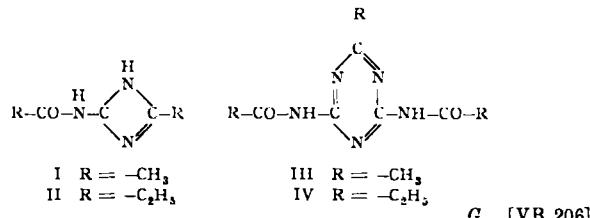


Chemisches Colloquium am 9. Juni 1950

C. H. GRUNDMANN, Berlin: Über die Acylierung des Guanidins.

Bei der Acetylierung des Guanidins entsteht neben den normalen Mono- und Diacetyl-Verbindungen das sog. Anhydriodiacetylguanidin, das von Kordörfer nach (I) formuliert wurde. Es konnte gezeigt werden, daß diese Verbindung in Wirklichkeit 3,4-Diacetamino-6-methyl-1,3,5-triazin (III) ist. Analog entsteht aus Propionsäure-anhydrid und Guanidin nicht (II), sondern (IV). Der Mechanismus der Bildung dieser Triazin-Derivate wurde diskutiert.



Hauptversammlung des Vereins der Textilchemiker und -Coloristen

4. bis 6. Mai in Badenweiler

Vom 4. bis 6. Mai 1950 fand in Badenweiler die diesjährige Tagung des Vereins der Textilchemiker und -Coloristen statt. Sie wurde von rund 400 Teilnehmern, darunter zahlreichen Fachleuten aus dem Ausland, besonders aus der Schweiz besucht. E. Elöd, Badenweiler, eröffnete die Tagung als Präsident des Vereins der Textilchemiker und -Coloristen und urriß in einem Übersichtsvortrag die weltwirtschaftliche Bedeutung der Textilindustrie, die Entwicklung der einzelnen Faserarten unter besonderer Berücksichtigung der Chemiefasern und des Rayons. Der zweite Teil des Vortrages war aktuellen Problemen der Faserforschung und einer Erläuterung des Pegriffes „Faserschonende Textilveredlung“ gewidmet. Unter diesem Motto standen die Einzelvorträge der Tagung, die zum größten Teil in den Melliand-Textilberichten veröffentlicht werden sollen.

H. ZAHN, Heidelberg: Veränderungen der Wolle durch chemische und thermische Einwirkungen.

Bei der Einwirkung von Wasser auf Keratinfasern sind Temperatur und Zeit die wesentlichen Faktoren. Unter 100° C und bei kurzen Versuchszeiten ist die Relaxation gedehnter Fasern die auffallendste Veränderung. Bei 80° tritt vor allem Hydrolyse von Cystin-Bindungen, bei 100° Überlagerung von Cystin- und Säureamidgruppen-Spaltung mit einer partiellen Auflösung von Keratinen auf. 8 Tage mit Wasser gekochte Wolle zeigt im Röntgenogramm die Interferenzen des d-Keratins. Bei 130° (Versuche im Bombenrohr) erweichen Haare in Wasser und verkürzen sich um etwa 30% ihrer ursprünglichen Länge. Um die Aminosäure-Zusammensetzung der früher Wollgelatine genannten Substanzen aufzuklären, die sich in kochendem Wasser aus Wolle lösen, wurden papyrographische Versuche durchgeführt (80 proz. Isobuttersäure, ferner 400 Teile Isobutanol und 75 Teile 2-n-Essigsäure als Lösungsmittel). Die Wollgelatine ist ein Gemisch von Polypeptiden, nach deren Hydrolyse dieselben Aminosäuren wie in der Wolle, jedoch in abweichenden Konzentrationen gefunden wurden. Wolle gibt an kaltes Wasser in 24 h 0,06% lösliche Substanz ab, die sich in ihrer Zusammensetzung durch eine Verarmung an apolaren Aminosäuren von Wolle unterscheidet. — Der thermische Abbau von Wolle und Rößhaaren wurde zwischen 120–210° (jeweils 24 h) untersucht. Auf 200° erhitze Wolle zeigte im Hydrolysat das Verschwinden von Threonin und eine Abnahme des Cystin- und Prolin-Gehaltes. Der Kohlenstoffgehalt steigt an.

Aussprache:

J. Voß, Biebrich: Wurde beim thermischen Abbau in Gegenwart von Sauerstoff gearbeitet? Vortr.: Ja. Die Analysen sprechen nicht für eine Oxydation, sondern eine thermische Zersetzung des Keratins.

R. STADLER, Ludwigshafen/Rh.: Entwicklung und derzeitiger Stand der faserschonenden Wäsche von Wolle, bes. im sauren Medium.

Mit den Alkyl-polyglykoläthern, welche nicht auf die Faser aufziehen, gelang es, eine wirtschaftlich tragbare Wollwäsche durchzuführen. Heute ist die neutrale bzw. schwach alkalische Wollwäsche weitverbreitet.

J. BADER, Krefeld: Über das Schlichten.

Zusammenfassung der beim Schlichten maßgebenden Faktoren unter besonderer Würdigung der kolloidalen Erscheinungen beim Trocknen der Schlichtfilme sowie bei der Anwendung der Leinölschlichte.

Aussprache:

Muhr, Basel: Welche Erfahrungen wurden mit Polyvinylschlichte gemacht? Vortr.: Diese Schlichte hat sich sehr gut bewährt.

J. VOSS, Eibach: Enzymatische Entschichtung.

Der enzymatische Abbau von Stärke und die wichtigsten Eigenschaften der Malz-, Pankreas- und Bakterienamylasen wurden beschrieben. Die thermische Beständigkeit der Bakterienamylasen erreicht nach Stabilisierung 80° C. Zur wissenschaftlichen Untersuchung des Entschichtungsgrades wird Verzuckerung der Reststärke auf der Faser und Titration der entstehenden Zucker vorgeschlagen.

Aussprache:

E. Schubert, Basel: Wir haben noch nie eine Bakterienamylase gesehen, die bei 80° nach 5 min noch zu 70% aktiv war. Vortr.: Unsere Präparate sind mit Stärke stabilisiert. Wir erreichten Beständigkeiten bis zu 90°.

J. MÜLLER, Krefeld: Küpenfärbung von Polyamid- und Polyurethanseide.

Auch Polyamid- und Polyurethanfasern lassen sich mit Küpenfarbstoffen anfärben, wenn man die Bedingungen gegenüber den Vorschriften, die für das Färben von Cellulosefasern gelten, modifiziert. So ist die Oxydation der Leukoverbindungen auf den Polyamidfasern erschwert und das Egalisierervermögen herabgesetzt. Es ist nicht richtig, anzunehmen, daß Küpenfärbungen auf Polyamidfasern allgem. sehr wenig lichtecht sind. Durch geeignete Auswahl von Farbstoffen lassen sich Färbungen erzielen, die an Lichtechnheit entsprechen. Färbungen auf Cellulose nicht nachstehen. Die Farbaufnahme, Lichtechnheit und Egalisierung wird verbessert, wenn die Polyamidfasern vor der Färbung unter Druck gedämpft werden.

Aussprache:

H. Fröhlich, Badenweiler: Beim Dämpfen von Perlon U gehen möglicherweise isocyanat-Endgruppen in eine Carbaminsäure-Gruppe über, die nach Decarboxylierung eine Amino-Gruppe bildet. Dieser Chemismus könnte die erhöhte Aufnahme saurer und substantiver Farbstoffe durch gedämpfte Polyurethanfasern erklären. Brennecke: Fäden aus Polyamiden mit niedrigerem Molgewicht färben sich tiefer an als höhernolare Fasern. Muhr bestreitet die Notwendigkeit, mit Küpenfarbstoffen zu arbeiten, da sich Perlon und Nylon sehr echt mit Chromfarbstoffen anfärben lassen.

W. SCHÖNBERGER, Leverkusen: Druckschädigung.

Beim Küpenfarbstoff- und Buntätzdruck auf Baumwolle und Rayon wurde eine chemische Faserschädigung beobachtet. Metallverbindungen wie Eisen- oder Kupfersalze katalysieren hierbei den oxydativen Abbau der Cellulose durch Zersetzungprodukte des Rongalits. Aromatische Polyoxy- und Polyamino-Verbindungen wirken als Antioxydantien und verringern das Ausmaß der Schädigung.

W. von BERLEPSCH, Basel: Anwendung der Strahlung bei der Trocknung, sowie bei der Polymerisation von Kunstharzen auf Gebeben.

Beschreibung eines Wolltuchtrockners mit Wärmerückgewinnung in Verbindung mit einem Spannrahmen, wobei mit Infrarotstrahlen gearbeitet wird. Ferner wurde ein Laboratoriumsgerät mit beliebig variabler Strahlungsdosis und -Qualität entwickelt, mit welchem die Aushärtungsvorgänge bei der Polymerisation von Kunstharzen auf Gebeben systematisch erforscht werden können. Wenn man Dunkelstrahler verwendet und das Emissionsmaximum auf die wichtigsten Absorptionsbanden der jeweiligen Kunstharze abstimmt, kann die Wärme selektiv auf das Harz gerichtet werden, während die Faser selbst geschont wird.

H. HAAS, Remscheid-Lennep: Sonderverfahren der Gewebetrocknung.

Eine Diskussion der Arbeitsweise der Infrarot-, Hochfrequenz-, Leidgierungs- und Heißdampftrockner. Der Düsentrockner wird ausführlich beschrieben: Die Gewebe werden sehr rasch getrocknet, wobei die maximale Temperatur, auf die sich die Gewebe erhitzen, bei 120° liegt. Da die Einwirkungszeiten der Wärme bei dieser Temperatur nur 20 sec betragen, tritt keine Faserschädigung auf.

Aussprache:

E. Elöd, Badenweiler: Häufig werden Textilien zu rasch auf einen zu niedrigen Feuchtigkeitsgehalt heruntergetrocknet, während beim richtig geführten Trocknen der Normalwert des Feuchtigkeitsgehaltes allmählich von oben herab eingestellt werden soll. Stocker: Man sollte im Düsentrockner unter Ausschluß von Luft arbeiten. Muhr: Hinweis auf den englischen „Melted metal process“, wobei die mit Küpenfarbansätzen geklötzten Gewebe durch ein geschmolzenes Leichtmetallbad (103–107°) geführt werden.

G. SCHWEN, Ludwigshafen/Rh.: Versuche zur Normierung der Prüfungsmethoden von Textilhilfsmitteln.

Während Farbstoffe seit langer Zeit genormt werden, sind Textilhilfsmittel bisher nicht standardisiert worden. Im Zuge der Vorarbeiten der Arbeitsgruppe „Oberflächenaktive Körper“ im Technischen Ausschuß der Arbeitsgemeinschaft der Textilhilfsmittel-, Lederhilfsmittel- und Gerbstoffindustrie wurde eine Methode zur Prüfung der Netzwerkung ausgearbeitet und zahlenmäßig belegt.

H. STOCKHAUSEN, Krefeld: Grundsätzliches zum Kapitel Textilhilfsmittel.

Es wird gefordert, daß die sehr zahlreichen Textilhilfsmittel eindeutig deklariert, weitgehend normiert und analytisch standardisiert werden.

W. WELTZIEN, Krefeld: Die Arbeiten der deutschen Echtheitskommission.

Die Deutsche Echtheitskommission hat sich nach dem Kriege als Unterausschuß des Arbeitsausschusses C 9 „Faserstoffe und Textilien“ im Fachnormenausschuß für die Materialprüfungen der Technik neu gebildet. Sie stellt einen paritätischen Ausschuß von Vertretern der Farbenfabriken und der Veredler unter Hinzuziehung von Wissenschaftlern dar. Den Vorsitz hat der Vortr. Zwischen den schweizerischen, französischen und deutschen Echtheitskommissionen ist in Kürze mit einer Einigung zu rechnen, so daß für eine dringend erwünschte gesamt-europäische Abmachung eine wichtige Grundlage geschaffen sein wird.

H. BARTH, Leverkusen: Über das Dämpfen von Drucken auf Baumwolle, Kunstseide und Zellwolle.

Es wurden die wichtigsten Erfahrungen und Erkenntnisse über das Dämpfen bedrehter Gewebe aus Cellulosefasern zusammenfassend besprochen.

Eine kritische Wertung der wichtigsten Faktoren, welche bei einer erfolgreichen Ausrüstung von Textilien gegen Knittern zu berücksichtigen sind.

Aussprache:

E. Elöd, Badenweiler: Bei zunehmender Beladung der Cellulosehydrate-Fasern mit Vorkondensaten nimmt die Quellung ab und die Packungsdichte zu. Man kann Kunstharze auch bei etwa $pH = 6$ einwandfrei in der Faser auskondensieren. E. Landolt, Basel: Die Ciba hat einen neuen Katalysator entwickelt, bei dessen Verwendung der berüchtigte Fischgeruch der ausgerüsteten Gewebe nicht auftritt und die Lichtecheinheiten von Direktfarbstoffen nicht beeinträchtigt werden.

B. A. IER, Konstanz: *Über die Natriumchlorbleiche.*

Diskussionsreferat über Theorie und Praxis in der Anwendung des Natriumchlorits zum Bleichen von Textilien unter Mitwirkung von Elöd, Herget, Kehren, Christ und Muhr.

Z. [VB 216]

Chemisches Institut Universität Kiel

Ehrenpromotion am 17. Mai 1950

In musikalisch umrahmter feierlicher Sitzung überreichte der Dekan der Philosophischen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität in Kiel, Professor Dr. Gmelin, die Urkunden den von der Kieler Fakultät zu Ehrendoktoren ernannten Professoren der Universität Cambridge, H. J. Emeleus und A. R. Todd. Die in lateinischer Sprache abgefaßten Diplome heben sowohl die namhaften wissenschaftlichen Leistungen der verdienten Gelehrten in der anorganischen bzw. biochemischen Forschung hervor, als auch ihre tatkräftigen Bemühungen im Sinne völkerverbindender Arbeit, insbesondere ihr persönliches Eintreten für die deutsche chemische Wissenschaft nach dem Kriege. Mit Dankansprachen verbanden die englischen Gäste zwei Vorträge in deutscher Sprache.

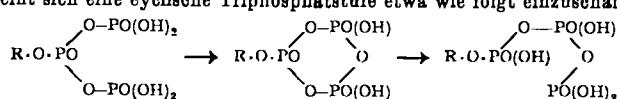
H. J. EMELEUS, Cambridge: *Die Bedeutung der Halogenfluoride für die präparative Chemie¹⁾.*

Im Gegensatz zu ClF_3 ist BrF_3 ein guter Leiter der Elektrizität. Dies ist auf eine Dissoziation in BrF_2^+ und BrF_4^- zurückzuführen. Diese Ionen finden sich auch in zahlreichen Verbindungen, die neu dargestellt werden konnten. So gibt es Säureanaloge wie z. B. $BrF_2^+ \cdot SbF_6^-$ und Basenanaloge wie $K^+ \cdot BrF_4^-$, $NO^+ \cdot BrF_4^-$ und $NO_2^+ \cdot BrF_4^-$. Mit beiden Stoffklassen können in BrF_3 als Lösungsmittel Neutralisationsreaktionen durchgeführt werden, z. B.: $BrF_2^+ \cdot SbF_6^- + KBrF_4^- = KSbF_6 + BrF_3$. Auf diese Weise werden sonst schwer darstellbare Stoffe erhalten z. B.: KVF_6 , KPF_6 , $KAsF_6$. $-JF_6$ reagiert ähnlich wie BrF_3 , ClF_3 dagegen gibt diese Reaktion nicht. Unter gewissen Vorsichtsmaßnahmen können BrF_3 und JF_6 auch mit organischen Verbindungen zur Reaktion gebracht werden; man erhält so z. B. CF_3J und C_2F_5J . Aus diesen lassen sich langketige, fluor-haltige Stoffe herstellen, außerdem Verbindungen wie $JHgCF_3$, $Hg(CF_3)_2$, $P(CF_3)_3$ und zahlreiche andere.

A. R. TODD, Cambridge: *Vitamine, Coenzyme und Nucleotide.*

Vortr. ging von den für ihn bei der Bearbeitung von Vitaminen im Vordergrund stehenden Fragen nach ihrem Wirkungsmechanismus, katalytischer Funktion und Spezifität aus. Daß solche Stoffe als Komponenten höchst komplizierter Fermentsysteme erkannt worden sind, rückt die Probleme dem Verständnis näher und macht begreiflich, daß die Lösung nicht ausschließlich durch Prüfung konstitutionell abgewandelter einfacher Vitamine zu finden ist. Vielmehr ist das Studium der Cofermente und ihres Zusammenspielns mit spezifischen Proteinen notwendig. So gesehen erscheint auch der biologische Antagonismus und seine chemotherapeutische Anwendung in neuem Licht. Die strukturellen Bedingungen für antagonistisch wirkende Verbindungen sind ebensowenig endgültig erkannt, wie sich bisher etwas Sichereres darüber aussagen läßt, ob der Antagonismus vor dem Aufbau von Cofermenten schon zur Geltung kommt oder erst später. Aus allem folgt zwingend, diese größeren Molekellverbände selbst und ihre Bindung an Proteine eingehend zu erforschen. Das allgem. Strukturschema der untersuchten Cofermente hält sich an den Plan: Base-Zucker-Phosphorsäure, eine Kombination, deren chemische Eigenart offenbar die Fähigkeit zum Aufbau spezifischer Fermentsysteme in sich birgt.

Aus dem Bereich der Nucleotid-Untersuchungen griff Vortr. das durch die Abspaltung einer Moleköl Phosphorsäure die Energiebilanz der Muskelarbeit beherrschende Adenosin-triphosphat heraus, namentlich zur Darlegung der drei Teilprobleme: Struktursynthese des Nucleosids, Gewinnung synthesegerechter Phosphorsäure-Derivate, Verkoppelung der beiden genannten Bruchstücke. Die im Falle des Adenosins schrittweise vorgenommene Anknüpfung dreier Phosphat-Reste²⁾ führt zum Schlußglied Adenosin-5'-tetrabenzyl-triphosphat, dessen Hydrolyse oder Hydrogenolyse die Nucleotidsynthese erfolgreich beendet. Die in den Zwischenstufen erforderliche Abspaltung nur eines Benzyl-Restes aus mehrfach benzylierten Phosphorsäureestern geschieht vorteilhaft durch Lithiumchlorid. Besonderes Interesse verdient die Beobachtung, daß eine Verknüpfung des Adenosins mit dem mittleren Phosphorsäure-Rest der Triphosphatkette nicht eine isomere, sondern eine mit dem natürlichen Adenosin-triphosphat identische Substanz entstehen läßt; demnach scheint sich eine cyclische Triphosphatstufe etwa wie folgt einzuschalten:



Die Bedeutung dieses Befundes für die biochemischen Vorgänge im Muskel wird z. Zt. mit Hilfe von Isotopen experimentell geprüft. K. [VB 213]

¹⁾ Vgl. dazu diese Ztschr. 62, 312 [1950]. ²⁾ Vgl. diese Ztschr. 60, 283 [1948].

Physikalisches Kolloquium Universität Marburg

am 19. Juni 1950

GORDON F. HULL, New-Hampshire: *Optische Experimente mit Mikrowellen.*

Die Anforderungen des letzten Jahrzehnts haben die Entwicklung von Elektronenröhren zur Erzeugung kürzester elektro-magnetischer Wellen so weit gefördert, daß heute serienmäßig hergestellte Typen für den Bereich der Zentimeterwellen vorliegen. Diese Röhren — Klystron genannt — arbeiten nach dem Laufzeitprinzip. Die von einer ergiebigen Kathode ausgehenden Elektronen werden in einem elektrischen Feld bis zu Energien von etwa 300 eV beschleunigt und durchsetzen dann einen Teil eines elektrischen Hohlraumresonators (HR)¹⁾. Sie werden dort je nach dem momentanen Schwingungszustand des HR beschleunigt oder verzögert, fliegen also im Takt der Schwingung des HRs mit unterschiedlicher Geschwindigkeit weiter. Nach einer bestimmten Laufzeit werden die schneller fliegenden Elektronen die langsameren eingeholt haben und am Ort der Überholung zu einer Häufung der Elektronen im Takt der Schwingung des HR führen. Durch Anbringen einer Reflektorelektrode richtet man es nun so ein, daß alle Elektronen vor ihrem wechselseitigen Überholen in ihrer Bewegungsrichtung umkehren, so daß die Stelle größter Dichtemodulation des Elektronenstrahles wieder in den HR fällt. Ein derartig durch den HR hindurchtretender dichtemodulierter Elektronenstrom kann an diesen Energie abgeben, so daß insgesamt eine einmal bestehende Hohlraumschwingung den Elektronenstrom sowohl steuert als auch gleichzeitig von ihm nach der Reflexion weiter aufrecht erhalten wird. Derartig gebaute Röhren — auch Reflexklystron genannt — ermöglichen die Erzeugung von elektromagnetischen Schwingungen zwischen 8500 Mhz und 9700 Mhz (3,1–3,5 cm) mit einer Leistung von 30 mW bei einem Wirkungsgrad von etwa 40 %. Die so erzeugte Schwingungsenergie läßt sich über eine koaxiale Leitung herausführen, deren Innenleiter in den HR nach Art einer Antenne hineinragt.

Im allgemeinen benutzt man jedoch zur Fortleitung dieser hochfrequenten elektrischen Schwingungen Hohlraumleiter (HL), in denen sich die an einer Stelle erregte elektrische Schwingung wellenförmig ausbreitet. Geeignet sind Rohre rechteckigen, aber auch solche kreisförmigen Querschnitts. Ihre Querdimensionen sind an bestimmte Mindestgrößen gebunden; sie müssen etwa den Betrag der halben Wellenlänge erreichen. Zu enge Rohre sind für elektrische Schwingungen undurchlässig, es sei denn, daß man durch Ausfüllen mit einem geeigneten Dielektrikum (Polystyrol) für eine „elektrische Vergrößerung“ der Abmessungen sorgt. In einem HL lassen sich verschiedene Wellentypen anregen, unter denen sich eine stets linear polarisierte Welle bei rechteckigem Querschnitt und eine zirkular polarisierte bei kreisrundem Querschnitt auszeichnet. Über ein pyramidenförmiges oder konisches Rohrstück (zur Anpassung des Wellenwiderstandes des HL an den des leeren Raumes) läßt sich die gebündelte Ausstrahlung elektromagnetischer Energie in den freien Raum vornehmen (Bündelöffnung etwa 8°).

Zum Nachweis von Zentimeterwellen benutzt man Krystall-detektoren auf Ge- oder Si-Basis, die eine der auffallenden elektromagnetischen Energie proportionale Gleichspannung abgeben. In einem HL rechteckigen Querschnitts in Richtung des elektrischen Feldes der in ihm allein anregbaren, linear polarisierten Welle eingebaut, ermöglichen sie über eine Intensitätsmessung hinaus die Festlegung des Polarisationszustandes der auf eine solche Empfangsanordnung einfallenden Zentimeterwellen. Mit einer derartigen Sende- und Empfangsanordnung ist der Bereich der cm-Wellen im Spektrum der elektromagnetischen Wellen der systematischen experimentellen Durchforschung zugänglich geworden. Analog zum Verhalten optischer Wellen lassen sich Reflexion und Absorption, Brechung und Doppelbrechung, Totalreflexion, Interferenz und Beugung beobachten²⁾. Dabei können zumeist dieselben Versuchsanordnungen wie in der Optik verwendet werden, da die kurze Wellenlänge von 3 cm das Hantieren mit gegenüber der Wellenlänge großen Gegenständen bequem zuläßt. Zur Absorptionsmessung wird z. B. die Probe in Plattenform zwischen Sender und Empfänger gebracht. Unter den verschiedensten Materialien zeichnet sich Polystyrol durch ein besonders kleines Absorptionsvermögen aus. In ähnlicher Weise lassen sich Reflexionsmessungen durchführen. Die stehenden Wellen vor einer spiegelnden Metallwand treten dabei deutlich in Erscheinung.

Die Bestimmung der Brechzahl von Materialien kann nach der gewöhnlichen Prismenmethode erfolgen. Mit Vorteil findet aber für diese Messungen ein der bekannten Michelson-Anordnung nachgebildeter Versuchsaufbau Verwendung. Das Analogon zur dichroitischen Substanz im lichtoptischen Fall wird durch eine mit Drähten parallel in geeigneten Abstand voneinander gespannte Sperrholzplatte gegeben, während eine aus parallel in geeignetem Abstand angeordneten Blechen bestehende Gitterwand sich wie eine doppelbrechende Substanz mit den Hauptbrechzahlen 0,6 und 1 verhält. Für eine derartige Anordnung ist der Ausdruck „Wellenleiter-Dielektrikum“ geprägt worden. In geeigneter Schichtdicke geben solche Gitterstücke das Analogon zur $\lambda/4$ oder $\lambda/2$ Plättchen der Optik. Auch durch regelmäßigen Einbetten von Metallkörpern in ein isolierendes Trägermaterial läßt sich künstlich ein Dielektrikum mit vorausberechenbaren Eigenschaften aufbauen.

Beugungsversuche zur *Fraunhofer*schen und *Fresnelschen* Beugung zeigen in gegenüber der Optik entsprechend vergrößerten Dimensionen die Gleichheit der lichtoptischen und der Zentimeterwellen. Der Nachweis

¹⁾ Die elektrischen Schwingungen eines von Metallwänden umgebenen Hohlraumes entsprechen den akustischen Eigenschwingungen der bekannten Helmholtzschen Resonatoren.

²⁾ Ausführliche Darstellung derartiger Experimente bei: G. F. Hull, Amer. J. Physics 17, 559 [1949].