächlich schon 1903 durch Komppa die Totalsynthese des natürlichen Camphers durchgeführt worden.

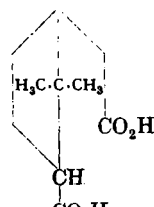
Während die letzten Zweifel an der Camphersynthese beseitigt wurden und die Struktur des Camphers dann kein Problem mehr bot, wandte Komppa sich den Abbauprodukten des Terpenkohlenwasserstoffs Camphen<sup>16)</sup> zu. Solche hatten G. Wagner, J. E. Marsh, J. E. Gardner und andere Forscher auf verschiedenen Wegen erhalten. Die Synthese und die auf andere Weise festgestellten genetischen Beziehungen waren deswegen gerade hier so besonders wichtig, weil beim oxydativen Abbau des Camphens vielfach Umlagerungen eintreten, die es sehr schwer, wenn nicht unmöglich machen, in der sonst üblichen Weise die Konstitution des Camphens mit den Konstitutionen seiner Abbauprodukte in Beziehung zu setzen. O. Aschan, Komppas Kollege von der Universität, mühte sich in jenen Jahren erfolgreich um die Aufklärung der Beziehungen zwischen Camphen und der daraus durch Permanganat-Oxydation entstehenden Camphensäure (Camphencampfersäure). Komppa klärte



VI



VII



VIII

insbesondere die Struktur der Tricyclensäure (VI)<sup>17)</sup>, die in geringer Menge bei der Salpetersäure-Oxydation des Camphens sowie bei seiner Behandlung mit nitrosen Gasen entsteht, und der Ketopinsäure (VII)<sup>18)</sup>, einer unerwartet stabilen  $\beta$ -Ketosäure, die sich nicht zum Carboxyl hin enolisieren kann, auf.

<sup>12)</sup> B. 41, 4470 [1908]; A. 370, 209 [1909].

<sup>13)</sup> B. 44, 861 [1911].

<sup>14)</sup> B. 42, 487 [1909].

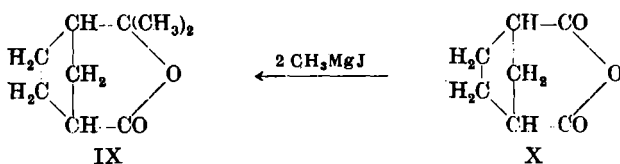
<sup>15)</sup> E. Soran, Dissertat. Erlangen, 1897; vergl. auch A. Debiegne, Compt. rend. Acad. Sciences 128, 1112 [1899].

<sup>16)</sup> Diese Arbeiten sind z. Tl. mit S. V. Hintikka durchgeführt worden.

<sup>17)</sup> B. 41, 2748 [1908], 62, 1366 [1929]; A. 387, 298 [1912]. <sup>18)</sup> B. 44, 863, 1537 [1911].

Während die Ketonspaltung der Ketopinsäure Schwierigkeiten macht<sup>19)</sup> – die Säure schmilzt ohne Kohlendioxydabspaltung bei 234° –, gelingt die Säurespaltung mit konzentriertem Alkali um so besser, da keine Decarboxylierung als Nebenreaktion zu fürchten ist. Auf diese Weise entsteht die sogen. Pino-phansäure (VIII), die Komppa als Homoapocamphersäure identifizieren konnte; er synthetisierte sie nämlich auf demselben Wege aus Apocamphersäureanhydrid, auf dem Haller die Homocamphersäure aus Camphersäureanhydrid dargestellt hatte. Der Tricyclensäure<sup>20)</sup> widmete Komppa noch weitere Arbeit; er führte sie u. a. in Tricyclen über, das P. Lipp<sup>21)</sup> aus der gleichen Säure, aber auf anderem Wege als Komppa erhalten hatte.

In eine andere Richtung führten Komppa die Abbauprodukte des Camphens, die aus diesem F. W. Semmler 1909 und C. D. Harries und J. Palmén 1910 mittels Ozons erhalten hatten. Der finnische Chemiker Palmén, heute Professor der organischen Chemie an der Technischen Hochschule in Helsinki, brachte von seinem Aufenthalt in Kiel bei Harries die Methode des Ozonabbaus nach Finnland; wie wichtig sie alsbald für Komppas Forschungen geworden ist, und welche Anregungen dieser aus ihr zog, dafür werden weiter unten noch Beispiele gegeben werden. Der Ozonabbau des Camphens verläuft nun nicht normal; er liefert in der Hauptsache ein Lacton und in schlechter Ausbeute Camphenilon. Für das Lacton hatte Semmler die Formel eines Dimethylnorcampholids (IX) aufgestellt, die Komppa bereits 1909 durch seine Darstellung aus Norcamphersäureanhydrid (X) durch Grignardierung mit Methylmagnesiumjodid als richtig beweisen konnte<sup>22)</sup>.



Nachhaltigere Wirkungen hatte die Beschäftigung mit dem Camphenilon<sup>23)</sup>. Seine Teilsynthese gelang bereits 1914 durch thermische Zersetzung des Bleisalzes der Camphensäure; diese war aber auch gleichzeitig eine Totalsynthese, nachdem kurz vorher der noch nicht 30jährige Peter Lipp die mühevollen Arbeit der Totalsynthese der Camphensäure geleistet hatte<sup>24)</sup>. Eine besondere Totalsynthese des Camphens erübrigte sich damit, da dieses aus dem Camphenilon bereits 1905 von St. Moycho und F. Zienkowski über das durch Grignardierung aus ihm erhältliche Methylcamphenilol erhalten worden war. Viel später, 1936, führte Komppa mit seinem Sohn zusammen eine andere Totalsynthese des Camphenilons aus: Cyclopentadien wurde durch eine Diänsynthese mit  $\beta,\beta$ -Dimethylacrylsäure zur Isocamphenilansäure vereinigt und diese dann durch Oxydation und Decarboxylierung in Camphenilon ver-

<sup>19)</sup> Vergl. J. Brecht, Ann. Acad. Sci. fenn. [A] 29, Nr. 2, 3 (Komppa-Festschrift): „Ist die Beständigkeit der Ketopinsäure ein Sonderfall der Brechtschen Regel?“.

<sup>20)</sup> B. 62, 1366 [1929], 63, 1007 [1930].

<sup>21)</sup> B. 53, 779 [1920].

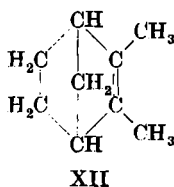
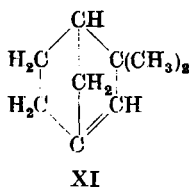
<sup>22)</sup> B. 42, 899 [1909].

<sup>23)</sup> A. 866, 71 [1909].

<sup>24)</sup> B. 47, 875 [1914].

wandelt<sup>25)</sup>. Die Diënsynthese hatten übrigens bereits 1931 O. Diels und K. Alder<sup>26)</sup> zur Synthese des Camphenilons verwertet, indem sie aus Cyclopentadiën und Acrolein in eleganter Synthese den Norcampher darstellten, den sie dann durch Einführung zweier Methylgruppen in Camphenilon überführten.

Das wichtigste Arbeitsfeld, auf das die Beschäftigung mit dem Camphenilon unerwarteterweise den Blick öffnete, war jedoch die Chemie des Santens (XII). Zugleich brachte die zu diesem führende Reaktion Komppa mit der in der Terpenchemie so bedeutungsvollen Wagnerschen Umlagerung in unmittelbare Berührung; doch wurde dies nicht sofort erkannt. Aus dem durch Reduktion aus Camphenilon erhältlichen Camphenilol erhielt Komppa durch Wasserabspaltung einen ungesättigten Kohlenwasserstoff, den er „Camphenilen“<sup>27)</sup> nannte, und dem er vorläufig die Struktur XI zuerteilte.



Nun machte aber alsbald im Jahre 1914 H. Meerwein<sup>28)</sup> darauf aufmerksam, daß das Camphenilol ein sekundärer Alkohol vom Typus des Pinakolinalkohols – quartärer Kohlenstoff in Nachbarschaft zur sekundären Alkoholgruppe – ist und daß infolgedessen bei der Abspaltung von Wasser eine Retropinakolin-Umlagerung zu erwarten und deshalb der ungesättigte Kohlenwasserstoff wohl Santen (XII) sei. Außerdem widersprach die Komppasche Formel des Camphenilens der Bredtschen Regel. Sofort ging Komppa dieser Anregung Meerweins nach und bewies die Identität der Hauptmenge seines „Camphenilens“ mit dem Santen<sup>29)</sup>, dessen Konstitution im wesentlichen Semmler durch Abbaureaktionen bereits erschlossen hatte. Das „Isocamphenilol“, das Komppa mit Eisessig-Schwefelsäure nach Bertram-Walbaum aus seinem „Camphenilen“ erhalten hatte, war nichts anderes als das Santenol, das Aschan in der gleichen Weise aus Santen dargestellt hatte. Zur weiteren Arbeit in der Santenreihe lockte Komppa der Umstand, daß dieses auch, wie Aschan festgestellt hatte, in nordischen Kiefernadelölen vorkommt und nicht nur im ostindischen Sandelholzöl. Zudem befriedigte ihn, den Synthetiker, nicht restlos der an sich vollkommen einwandfreie Konstitutionsbeweis des Santenols und Santenons durch Oxydation zu den zweibasischen Santensäuren, den Aschan 1910 geführt hatte. Tatsächlich galt es hier auch noch stereochemische Probleme zu lösen, welche bei den synthetischen Versuchen auftraten und diese so erschwerten, daß sie sich 13 Jahre

<sup>25)</sup> B. 69, 2606 [1936].

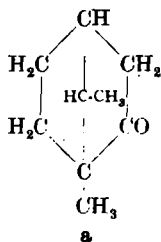
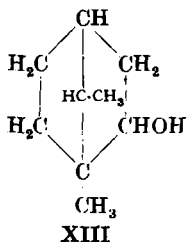
<sup>26)</sup> A. 486, 202 [1931].

<sup>27)</sup> A. 387, 293 [1912].

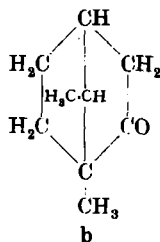
<sup>28)</sup> A. 405, 134 [1914].

<sup>29)</sup> Ann. Acad. Sci. fenn. [A] 7, Nr. 9, 1 [1916] (C 1917 I, 406). Daneben entsteht Apocyclen (wenn aus Camphenilol und Bisulfat), B. 69, 334 [1936].

lang, von 1923 bis 1936, hinzogen<sup>30)</sup>. Vom Santenol (XIII) gibt es nämlich wegen der nur einseitig mit Methyl substituierten Brücke 4 diastereomere Racemate, die bei der Synthese nebeneinander entstehen können, während bei der Bertram-Walbaumschen Reaktion aus Santen in ganz überwiegender Menge nur eines dieser Santenole gebildet wird:



XIV



Die Besonderheit der durch die Unsymmetrie der Brücke bedingten Stereoisomerie läßt sich am besten am Santenon anschaulich machen, von dem nur 2 diastereomere Racemate (XIV a u. b)<sup>31)</sup> möglich sind. Von den Santensäuren gibt es aber wieder 4 isomere Racemate; isomeren Santensäuren war auch bereits Aschan begegnet. Zur Lösung der mit der Synthese der Santensäuren gestellten Aufgabe griff Komppa auf das Prinzip seiner Camphersäure-Synthese zurück, indem er Oxalsäureester und  $\beta$ -Methyl-glutarsäureester miteinander kondensierte<sup>32)</sup>. Im Zusammenhang mit der Synthese der Santensäure konnte Komppa in gemeinsamer Arbeit mit G. A. Nyman und S. Beckmann auch die Konfiguration der stereoisomeren Santenole weitgehend klären<sup>33)</sup>.

Diese letzten Arbeiten verknüpfen Komppas Arbeiten in der Santenreihe unmittelbar mit seinen Arbeiten in der Norcamphergruppe, in der alle normalerweise in den Terpenen vorhandenen Methylgruppen fehlen, nicht nur eines wie in der Santengruppe. Die Darstellung des Norcamphers selbst gelang bereits im Jahre 1918. Heute stellt man ihn nach Diels und Alder (1929) durch Diänsynthese auf viel bequemerem Wege (vergl. oben) her, und so ist es kein Wunder, daß im Anschluß an diese einfache Synthese Alder die Norcamphergruppe erschöpfend bearbeitet hat<sup>34)</sup>. Gleichwohl stammen wichtige Untersuchungen in dieser Richtung von Komppa, der, nachdem er bereits 1918 mit Hintikka den Norcampher<sup>35)</sup>, freilich nur in geringer

<sup>30)</sup> Auch der Umstand, daß Komppa gleichzeitig die dem Santen isomeren Apoterpene  $C_{10}H_{14}$ , Apobornylen, Apocyclen, Apoisofenchene und ihre Abkömmlinge, sowie die Aposanten- und Apocamphenilon-Reihe bearbeitete, verhinderte das rasche Fortschreiten der Arbeiten über Santenol und Santensäure.

<sup>31)</sup> Darstellung der beiden optisch aktiven Diastereomeren: O. Aschan, Svensk. kem. Tidsskr. 45, 209 [1933] (C. 1934 II, 3506).

<sup>32)</sup> B. 67, 828 [1934] (mit W. Rohrmann). In ganz ähnlicher Weise bearbeitete gleichzeitig (1931 bis 1933) T. Enkvist an der Universität Helsinki (Dissertat. 1932) das selbe Problem.

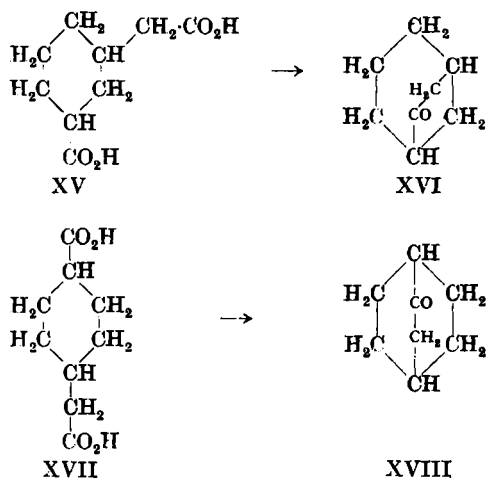
<sup>33)</sup> A. 522, 137 [1936] (mit S. Beckmann).

<sup>34)</sup> A. 525, 183 [1936]; B. 67, 613 [1934].

<sup>35)</sup> Ann. Acad. Sci. fenn. [A] 10, Nr. 22, 1 [1918] (C. 1918 II, 369); verbessert (mit S. Beckmann), ebenda [A] 89, Nr. 7, 1 [1934].

Menge, erhalten hatte, 1934 mit S. Beckmann zusammen die Stammsubstanz, das Norcamphan  $C_7H_{12}$ <sup>36)</sup>, einen schneeflockenartig kristallisierenden, außerordentlich leicht flüchtigen, campherähnlich riechenden Kohlenwasserstoff, gewann und weiter über das Norbornylen sowie über die stereoisomeren Norborneole und Norbornylamine gearbeitet hat. Bei den Norborneolen versuchte er die Zuordnung zur Endo- und Exokonfiguration mit Hilfe der kryoskopischen Methode zu treffen. Diese gestattet es, den Assoziationsgrad von isomeren Alkoholen zu vergleichen und gegebenenfalls festzustellen, bei welchem die Oxygruppe freier steht und bei welchem sie sterisch behindert ist. Bei den beiden Norborneolen und ebenso bei den Camphenilolen<sup>37)</sup> zeigten sich freilich kaum Unterschiede; doch konnte auf dieser kryoskopischen Grundlage Komppa eine – freilich nicht absolut gesicherte – Konfigurationszuordnung bei den Santenolen vornehmen und eine Aussage über die Lage des Brückenmethyls machen, das danach in *trans*-Stellung zu der mit der Oxygruppe besetzten Seite stehen muß; die gleiche Lage muß es also in der Santensäure haben, während in der Allosantensäure die Lage die andere der beiden möglichen sein muß.

Das Norcamphan ist nach der Baeyerschen Nomenklatur das Bicyclo-[1.2.2]-heptan, dessen Ringsystem mäßige Spannung am Modell aufweist. Es mußte, zumal nachdem E. Mohr 1918 durch Modellbetrachtungen auf die Spannungsfreiheit des ringhomologen Bicyclo-[2.2.2]-octans hingewiesen hatte, das noch unbekannt war, verlocken, diesen Kohlenwasserstoff herzustellen.



Komppa schien für diese Aufgabe prädestiniert, nicht allein, weil er das Norcamphan hergestellt hatte, sondern weil er sie bereits zu Anfang des Jahrhunderts im Auge gehabt hatte. Schon 1903 war es ihm zusammen mit T. Hirn<sup>38)</sup> gelungen, das Bicyclo-[1.2.3]-octanon (XVI), ein campherähnliches Keton, durch Erhitzen des Calciumsalzes der Hexahydro-homoisophtalsäure

<sup>36)</sup> = Norbornylen; A. 512, 172 [1934].

<sup>37)</sup> B. 69, 2606 [1939] (mit O. Komppa).

<sup>38)</sup> B. 36, 3610 [1903].

(XV) zu erhalten; in den Stammkohlenwasserstoff, das Bicyclo-[1.2.3]-octan, führte er es aber erst 1936 in gemeinsamer Arbeit mit S. Beckmann und W. Rohrmann<sup>39)</sup> über, nachdem inzwischen gefundene Methoden die Darstellung des Ausgangsmaterials und die Umwandlung eines Ketons in einen Kohlenwasserstoff wesentlich erleichtert hatten. Diese allgemeinen methodischen Fortschritte ermöglichten nun auch die Wiederaufnahme der Versuche mit der Homoterephthalsäure als Ausgangsmaterial, die der Hydrierung zur Hexahydrosäure mit Natriumamalgam, dem 1903 einzig dafür bekannten Verfahren, unüberwindbaren Widerstand entgegengesetzt hatte. 1935 konnten nun aus der durch katalytische Hydrierung gewonnenen Hexahydro-homoterephthalsäure (XVII) das Bicyclo-[2.2.2]-octanon (XVIII), das kurz zuvor K. Alder und G. Stein mit Hilfe der Diänsynthese<sup>40)</sup> dargestellt hatten, und daraus weiter das gesuchte Bicyclo-[2.2.2]-octan erhalten werden<sup>41)</sup>.

Die inneren Zusammenhänge von Komppas Arbeiten über die Bicyclo-octane, die Norcamphergruppe und die Santenreihe liegen nunmehr klar zutage, wenn auch die einzelnen Arbeiten nicht immer unter Bezug aufeinander ausgeführt wurden und sich der große Zusammenhang erst später herausstellte. Das ist auch der Fall bei den Santen-Arbeiten Komppas und bei seinen nunmehr zu besprechenden Arbeiten über die Fenchene. In beiden Gruppen von Arbeiten erscheint uns heute die Problematik der Umlagerungen als das verknüpfende Band, das Komppa noch nicht sah und nicht sehen konnte, als er im Jahre 1914 zunächst in Gemeinschaft mit Hintikka und Roschier sich mit den Fenchenen zu beschäftigen begann, da ihm damals die Santenverschiebung, die bei der Wasserabspaltung aus Camphenilol eintritt, noch nicht klar war. Zu den Fenchenen führte ihn vielmehr wieder einmal die Aufgabe einer Totalsynthese. Wie bereits erwähnt, war Komppa bei seinen Bemühungen, die Konstitution der Ketopinsäure aufzuklären, die Synthese der Homoapocampfersäure (VIII) gelungen. Das Bleisalz dieser Säure gab in der üblichen Weise ein Keton, das sich als  $\alpha$ -Fenchocamphoron (XX) erwies; für dieses schon von Wallach bearbeitete Keton interessierte sich Komppa auch deshalb näher, weil er (mit Hintikka) es durch Abbau des  $\alpha$ -Fenchens (XIX) neben  $\alpha$ -Fenchenilansäure (XXII) erhalten hatte. Das Fenchocamphoron gibt nun mit Methylmagnesiumjodid nach Grignard den tertiären Alkohol Methylfenchocamphorol (XXIII), aus dem durch Wasserabspaltung wieder  $\alpha$ -Fenchene hervorgeht, dessen Totalsynthese damit verwirklicht war (1917). Aus dem  $\alpha$ -Fenchene stellte Komppa viel später über das Fenchenehydrochlorid (XXI) durch Hydrolyse mit Kalk umgekehrt das Methylfenchocamphorol (XXIII) =  $\alpha$ -Fenchenhydrat wieder her. Aus dem  $\alpha$ -Fenchocamphoron (XX) wurde weiter über das  $\alpha$ -Fenchocamphorol (XXIV) und  $\alpha$ -Fenchocamphorylchlorid (XXV) die  $\alpha$ -Fenchenilansäure (XXII) erhalten und somit auch die Konstitution der letztgenannten durch Totalsynthese sichergestellt.

Das  $\alpha$ -Fenchocamphoron (XX) erscheint hier mit zahlreichen anderen Verbindungen in einen durchsichtigen genetischen Zusammenhang gebracht. Einen

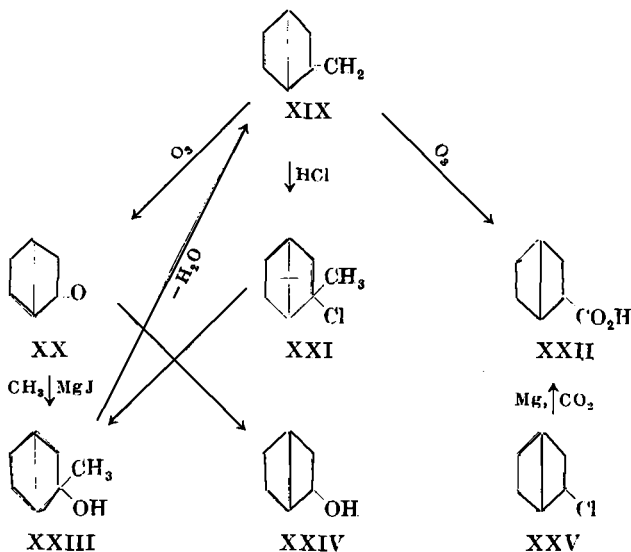
<sup>39)</sup> A. 521, 227 [1936].

<sup>40)</sup> A. 514, 13 [1934].

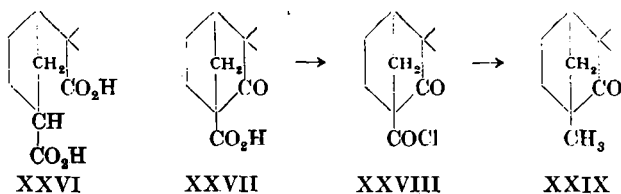
<sup>41)</sup> B. 68, 1268, 1272 [1935].



solchen hatte Komppa schon vorher mit der Apocamphersäure hergestellt, als es ihm gelang, das Keton durch Oxydation mit Caroscher Säure in Apocampholid überzuführen<sup>42)</sup>.



Der Wunsch, nach geglückter Synthese des  $\alpha$ -Fenchens auch die Total-synthese des Fenchons als erster zu verwirklichen, ging Komppa nicht in Erfüllung; noch im gleichen Jahre 1917 veröffentlichte eine solche Leopold Ruzicka<sup>43)</sup>. Im Jahre 1935 erst führte Komppa in Gemeinschaft mit Klami<sup>44)</sup> eine neue Synthese durch, bei der er von der Camphensäure (XXVI) ausging. Aus ihr wurde nach dem Verfahren von G. Blanc durch Destillation mit Essigsäureanhydrid die Camphenonsäure (XXVII) erhalten, eine wie die Ketopinsäure nicht enolisierbare und sehr beständige  $\beta$ -Ketosäure, deren Carboxyl daher über das Säurechlorid XXVIII hinweg zum Methyl reduziert werden konnte, womit die Synthese des Fenchons (XXIX) durchgeführt war:



Einmal in der Fenchereihe beschäftigt, konnte Komppa bei seiner Gründlichkeit natürlich nicht versäumen, nach dem  $\alpha$ -Fenchon sich mit dem  $\beta$ -Fenchon näher zu befassen, wenngleich dessen von F. W. Semmler im Jahre 1906 aufgestellte Strukturformel bereits als recht gut gesichert gelten konnte. Dieser Kohlenwasserstoff kann auf verschiedenen Wegen aus dem Fenchol

<sup>42)</sup> B. 47, 935 [1914].

<sup>43)</sup> B. 50, 1374 [1917].

<sup>44)</sup> B. 68, 2001 [1935].

erhalten werden, wobei er aber stets vom  $\alpha$ -Fenchon begleitet ist. Gewinnt man ihn mit Kaliumhydrogensulfat, so ist, wie man schon seit Wallach weiß, der Gehalt an  $\alpha$ -Fenchon gering; Komppa untersuchte deswegen auf solche Weise hergestelltes  $\beta$ -Fenchon. Diesmal ging er anders, als er sonst gewohnt war, vor, nicht synthetisch, sondern analytisch, und bewies dabei auch seine Meisterschaft in der Erforschung von Abbaureaktionen. Auch hier benutzte er, teilweise unter Mitarbeit von H. Roschier, die Methode des Abbaus mit Ozon; sie lieferte ihm, analog wie beim  $\alpha$ -Fenchon das  $\alpha$ -Fenchocamphoron, so hier das bereits bekannte  $\beta$ -Fenchocamphoron. Daraus erhielt er weiter mit Permanganat die Apoisofenchocamphersäure, welche bereits S. Nametkin und A. Chuchrikowa 1915 erhalten hatten, und bestätigte damit die Semmlersche Formel. Die Synthese des  $\beta$ -Fenchocamphorons folgte erst sehr viel später<sup>45)</sup>.

Der Abbau des  $\beta$ -Fenchons hatte nämlich Komppa dadurch vor neue Aufgaben gestellt, daß er auch Oxydationsprodukte ergeben hatte, die sich nicht mit der nunmehr sicher bewiesenen Konstitution des  $\beta$ -Fenchons in Einklang bringen ließen. Da beim Abbau mit Ozon eigentlich nie Umlagerungen eintreten, mußten diese Oxydationsprodukte Beimengungen ihre Entstehung verdanken; das Fenchon konnte also nicht einheitlich sein.

Zuerst wurde neben dem  $\beta$ -Fenchocamphoron ein Dialdehyd gefunden, der mit Permanganat zu der Dicarbonsäure, der Isofenchosäure oxydiert wurde, die, wie bekannt war, auch aus Isofenchol und Isofenchon durch Oxydation entsteht. Mithin mußte das semicyclische  $\beta$ -Fenchon ein endocyclisches mit anderem Kohlenstoffgerüst enthalten, dem gleichen, das das Isofenchol enthält. Damit lag die Konstitution dieses Fenchons fest. Komppa nannte es im Rahmen einer neuen Nomenklatur<sup>46)</sup>, die er für die Fenchene mit der Unterscheidung durch griechische Buchstaben einführte, und die sich heute wohl allgemein eingebürgert hat,  $\delta$ -Fenchon.

Die Bezeichnung  $\gamma$ -Fenchon war einem zweiten endocyclischen Fenchon zugeordnet<sup>47)</sup>, dessen Anwesenheit sich ebenfalls bei der sorgfältigen Analyse der Ozonisierungsprodukte ergab. Unter diesen fand sich nämlich auch ein Ketoaldehyd, aus dem mit Hypobromit erst eine Ketosäure  $C_{10}H_{16}O_3$  und dann wieder die Apoisofenchocamphersäure hervorging. Danach mußte das  $\gamma$ -Fenchon dasselbe Kohlenstoffgerüst enthalten wie das  $\beta$ -Fenchon, aber eine endo- statt semicyclische Doppelbindung. Die Ketosäure  $C_{10}H_{16}O_3$  erwies sich als identisch mit einer Ketosäure, die bereits im Jahre 1901 O. Wallach und Neumann durch Oxydation eines uneinheitlichen Fenchons erhalten hatten, aber damals noch nicht zu einem Fenchon mit festgelegter Strukturformel in Beziehung hatten setzen können.

Schließlich ergab sich, daß bei der Ozonisierung ein geringer Teil des Kohlenwasserstoffs unangegriffen geblieben war, der auch durch Permanganat nicht oxydiert wurde. Dies war das Cyclofenchon; es erwies sich als identisch mit dem  $\beta$ -Pinolen Aschans, das dieser, z.Tl. in gemeinsamer Arbeit mit

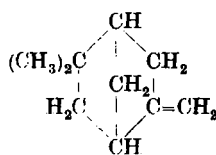
<sup>45)</sup> B. 69, 2606 [1936].

<sup>46)</sup> Ann. Acad. Sci. Fenn. [A] 7, Nr. 14 [1916] (C 1917 I, 407).

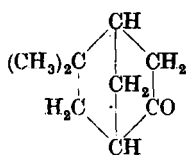
<sup>47)</sup> Ann. Acad. Sci. Fenn. [A] 10, Nr. 15, 9 [1918] (C 1918 I, 622).

G. J. Östling, in den Jahren 1907–1912 aus den flüssig bleibenden Chlorwasserstoff-Additionsprodukten des Pinens neben anderen Produkten mit Alkali erhalten, rein herausgearbeitet und in seiner Konstitution aufgeklärt hatte.

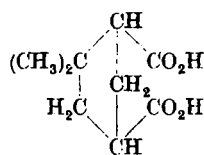
In Formeln stellen sich die Konstitutionsbeweise der einzelnen Fenchene durch die Abbauprodukte Komppas folgendermaßen dar<sup>48)</sup>:



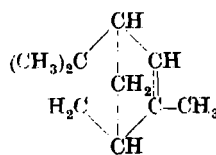
β-Fenchen



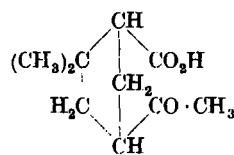
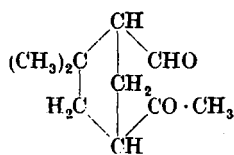
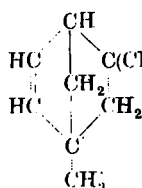
β-Fenchocamphoron



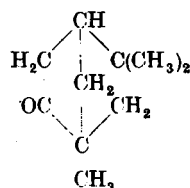
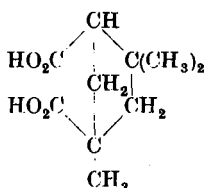
Apoisofenchocamphersäure



γ-Fenchen

Wallachs Ketosäure  
 $\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{O}_3$ 

δ-Fenchen



Isofenchon

über  
Dialdehyd

Es tut Komppas Leistung an der Erforschung der Fenchene keinen Abbruch, daß zur gleichen Zeit Walter Qvist<sup>49)</sup> an der Universität Helsinki sich in der gleichen Richtung unvergängliche Verdienste erwarb, indem er außer dem aus Fenchol durch Kaliumhydrogensulfat entstehenden Fenchengemisch auch die aus Fenchyl- und Isofenchylchlorid erhältlichen Fenchengemische weitgehend aufklärte. Seine Arbeiten über die Fenchylchloride erfuhren später noch einige Ergänzungen durch Komppas Untersuchungen an den Fenchylchloriden<sup>50)</sup>, die durch Anlagerung von Chlorwasserstoff an α- und β-Fenchen, welche z. Tl. schon Qvist untersucht hatte, und aus Cyclofenchon durch Ringsprengung mittels Chlorwasserstoffs entstehen. Die Fragen, welche die klassischen Arbeiten Wallachs auf diesem Gebiete offen gelassen hatten, wurden dank der Arbeiten von Komppa wie von Qvist fast völlig geklärt; auch dem russischen Chemiker S. Nametkin<sup>51)</sup>, welcher insbesondere die Um-

<sup>48)</sup> A. 470, 129 [1929].    <sup>49)</sup> A. 417, 278 [1918].    <sup>50)</sup> A. 509, 51 [1934].

<sup>51)</sup> Journ. Russ. phys.-chem. Ges. 48, 450 [1916], 49, 417 [1917], 51, 153 [1926] (C. 1923 I, 1501, III, 756); Journ. prakt. Chem. [2] 106, 25 [1923].

setzungen des Isofenchols erforschte, kommt daran auch ein nicht unbedeutender Anteil zu.

In diesem Zusammenhang mag erwähnt werden, daß trotz der gründlichen Arbeit der genannten Forscher noch neue Funde auf dem verwinkelten Gebiete der Fenchene zu machen waren: 1929 entdeckten N. J. Toivonen und E. Tikkanen<sup>52)</sup> das  $\epsilon$ -Fenchon unter den Wasserabspaltungsprodukten des  $\alpha$ -Fenchols, als sie die Wasserabspaltung, anders als sonst üblich, nämlich mit Aluminiumphosphat vornahmen. Es kann auch als 1-Methyl-santen bezeichnet werden, das auch Komppa bei seinen Arbeiten in der Santengruppe begegnete, als er aus dem 2-Methyl-santenol mit Kaliumhydrogensulfat Wasser abspaltete. Schließlich wurde noch das  $\zeta$ -Fenchon 1946 von W. Hückel und H. Kindler<sup>53)</sup> aus  $\beta$ -Fenchol erhalten. Sein Kohlenstoffgerüst ist das gleiche wie das des  $\alpha$ -Fenchons, nur liegt die Doppelbindung bei ihm endocyclisch; es steht also zu jenem in der gleichen Beziehung wie das  $\gamma$ - zum  $\beta$ -Fenchon.

Die Reindarstellung der im rohen  $\beta$ -Fenchon enthaltenen und von Komppa darin nachgewiesenen Kohlenwasserstoffe war teilweise schon von anderer Seite erfolgt. Cyclofenchon war, wie erwähnt, 1908 von Aschan erhalten worden.  $\delta$ -Fenchon haben anscheinend schon 1901 J. Kondakow und Luginin in ziemlich reinem Zustande in Händen gehabt; ganz rein wurde es ungefähr gleichzeitig 1916 von Nametkin<sup>54)</sup> und Qvist<sup>49)</sup> erhalten. Die Gewinnung fast reinen  $\gamma$ -Fenchons war aber Komppa vorbehalten, wenngleich es nur durch sorgfältige Destillation aus unreinem  $\beta$ -Fenchon herausfraktioniert werden konnte (1929)<sup>55)</sup>. Sehr reines  $\beta$ -Fenchon konnten Komppa und S. Beckmann<sup>56)</sup> aus dem über das  $\beta$ -Fenchylchlorid hergestellten kristallisierten tertiären  $\beta$ -Fenchonhydrat gewinnen.

Über die Konstitutionsaufklärung der isomeren Fenchene, ihre Reindarstellung und Synthese geht nun aber die Bedeutung der Komppaschen Arbeiten noch hinaus. Obwohl sie ursprünglich gar nicht diese Zielsetzung hatten, geben sie wertvolle Aufschlüsse über die bei ihrer Bildung auftretenden eigenartigen Umlagerungen. Das Schema der Wagner-Meerweinschen Retropinakolin-Umlagerung, welches neben der Nametkinschen Umlagerung (Isomerisierung des tertiären Camphenhydrochlorids, die zu dessen Racemisierung führt) die Umlagerungen in der Campherreihe beherrscht, reicht dabei nicht aus, wie schon Meerwein erkannt hat. Lediglich die Bildung von  $\alpha$ -,  $\epsilon$ - und  $\zeta$ -Fenchon aus Fenchol, sowie diejenige von  $\beta$ - und  $\gamma$ -Fenchon aus Isofenchol ordnen sich ihm unter; ohne Umlagerung entstehen lediglich aus Fenchol Cyclofenchon und aus Isofenchol  $\delta$ -Fenchon. Der Entstehung von  $\beta$ -,  $\gamma$ - und  $\delta$ -Fenchon aus Fenchol muß ein anderer Chemismus der Umlagerung zugrunde liegen. Hier bringen nun die von Komppa in Gemeinschaft mit S. Beckmann und G. Nyman ausgeführten Arbeiten Licht in das Dunkel<sup>57)</sup>.

Die genannten Fenchene entstehen nach diesen Versuchen höchstwahrscheinlich über das Cyclofenchon als Zwischenprodukt, dessen Dreiring an einer anderen Stelle geöffnet wird, als er sich bei seiner Bildung durch Wasserabspaltung aus dem  $\alpha$ -Fenchol geschlossen hatte; so entstehen  $\beta$ - und  $\gamma$ -Fenchon primär,  $\delta$ -Fenchon sekundär durch eine anschließende Umlagerung.

<sup>52)</sup> Suomen Kemistilehti 2, 169 [1929]; [B] 9, 15, 72, 75 [1936].

<sup>53)</sup> B. 80, 197 [1947]. <sup>54)</sup> Siehe Journ. prakt. Chem. [2] 103, 25 [1923].

<sup>55)</sup> A. 470, 137 [1929]. <sup>56)</sup> A. 503, 141 [1933]. <sup>57)</sup> A. 509, 51 [1934], 535, 252 [1938].

Dieses Ergebnis ist insofern überraschend, als in der Campherreihe das dem Cyclofenchene entsprechende Tricyclen mit völliger Sicherheit als Zwischenprodukt bei den Umlagerungen durch die Versuche von Meerwein hatte ausgeschlossen werden können<sup>58)</sup>. Durch die Versuche von Komppa, Beckmann und Nyman zeigt sich, daß die vor vielen Jahren zur Erklärung der Retropinakolin-Umlagerung durch intermediäre Bildung eines Dreirings aufgestellte Hypothese von N. D. Zelinsky<sup>59)</sup> doch nicht in allen Fällen von der Hand zu weisen ist, wenn auch im allgemeinen der Chemismus der Retropinakolin-Umlagerung ein anderer ist. Die Beweisführung Komppas knüpft an die Beobachtung an, daß der Dreiring des Cyclofenchens durch etwas Schwefelsäure enthaltendes Kaliumhydrogensulfat leicht geöffnet wird, während Tricyclen von Schwefelsäure nicht verändert wird<sup>60)</sup>. Im übrigen kann sie hier im einzelnen nicht geschildert werden; sie ist aber fast lückenlos. Immerhin läßt sie bei aller Gründlichkeit und Vielseitigkeit noch Fragen offen. Wenn es auch als sicher gelten kann, daß  $\beta$ -,  $\gamma$ - und  $\delta$ -Fenchene über das Cyclofenchene hinweg entstehen, so kann es doch nicht als ausgeschlossen gelten, daß diese Kohlenwasserstoffe z. Tl. auch auf einem anderen Reaktionsweg gebildet werden.

So wertvoll die Erforschung der verschlungenen Pfade, die zu den isomeren Fenchenen führen, für die Erkenntnis der Chemismen von Umlagerungsreaktionen auch ist, so bedeuteten sie für Komppa im Rahmen seiner Lebensaufgabe doch nur eine recht bedeutsame und im Ergebnis sehr befriedigende Nebenarbeit. Nach wie vor galt auch während dieser sein Hauptinteresse den Synthesen in der Terpenchemie. Seit Jahrzehnten galt sein Bemühen in dieser Richtung dem verbreitetsten Kohlenwasserstoff der Terpenreihe, dem Pinen. Dessen Totalsynthese glückte ihm als Krönung seiner Lebensarbeit an seinem Lebensabend. Doch veröffentlichte er die für sie wichtigen Ergebnisse nur kurz in den Jahren 1937 (mit A. Klami<sup>60)</sup>), 1939<sup>61)</sup> und 1941<sup>62)</sup> (mit A. Klami u. A. M. Kuvaaja). Erst als alle Einzelheiten aufs genaueste nachgeprüft waren, veröffentlichte er die schöne Synthese ausführlich und brachte sie in einem groß angelegten Vortrag vor der Deutschen Chemischen Gesellschaft am 6. Dezember 1941, zusammen mit seinen Arbeiten in der Fenchene-, Santene- und Norcamphergruppe. Nach diesem Vortrag überreichte ihm der damalige Präsident der Gesellschaft, Prof. Dr. Richard Kuhn, als besondere Ehrung die Hofmann-Plakette der Gesellschaft, der Komppa damals ein halbes Jahrhundert angehört hatte.

In bezug auf Einzelheiten der Pinensynthese kann daher auf diesen Vortrag<sup>63)</sup> verwiesen werden. Hier sei nur die große Linie wiedergegeben.

Durch mancherlei Arbeiten anderer Forscher war für Komppa die Aufgabe der Totalsynthese des Pinen auf das schwierige Mittelstück beschränkt worden. L. Ruzicka<sup>64)</sup>, der sich in den zwanziger Jahren in der Terpen- und Sesquiterpenchemie erfolgreich betätigte, hatte in den Jahren 1920–1924 aus

<sup>58)</sup> B. 53, 1815 [1930]; vergl. a. P. Lipp, B. 53, 769 [1920].

<sup>59)</sup> B. 34, 3251 [1901]. <sup>60)</sup> B. 70, 788 [1937].

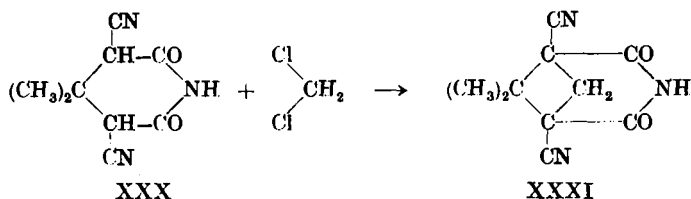
<sup>61)</sup> Naturwiss. 27, 197 [1939].

<sup>62)</sup> A. 547, 185 [1941].

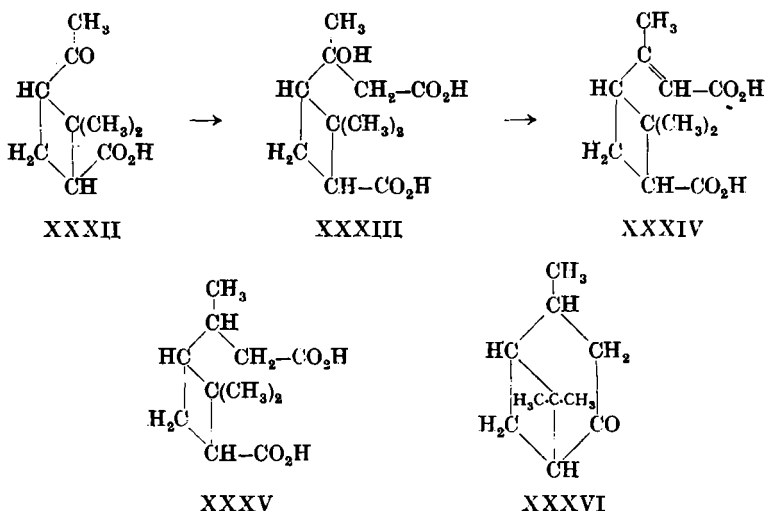
<sup>63)</sup> B. 76 [A], 1 [1942].

<sup>64)</sup> Helv. chim. Acta 3, 756 [1921].

dem Pinocamphon über das Pinocamphonoxim das Pinyllamin hergestellt, dieses erschöpfend methyliert und dabei ein Gemisch von  $\alpha$ - und  $\delta$ -Pinen erhalten. Auf andere Weise, durch Wasserabspaltung aus sämtlichen Stereoisomeren des Pinocampeols ist später Harry Schmidt<sup>65)</sup> ebenfalls die Darstellung von  $\alpha$ -Pinen aus Pinocamphon geglückt. So genügte es für Komppa, auf die Synthese des Pinocamphons hinzuarbeiten. Dazu bedurfte er einer monocyclischen Verbindung, die bereits den Vierring enthielt. Geeignet schien ihm dafür die Norpinsäure (Dimethyl-cyclobutan-dicarbonsäure), die schon lange als Abbauprodukt des Pinens bekannt war. Synthetisiert hatte sie freilich erst im Jahre 1929 C. A. Kerr<sup>66)</sup>, dem die Schließung des Vierrings beim  $\alpha,\alpha'$ -Dicyan- $\beta,\beta$ -dimethyl-glutarimid (XXX) mit Methylenechlorid und Alkali zur Verbindung XXXI gelungen war:



Aus dieser entsteht durch Hydrolyse und zweifache Dicarboxylierung Norpinsäure. Somit war auch von der anderen Seite her der erste Schritt zur Totalsynthese gemacht<sup>67)</sup>. Von der Norpinsäure aus kann man freilich nicht

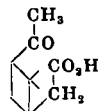


direkt zum Pinocamphon gelangen, sondern zunächst nur zum isomeren Verbanon. Der dahin führende, wohl schwierigste Teil des Weges ging über die aus

<sup>65)</sup> B. 80, 520 [1947].

<sup>66)</sup> Journ. Amer. chem. Soc. 51, 614 [1929].

<sup>67)</sup> Eine Synthese der Pinonsäure (s. die nebenstehende Formel) hätte sofort die Totalsynthese des Pinens mit sich gebracht, da von dieser aus bereits L. Ruzicka u. H. Trebler das Pinocamphon aufgebaut hatten (Helv. chim. Acta 4, 666 [1921]).

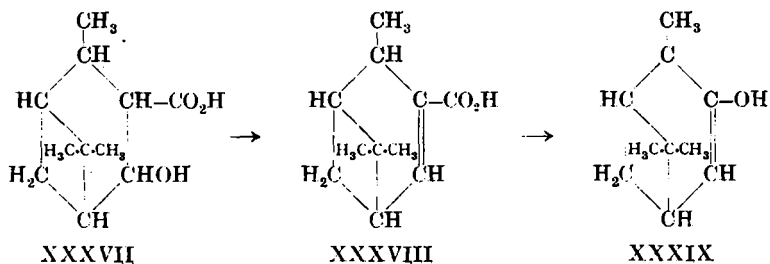


Norpinsäure aufzubauende Pinononsäure (XXXII), die wenig später auch von P. C. Guha u. K. Ganapathi<sup>68)</sup> synthetisiert worden ist.

In diese Säure wurden nun nach Reformatzki-Saytzeff-Wallach mit Bromessigester und Zink zwei weitere Kohlenstoffatome eingeführt; die erhaltene Oxy-isohomopino-camphersäure (XXXIII) spaltete, freilich nur mit Thionylchlorid als wasserabspaltendem Mittel, in gewünschter Weise Wasser zu einer ungesättigten Säure (XXXIV) ab, die zur Isohomopinocampfersäure (XXXV) hydriert wurde. Deren Bleisalz gab beim Erhitzen im Kohlendioxydstrom Verbanon (XXXVI).

Aus Verbanon, aus dem schon 1924 H. Wienhaus und P. Schumm<sup>69)</sup> erstmalig das  $\delta$ -Pinen rein erhalten hatten, stellte nun Komppa dieses über das Verbanol ebenfalls her und führte es in Pinan über.

Für die Synthese von  $\alpha$ -Pinen mußte das Verbanon in Pinocamphon verwandelt werden. Es geschah dies auf dem gleichen Wege, den 1913 Julius Bredt<sup>70)</sup> eingeschlagen hatte, um vom Campher zum Epicampher zu gelangen: aus Verbanon stellte Komppa mit Natriumamid und Kohlendioxyd nach dem Verfahren von Haller die Verbanoncarbonsäure, daraus durch Reduktion die Verbanolcarbonsäure (XXXVII) her, aus dieser durch Wasserabspaltung die  $\delta$ -Pinencarbonsäure (XXXVIII) und baute diese ebenso wie Bredt die Bornylen-carbonsäure nach Curtius ab. Das Ergebnis dieses Abbaus ist die Enolform des Pinocamphons (XXXIX), aus der spontan Pinocamphon entsteht:



Damit ist die Totalsynthese des  $\alpha$ -Pinsens<sup>71)</sup> verwirklicht und gleichzeitig auch die des  $\beta$ -Pinsens, da letzteres aus  $\alpha$ -Pinen erhalten werden kann (G. Bonnet 1938<sup>72)</sup>).

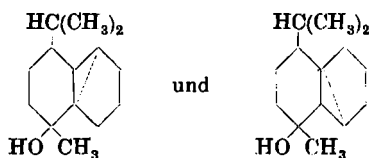
<sup>68)</sup> B. 69, 1185 [1936].    <sup>69)</sup> A. 439, 37 [1924].

<sup>70)</sup> J. Bredt u. W. Hilbing, Chem. Ztg. 35, 765 [1911]; J. Bredt u. W. H. Perkin jun., Journ. chem. Soc. London 103, 266 [1913]; Journ. prakt. Chem. [2] 89, 235 [1914].

<sup>71)</sup> Fast gleichzeitig mit der ersten kurzen Notiz Komppas in den „Naturwissenschaften“ haben P. C. Guha und P. L. N. Rao (Sci. and Cult 5, 64 [1939]) berichtet, daß es ihnen gelungen sei, Verbanon mittels Selenioxyds zu Verbanon zu dehydrieren, das durch Autoxydation aus  $\alpha$ -Pinen entsteht und wieder in dieses zurückverwandelt werden kann (was sie aber nicht selbst durchgeführt haben). Man könnte daher denken, daß auch Guha an der Totalsynthese des  $\alpha$ -Pinsens Anteil habe. Wenn Guha auch wie Komppa die Pinononsäure synthetisiert hat, so hat er daraus doch nicht das Verbanon dargestellt, und der eine Schritt von diesem zum Verbanon, der noch nicht einmal ein synthetischer ist, berechtigt nicht zu dem Schluß, daß sich Komppa mit Guha in den Ruhm der Totalsynthese des  $\alpha$ -Pinsens teilen müsse. Dieser verbleibt in Wirklichkeit Komppa ebenso allein wie der der ersten gelungenen Totalsynthese des Camphers.

<sup>72)</sup> Bull. Inst. Pin. 1938, 1878.

Noch so manche andere, teilweise auch mehr oder weniger abseits seines eigentlichen Interessengebietes liegende Arbeiten hat Komppa ausgeführt. Hier sei nur noch der Untersuchungen über den Ledumcampher, der aus dem stark duftenden Sumpfsporst (*Ledum palustre* L.) gewonnen wird, gedacht, um das Bild seiner Terpenforschungen abzurunden. In den dreißiger Jahren lieferte er wichtige Beiträge zur Konstitution dieses giftigen tertiären Sesquiterpenalkohols  $C_{15}H_{26}OH$ , der ein altes Reservat der finnischen Chemiker war, da ihn schon 1882 Collan und 1895 Hjelt näher untersucht hatten. Es gelang Komppa unter anderem, durch Selendehydrierung das Ledol in ein Gemisch von wenig Cadalin und von viel eines Azulens überzuführen und einen Dreiring nachzuweisen. Seine zuletzt in Gemeinschaft mit G. A. Nyman durchgeführten Arbeiten<sup>73)</sup> lassen noch die Wahl zwischen den nachstehenden Formeln offen:



Den Anreiz zu dieser Arbeit gab Komppa letzten Endes wieder einmal die Freude an den Pflanzen der Heimat und das Interesse an den Stoffen, welche diese aufzubauen vermögen. So hat er auch Nadelöle, darunter solche, die ihm sein Koniferengarten lieferte, untersucht. Der biologischen Frage, wie sich dieser Aufbau im Organismus der Pflanze vollzieht, ist er freilich nicht nachgegangen, und es scheint, daß, was die Terpenverbindungen betrifft, die Zeit auch heute noch nicht reif für ihre Bearbeitung ist, da kaum Ansätze dafür vorliegen. Damit ist auch die Frage, warum Verbindungen mit den gespannten Drei- und Vierringen so oft in der Natur vorkommen, auch heute noch ein Rätsel.

Mit Komppa ist der letzte große Terpenchemiker seiner Generation im hohen Alter von 81 Jahren dahingegangen. In dieser Generation haben zwei Forscher, Komppa und sein um 7 Jahre älterer Kollege von der Universität, Aschan, der 79 Jahre alt im Jahre 1939 verschied, die Terpenchemie in Finnland heimisch gemacht. Für das Land hat die dadurch bedingte intensive Bearbeitung desselben Gebietes an beiden Hochschulen der Hauptstadt insofern eine besondere Bedeutung, als es in enger Beziehung zu heimischen Rohstoffen steht. Dadurch ergeben sich Verbindungen mit der chemischen Industrie des Landes, die Aschan wie Komppa gepflegt haben; während z.B. auf Aschan die Gründung des Chemischen Zentrallaboratoriums zurückzuführen ist, war Komppa 1917 der Mitbegründer der Arzneifabrik Orion und Vorsitzender in der finnischen Gummifabrik AG.

Praktisch beschäftigte Komppa sich ungefähr vom Zeitpunkt seiner Emeritierung an, besonders nach Ausbruch des Krieges 1939, mit der Torfhydrie-

<sup>73)</sup> Compt. rend. Trav. Lab. Carlsberg Ser. Chim. **22**, 272 [1938] (C. 1938 II, 326).



rung zur Gewinnung von Benzin, wofür eine große Versuchsanlage errichtet wurde. Aber bemerkenswerterweise war der Weg zu einem solchen Kontakt, der einem praktisch denkenden Menschen gerade in der heutigen Zeit so selbstverständlich erscheint, bei keinem der beiden Forscher geradlinig. Einigermaßen kann dies nur für Komppa, und bei diesem auch nur bedingt gelten, insofern nämlich, als sein Interesse an der heimischen Natur ihn zu seinen Arbeiten geführt hatte, freilich zunächst ganz ohne einen Gedanken an einen praktischen Nutzen. Das sieht man daran, daß er bei seinen ersten Arbeiten auf dem Terpenegebiet gar nicht die Terpene und Campher selbst in die Hand nimmt, sondern sich mit der Synthese von Abbauprodukten abmüht; wie sehr sein Interesse an der Natur, die Freude am Duft der Nadelbäume und ähnliches im Grunde ein wesentliches treibendes Moment ist, merkt man erst allmählich im Verlaufe seiner späteren Arbeiten.

Aschan, wie Komppa ebenfalls von Jugend auf naturliebend, beginnt dagegen gleich mit dem Campher selbst. Doch hat ihn ein Umweg dahin geführt. Die Untersuchung von als wenig brauchbaren Abfall gewerteten Stoffen aus dem kaukasischen Erdöl hatte ihn mit den hydroaromatischen Verbindungen bekannt gemacht; während seines Aufenthalts im Laboratorium von Adolf von Baeyer führte er seine Untersuchung über die Hexahydrobenzoesäure aus und erlebte dort den Abschluß der Arbeiten Baeyers über die hydrierten Phthalsäuren und Baeyers erwachendes Interesse an der Terpenchemie. Während sich Aschan aber nun, ähnlich wie Baeyer, gleich den Umwandlungen und insbesondere auch den Abbaureaktionen zuwandte, um Konstitutionen analytisch zu ergründen, ging Komppa die Aufgabe der Konstitutionsaufklärung von der synthetischen Seite an. So kam er nicht gleich mit dem Campher und den Terpenen selbst in Berührung, und seine ersten Arbeiten sind daher keine eigentlichen Terpenarbeiten wie die Arbeiten Aschans seit 1893. Zweifellos hat Komppa von der „Terpenatmosphäre“ im Chemischen Institut während der Zeit, als er dort gleichzeitig mit Aschan tätig war, etwas mitbekommen, aber ein eigentlicher Schüler Aschans ist er nie gewesen. Dazu besaß er viel zu viel Selbständigkeit und Eigenwilligkeit, die auch im Stil seiner Arbeiten zum Ausdruck kommen; überdies steht sein im wesentlichen synthetisches Arbeiten nach Methoden des Aufbaus in gewisser Weise im Gegensatz zu der meist analytischen Arbeitsweise des Abbaus von Aschan. Obwohl durch die stoffliche Gleichheit des Arbeitsgebietes Aschan und Komppa als Konkurrenten erscheinen konnten und gewisse, auch durch den Unterschied der Herkunft bedingte Reibungen zwischen den beiden Gelehrten nicht ausblieben, so läßt sich heute rückschauend sagen, daß im Grunde genommen diese Spannungen, weit entfernt davon, in persönlichen Streit auszuarten, doch fruchtbar gewesen sind, indem sich beide Forscher glücklich ergänzten. Diese Ergänzung hat nicht nur wissenschaftlich in der Auswahl der Stoffe und der Methoden stattgehabt, sondern sich auch in der Ausbildung der finnischen Chemiker an der Universität und an der Technischen Hochschule Helsinki ausgewirkt, von denen jede Hochschule dank der an ihr lehrenden Persönlichkeit den an ihr ausgebildeten Chemikern eine

Prägung eigener Art mitgeben konnte. Dadurch ist zum Wohle des Landes eine einseitige „Ausrichtung“ trotz desselben Hauptarbeitsgebietes vermieden worden. So kann Finnland von seinen beiden großen Terpenchemikern der klassischen Zeit dasselbe sagen, was die wissenschaftliche Welt bei dem Streit darüber, ob bei der Vorausberechnung der Neptunbahn nicht neben dem glücklicheren Leverrier mindestens derselbe Ruhm dem vorsichtig seine wahrscheinlich schon etwas früher fertigen Rechnungen zurückhaltenden Adams zukomme, schließlich entschieden hat: „Man kann stolz darauf sein, zwei solche Kerle gehabt zu haben“.

Hrn. Kollegen Toivonen danke ich für die Mitteilung wesentlicher Unterlagen für die Abfassung dieses Nachrufs.

Tübingen, Sommer 1951

Walter Hückel

### Veröffentlichungen von Gustaf Komppa

- 1892 Om natronkalk som torkningsmedel vid Marsh'ska provet (Über Natronkalk als Trocknungsmittel bei der Marshschen Probe), Öfversigt af Finska Vetenskaps-Societeten's Förhandlingar **34**.
- 1893 Über kernsubstituierte Styrole, Dissertation (vergl. B. **26**, Ref. 677).  
Über eine neue Synthese des Cumarons, B. **26**, 2968.
- 1894 Über *o*-Cyan-zimmtsäure, Öfversigt af Finska Vetenskaps-Societeten's Förhandlingar **36**.
- 1895 Elektrokemins inflytande på den kemiska industrin (Einfluß der Elektrochemie auf die chemische Industrie), Meddel. fr. Finska Kemistsamfundet **3**, 35.  
Zur Konstitution des Cumarons, B. **28**, 1643.
- 1896 Versuche zur synthetischen Darstellung der Camphoronsäure und ihrer Abkömmlinge, B. **29**, 1619.
- 1897 Über Thionaphthen oder Benzothiophen, Acta Soc. Sci. fenn. **23**, 6.  
Desinfektionsaineiden vaikutus bakterioihin dissosiationsiteorian valossa (Über die Einwirkung von desinfizierenden Stoffen auf Bakterien im Lichte der Dissoziationstheorie), Duodecim **13** und Skand. Tandläk.-för. Tidskr. **6**.  
Zwei Methoden zur Bestimmung der festen Bestandteile des Harns (mit J. J. Karvonen), Centralbl. f. die Krankh. d. Harn- u. Sexualorg. **8**.
- 1898 Beitrag zur Kenntnis des Methylenmalonsäureesters, Öfversigt af Finska Vetenskaps-Societeten's Förhandlingar **40**.  
Über Nitrierung des Guajacols, Öfversigt af Finska Vetenskaps-Societeten's Förhandlingar **40**.  
Veteen liukeneva kulta, hopea ja elohopea (Das wasserlösliche Gold, Silber und Quecksilber), Duodecim **14**, Meddel. fr. Finska Kemistsamfundet **7**, 39, Skand. Tandläk.-för. Tidskr. **7** und Festschr. i anl. af Dansk Tandlaegerfor. 25-års jub. Indigon keinotekoinen valmistus (Die künstliche Herstellung von Indigo), Valvoja **18**.  
Uudesta elektrolyyttisestä dissosiationsiteoriasta (Über die neue elektrolytische Dissoziationstheorie), Suomenkiel. Teknikkojen Seuran Julk. **2**.
- 1899 Über Oxytrimethylbernsteinsäure und ihre Abkömmlinge, Acta Soc. Sci. fenn. **24**, 9. Purineista (Über die Purine), Duodecim **15**.  
Jöns Jacob Berzelius, Valvoja **19** und Suomenkiel. Teknikkojen Seuran Julk. **5** [1903].

- Über  $\beta,\beta$ -Dimethyl-glutarsäure, B. **32**, 1421 und Acta Soc. Sci. fenn. **26**, 7.  
 Über die Konstitution einiger gesättigter Dicarbonsäuren, Polytekn. Inst. 1849–99, 2.
- 1900 Kondensation von Ketonen mit Cyanessigester, B. **33**, 3530.  
 Nykyaikaisen kemian tehtävistä (Über die Aufgaben der modernen Chemie), Valvoja **20** und Suomenkiel. Tekniikkojen Seuran Julk. **5** [1903].  
 Protamineista (Über Protamine), Duodecim **16**.
- 1901 Syntesit eläinruumiissa (Die Synthesen im Tierkörper), Duodecim **17**.  
 Über die Undekamethylendicarbonsäure und die Elektrosynthese der Dekamethylen-dicarbonsäure, B. **34**, 895.  
 Die vollständige Synthese der Apocamphersäure resp. Camphopyrsäure, B. **34**, 2472.
- 1902 Über die Bromtrimethylbernsteinsäure und das  $\beta$ -Lacton der Trimethyläpfelsäure, B. **35**, 534.
- 1903 Radioaktivisista aineista (Über radioaktive Stoffe), Duodecim **19** und Suomen hammasl. seuran Toim. I [1904].  
 Synthetische Studien in der Kamphergruppe, Förh. v. Nord. Nat. forsk.- och Läkaremötet i Helsingfors 1902.  
 Synthese einer bicyclischen Ringverbindung (mit T. Hirn), B. **36**, 3610.  
 Die vollständige Synthese der Camphersäure und Dehydrocamphersäure, B. **36**, 4332.
- 1906 Epörganinen kemia alotteleville. Ira Remsen'in mukaan toim. (Suomalaisen Kirjallisuuden Seuran Toimituksia 114) (Anorganische Chemie für Anfänger; nach Ira Remsen redigiert. Verhandlungen der Finnischen Literaturgesellschaft 114), 2. Auflage 1915, 3. Aufl. 1921, 4. Aufl. 1929.
- 1908 Sulfaattiselluloosatehtaita koskeva lausunto (Gutachten über die Sulfatecellulosefabriken), Duodecim **24**.  
 Nikolai Menshutkin †, Meddel. fr. Finska Kemistsamfundet **16**, 38.  
 Über das Dimethyl-campholid, B. **41**, 1039.  
 Über Dehydro-camphenylsäure resp. Dehydro-oxycamphenilansäure (mit S. V. Hintikka), B. **41**, 2747.  
 Über die Totalsynthese des Camphers, B. **41**, 4470.
- 1909 Studien in der Camphenilongruppe, I, Ann. Acad. Sci. fenn. [A] **1**, Nr. 2 und A. **366**, 71.  
 Synthetische Arbeiten in der Campher- und Terpenreihe: I. Über die Totalsynthese der Apocamphersäure und ihrer Derivate, II. Über die Totalsynthese der Camphersäuren resp. des Camphers, Ann. Acad. Sci. fenn. [A] **1**, Nr. 4 und Nr. 8 sowie A. **368**, 126, **370**, 209.  
 Synthese des Dimethyl-norcampholids (mit S. V. Hintikka), B. **42**, 898.
- 1910 Sur la synthèse de l'acide camphorique, Ann. Acad. Sci. fenn. [A] **2**, Nr. 9 und Bull. Soc. Chim. [4] **9**, 49 [1911] sowie Proc. of the Chem. Soc. **26**, 328.
- 1911 Über das  $\gamma,\gamma$ -Dimethyl-piperidin, Ann. Acad. Sci. fenn. [A] **3**, Nr. 1.  
 Synthesis of Camphoric acid, Journ. chem. Soc. London **99**, 29.  
 Über die Totalsynthese einer Äthyl-apocamphersäure (mit O. Routala), B. **44**, 858.  
 Beitrag zur Kenntnis der Oxydation des Camphens, B. **44**, 863.  
 Über die Totalsynthese der Pinophansäure und die Konstitution der Ketopinsäure und Tricyclensäure, B. **44**, 1536.
- 1912 Rouva Curie ja hänen työnsä (Frau Curie und ihre Arbeit), Otava **1**.  
 Über das Isocamphenil und die Konstitution des Camphenilens und Apobornylens (mit S. V. Hintikka), A. **387**, 293.
- 1913 Über die Einwirkung von Kohlendioxyd auf die Magnesiumverbindung des Fenchylchlorids (mit S. V. Hintikka), B. **46**, 645.
- 1914 Über die Totalsynthese des Fenchocamphorons und seine Oxydation mit Caroscher Säure, B. **47**, 933.  
 Über die Ozonisation der verschiedenen Fenchene (mit S. V. Hintikka), B. **47**, 936.  
 Über die Totalsynthese des Camphenilons (mit S. V. Hintikka), B. **47**, 1550.
- 1916 Die Identität des Isocamphenilons und des Santenons resp. die Totalsynthese des Santens (mit S. V. Hintikka), Ann. Acad. Sci. fenn. [A] **7**, Nr. 9 und Bull. Soc. Chim. [4] **21**, 13 [1917].

- Über die Nomenklatur der Fenchene und eine neue Methode zur Darstellung des  $\beta$ -Fenchens (mit R. H. Roschier), Ann. Acad. Sci. fenn. [A] 7, Nr. 14.
- 1917 Über die Totalsynthese des  $\alpha$ -Fenchens (mit R. H. Roschier), Ann. Acad. Sci. fenn. [A] 10, Nr. 3.
- Über die partielle Synthese des  $\beta$ - und  $\gamma$ -Fenchens (mit R. H. Roschier), Ann. Acad. Sci. fenn. [A] 10, Nr. 15.
- Die Totalsynthese der  $\alpha$ -Fenchenylnsäure resp. *allo*-Apocamphancarbonsäure und über eine neue Zersetzungsart der Ozonide (mit R. H. Roschier), Ann. Acad. Sci. fenn. [A] 10, Nr. 18.
- 1918 Totalsynthese des Norcamphers (mit S. V. Hintikka), Ann. Acad. Sci. fenn. [A] 10, Nr. 22.
- 1920 Ortsbestimmung i Kamfergruppen (Ortsbestimmung in der Camphergruppe), Medd. fra Oersted-Kongressen 21.
- 1921 Kemia ja sen opetus Turun Suomalaisessa Yliopistossa (Chemie und der Unterricht derselben in der Finnischen Universität Turku), Turun Suom. Yliop. seuran Vuosik. 8.
- Uusimpien tutkimusten tulokset atomiteoriasta ja aineen kokoomuksesta (Die Ergebnisse der neuesten Untersuchungen über die Atomtheorie und die Zusammensetzung der Materie), Sitzungsberichte der Finnischen Akademie der Wissenschaften 1920, 41.
- 1922 Über die Homogenität des Apobornylens und über das Apocyclen, einen neuen tricyclischen Kohlenwasserstoff (mit R. H. Roschier), A. 429, 175.
- 1923 Berichtigung zu den Abhandlungen von Gustaf Mattsson über: „Die obere Grenze der Brown-Walkerschen Elektrosynthese und ein verbessertes Verfahren zur Ausführung derselben“ und „Die Elektrolyse von Salzen der Halbamide einiger zweibasischen Säuren“ (mit J. Wuorinen), Ann. Acad. Sci. fenn. [A] 19, Nr. 12.
- 1925 Studier inom Santengrupper (Studien in der Santengruppe), Det 17. Skand. Naturforskaremötet i Göteborg 1923 Förh., S. 331.
- 1925–1926 Über die Bildung der den eigentlichen Campherarten entsprechenden Kohlenwasserstoffe, I–V (mit T. Hasselström): I. Über die Darstellung von gesättigten Kohlenwasserstoffen. II. Die Abspaltung von Chlorwasserstoff aus  $\alpha$ -Fenchocamphorylchlorid. III. Über das Apoisofenchene. IV. Über das Apocyclen. V. Beitrag zur Kenntnis des Isofenchylalkohols. Ann. Acad. Sci. fenn. [A] 24, Nr. 9, 14, 26, Nr. 1, 2, 13.
- 1926 Synthetische Arbeiten in der Campher- und Terpenreihe (zusammenfassender Vortrag), Ztschr. angew. Chem. 39, 952.
- Rutherford-Bohr'in teorian viimeaikainen kehitys (Die neueste Entwicklung der Rutherford-Bohrschen Theorie), 2. Määräaik. Tutk.-kokous 1.
- Vanhoista suomalaisista kemisteistä (Über ältere finnische Chemiker), Tekn. Aik. 16, 3. Nord. Kem. mötet i Helsingfors 1926 Förh. [1928], S. 63 sowie Ztschr. angew. Chem. 40, 1431 [1927].
- Dendrologische Erfahrungen in Finnland, Mitteil. d. Dtsch. Dendrol. Ges., Finnland-Buch.
- 1927 Juoksevien polttoainoiden valmistus (Darstellung von flüssigen Brennstoffen), Tekn. Aik. 17, 300.
- 1928 Studier inom Tricyklengrupper (Studien in der Tricyclengruppe), 3. Nord. Kem. mötet i Helsingfors 1926 Förh., S. 209.
- 1929 Die Stellung der naturwissenschaftlichen Forschung in Suomi (Finnland), Ann. Acad. Sci. fenn. [A] 30, Nr. 10.
- Beitrag zur Kenntnis der  $\beta$ -Methyl-glutarsäure, Ann. Acad. Sci. fenn. [A] 30, Nr. 9.
- Researches on Apopinene (mit T. Hasselström), Ann. Acad. Sci. fenn. [A] 30, Nr. 14.
- Die Überführung der Naphthensäuren in Naphthene (mit J. M. Kanerva), Ann. Acad. Sci. fenn. [A] 30, Nr. 16; B. 62, 1562.

- Studien in der Tricyclen-Reihe, B. **62**, 1366.  
 Über  $\gamma$ - $\gamma$ -Dimethyl-pimelinsäure, B. **62**, 1371.  
 Beitrag zur Kenntnis des Santenols, B. **62**, 1751.  
 Untersuchungen in der Thionaphthengruppe, Journ. prakt. Chem. [2] **122**, 319.  
 Om para-Acetylbenzoesyra och dess reduktionsprodukt (Über die *p*-Acetyl-benzoesäure und ihr Reduktionsprodukt), Beretn. om d. 18. Skand. Naturforsk. möde i København 1929, S. 396.  
 Luonnontieteellinen tutkimustyö Suomessa (Die naturwissenschaftliche Untersuchungsarbeit in Finnland), Tekn. Aik. **19**, 83 und Suomen Kemistilehti **2**, 30.  
 Studien in der Fenchereihe, I: Über die Ozonisation und Konstitution der Fenchene (mit R. H. Roschier), A. **470**, 129.  
 Studien in der Fenchereihe, II: Über ein homologes Isofenchene (mit H. H. Paasivirta), A. **472**, 179.  
 Lisätietoja samariumista, erikoisesti sen atsidin muodostumismahdollisuuksista (Beitrag zur Kenntnis des Samariums, insbesondere seiner Azidbildungsmöglichkeit) (mit J. Wuorinen), Suomen Kemistilehti **2**, 60.  
 1930 Historische Berichtigung zu meiner Abhandlung: Studien in der Tricyclenreihe (vergl. B. **62**, 1366 [1929]); B. **63**, 1007.  
 Some New Monosubstitution Derivates of Retene (mit E. Wahlforss), Journ. Amer. chem. Soc. **52**, 5009.  
 1931 Über den Nachlauf des Sulfitspiritits (mit Y. Talvitie), Ann. Acad. Sci. fenn. [A] **33**, Nr. 11.  
 1932 Über die Darstellung der Hexahydro-isophthalsäure, Ann. Acad. Sci. fenn. [A] **37**, Nr. 6.  
 Beitrag zur Kenntnis des anomalen Verhaltens des  $\beta$ , $\beta$ -Dimethyl-trimethylen glykols und dessen Dibromids (mit J. Sevón), Ann. Acad. Sci. fenn. [A] **37**, Nr. 7.  
 A Contribution to the Chemistry of Dihydroretene (mit H. P. Fogelberg), Journ. Amer. chem. Soc. **54**, 2900.  
 Über ein neues bicyclisches Imin, das Iso-granatanin, B. **65**, 792.  
 Synthetische Arbeiten in der Santen-Reihe (mit W. Rohrmann), B. **65**, 1708.  
 Studien in der Normaldecylreihe (mit Y. Talvitie), Journ. prakt. Chem. [2] **135**, 193.  
 1932–1933 Über die den eigentlichen Campherarten entsprechenden Kohlenwasserstoffe (mit T. Hasselström): I. Fenchan, Apocamphan,  $\beta$ -Apofenchan und Santenan. II. Apo-isofenchene (Camphenilen), Apocyclen und Apobornylen. III. Kohlenwasserstoffe aus den Dichloriden der Campherarten, A. **496**, 164 [1932], **497**, 116 [1932], **502**, 272 [1933].  
 1933 Om ledumkamferns och ledenets konstitution (Über die Konstitution des Ledumcamphers und des Ledens), Kgl. Norske Vid. Selsk. Skr. **1933**, 1.  
 Über das ätherische Öl der amerikanischen Fichte *Picea alba* Lk. (*Picea canadensis* Sarg.), Ann. Acad. Sci. fenn. [A] **38**, Nr. 8.  
 Om ledumkamfer (Über den Ledumcampher), 4. Nord. Kemikermøte i Oslo 1932 Forh., S. 280.  
 Studien in der Fenchereihe, III: Über  $\gamma$ -Fenchene und  $\beta$ -Fenchenyhydrat (mit S. Beckmann), A. **503**, 130.  
 Untersuchungen in der Thionaphthengruppe, III (mit S. Weckman), Journ. prakt. Chem. [2] **138**, 109.  
 Ein Halbmikro-Apparat zur Bestimmung des Kohlenstoffes und Wasserstoffes nach der Methode von Orthner und Reichel (mit W. Rohrmann), Die Chemische Fabrik **6**, 201.  
 1934 Zur Kenntnis der Nadelöle einiger in Finnland gewachsener ausländischen Nadelhölzer, Acta Forest. Fenn. **40**, 3.  
 Über Norborneol und Norbornylan (mit S. Beckmann), Ann. Acad. Sci. fenn. [A] **39**, Nr. 7.

- Über eine allgemeine Reaktion zur Darstellung von Ketosäuren, ungesättigten Säuren und dialkylierten resp. diarylierten Lactonen bei der Einwirkung von Grignardschem Reagens auf die Anhydride zweibasischer Säuren (mit W. Rohrmann), Ann. Acad. Sci. fenn. [A] **89**, Nr. 6.
- Studien in der Fenchereihe, IV: Über  $\alpha$ -Fenchonhydrat (Methyl- $\alpha$ -fenchocamphorol),  $\alpha$ - und  $\beta$ -Fenchon (mit S. Beckmann), A. **508**, 205.
- Studien in der Fenchereihe, V: Über die sekundären und tertiären Fenchylchloride (mit S. Beckmann), A. **509**, 51.
- Über eine allgemeine Reaktion zur Darstellung von Ketosäuren, ungesättigten Säuren und disubstituierten Lactonen (mit W. Rohrmann), A. **509**, 259.
- Über die Norcamphergruppe, I (mit S. Beckmann), A. **512**, 172.
- Totalsynthese der Santensäure (mit W. Rohrmann), B. **67**, 828.
- Der Grundkörper der Camphergruppe, das Bicyclo-[1.2.2]-heptan, und die stereoisomeren Norborneole (mit W. Rohrmann), Naturwiss. **22**, 171.
- Ergänzende Bemerkung zum Halbmikro-C-H-Bestimmungs-Apparat (mit W. Rohrmann), Die Chemische Fabrik **7**, 239.
- Über Selenonaphthen (mit G. A. Nyman), Journ. prakt. Chem. [2] **139**, 229.
- 1935 Untersuchungen in der Norcampher-Gruppe, 9. Congr. Intern. d. Quimica, Madrid 1934.
- Über die Darstellung der Hexahydroterephthalsäure (mit W. Rohrmann), Ann. Acad. Sci. fenn. [A] **41**, Nr. 8.
- Synthetische Arbeiten in der Campher- und Terpenreihe: III. Totalsynthese der Santensäuren (mit W. Rohrmann); IV. Synthese einer neuen *cis*- und einer *trans*-Methyl-santensäure (mit H. Paasivirta und W. Rohrmann), Ann. Acad. Sci. fenn. [A] **44**, Nr. 3 und Nr. 10.
- Über 4<sup>1</sup>-Oxy-4-äthyl-benzoesäure-(1), Ann. Acad. Sci. fenn. [A] **44**, Nr. 9.
- Über die stereoisomeren Santenone und Santenole (mit G. A. Nyman), Ann. Acad. Sci. fenn. [A] **45**, Nr. 1.
- Zur Kenntnis des *d,l*-Fenchylalkohols (mit S. Beckmann), B. **68**, 10.
- Über eine Synthese des 2-Methyl-bicyclo-[1.2.2]-heptanons-(3), B. **68**, 1127.
- Über eine Totalsynthese des Bicyclo-[2.2.2]-octanons und des Bicyclo-[2.2.2]-octans, B. **68**, 1267.
- Eine neue Synthese des *d,l*-Fenchons (mit A. Klami), B. **68**, 2001.
- Über das tertiäre 2-Methyl-santenol. Zur Kenntnis der Wagnerschen Umlagerung bei tertiären Alkoholen (mit G. A. Nyman), A. **517**, 105.
- Über das tertiäre 2,4-Dimethyl-santenol und das 1,4-Dimethyl-santen, A. **518**, 204.
- 1936 Über die Wasser-Abspaltung aus Camphenilol, 4-Methyl-camphenilol und 4-Methylborneol. Zur Kenntnis der Santen-Verschiebung und der Nametkinschen Umlagerung (mit G. A. Nyman), B. **69**, 334.
- Über 4-Methyl-isosantenol und 4-Methyl-santenylamin (mit G. A. Nyman), B. **69**, 712.
- Über die wahre Konstitution des Camphenilyl- und 4-Methyl-camphenilylchlorids und ein stereoisomeres  $\alpha$ -Fenchocamphorol (mit G. A. Nyman), B. **69**, 1813.
- Eine neue Totalsynthese des Camphenilons, sowie des  $\alpha$ - und  $\beta$ -Fenchocamphorons (mit O. Komppa), B. **69**, 2606.
- Über den angeblichen Übergang von Campher bzw. Campholensäure in Pinonsäure. Die Dehydratation der Dioxy-dihydro- $\alpha$ -campholensäure (mit S. Beckmann), B. **69**, 2783.
- Über eine allgemeine Reaktion zur Darstellung von Ketosäuren, ungesättigten Säuren und disubstituierten Lactonen, II (mit W. Rohrmann), A. **521**, 227.
- Über die Synthese des Bicyclo-[1.2.3]-octanons und des Bicyclo-[1.2.3]-octans (mit T. Hirn, W. Rohrmann u. S. Beckmann), A. **521**, 242.
- Zur Kenntnis der endo-exo-Isomerie bei alicyclischen Alkoholen vom Bornieol-Typus, I (mit S. Beckmann), A. **522**, 137.

- Zur Kenntnis der struktur- und stereoisomeren Methyl-bicyclo-[1.2.2]-heptanole und -heptanone, II (mit S. Beckmann), A. 523, 68.
- Studien in der Fenchereihe, VI: Über zwei homologe Fenchene. Zur Kenntnis der Racemisierung von Kohlenwasserstoffen des Pentoceansystems (mit G. A. Nyman), A. 523, 87.
- 1937 Totalsynthese des *d,l*-Verbanons, *d,l*-8-Pinens und *d,l*-Pinans (mit A. Klami), B. 70, 788.
- 1938 Studien in der Fenchereihe, VII: Über 2-Phenyl-isofenchol und von diesem sich herleitende Phenylfenchene (mit G. A. Nyman), A. 533, 290.
- Studien in der Fenchereihe, VIII: Zur Kenntnis des Reaktionsmechanismus bei der Dehydratation des Fenchylalkohols (mit G. A. Nyman), A. 535, 252.
- Compt. rend. du Labor. Carlsberg, Sér. Chim. 22, Vol. Jubil. S. P. L. Sørensen: Über die Konstitution des Ledumcamphers und des Ledens (mit G. A. Nyman).
- 1939 Studien in der Fenchereihe, IX: Über die stereoisomeren *d,l*- $\beta$ -Fenchocamphorole (mit S. Beckmann), A. 537, 140.
- Totalsynthese des Pinens (mit A. Klami u. A. M. Kuvaja), Naturwiss. 27, 197.
- Über 1-Methyl-santenoxyd und Methyl-santenglykol (mit G. A. Nyman), B. 72, 16.
- Über Kondensations- und Reduktionsversuche mit Acetondiessigsäure, Ann. Acad. Sci. fenn. [A] 51, Nr. 3.
- Syntetiska arbeten inom pinanserien (Synthetische Arbeiten in der Pinanreihe), 5. Nord. Kemiker møde, København 1939 Forh., S. 213.
- 1940 Studien in der Fenchereihe, X: Zur Kenntnis der Isomerisierung des  $\alpha$ -Fenchens (mit G. A. Nyman), A. 543, 111.
- 1941 Totalsynthese des Pinocamphons, der Pinonsäure und des  $\alpha$ -Pinens (mit A. Klami und A. M. Kuvaja), A. 547, 185.
- Eine neue Totalsynthese des Norcamphers (mit A. Talvitie), Ann. Acad. Sci. Fenn. [A] 57, Nr. 15.
- Beitrag zur Kenntnis des Ozonabbaus von Camphen. Die Konstitution der 3-Isopropyliden-cyclopentancarbonsäure-(1), Ann. Acad. Sci. Fenn. [A] 58, Nr. 2.
- 1942 Neuere synthetische Arbeiten in der Campher- und Terpengruppe (zusammenfassender Vortrag), B. 75 [A] 1.
- Eine Synthese des 8,8-Dimethyl-bicyclo-[1.2.3]-octanons-(2) oder Homo-apocamphers (mit Å. Bergström), B. 75, 1607.
- 1943 Über die Lage der Substituenten in der Reychlerschen Sulfocamphersäure und dem sog.  $\beta$ -Brom-campher, Journ. prakt. Chem. [2] 162, 19 (Hans von Euler-Chelpin-Festband).
- Synthetische Arbeiten in der Campher- und Terpenreihe: V. Totalsynthese der Pinononsäure, des Verbanons, des Pinans, des Pinocamphons, der Pinonsäure sowie des  $\alpha$ -,  $\beta$ - und  $\delta$ -Pinens, Ann. Acad. Sci. fenn. [A] 59, Nr. 1.
- 1946 Zur Kenntnis des Triöls (mit E. Elomaa), Ann. Acad. Sci. fenn. [A] II. (Chem., Nr. 22.
- Mitteilungen und kleinere Aufsätze von G. Komppa finden sich in den Zeitschriften „Meddelanden från Finska Kemistsamfundet 1894–1908“, „Suomen Teollisuuslehti“ (Finnisches Industrieblatt), „Teknillinen Aikakauslehti“ (Technische Zeitschrift), „Teknikern“, „Valvoja“, „Chemiker-Zeitung“ usw., Artikel in „Iso Tietosanakirja“ (Das große Konversationslexikon).
- In den Jahren 1908–1943 hat G. Komppa die „Sitzungsberichte der Finnischen Akademie der Wissenschaften“ und „Annales Academiae Scientiarum Fennicae, Series A“ redigiert. Er war ferner Mitglied der Redaktion der „Suomen Teollisuuslehti“ und „Teknillinen Aikakauslehti“.