Auch das Acetyltrimethylen zeigt einen stark ungesättigten Charakter, denn, mit rauchender Bromwasserstoffsäure bildet es Acetylpropylbromid:

$$\begin{matrix} CH_2 \\ | \\ CH_2 \end{matrix}\!\!>\!CH{-}COCH_3 + Br = CH_2Br\cdot CH_2\cdot CH_2\cdot COCH_3,$$

beim Kochen mit verdünnter Salzsäure Acetopropylalkohol:

$$\begin{matrix} CH_2 \\ | \\ CH_2 \end{matrix}\!\!>\!CH{-}COCH_3 + H_2O = CH_2OH\cdot CH_2\cdot CH_2\cdot COCH_3,$$

und bei der Reduktion Methylpropylkarbinol:

$$\begin{matrix} CH_2 \\ | \\ CH_2 \end{matrix}\!\!>\!CH{-}COCH_3 + H_2 = CH_3\cdot CH_2\cdot CH_2\cdot COCH_3.$$

Vergleicht man nun das Verhalten dieser Trimethylenverbindungen mit dem der 1, 2-Dikarbonsäure, so ist der Unterschied geradezu verblüffend. Die Trimethylen-1-2-dikarbonsäure ist in zwei Formen (Cis- und Trans-) bekannt. Keine der beiden zeigt ungesättigten Charakter, denn keine wird durch Brom, Bromwasserstoffsäure, Natriumamalgam oder Permanganat angegriffen. Die Transverbindung siedet bei hoher Temperatur ohne Zersetzung und die Cisverbindung bildet bei der Destillation glatt Anhydrid.

Auch Caronsäure und Trimethylentrikarbonsäure:

$$(CH_3)_2C\begin{matrix} \diagup CH\cdot COOH \\ | \\ \diagdown CH\cdot COOH \end{matrix}, \qquad HOOC\cdot CH\begin{matrix} \diagup CH\cdot COOH \\ | \\ \diagdown CH\cdot COOH \end{matrix},$$

zeigen die gleiche große Beständigkeit.

Berücksichtigt man endlich noch die, durch die Arbeiten von Ch. Zincke und von A. Hantzsch bekannt gewordenen, außerordentlich leicht erfolgenden Ringöffnungen bei halogenisierten Ketohexamethylenverbindungen, so wird man sich der Ueberzeugung nicht verschließen können, daß man nur an der Hand von konstitutionell möglichst übereinstimmenden Verbindungen ein Urteil über die Beständigkeit homologer Kohlenstoffringe erhalten kann.

III. Stereochemie des Benzols.

Die Entwickelung sterischer Vorstellungen vom Benzolmolekül ist zum Teil auf das allgemeine Bestreben zurückzuführen, Strukturformeln räumlich auszubauen; zum Teil sollten diese Raumformeln aber auch dazu dienen, für den merkwürdigen Zustand der inneren Bindungen im Benzolmolekül, auf raumchemischer Basis ein zweckentsprechenderes Bild zu gewinnen, als es auf struktureller Grundlage möglich war. Welches Ziel jeweilen für die Aufstellung der Raumformeln hauptsächlich in Betracht kam, können wir hier im einzelnen nicht verfolgen, weil es zu viel Raum in Anspruch nehmen würde; wir werden uns damit begnügen, die wichtigsten räumlichen Formeln, die übrigens zum großen Teil nur noch historisches Interesse beanspruchen können, in allgemeinen Umrissen zu kennzeichnen.

Die erste räumliche Auflösung hat die sogenannte Claussche Diagonalformel durch W. Körner im Jahre 1869[1]) erfahren. Derselbe ordnete die sechs ringförmig verbundenen Kohlenstoffatome abwechselnd in zwei parallelen Ebenen an und die Wasserstoffatome in zwei außerhalb dieser beiden liegenden Ebenen. Diese Auffassung hat dann durch J. E. Marsh[2]) eine zweite und durch W. Vaubel[3]) eine dritte Auflage erlebt; wir wollen sie nach ihrem ersten Autor als die Körnersche bezeichnen. Diese Formel wird durch beistehende Figuren wiedergegeben:

Fig. 104.

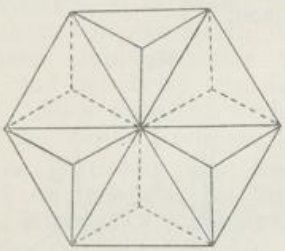
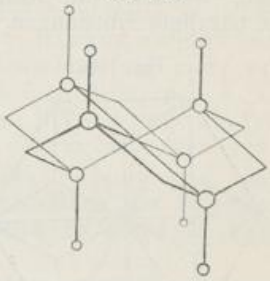


Fig. 105.



Die Körnersche Formel kann auch so gestellt werden, daß sich die Kohlenstoffatome in den Ecken eines verschobenen Oktaëders befinden, wodurch sie in Beziehung zu zwei anderen Formeln kommt, die wir noch besprechen werden.

Welche Vorteile bietet nun diese Vorstellung? Man geht nicht zu weit, wenn man ihr nur in dem Sinne Wert beilegt, als sie zu zeigen vermag, wie das Benzolmolekül nicht konstituiert sein kann, und zwar aus folgenden Gründen. Die Untersuchung der Benzolderivate hat in unzweideutiger Weise bewiesen, daß zwei Substituenten in Metastellung räumlich nicht benachbart sein können, denn zwischen metaständigen Gruppen treten niemals intramolekulare Reaktionen ein, und gerade diese Reaktionen sind bekanntlich die einzigen sicheren Anhaltspunkte für die Beurteilung benachbarter Lagen von Gruppen. Die Anordnung der Kohlenstoff- und Wasserstoffatome in der Körnerschen Formel läßt aber gerade zwischen Metasubstituenten eine leichte intramolekulare Reaktionsfähigkeit erwarten. Demnach sollte sich z. B. Isophtalsäure durch leichte intramolekulare Anhydridbildung auszeichnen, während sie bekanntlich zur Anhydridbildung überhaupt nicht befähigt ist. Vergegenwärtigen wir uns dagegen die Konfiguration des Phtalsäuremoleküls am Körnerschen Modell, so finden wir, daß die Stellungen der Karboxylgruppen mit denjenigen in der Fumarsäure übereinstimmen; es sollte die Phtalsäure daher zur inneren Anhydridbildung ebensowenig befähigt sein, als die Fumarsäure, während die beiden Verbindungen in dieser Beziehung ein vollständig entgegengesetztes Verhalten zeigen. Fügen wir noch hinzu, daß nach dem Körnerschen Schema sämtliche Ortho- und Metadisubstitutionsprodukte des Benzols mit zwei verschiedenen Substituenten: C_6H_4XY, in aktive Komponenten spaltbar sein sollten,

1) Gaz. chim. **4**, 444 (1874).
2) Phil. Mag. **26**, 426 (1888).
3) J. pr. Chem. (2) **44**, 137.

weil ihre Konfigurationsformeln in zwei, im Verhältnis von nicht deckbaren Spiegelbildern zueinander stehenden Modellen konstruiert werden können, so dürfen wir darauf verzichten, noch mehr Argumente gegen diese Raumformel des Benzols anzuführen.

Die Diagonalformel von A. CLAUS hat durch J. E. MARSH [1]) und J. LOHSCHMIDT [2]) eine zweite räumliche Auflösung erfahren, die stereochemisch mit der von v. BAEYER [3]) für die zentrische Benzolformel entwickelten Vorstellung und der Formel von E. ERLENMEYER jun. [4]) übereinstimmt. Das Modell wird erhalten, wenn man sechs Tetraëder auf einer Ebene um einen Mittelpunkt, wie in der beistehenden Figur, anordnet, wodurch die Kohlenstoffatome und die Wasserstoffatome in zwei parallele Ebenen zu liegen kommen.

Fig. 106.

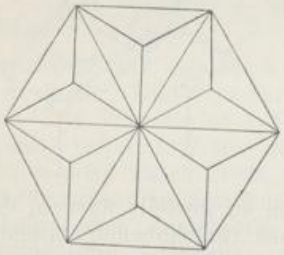
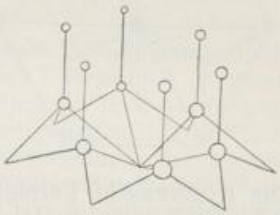
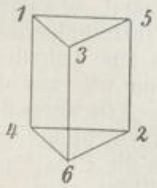


Fig. 107.



In stereochemischem Sinne bietet diese Formel gegenüber der einfachen Annahme, daß sämtliche Kohlenstoff- und Wasserstoffatome in einer Ebene liegen, keine Vorteile; aber auch die Nachteile sind nicht so hervortretend, wie bei der KÖRNERschen Konfiguration. Es sei deshalb nur hervorgehoben, daß auch hier Ortho- und Metadisubstitutionsprodukte: C_6H_4XY, in aktiven Formen auftreten sollten und daß man nach dieser Formel die leichte Bildung von Parabrücken erwarten sollte. Die von v. BAEYER, als Stütze für die Stellung der Wasserstoffatome in einer zur Kohlenstoffebene parallelen Ebene hervorgehobene Bildung von Cishexahydromellithsäure aus Mellithsäure könnte nur dann als beweisend angesehen werden, wenn es sich herausstellte, daß die sechs Wasserstoffatome gleichzeitig an die Mellithsäure angelagert werden, denn, sobald sich bei der Reaktion Zwischenprodukte bilden, verliert das Argument seine Beweiskraft.

Fig. 108.



Die CLAUSSche Benzolformel mit zwei Metabindungen und einer Paraverbindung ist von A. LADENBURG zur sogenannten Prismenformel ausgebaut worden (Fig. 108).

Die Prismenformel hat längere Zeit eine große Rolle gespielt, wohl hauptsächlich darum, weil sie eine einfache räumliche Verteilung der sechs Kohlenstoffatome darstellt. Die Vorteile, die sie dadurch bietet, sind aber nur scheinbare, denn die nähere Betrachtung lehrt, daß sie

1) Phil. Mag. **26**, 426 (1888).
2) Mon. f. Ch. **11**, 28 (1890).
3) Ann. **245**, 103 (1888).
4) Ann. **316**, 63 (1901).

gerade das, was die räumliche Gestaltung der Benzolformel eigentlich bezweckt, eine stabile räumliche Lagerung der Atome bildlich zum Ausdruck zu bringen, nicht zu leisten vermag. In der Prismenformel ist jedes Kohlenstoffatom gleichzeitig in einen Tri- und einen Tetramethylenring eingeschlossen; beide Ringe sind aber bekanntlich unbeständige Gebilde, so daß sich das Benzol unter Ringöffnung leicht isomerisieren sollte, was bekanntlich nicht der Fall ist. Ferner sollten sich nach der Prismenformel o- und m-Disubstitutionsprodukte: C_6H_4XY, in aktive Komponenten spalten lassen und Orthodikarbonsäuren sollten keine Anhydride bilden, u. s. w., Folgerungen, die in den Tatsachen keine Stütze finden. Die Prismenformel ist bekanntlich dadurch zu Fall gekommen, daß sie, wie v. Baeyer nachgewiesen hat, Bildungen und Reaktionen gewisser Benzolderivate nicht erklären kann, und es scheint mir, daß sie auch dem Ausspruch A. Ladenburgs: „allen statischen Verhältnissen des Benzols trage die Prismenformel am besten Rechnung", nicht in vollem Maße genügen kann.

Das Bestreben, der Konstitution des Benzols eine räumliche Gestalt zu verleihen, hat ferner zur Aufstellung der Stereoformeln, von F. Herrmann[1]), R. Meyer[2]), J. Thomsen[3]) und H. Sachse[4]) geführt.

F. Herrmann hat das Problem in eigenartiger Weise behandelt; er sagt: „Die Ermittelung der verschiedenen Möglichkeiten der räumlichen Lage der Atome innerhalb des Moleküls einer Kohlenstoffverbindung muß auf Grund einfacher geometrischer Betrachtungen möglich sein, bei denen jede Voraussetzung über die Natur des Kohlenstoffatoms ausgeschlossen ist." Als wahrscheinliche Lösung der in dieser Form gestellten Aufgabe hat er folgendes Modell (Fig. 109) konstruiert, in welchem sich die sechs Kohlenstoffatome in den Ecken eines Oktaëders befinden, während die Wasserstoffatome ein Hexagon auf einer Medianebene des durch die Kohlenstoffatome orientierten Hexaëders bestimmen.

Da dieser Benzolformel die für unsere Struktur- und Stereoformeln notwendige Grundlage der Atombindungen fehlt, so können wir von ihrer näheren Betrachtung Umgang nehmen.

Fig. 109.

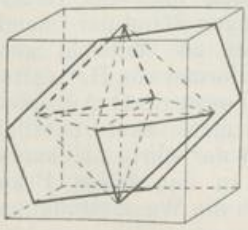


Fig. 110.

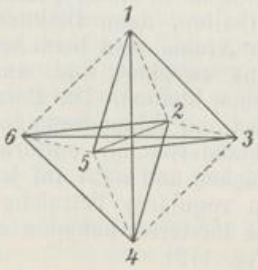
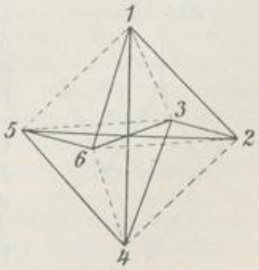


Fig. 111.



1) Berl. Ber. **21**, 1949 (1888).
2) Berl. Ber. **15**, 1825 (1882).
3) Berl. Ber. **19**, 2944 (1886).
4) Berl. Ber. **21**, 2530 (1888); **23**, 1363 (1890).

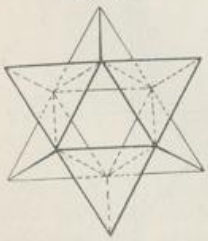
Die Konfigurationsformeln von R. MEYER und von J. THOMSEN kann man als Oktaëderformeln bezeichnen, weil für beide vorausgesetzt wird, daß die sechs Kohlenstoffatome des Benzols, von denen jedes mit drei anderen Kohlenstoffatomen verbunden ist, in den Ecken eines Oktaëders liegen.

Die beiden Formeln unterscheiden sich, wie die Figuren 110 und 111 zeigen, nur durch die verschiedene Stellung der sogenannten peripheren, in der Richtung der Oktaëderkanten wirkenden Bindungen. In der Formel von R. MEYER entsprechen die Valenzbindungen den in der Prismenformel angenommenen; in der THOMSENschen sollen die axiären Bindungen als normale einfache Bindungen wirken und von den peripheren soll sich jede zweite auflösen lassen, ohne die Stabilität des Achsensystems aufzuheben.

J. THOMSEN hat, wie er sich ausdrückt, seine Formel aufgestellt, weil die Anordnung der Kohlenstoffatome naturgemäß eine räumliche sein müsse. Zur Annahme von neun einfachen Bindungen sah er sich durch die Verbrennungswärme des Benzols veranlaßt, welche jedoch, wie aus den STOHMANNschen Untersuchungen über die hydrierten Terephtalsäuren und aus den in ziemlich weiten Grenzen variierenden Verbrennungswärmen analog konstituierter Verbindungen geschlossen werden darf, eine solche Schlußfolgerung nicht genügend begründet. Warum von den sechs Peripherieverbindungen sich nur drei lösen lassen, darüber gibt THOMSEN keinen Aufschluß. Uebrigens unterscheidet sich die THOMSENsche Formel stererochemisch von der KÖRNERschen nur wenig. In der THOMSENschen Formel haben wir ein reguläres Oktaëder, in der KÖRNERschen ein verschobenes; in dieser wird angenommen, die Axialbindungen seien die schwächeren, in jener, daß sich drei Peripheriebindungen auflösen lassen. Immerhin ist die KÖRNERsche Formel der THOMSENschen noch überlegen, weil sie sich bestimmten strukturellen Grundlagen besser anpaßt.

Die Formel von H. SACHSE erhält man durch Zusammenfügen von sechs Tetraëdern in bestimmter Ordnung. Als Prämisse stellt SACHSE den Satz auf: „Das Kohlenstoffatom besitzt, gleichviel wie es im übrigen gestaltet sein mag, vier Punkte von größter gleicher Entfernung vom Mittelpunkt, die in den Ecken eines Tetraëders liegen und nach denen die Affinitätskraft gerichtet ist.“ Ueber das Hypothetische in dieser Prämisse wollen wir uns nicht aufhalten, denn Diskussionen über die Gestalt der Atome sind beim heutigen Stand der Chemie ganz zwecklos und werden es vielleicht auch immer bleiben. Die Benzolformel von H. SACHSE wird nun folgendermaßen konstruiert: An einem Oktaëdermodell entfernt man zwei parallele Flächen und setzt auf jede der übrig bleibenden ein reguläres Tetraëder; an den freien Ecken des letzteren befinden sich die Wasserstoffatome (Fig. 112).

Fig. 112.



Die diesem Modell entsprechende Formel soll folgende Eigenschaften und Vorzüge besitzen: Drei Affinitäten jedes Kohlenstoffatoms werden von den Nachbaratomen so in Anspruch genommen, daß eine normale Bindung anderer Elemente, ohne Aenderung des Systems, nicht stattfinden kann. Der so gebaute sechsgliedrige Ring

soll der stabilste von allen möglichen, aus beliebig vielen Kohlenstoffatomen, in beliebiger Weise gebildeten Ringen sein, weil nur in ihm jedes Kohlenstoffatom so mit jedem seiner beiden Nachbaratome verbunden ist, daß es sich in Gleichgewichtslage befindet, und periodische Bewegungen einzelner Kohlenstoffatome nicht möglich sind, so daß sich das System nur als Ganzes bewegen kann.

Wir haben in dieser Formel somit den starrsten Ausdruck festverankerter Atome in den Molekülen, eine Annahme, die unserer Wissenschaft noch niemals Nutzen, aber schon sehr großen Schaden gebracht hat. Daß sich auch gegen das Konfigurationsbild selbst, da es für Polysubstitutionsprodukte optische Isomerie verlangt, ferner die Absättigung von drei Kohlenstoffvalenzen in einem Punkt erfordert u. s. w., vieles einwenden läßt, sei nur der Vollständigkeit halber erwähnt. Auch das Sachsesche Modell kann der Benzoltheorie nicht bieten, was man durch räumliche Anordnung der Atome des Benzolmoleküls angestrebt hat, nämlich ein besseres Bild der Atombeziehungen zu gewinnen, als es auf alleiniger Grundlage der Strukturformeln möglich ist.

Wenn man sich, wie die obige kurze Uebersicht gelehrt, der Ueberzeugung nicht verschließen kann, daß alle versuchten räumlichen Gruppierungen für die Frage nach der Konfiguration des Benzolmoleküls keine positive Lösung ergeben, so wird man zum Schluß wieder zur einfachsten Annahme: die Kohlenstoffatome und die Wasserstoffatome seien in derselben Ebene gruppiert, zurückkehren. Diese Annahme ist auch tatsächlich die einzige, die sowohl den bekannten Erscheinungen der Orthokondensation als auch den noch eingehend zu besprechenden Reaktionsverhinderungen durch Orthosubstituenten in vollem Maße gerecht wird und die auch für Disubstitutionsprodukte: C_6H_4XY, u. s. w. keine optische Aktivität verlangt, was um so mehr hervorzuheben ist, als die zahlreichen in der Natur aufgefundenen aromatischen Verbindungen, die auf Grund der meisten anderen Konfigurationen in aktiven Formen auftreten sollten, in Wirklichkeit stets inaktiv erhalten wurden. Fügen wir noch hinzu, daß auch spezielle Versuche zur Spaltung solcher aromatischer Verbindungen, z. B. die von Le Bel[1]) mit Orthotoluidin und die von J. Lewkowitsch[2]) mit Metahomosalicylsäure: $C_6H_3(CH_3)(COOH)(OH)$ (1. 2. 3.), β-Orthohomooxybenzoësäure: $C_6H_3(OH)(CH_3)(COOH)$ (1. 2. 3.) und Metoxytoluylsäure: $C_6H_3(OCH_3)(CH_3)(COOH)$ (1. 2. 3.), ausgeführten, immer negativ ausgefallen sind, so dürfte der Schluß begründet sein, daß die Konfigurationsformel mit sämtlichen Kohlenstoff- und Wasserstoffatomen in derselben Ebene den heutigen Tatsachen am besten Rechnung trägt. Als strukturelle Grundlage wird man einen vollkommen symmetrisch gebauten Kohlenstoffsechsring wählen müssen. Zu einem solchen gelangt man auf Grund der von mir über die Affinität entwickelten Vorstellung[3]), deren wesentliche Gesichtspunkte auf S. 15 erläutert wurden. Auf die Konstitution des Benzols übertragen, ergibt sie folgendes.

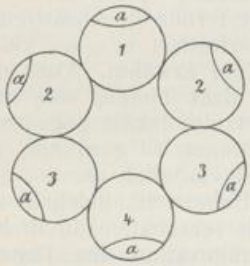
Denken wir uns sechs Kohlenstoffatome zu einem Ring verbunden. Dadurch, daß diese Kohlenstoffatome in denselben Ring eingeschlossen

---

1) Bull. soc. chim. 8, 98 (1887).
2) Chem. Soc. Journ. 1888, 781; Berl. Ber. **16**, 1567 (1883).
3) Beiträge zur Theorie der Affinität und Valenz. Vierteljahrsschrift der Züricher naturforschenden Gesellschaft 1891.

sind, kommt jedes in die Wirkungssphären der Affinität sämtlicher anderer Atome und gleichzeitig wird auch ein Heraustreten aus diesen Wirkungssphären verhindert. Da nun im Benzol jedes Kohlenstoffatom gleichviel Affinität zur Bindung der anderen Kohlenstoffatome zur Verfügung hat, so wird der statische Zustand des Moleküls der sein, in dem sämtliche Kohlenstoffatome, unbekümmert ihrer gegenseitigen Stellung, durch möglichst große, wenn auch verschiedene Beträge von Affinität verbunden sind.

Fig. 113.



Ueber diese Beziehungen gewinnt man durch eine symbolische Vorstellung, die an folgender Figur erläutert werden soll, am besten Klarheit.

Man denke sich die von einem Kohlenstoffatom aus zur Wirkung kommende Affinität ähnlich einer Lichtemission und nehme beispielsweise an, Atom 1 [1]) (Fig. 113) sei leuchtend und bestrahle die fünf anderen Atome. Alsdann werden die beiden in Orthostellung befindlichen Kohlenstoffatome 2 von 1 die größten, und zwar gleiche Mengen Licht empfangen. Die Metakohlenstoffatome 3 werden dagegen durch die Orthokohlenstoffatome zum größten Teil in den Schatten gestellt und deshalb nur durch sehr wenig Licht beleuchtet, das außerdem noch durch eine größere Entfernung abgeschwächt sein wird. Das Parakohlenstoffatom 4 endlich wird zwar eine bedeutende Lichtmenge empfangen, deren Wirkung aber durch eine noch größere Entfernung von Atom 1 erheblich geschwächt sein wird.

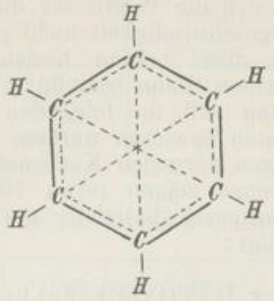
Ganz Aehnliches muß für den Affinitätsaustausch gelten. Zwischen den Orthokohlenstoffatomen wird also die größte Menge Affinitätskraft und zu gleichen Beträgen zur Wirkung kommen. Zwischen den Metakohlenstoffatomen kann nur ein sehr geringer Affinitätsaustausch stattfinden, der auch noch durch die zwar unbekannte, jedenfalls aber sehr bedeutende Abnahme der Affinität mit der Entfernung der Atome vermindert sein wird. Die Parakohlenstoffatome werden durch ziemlich große Beträge von Affinitätskraft aneinander gebunden sein, doch wird die Parabindung, wegen der relativ weitesten Entfernung der beiden Atome, geringere Festigkeit besitzen. Man wird im Benzolmolekül also weder von einfachen, noch doppelten, noch diagonalen (Para-)Bindungen im gewöhnlichen Sinne des Wortes reden können.

Führen wir, um die soeben entwickelte Ansicht den herrschenden Vorstellungen etwas näher zu bringen, den von J. Thiele entwickelten Begriff der Partialvalenzen ein, so werden wir den wesentlichen Inhalt unserer Formel etwa folgendermaßen charakterisieren können. Im Benzolmolekül sind die sechs Kohlenstoffatome ringförmig in einer Ebene und die Wasserstoffatome vollkommen symmetrisch in derselben Ebene außerhalb des Kohlenstoffringes angeordnet. Orthoständige Kohlenstoffatome sind durch eine Valenz und eine Partialvalenz, paraständige

1) Die in der Figur mit *a* bezeichneten Flächen sind die Bindeflächen der Wasserstoffatome, interessieren uns also weiter nicht.

durch je eine Partialvalenz miteinander verbunden. Als bildlicher Ausdruck dieser Benzolformel kann folgendes Schema dienen:

Fig. 114.



IV. Ueber den Einfluss der räumlichen Stellung von Atomgruppen auf den Verlauf chemischer Reaktionen.

1. Sterische Hinderungen bei der Veresterung von Karbonsäuren.

a) Karbonsäuren der Fettreihe.

Es ist bekannt, daß die Esterifizierungsgeschwindigkeit, d. h. die Schnelligkeit, mit der folgender Umsatz stattfindet:

$$ROH + R_1 \cdot COOH = H_2O + R_1 \cdot COOR,$$

in hohem Grade von der Natur des Alkohols und der Säure abhängig ist.

Der Einfluß der Konstitution des Alkohols zeigt sich, nach den Untersuchungen von N. MENSCHUTKIN[1]), in einer Abnahme der Geschwindigkeit der Esterbildung, und zwar nimmt die Reaktionskonstante in folgender Reihenfolge: Methylalkohol, primäre, sekundäre, tertiäre Alkohole, ab; der Umsatz verläuft also um so langsamer, je mehr Alkylreste an das die Hydroxylgruppe tragende Kohlenstoffatom gebunden sind. Dieser Einfluß kann darauf zurückgeführt werden, daß die Häufung der Kohlenstoffradikale gleichsam zu einem räumlichen Schutz für die Hydroxylgruppe wird, der sie den äußeren Einwirkungen weniger zugänglich macht. In gleichem Sinne wird die Esterifizierungsgeschwindigkeit durch die strukturelle Verschiedenheit der Säuren beeinflußt, denn in folgender Reihe von Säuren:

$$\begin{array}{c} CH_3 \\ | \\ COOH \end{array}, \quad \begin{array}{c} CH_3 \\ | \\ CH_2 \\ | \\ COOH \end{array}, \quad \begin{array}{c} CH_3 \quad CH_3 \\ \diagdown \quad \diagup \\ CH \\ | \\ COOH \end{array}, \quad \begin{array}{c} CH_3 \\ | \\ CH_3-C-CH_3, \\ | \\ COOH \end{array}$$

wird die Esterifizierungsgeschwindigkeit immer kleiner.

Also auch hier wirkt die Häufung von Alkylgruppen an dem karboxylierten Kohlenstoffatom hemmend auf den Reaktionsverlauf, d. h. die Karboxylgruppe wird dadurch weniger reaktionsfähig. Während aber durch die Natur der Alkohole auch die Veresterungsgrenze in gleichem Sinne beeinflußt wird, also in folgender Reihen-

1) Literaturangaben s. in BEILSTEINS Handb. d. org. Chemie, 2. Aufl., I. Teil, p. 371 f.