

Otto Wallach: Begründer der Terpenchemie und Nobelpreisträger 1910**

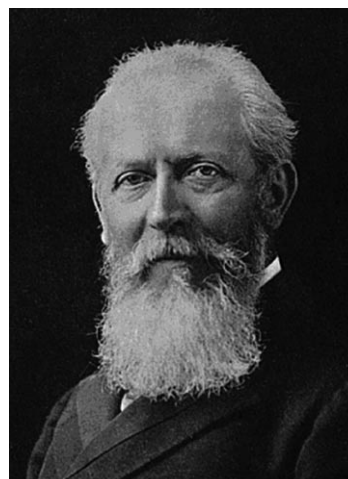
Mathias Christmann*

Chemiegeschichte · Nobelpreis ·
Organische Chemie · Terpene · Wallach, Otto

Otto Wallach – Nobelpreisträger und Pionier

Terpene gehören neben Polyketiden und Alkaloiden auch hinsichtlich Struktur und biologischer Aktivität zu den wichtigsten Sekundärmetaboliten. Einem einfachen biogenetischen Bauprinzip folgend, entstehen durch Oligomerisierung der C₅-Bausteine Isopentenylpyrophosphat (IPP) und Dimethylallylpyrophosphat (DMAPP) offenkettige Vorstufen mit terminaler Pyrophosphatgruppe, aus denen durch intramolekulare Reaktionen einfache Monoterpene wie Menthol, aber auch komplexe polycyclische Naturstoffe wie Taxol und Cholesterol gebildet werden können. Die Geschichte der modernen Terpenchemie beginnt mit der Aufklärung der Strukturen einfacher Monoterpene und ist seit hundert Jahren unsterblich mit dem Namen Otto Wallach^[1,2] verknüpft (Abbildung 1) – nicht zuletzt durch die Würdigung seiner 1884 begonnenen Arbeiten mit dem Nobelpreis für Chemie im Jahr 1910.

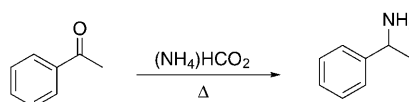
Ein wichtiges Indiz für die Bedeutung einer Klasse chemischer Transformationen oder das Auffinden einer bestimmten Gesetzmäßigkeit ist die nicht selten posthume Verknüpfung selbiger mit einem oder mehreren Namen. Unter den Namensreaktionen finden sich die Leuckart-Wallach-Reaktion,^[3] die reduktive Aminierung von Carbonylverbindungen mit Ammoniumformiat, und die Wallach-Umlagerung,^[4] eine durch starke Säuren katalysierte Umwandlung von Azoxybenzolen in *p*-Hydroxyazobenzole (Schema 1). Der weniger bekannte Wallach-Abbau^[5] ist eine präparativ nützliche Variante der Favorski-Umlagerung. Durch die Verwendung dihalogener Cycloalkanone (im Unterschied zu α -Halogenocycloalkanonen bei der Favorski-Umlagerung) werden ringverengte α -Hydroxycycloalkancarbonsäuren erhalten, die oxidativ zu den ringverengten Cycloalkanonen abgebaut werden können. Ebenfalls verbunden ist der Name Wallach mit der empirischen Wallach-Regel,^[6] wonach racemische Kristalle dichter gepackt sind als ihre homochiralen Gegenparte. Die Verallgemeinerbarkeit dieser



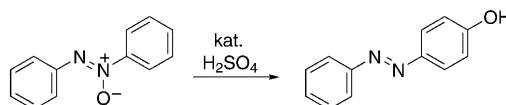
Wallach

Abbildung 1. Otto Wallach (Unterschrift aus Lit. [2a]).

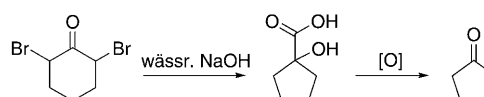
Leuckart-Wallach-Reaktion



Wallach-Umlagerung



Wallach-Abbau



Schema 1. Mit Wallach verknüpfte Namensreaktionen.

[*] Prof. Dr. M. Christmann
TU Dortmund, Lehrbereich Organische Chemie
Otto-Hahn-Straße 6, 44227 Dortmund (Deutschland)
Fax: (+49) 231-755-5363
E-Mail: mathias.christmann@tu-dortmund.de

[**] Der Autor dankt dem Fonds der Chemischen Industrie für ein Dozentenstipendium.

Behauptung ist auch heute noch Gegenstand wissenschaftlicher Diskussion^[7] und bestätigt Wallachs Credo, dass – im Gegensatz zu Theorien – „exakte und zuverlässige experimentelle Feststellungen ihren Wert immer behalten“.

Schulzeit und Studium

Otto Wallach wurde am 27. März 1847 als jüngstes von fünf Kindern des Regierungsbeamten Gustav Wallach und seiner Frau Ottilie (geb. Thoma) im ostpreussischen Königsberg geboren. Ein beruflich bedingter Umzug führte die Familie 1853 nach Potsdam, wo sein Vater eine Stelle als Direktor der Oberrechnungskammer annahm. Nach dem Besuch einer Privatschule trat Wallach 1856 in das humanistische Gymnasium ein. Durch die Freundschaft mit dem drei Jahre älteren Georg Borsche wurde Wallach von dessen Faszination für die Chemie angesteckt.^[1]

„George Borsche aber beschäftigte sich mit der Chemie als Autodidakt, widmete ihr alle freie Zeit und verschaffte sich im Experimentieren nach Anleitung des damals für solche Zwecke fast allein vorhandenen Buchs ‘Stoeckhardts Schule der Chemie’^[8] Fertigkeit. Die Chemie übte auch auf mich eine unwiderstehliche Anziehungskraft aus. Bald wurde mein Stubeninventar durch manchen Tropfen ätzender Säure geschädigt oder es ergoss sich bei der Herstellung von Sauerstoff aus Kaliumchlorat der Inhalt der zersprengten Retorte auf die zum Heizen verwandte silberne Spirituslampe des kostbaren elterlichen Teeservices. Aber es war doch eine große Genugtuung, wenn es gelang, die mit Sauerstoff gefüllte grüne Medizinflasche zu Versuchen vorzeigen zu können und darin einen Eisendraht zum Abbrennen zu bringen. Meine gleichaltrigen Schulgenossen standen diesen Liebhabereien meist sehr kühl, wenn nicht ablehnend gegenüber.“

Die Liebe zum Experiment und zur chemischen Analyse lässt sich auf die Schulzeit zurückführen, zieht sich wie ein roter Faden durch Wallachs Leben und ist wahrscheinlich auch der Schlüssel für seine spätere Herangehensweise an das Gebiet der Terpenchemie. Neben den Naturwissenschaften galt Wallachs Interesse der Philosophie, der deutschen Literatur sowie zeitgenössischer Kunst. Nach dem Abitur war Wallachs Studienortwahl vor allem vom Streben bestimmt, rasch finanzielle Unabhängigkeit zu erlangen. Er hatte von seinem Freund Borsche gehört, dass man in Göttingen rasch zur Promotion gelangen konnte. Ende April 1867 zog Wallach nach Göttingen, um dort bei Friedrich Wöhler Chemie zu studieren. Nach nur einem Semester, in dem Wallach vor allem von Wöhlers Assistenten Hans Hübner und Rudolph Fittig ausgebildet wurde, schrieb er sich für das Wintersemester in Berlin ein, um dort bei August Wilhelm Hofmann Vorlesungen zu hören. Seine Hoffnung, auch in dessen Laboratorien aufgenommen zu werden, erfüllte sich mangels Arbeitsplatz nicht, und Wallach nutzte die Zeit zu praktischer Arbeit in einem forensischen Laboratorium.

Im Sommersemester 1868 kehrte Wallach in Wöhlers Laboratorien nach Göttingen zurück und unterstellte sich dort Hübner, bei dem er im Dezember desselben Jahres eine Promotion begann. Hübner war Schüler von August Kekulé und ein Anhänger von dessen 1865 veröffentlichter Benzoltheorie. Wallachs Promotion beschäftigte sich mit den Isomerieverhältnissen bei der Bromierung von Toluol. Bei seinen Arbeiten konnte Wallach ein bisher unbekanntes Isomer durch Kristallisation isolieren und einen damit verbundenen wissenschaftlichen Disput mit Fittig, der dessen Existenz anzweifelte, für sich entscheiden. Man darf nur mutmaßen, dass

sich dieses Erlebnis auf Wallachs Herangehensweise, unbekannte Verbindungen in klar definierte, kristalline Derivate zu überführen und zu charakterisieren, prägend ausgewirkt hat. Anfang August 1869 und nach nur fünf Semestern mit der Promotionsurkunde in der Hand verließ Wallach Göttingen *„mit dem stillen, aufrichtigen Wunsch: Auf nimmer Wiedersehen. Es sollte anders kommen.“*^[1] Mit Hans Hübner blieb er bis zu dessen Tod 1884 eng verbunden.

In Berlin arbeitete Wallach für kurze Zeit als Assistent in Hermann Wichelhaus' Privatlaboratorium bevor Hübner einen Kontakt zu August Kekulé herstellte. Am 1. Mai 1870 trat Wallach eine Privatassistentenstelle, heute würde man Postdoktorat sagen, bei Kekulé in Bonn an.

Die Bonner Zeit

Die Entwicklung der Benzoltheorie hatte Kekulé zu einem der angesehensten Theoretiker gemacht. In Kekulés Umfeld habilitierte sich zu dieser Zeit auch Theodor Zincke, mit dem sich Wallach rasch anfreundete. Im Dezember 1871 erhielt Wallach dann das Angebot, als Industriechemiker bei der Aktiengesellschaft für Anilinfabrikation (später kurz: AGFA), die im nahe bei Berlin gelegenen Rummelsburg angesiedelt war, zu arbeiten. Insbesondere der Umgang mit aggressiven Chlorverbindungen machte ihm aber so sehr zu schaffen, dass er seine Stellung bereits nach kurzer Zeit aufgeben musste. Nach einem erneuten Intermezzo in Wichelhaus' Laboratorien zog Wallach im April 1872 erneut nach Bonn. Kekulé war nach der internen Beförderung Zinckes zum außerordentlichen Professor auf der Suche nach einem neuen Habilitanden und Leiter für das organische Praktikum, und Wallach willigte rasch ein. Neben dem weiter gepflegten wissenschaftlichen Diskurs mit Zincke schloss Wallach während dieser Zeit Freundschaft mit dem fünf Jahre jüngeren Jacobus van't Hoff, der 1874 zeitgleich mit Joseph Le Bel eine Theorie zum tetraedrisch umgebenen, asymmetrischen Kohlenstoffatom veröffentlichte. Man kann also guten Gewissens behaupten, dass sich Wallach zur Zeit seiner Habilitation, im Januar 1873, in einem der Zentren der modernen organischen Strukturchemie aufhielt. Wallach widmete sich mit vollem Elan der eigenen Forschung wie auch der gewissenhaften Vorbereitung von Experimentalvorlesungen. Kritisch hingegen kommentierte er Zinckes Mitarbeit an Kekulés Lehrbuch.^[1]

„Aber solche rezeptiven Arbeiten haben mir nie gelegen und ich habe mich immer der Versuchung erwehrt, sie des Geldverdienens halber anzunehmen. Dasselbe gilt von den häufig zurückgewiesenen Vorschlägen der Verlagsbuchhändler, ein Lehrbuch zu schreiben. Junge Dozenten sollten sich keine Bleigewichte an die Füße binden, indem sie langatmige literarische Aufgaben übernehmen.“

Nach einem Ruf von Zincke an die Universität Marburg wurde Wallach mit der Leitung des anorganischen Laboratoriums betraut und im Januar 1876 in den Stand eines außerordentlichen Professors erhoben. Die durch Wallachs Beförderung freigewordene Assistentenstelle im organischen Laboratorium wurde von Ludwig Claisen übernommen, der sich später ebenfalls im Umfeld Kekulés habilitierte. Im Jahr

1877 bot sich Wallach die Gelegenheit, einen Lehrstuhl an der Akademie in Münster^[9] zu übernehmen. Die Verhandlungen wurden aber nicht vom zu Berufenden, sondern von Kekulé geführt, der von einem Wechsel Wallachs nicht angetan war. Aufgrund der besseren Arbeitsbedingungen in Bonn und aus dem Pflichtgefühl, Kekulé nach einer erlittenen Krankheit nicht im Stich zu lassen, blieb Wallach zunächst in Bonn.^[1]

„Meine Laufbahn hätte sich bei einer Übersiedlung nach Münster jedenfalls ganz anders gestaltet, als es geschehen ist. Ob günstiger, bleibt immerhin recht zweifelhaft.“

Einen Ruf auf ein Ordinariat an der Technischen Hochschule Darmstadt Ende des Jahres 1880 nutzte Wallach zur Verbesserung seiner Stellung in Bonn, wonach ihm neben der Ernennung zum „Direktor des pharmazeutischen Apparats“ auch die Leitung des chemischen Teils des Seminars für die gesamten Naturwissenschaften übertragen wurde, was seiner Ansicht nach den Einfluss auf die Studenten der Naturwissenschaften erhöhte. Wallach wurde danach noch für die Besetzung von zwei weiteren Ordinarien in Betracht gezogen. In Zürich wurde 1884 Arthur Hantzsch berufen, und in Würzburg erhielt Emil Fischer 1885 trotz eines Wallach vom Dekan in Aussicht gestellten Rufs^[1] im letzten Augenblick noch den Vorzug.

Als Beginn der wichtigen Terpenarbeiten wird der Juni 1884 – Wallach war zu diesem Zeitpunkt 37 Jahre alt – genannt. Einer Anekdote nach erregte eine Sammlung ätherischer Öle in Kekulé's Arbeitszimmer, die dieser vor Jahren von der Firma E. Sachsse & Co (Leipzig) geschenkt bekommen hatte, Wallachs Aufmerksamkeit (Abbildung 2).



Abbildung 2. Firmenschild: E. Sachsse & Co.^[16]

Wallach bat seinen Mentor um die Erlaubnis, die Inhaltsstoffe eingehend untersuchen zu dürfen, worauf dieser mit einem ironischen Lächeln gesagt haben soll: „Ja, wenn Sie da etwas herausbekommen könnten.“ Schnell wurde Wallach von diesem bisher wenig erforschten Gebiet gefesselt, das ihn bis zum Ende seines wissenschaftlichen Schaffens begleitete und ihm die höchste wissenschaftliche Auszeichnung, den Nobelpreis, einbringen sollte.

Zu Beginn von Wallachs Untersuchungen war bereits bekannt, dass Monoterpene die Summenformel $C_{10}H_{16}$ haben (entsprechend $C_{10}H_{16}O$ für Terpenalkohole und $C_{10}H_{14}O$ für

Ketoverbindungen). Im selben Jahr (1884) begann übrigens auch Emil Fischer seine Arbeiten zur Aufklärung der Glucose-Struktur,^[11] von der ebenfalls nur die Summenformel $C_6H_{12}O_6$ bekannt war. Beide Forscher glaubten fest an das von van't Hoff und Le Bel postulierte Tetraedermodell des Kohlenstoffs und das dadurch implizierte Auftreten stereoisomerer Formen. Insbesondere aber auch die optische Inaktivität von Verbindungen die eine Spiegelebene aufweisen, spielte bei Fischers wie auch Wallachs Beweisführung eine tragende Rolle. Auch eine zweite Parallele sollte nicht unerwähnt bleiben: die Schwierigkeiten bei der Handhabung der jeweils untersuchten Stoffklassen. Während Fischer mit zähen Ölen, Sirupen und Karamell-artigen Massen zu kämpfen hatte, litten Wallachs Untersuchungen an der chemischen Instabilität zahlreicher Terpene, insbesondere an ihrer Empfindlichkeit gegen Oxidation durch Luftsauerstoff sowie der Neigung zu isomerisieren (ganz zu Schweigen von Umlagerungen über nichtklassische Kationen!). Zum besseren Verständnis von Wallachs systematischer Herangehensweise ist es erforderlich, sich zwei wichtige Arbeiten weit vor Beginn seiner Terpen-Studien ins Gedächtnis zu rufen. Bereits 1816 konnte Biot zeigen, dass Terpentin, Campher und verwandte Verbindungen die Polarisationssebene von polarisiertem Licht drehen; Konsequenzen ergeben sich durch die Arbeiten von Pasteur zur Weinsäure in Kombination mit der Annahme stereogener Kohlenstoffatome. Des Weiteren hatte Kindt 1803 kristallines Pinenhydrochlorid $C_{10}H_{17}Cl$ hergestellt und so einen prinzipiellen Weg zur Umwandlung flüssiger Terpene in Feststoffe aufgezeigt.

Wallachs erste Publikationen aus der Bonner Zeit befassten sich mit der Umsetzung destillierter Pflanzenöle mit Halogenwasserstoffen, Halogenen und Nitrosylchlorid, und der sorgfältigen Charakterisierung der so erhaltenen Additionsprodukte. Die physikalischen Eigenschaften umfassen neben dem obligatorischen Schmelzpunkt eine umfangreiche Diskussion der Kristallformen. Die ersten Früchte fanden Wallachs Bemühungen 1888 in der Entdeckung, dass es sich bei dem bis dato für ein unabhängiges Terpen gehaltenen Dipenten tatsächlich um ein racemisches Gemisch der ebenfalls von Wallach charakterisierten Enantiomere (+)- und (-)-Limonen handelt (Abbildung 3).^[11]

Ordinariat in Göttingen

Im Jahr 1889 erhielt Wallach auf Empfehlung Victor Meyers schließlich einen Ruf als dessen Nachfolger auf den angesehenen Wöhler-Lehrstuhl nach Göttingen. Durch den Umzug wurde der 42-Jährige von seinem lieb gewonnenen Bonner Umfeld entwurzelt, und auch das Gewicht seines Amtes erleichterte es ihm nicht, rasch neue Freundschaften zu schließen. Wallach blieb Zeit seines Lebens Junggeselle, und seine skeptische Haltung zur Ehe lässt sich vielleicht am ehesten aus einer Äußerung über Kekulé's zweite Heirat ablesen:^[1]

„Nun kam am 7.10.1876 die unglückliche zweite Heirat mit seiner bisherigen Hausdame, Fräulein Högel, die den Mann, statt zu heben, herunterzog. Sie hielt ihn von seinen Amtspflichten zurück, und als Kinder zur Welt kamen, nutzte sie ihn

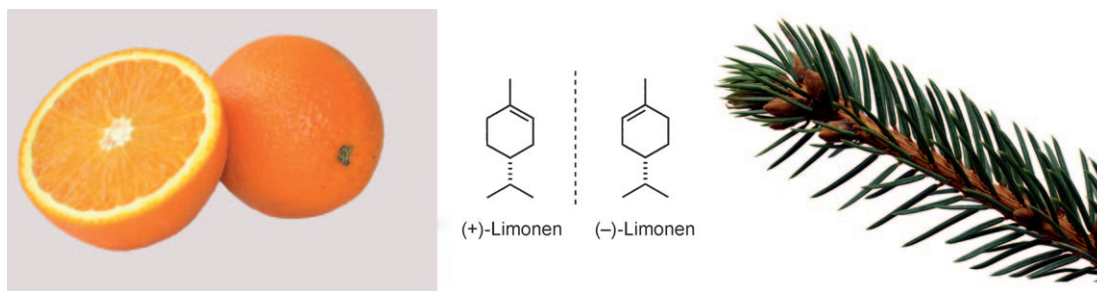


Abbildung 3. (+)-Limonen kann aus Orangenöl gewonnen werden, während das enantiomere (–)-Limonen in Fichtennadelölen vorkommt. Das Racemat war vor der Aufklärung des stereochemischen Zusammenhangs als Dipenten bekannt.

als Kinderwärter aus, immer vollständiger, je weniger die Dienstboten bei ihr aushielten. [...] Ein trauriges Beispiel, wie eine törichte Frau einen hochbegabten Mann vor der Zeit knicken kann.“

Wallachs Terpen-Programm nahm durch den Wechsel nach Göttingen – sicherlich auch durch den Zugewinn an Ressourcen – an Fahrt auf. Im Jahr 1891 präzisierte Wallach seine ehrgeizigen Forschungsziele bei einem Vortrag vor der Deutschen Chemischen Gesellschaft:^[12]

1. Es müssen für alle voneinander verschiedenen Terpene so scharfe und bestimmte Merkmale der Eigenschaften festgestellt werden, dass ein Erkennen und eine Unterscheidung der chemischen Individuen möglich wird.
2. Es müssen auf der Grundlage einer genauen Charakteristik das Verhalten und die gegenseitigen Beziehungen der einzelnen Kohlenwasserstoffe, namentlich mit Rücksicht auf ihre Eigenschaften, ineinander überzugehen, ermittelt werden.
3. Es soll endlich auf Grund so vorbereiteter Untersuchungen die Erforschung der Konstitution und die Synthese in Angriff genommen werden.

Bemerkenswert an Wallachs Forschungsprogramm ist, dass es sehr breit ausgelegt ist und das eigentliche Ziel, die Strukturaufklärung (Erforschung der Konstitution) und die Totalsynthese von Terpenen, zunächst hinten anstellt. Eine denkbare Alternative wäre gewesen, sich wie viele seiner Zeitgenossen auf einen oder zwei Vertreter dieser Substanzklasse zu konzentrieren. Dieser geniale Schachzug ermöglichte es Wallach, einzig durch Derivatisierung (unter Anwendung der damals noch recht primitiven Synthesemethoden) und anhand von verfügbaren physikalischen Messgrößen wie Siedepunkt, Dichte, optisches Verhalten (Drehwert und Brechungsindex), erweitert um Schmelzpunkt und Form und Aussehen kristalliner Derivate, eine für die damalige Zeit wohl einzigartige Substanz- und Datensammlung aufzubauen. Im Anschluss begann Wallach sich mit der Umwandlung einzelner Terpene ineinander zu beschäftigen. Die berühmte Abbildung 4 zeigt den Wissensstand der 1891 bekannten Umwandlungen („Übergänge“) von Terpenen ineinander.

Die eigentliche Strukturaufklärung tritt erst gegen 1893 in den Vordergrund der Wallachschen Arbeiten, wohl auch weil er immer häufiger den heißen Atem der Konkurrenz im Nacken spürte. Zu dieser Zeit war das Vorliegen eines überbrückten Cyclohexanrings in Campher und Pinen (Abbil-

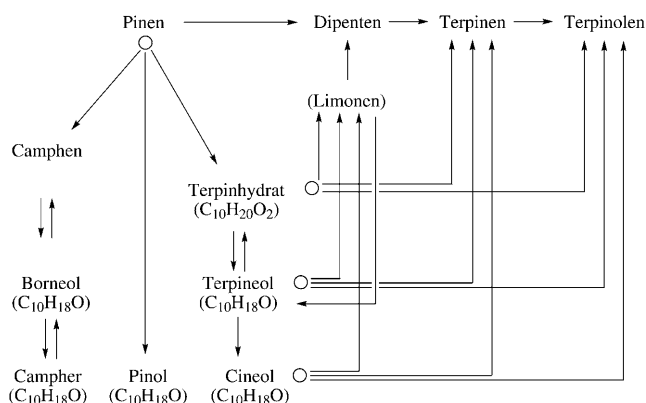


Abbildung 4. Übergänge in der Terpenreihe (O. Wallach, 1891).^[17]

dung 5) allgemein anerkannt, aber erst Julius Bredt von der Universität Bonn publizierte 1893 die korrekte Struktur von Campher nach einer Reihe eleganter chemischer Abbauxperimente.^[13] Teilweise heftige wissenschaftliche Fehden lieferte sich Wallach vor allem mit Friedrich-Wilhelm Semmler, Georg Wagner und Julius Wilhelm Brühl. Letzterer leistete insbesondere durch seine Arbeiten zur Molekularrefraktion grundlegende Beiträge zur modernen spektroskopischen Strukturaufklärung. Wallach schenkte jedoch lediglich auf spektroskopischen Daten beruhenden Strukturvorhersagen keinen Glauben und äußerte sich in seinen Publikationen oft spöttisch über Brühls Arbeiten.

Wagner hingegen hatte 1894 in Anlehnung an die Arbeiten von Bredt die korrekte Struktur von Pinen publiziert,^[14] sie aber im darauf folgenden Jahr zugunsten einer anderen Struktur verworfen. Die Originalstruktur von 1894 wurde schließlich 1896 durch Adolf von Baeyer bestätigt. Wallach spielte bei diesen Entdeckungen eher die Rolle des kritisch kommentierenden Betrachters.

Semmler hatte neben wichtigen Arbeiten zu acyclischen Terpenen wie Citral, Citronellal und Geraniol auch die korrekten Strukturen von Menthol und Pulegon abgeleitet. 1895 griff Wallach noch einmal aktiv ins Geschehen ein und publizierte zeitgleich mit Ferdinand Tiemann und Friedrich-Wilhelm Semmler die wegen ihrer zentralen Stellung bei den Terpenen wichtige Struktur von α -Terpineol. Damit waren Ende 1895 die Strukturen der wichtigsten Terpene aufgeklärt,

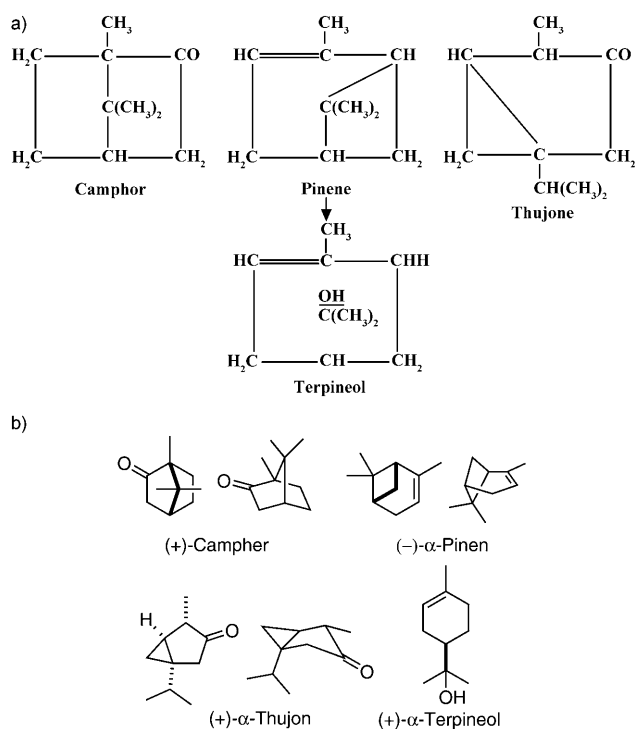


Abbildung 5. Die Terpene Campher, Pinen, Thujon und Terpeneol: a) historische Darstellung aus Wallachs Nobel-Vortrag; b) heutige Darstellungen.

und Wallachs Vormachtstellung in diesem Gebiet ließ langsam nach.

Buchpublikation und Nobelpreis

Sich dem 60. Geburtstag nähernd, begann Wallach um 1905 damit, seine Arbeiten in Buchform zu einem Gesamtwerk zu einen. Dessen Erscheinen fiel ungefähr zeitgleich mit Wallachs 100. Arbeit in *Liebigs Annalen* und dem 25-jährigen Jubiläum seiner Terpenarbeiten, welches seine Schüler zum Anlass nahmen, im engsten Kreis eine Feier für ihren Lehrer abzuhalten. Am 4. August 1909 überreichten sie Wallach eine Festschrift und eine von Adolph von Donndorf gefertigte Marmorbüste.

Der Titel des seinen Schülern gewidmeten Opus summum „Terpene und Campher“ (engl. „Terpenes and Camphors“) bezieht sich noch auf eine ältere Klassifizierung, die bereits Berzelius vorgenommen hatte. Danach wurden ätherische Öle, wie Terpentin, die auch bei tiefen Temperaturen flüssig blieben, als „Terpene“ und Feststoffe, wie Campher selbst, als „Campher“ (Plural) bezeichnet.

Wallach wurde 1909 Präsident der Deutschen Chemischen Gesellschaft (heute: Gesellschaft Deutscher Chemiker, GDCh), und 1912 wurde er zum Ehrenmitglied ernannt. Auf dem Rückweg einer Vortragsreise nach England erfuhr Wallach von der Zuerkennung des Nobelpreises.^[1]

„Als ich mir in Hannover eine Abendzeitung gekauft hatte und darin auf dem letzten Weg nach Göttingen las, fand ich die

mir unglaubliche Notiz, dass mir der Nobelpreis für 1910 verliehen sei. Zu Haus empfing mich das bestätigende Telegramm aus Stockholm. Ein offizieller Brief von dem Sekretär der Schwedischen Akademie, Aurivillius und ein Privatbrief von Arrhenius brachten weitere Bestätigung.“

Die Preisverleihung fand am 10. Dezember in der Schwedischen Akademie in Anwesenheit des Königs Gustav V. statt. Wallachs Nobelpreisrede arbeitet die Geschichte der Aroma- und Duftstoffe historisch auf, unter besonderer Würdigung von Jöns Jacob Berzelius und anderen schwedischen Chemikern. Nach einem kurzen geschichtlichen Abriss über die Isolierung und Charakterisierung der Terpene schließt Wallach mit einer Schilderung der ökonomischen Bedeutung der Terpenforschung. Durch Wallachs Untersuchungen wurde der bisher rein empirisch arbeitende Industriezweig der Riechstoffindustrie auf ein wissenschaftliches Fundament gestellt. Es ist nicht verwunderlich, dass die Arbeiten Wallachs zeitlich mit dem Aufblühen der deutschen Riechstoffindustrie zusammenfallen, in der viele seiner Schüler im Anschluss an ihre Promotion eine Anstellung fanden.

Wallach unterhielt zur Göttinger Zeit exzellente Kontakte nach England, wo seine Arbeiten und er selbst große Anerkennung fanden, so z. B. in der Ernennung zum Honorary Fellow der Chemical Society (1908). Im Jahr 1909 erhielt er die Ehrendoktorwürde der University of Manchester, und 1912 wurde er mit der Davy-Medaille der Royal Society ausgezeichnet, dem höchsten britischen Wissenschaftspreis für Chemiker. Wissenschaftlich arbeitete er vor allem mit William Henry Perkin, Jr., zusammen, und Wallachs berühmtester Schüler ist der britische Nobelpreisträger Walter Norman Haworth, der den Chemie-Nobelpreis 1937 zusammen mit dem Schweizer Terpenchemiker Paul Karrer erhielt. Während Haworth für Beiträge zur Struktur der Kohlenhydrate und Vitamin C gewürdigt wurde, erhielt Karrer die Auszeichnung für seine bahnbrechenden Arbeiten auf dem Gebiet der Pflanzenfarbstoffe. Bei den von ihm untersuchten Carotenoiden handelt es um Tetraterpenoide, wodurch auch dieser Preis im Kontext der grundlegenden Arbeiten Wallachs gesehen werden kann.

Mit dem Beginn des Ersten Weltkriegs brachen nicht nur die Kontakte nach England ab; Wallach musste auch miterleben, dass viele seiner Doktoranden im Kriegsdienst den Tod fanden. Damit wurde auch Wallachs Forschungsprogramm empfindlich getroffen.^[15]

„Die [...] Arbeiten [...] erlitten vor vollkommener Durchführung bei Kriegsbeginn eine Unterbrechung. Sie wurden [...] aber in der Hoffnung zurückgehalten, dass meine Mitarbeiter bald in der Lage sein würden, die unter meiner Leitung begonnenen Untersuchungen wieder aufzunehmen und in geplanter Weise durchzuführen; da diese Erwartung sich nicht erfüllt hat, will ich die Veröffentlichung [...] nicht länger aufschieben.“

Kurze Zeit nach Kriegsausbruch wurde Wallach emeritiert (1915); er legte die Institutsleitung in die Hände von Adolf Windaus, der seinerseits 1928 für Arbeiten auf dem Gebiet der Steroide und Vitamine mit dem Nobelpreis für Chemie ausgezeichnet wurde. Insgesamt wurden von Wallach 214 Doktoranden promoviert, davon 30 in Bonn und 5 wei-

tere nach seiner Emeritierung. Otto Wallach starb am 26. Februar 1931 in Göttingen und liegt auf dem Göttinger Stadtfriedhof begraben.

Die Universität Göttingen verleiht für herausragende Abschlussarbeiten von Nachwuchswissenschaftlern den Wallach-Preis. Im Gedenken an die bahnbrechenden Arbeiten Otto Wallachs und in Anerkennung ihrer Bedeutung für die Riechstoffindustrie wurde von der Gesellschaft Deutscher Chemiker seit 1966 die Otto-Wallach-Plakette (Abbildung 6)



Abbildung 6. Otto-Wallach-Medaille. Die Vorderseite (links) zeigt die Strukturformeln von Isopren, β -Pinen und α -Terpinen.

an Forscher aus dem europäischen Raum für herausragende Leistungen auf dem Gebiet der Terpen- und Pheromonchemie verliehen. Der von der Firma DRAGOCO ins Leben gerufene Preis wurde jedoch im Zuge der Zusammenlegung der Firmen DRAGOCO und Haarmann & Reimer zur Firma Symrise und der damit verbundenen Änderung der Ausrichtung vorläufig ausgesetzt. Die Liste der bisherigen Preisträger:

1966	Walter Hückel, Tübingen
1969	Guy-Henri Ourisson, Strasbourg/Frankreich
1974	Ferdinand Bohlmann, Berlin
1977	Hermann Eggerer, München
1981	Günther Ohloff, Genf/Schweiz
1986	Hans-Jürgen Bestmann, Erlangen
1988	Erich Hecker, Heidelberg
1991	Wolfgang Oppolzer, Genf/Schweiz
1996	Wittko Francke, Hamburg
1999	Peter Welzel, Leipzig
2002	Pierre Potier, Gif-sur-Yvette/Frankreich

Im Vergleich zu den anderen großen Leistungen in der Naturstoffchemie des ausgehenden 19. Jahrhunderts wird Wallachs Pionierrolle in der Terpenchemie häufig nicht angemessen gewürdigt. Für viele Studierende und Doktoranden beginnt die Geschichte der Terpene mit den nicht minder beeindruckenden Arbeiten von Leopold Ruzicka (Chemie-Nobelpreis 1939), der sich vor allem durch die Strukturaufklärung höherer Terpene (Sesquiterpene, Diterpene usw.) und die Weiterentwicklung der empirischen Isopren-Regel verdient gemacht hat. Erst später konnten Feodor Lynen und Konrad Bloch die Biosynthese der Terpene im Detail aufklären und wurden dafür 1964 mit dem Nobelpreis für Physiologie oder Medizin ausgezeichnet. Häufig wird jedoch vergessen, dass – nur 20 Jahre nach Veröffentlichung des Te-

traedermodells des Kohlenstoffs – die Strukturaufklärung bicyclischer Terpene vor allem durch Wallachs entscheidende Beiträge ermöglicht wurde und diese letztlich auch den Siegeszug der Strukturtheorie vollendete.

Auch wird gelegentlich versucht, Wallach mit anderen Großen seiner Zeit wie Adolf von Baeyer und Emil Fischer zu vergleichen. Alle drei waren zweifelsohne großartige Experimentatoren, deren Herangehensweise an ein komplexes strukturelles Problem bis heute Vorbildcharakter hat. Insbesondere Fischers Arbeiten zur Struktur der Monosaccharide gehören wegen der bestechend logischen Beweisführung auch heute noch zum Lehrplan. Während jedoch Fischer und von Baeyer die Früchte ihrer Arbeiten selbst ernteten und hypothetisierten, lag Wallach das Spekulieren eher fern. Er gilt zwar als einer der größten analytischen Organiker seiner Zeit, scheute sich aber wegen der Gefahr widerlegt zu werden, Strukturvorschläge zu machen – umso kritischer war Wallach mit falschen Strukturvorschlägen seiner Konkurrenten.

Die vereinfachende Darstellung Fischers und von Baeyers als visionäre Charaktere und Wallachs als Handwerker greift sicherlich zu kurz. Man kann sich des Eindrucks nicht erwehren, dass Wallach bei der Unterredung in Kekulé's Büro (oder kurz davor), als er um die Erlaubnis bat, sich mit ätherischen Ölen zu beschäftigen, erkannt hat, dass er die richtige Person am richtigen Ort war – in anderen Worten, dass es seine Bestimmung war, Ordnung in das Gebiet der Terpene zu bringen! Und zwar nicht für einzelne Substanzen, sondern für eine ganze Naturstoffgruppe. Dieser Entschluss bedeutete für Wallach auch einen Wechsel des Arbeitsgebietes. Die Vision Wallachs manifestiert sich meiner Meinung nach in dem vor der Chemischen Gesellschaft verkündeten ambitionierten dreistufigen Forschungsplan. Dass Wallach nicht alle Stufen seines Planes selbst ausführte, ist eher nachrangig.

Eingegangen am 25. Mai 2010

Online veröffentlicht am 25. November 2010

- [1] Otto Wallach 1847–1931. *Chemiker und Nobelpreisträger. Lebenserinnerungen*, herausgegeben und kommentiert von G. Beer, H. Remane, Verlag für Wissenschafts- und Regionalgeschichte, Berlin, 2000.
- [2] a) W. Hückel, *Chem. Ber.* **1961**, 94, VII–CVIII; b) L. Ruzicka, *J. Chem. Soc.* **1932**, 1582–1597.
- [3] a) R. Leuckart, *Ber. Dtsch. Chem. Ges.* **1885**, 18, 2341–2344; b) O. Wallach, *Justus Liebigs Ann. Chem.* **1893**, 272, 99–122.
- [4] a) O. Wallach, E. Belli, *Ber. Dtsch. Chem. Ges.* **1880**, 13, 525–527; b) E. Buncel, *Acc. Chem. Res.* **1975**, 8, 132–139.
- [5] O. Wallach, *Justus Liebigs Ann. Chem.* **1918**, 414, 296–336.
- [6] O. Wallach, *Justus Liebigs Ann. Chem.* **1895**, 286, 90–143.
- [7] a) T. Friscic, L. Fabian, J. C. Burley, D. G. Reid, M. J. Duer, W. Jones, *Chem. Commun.* **2008**, 1644–1646; b) C. P. Brock, W. B. Schweizer, J. D. Dunitz, *J. Am. Chem. Soc.* **1991**, 113, 9811–9820.
- [8] Julius Adolph Stöckhardt's „*Die Schule der Chemie oder Erster Unterricht in der Chemie. Zum Schulgebrauch und zur Selbstbelehrung, insbesondere für angehende Apotheker, Landwirthe, Gewerbetreibende etc.*“ erschien zwischen 1846 und 1881 in insgesamt 19 Auflagen und trug damals zur Popularisierung der Chemie bei.

- [9] Münster erlangte erst 1902 den Status einer „Volluniversität“.
- [10] K. Roth, S. Hoeft-Schleeh, *Chem. unserer Zeit* **2002**, 36, 390–402.
- [11] O. Wallach, *Justus Liebigs Ann. Chem.* **1888**, 246, 221–239.
- [12] Mitgeteilt im Vortrag vor der Deutschen Chemischen Gesellschaft (heute: Gesellschaft Deutscher Chemiker, GDCh) am 23. Februar 1891.
- [13] a) J. Bredt, *Ber. Dtsch. Chem. Ges.* **1893**, 26, 3047–3057; b) G. B. Kauffman, *J. Chem. Educ.* **1983**, 60, 341–342.
- [14] G. Wagner, *Ber. Dtsch. Chem. Ges.* **1894**, 27, 1636–1654.
- [15] O. Wallach, *Justus Liebigs Ann. Chem.* **1918**, 414, 271–296.
- [16] Werbe-Einschaltung im Industrie Compass **1919**, Band I, 1248/V, Österreichische Nationalbibliothek.
- [17] Otto Wallach, *Terpene und Campher, Zusammenfassung eigener Untersuchungen auf dem Gebiet der alicyclischen Kohlenstoffverbindungen*, 2. Aufl., Verlag Veit & Co., Leipzig, **1914**.

Neugierig?



Sachbücher von WILEY-VCH

MICHAEL KÖHLER

Vom Urknall zum Cyberspace

ISBN: 978-3527-32577-1

September 2009 200 S. Gebunden € 24,90

Es sind die großen Fragen der Menschheit, nach der Entstehung der Welt und des Ursprungs des Lebens, denen Michael Köhler nachgeht. Solange Menschen denken, beschäftigt sie die Frage, woher sie kommen und wie die Welt wurde, was sie ist. Astronomie und Naturwissenschaften gewannen faszinierende Erkenntnisse und schufen spektakuläre Bilder vom Ursprung und der Entwicklung unseres Kosmos, die unser Weltbild prägen.

Michael Köhler widmet sich diesen spannenden Fragen und bereitet das umfangreiche naturwissenschaftliche Wissen informativ und unterhaltsam auf. Es ist ein Parforceritt durch die Wissenschaftsgeschichte und eine Bestandsaufnahme des Wissens über uns selbst. Das Vermessen des Erreichten führt schließlich hin zu den bis heute offenen Fragen – zum Beispiel danach, ob weiteres intelligentes Leben in unserem Kosmos möglich ist.



 **WILEY-VCH**

Wiley-VCH • Tel. +49 (0) 62 01-606-400 • Fax +49 (0) 62 01-606-184 • E-Mail: service@wiley-vch.de

www.wiley-vch.de/sachbuch