

Zeitschrift:	Mitteilungen der aargauischen Naturforschenden Gesellschaft
Herausgeber:	Aargauische Naturforschende Gesellschaft
Band:	17 (1925)
Artikel:	Die kretinische Degeneration im Kanton Aargau : der Aargauer Kropf und sein Charakter
Autor:	Bircher, Eugen
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-172040

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 05.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Die kretinische Degeneration im Kanton Aargau.

Der Aargauer Kropf und sein Charakter.

Von Dr. Eugen Bircher.

Infolge seiner geographischen Lage eignet sich der Kanton Aargau wie wenige Gegenden zum Studium des eigentümlichen Krankheitsbildes, der sogenannten kretinischen Degeneration.

Im Vordergrunde des heutigen wissenschaftlichen und öffentlichen Interesses, ist in letzter Zeit wieder mehr die Frage nach *dem Wesen* des Kropfes gerückt worden. Die Fragestellung ist, um nicht falsch zu sagen, zu enge gefaßt, denn der Kropf ist nicht eine Krankheit für sich, sondern nach seinem anatomischen oder funktionellen Charakter, das Symptom einer Krankheit.

So ist er allerdings im Bilde der kretinischen Degeneration — das hervorstechendste, auch für den Laien augenfälligste Symptom. Wer aber den schwierigen Fragenkomplex lösen will, der muß das ganze Problem angehen. Es kann uns hier nicht interessieren die feinen Zusammenhänge in dem Krankheitsbilde, ob Sub- oder Coordination darzulegen, sondern wir müssen davon ausgehen, daß endemischer Kropf, eigentlicher Kretinismus mit seinen zahlreichen Übergangsstufen, Kretinoide und die endemische Taubstummheit, mit einander zusammenhängen. Dazu kommt noch das zu wenig erforschte, endemische Kropfherz, das mit den Herzstörungen bei Hyperthyroidismus nichts gemein hat, dessen Stellung als selbständiges Krankheitssymptom in der Gruppe der kretinischen Degeneration noch nicht endgültig abgeklärt ist. Ob weitere Störungen, wie die mongoloide Idiotie zum Kropfe Zusammenhänge aufweisen, ist noch nicht festgestellt. Auffallend ist jedenfalls, daß die mongoloide Idiotie, gerade in dem Gebiet der Endemie, wie auch Dr. Jenny, Kinderarzt, vermeldet, relativ stark verbreitet ist.

Der Aargau hat aus dem Grunde für dieses Forschungsgebiet eine große Bedeutung, als in ihm kropffreie und kropfverseuchte Gegenden unmittelbar aneinander stoßen, und zum Studium dieser so auffälligen Tatsache, die beste Gelegenheit darbieten, wie selten anderswo. So liegt speziell Aarau mit einer starken Belastung von Kropf unmittelbar an der Grenze

der Endemie, denn die Juradörfer sind zum Teil sehr gering belastet, zum Teil völlig kropffrei. Das ist eine alte, auffallende Tatsache, die für die ganze Schweiz gilt, dabei darf man allerdings nicht, — wie es neuerdings der Münchener Professor, Friedrich Müller tut, — die geologische Juraformation mit dem geographischen Begriff des Juragebirges verwechseln. Denn gerade im letzteren finden wir an seiner Nordabdachung gegen den Rhein zu, aber auch anderswo, eine zunehmende Belastung mit der Endemie.

Es ist daher verständlich, daß in solchen Gegenden die Affektion des Kretinismus immer wieder die Forscher angeregt hat, dem Wesen des Krankheitsbildes nachzugehen, um die Grundlagen zu dessen Bekämpfung zu erhalten. Für den Aargau war es kein Arzt, der zunächst die Aufmerksamkeit auf das Übel hinlenkte, sondern der geistig auf so vielen Gebieten tätige Mitbegründer unseres Staatswesens, *Heinrich Zschokke*, der im Jahre 1813 in der Gesellschaft für vaterländische Kultur, auf Grund einer Umfrage bei den Pfarrherren des neu gegründeten Kantons, über 104 (53 männl. und 51 weibl. bei 140 000 Einwohnern) Blödsinnige und Taubstumme, Bericht erstatten konnte, wobei er darauf hinweist, daß hierbei nur die schwersten Formen, nicht die reichhaltigen Übergangsbilder in Betracht gezogen wurden. Dabei fand er die absolut sichere, ihm sofort auffällige Tatsache, daß der Jura und das linke Aareufer vom Kretinismus frei, und daß die verseuchten rechtsufrigen Aareortschaften ungefähr gleich weit vom Jura entfernt waren. Eine an sich auffallende Beobachtung. Er möchte dies mit mangelhafter nicht senkrechter Sonnenbeleuchtung zum Teil, erklären.

Nicht uninteressant ist die Angabe seiner Details, wonach er in Asp im Jura in einem Haus Spuren von Kretinismus vorfand. Ich konnte vor 12 Jahren in demselben Hause ausgesprochen Kretinismus nachweisen, bei z. T. völliger Kropffreiheit dieses Dorfes. Die städtischen Gemeinden fand er weniger belastet als die ländlichen. Zur Verhütung empfiehlt er die Ausführung hygienischer Maßregeln.

Troxler trat der Auffassung *Zschokkes* bei, wobei er besonders hervorhob, daß das sonnige, schöne Gebiet des Aargauer hügellandes im Gegensatz zum gebirgigen Gebiete von der Affektion hauptsächlich ergriffen sei. Er schnitt auch die Frage des Einflusses der Luftelektrizität auf die Genese des Kretinismus an, im Vergleiche zu den neuerlichen Ausführungen *Répins*

und *Pfaundlers* über die fragliche Bedeutung radioaktiver Strahlungen für den Kretinismus, muten seine Ausführungen recht modern an.

Die nächste Bearbeitung der Kretinenverbreitung im Kanton Aargau verdanken wir *Michaelis*, der auch zugleich die Taubstummenstatistik gemeinsam mit der aargauischen medizinischen Gesellschaft durchführte. Seine Feststellungen bestätigen im allgemeinen die Angaben Zschokkes, erweiterten diese aber nicht unwe sentlich. So findet sich auf der Karte von Michaelis der breite von Kretinismus und Taubstummheit freie Streifen, der durch den Jura gekennzeichnet ist. Hier finden sich wieder ganz vereinzelte, kleine Herde, so wiederum einer in Asp, und schwache vereinzelte Posten an den Talausgängen im Schinznachergebiet, dagegen gegen den Rhein zu immer stärker zunehmende Gruppen an den Nordausgängen des Jura, mit erheblichern Centren im Mettauertal, Kaistental, während das Sisseln- und Magdental wieder schwächer belegt sind, ebenso das Gebiet des obern Rheintales im Bezirke Zurzach. Den Höhepunkt der Endemie finden wir ungefähr gleich stark im Suhr- und Wynental, schwächer im Wigger- und Aatal. In diesen Zuflußtälern gegen die Aare zu, hat man den Eindruck, daß talwärts, also gegen den Jura zu, die Endemie schwächer wird. Nun aber ganz auffallend ist die ganz schwache Belastung des gesamten *freien Amtes*, des Bünz- und Reußtales, die kleine Herde an ihren Ausgängen aufweisen, auch das Limmattal zeigt sich im allgemeinen nur schwach betroffen. Die Angaben von Meyer-Ahrens beruhen vollständig auf der Karte von Michaelis und bringen keine neuen Tatsachen.

Auf Veranlassung meines Vaters hatte der frühere Direktor von Königsfelden, Dir. Fröhlich, die Fälle von Kretinismus, die von 1872—1895 dort verpflegt wurden, zusammengestellt. Ich habe diese Zusammenstellung durch eine weitere Statistik, die dem Direktor Kielholz zur Verfügung stellte, bis 1925 ergänzt, mir auch eine Tabelle der in der Anstalt Bremgarten verpflegten Kretinen geben lassen und durch eine Umfrage bei den Ärzten den Stand der Epidemie zu erforschen gesucht. Dazu kommen meine Kenntnisse, die auf jahrelangen Kreuz- und Querfahrten in meinem Heimatkanton gewonnen werden konnten, sodaß ich mir wohl ein Urteil über die Verbreitung von Kropf und Kretinismus zumuten darf.

So ergibt sich heute folgendes Bild von der Verbreitung der Kretinen Endemie. Der ganze Jura im südlichen und mitt-

leren Teil ist kretinenfrei. Kleine Herde finden sich am Ausgang des Schinznachertales und in Asp. Am Nordhange des Jura ist die Endemie ungefähr gleich geblieben, der stärkste Herd zeigt Kaisten, Mettauer-, Sisseln- und Möhlintal weisen einen Rückgang auf.

Die stärkste Endemie ist konstant im Suhren- und Wynental geblieben, dann kommt das Wigger- und das Aatal. Mit Ausnahme der letztern ist aber auch in diesen Tälern die Endemie schwächer geworden, auch die Zahl der Übergänge zum Kretinismus scheint eine Rückbildung erfahren zu haben. Die Feststellung der sog. Kretinoiden läßt sich röntgenologisch fast mit Sicherheit durch einen sogenannten Humerus varus nachweisen. Nun folgt das Auffällige im Bünz- und im Reußtale, die früher meist schwach vom Kretinismus durchseucht waren, finden wir eine ganz erhebliche Zunahme der Affektion, die am stärksten in den untern Teilen dieser Täler in Erscheinung tritt. Orte, die 1813 und 1870 weder Kretinen noch Taubstumme kannten, weisen in den folgenden Jahrzehnten solche auf, und zwar scheinbar in Zunahme begriffen. So Anglikon, Wohlen, Hendschiken, Mellingen, Büblikon, Fahrwangen, Meisterschwanden etc. Ganz auffallend ist die Zunahme auch im Limmattal ausgesprochen, wo Wettingen, Würenlos, Baden und das untere Siggental früher unbekannte Herde aufweisen. Zwei Drittel der berichtenden Ärzte machten die Angabe, daß ihrem Eindrucke nach die Endemie einen Rückgang erfahren, während ein Drittel weder Vergrößerung noch Rückgang gesehen haben, gerade diese meist im östlichen Teile des Kantons.

Aus dieser kurzen Beobachtung geht bestätigend hervor, daß der Aargauerjura in gewissen Partien eine absolute dauernde Immunität dem Kretinismus gegenüber aufweist, daß aber im Gebiete der Endemie Variationen im Laufe der Zeit vorkommen, daß in dieser Richtung im Laufe der letzten 100 Jahre ein Wandern der Endemie von Westen nach Osten stattgefunden hat.

Es ist daher nicht unwichtig, bei dieser Frage nun auch die eigentliche Kropfendemie in Berücksichtigung zu ziehen, und hier nachzuprüfen, wie es mit diesen Verhältnissen steht. Wir können uns dabei allerdings bedauerlicherweise nicht auf eine hundertjährige Erfahrung stützen, aber immerhin auf eine nun nahezu fünfzigjährige. Schon diese gibt uns bedeutsame Anhaltspunkte.

Schon *Frey* konnte 1876 feststellen, daß der eigentliche Jura, der geologische Jura vom Kropfe frei sein, dagegen die nördlichen Überdeckungen gegen den Rhein zu die triasischen Gebilde von Buntsandstein, Muschelkalk und Keuper vom Kropfe ergriffen seien, am wenigsten die letztere, wie auch die im Kanton nach ihm folgende, Süßwassermolasse sich schwächer als die Meeresmolasse belastet erwiesen.

Diese Befunde wurden von meinem Vater, *H. Bircher* dahin erweitert, daß er fand, daß die Süßwasserbildungen, speziell im obern Freiamt von der Endemie relativ verschont blieben, während die Meeresmolasse und die Triasbildungen hauptsächlich Muschelkalk und Buntsandstein sich als am stärksten belastet erwiesen.

Die ganze hydro-tellurische Theorie der Kropfgenese soll hier nicht aufgerollt werden. Werfen wir einen Blick auf die Karte meines Vaters, so sehen wir, daß die Kropfendemie ziemlich genau der Kretinenendemie gefolgt ist. Wir finden das Hauptzentrum im Molassegebiet des Suhr-, Wynen- und Aatales sehr stark qualitativ und quantitativ ausgesprochen. Etwas schwächer erzeugt sich die Endemie im obern Freiamt, während das untere Bünz- und Reußtal eine stärkere Belastung aufweisen, die im Limmattal noch etwas stärker ausgesprochen erscheint, während dort der Kretinismus bei *Michaelis* noch nicht sehr stark hervorzutreten scheint. Im Rheintal und an den Nordausgängen des Jura haben wir eine nach Norden zunehmende Endemie, während der Jura in seiner großen breiten Masse völlig immun erscheint.

Eine Kropfkarte s. Z. im Jahre 1910 für das Mittel 1884 bis 1891 berechnet, erzeugt ähnliche Verhältnisse, doch sind dort die Bezirke nicht in kropffreie und behaftete Gegenden getrennt worden. Ähnlich steht es mit den Untersuchungen von 1908 und denjenigen Stiners. Wir finden so einander gegenübergestellt bei den Rekruten:

Bezirk	1884/91		1908	Stiner 1921/23
	%	%	%	%
Zofingen	17	6,27	10—15	
Kulm	18,5	15,94	10—15	
Lenzburg	18,1	7,76	10—15	
Aarau	11,7	6,61	10—15	
Baden	19,6	7,38	20—30	
Bremgarten	14,6	13,70	20—30	
<i>Muri</i>	10,4	17,32	20—30	

Bezirk	1884/91	1908	Stiner 1921/23
	%	%	%
Brugg	8,3	2,3	3—10
Laufenburg	9,1	3,7	5—10
Rheinfelden	10,4	5,79	5—10
Zurzach	11,6	1,3	20—30

Diese Zahlen, die allerdings nur nach den Bezirken geordnet sind, und somit kropffreie und kropfbelastete Gebiete nicht scharf von einander trennen, geben schon in großen Zügen an, daß die Kropfbelastung einer Gegend sehr variabel sein kann.

Schon ein Blick auf die Statistiken von 1884/91 und 1908 zeigt wieder die vorwiegenden Jurabezirke am schwächsten von der Endemie betroffen, dagegen ist nicht mehr der alte Aargau das Zentrum der Kropfendemie, sondern es hat eine deutliche Verschiebung nach dem Osten stattgefunden, die freien Ämter und der Bezirk Baden zeigen ganz erheblich größere oder gleich starke Kontingente wie der alte Aargau, wobei das obere freie Amt schwächer belastet erscheint als das untere. Gegenüber den *Bircherschen* Zahlen sehen wir einen Rückgang in den Bezirken Kulm, Lenzburg, Aarau, einen Stillstand in Zofingen. Das drückt sich noch viel schärfer aus, wenn die *Stinerschen* Zahlen herangezogen werden.

Es erschien mir daher nicht ganz überflüssig, an Hand der *Stinerschen* Zahlen doch etwas näher in die Details einzelner Gegenden einzugehen, und die Details der einzelnen Orte für die Jahre 1921/22 mit den Zahlen von Bircher zu vergleichen. Nehmen wir zunächst die stark behafteten Bezirke der Aargauer Molasse Gegend. Zofingen, Kulm, Aarau, Lenzburg, dann die früher schwächer kropfbelasteten Bezirke Baden, Muri, Bremgarten und zuletzt die aus kropffreien und kropfbelasteten Gegend bestehenden gemischten Bezirke Brugg, Laufenburg, Rheinfelden und Zurzach.

Molassegebiet des Wigger-, Suhr-, Wynen- und Aatales.

1. *Wiggergebiet*. Das Haupttal abwärts von Brittnau bis Aarburg hat eine Abnahme der Endemie erfahren, ebenso ausgesprochen das Tal der Pfaffnern. Die Abnahme beträgt meist über 5 bis zu 15 Prozent, also das ganze Gebiet, da wo die Süßwassermolasse hervortritt, zeigt eine deutliche Abnahme der Endemie.

2. *Suhrgebiet*. Im Tal der Uerke ist eine Zunahme festzustellen, ebenso in Safenwil, während Kölliken eine Abnahme, wenn auch geringern Grades aufweist. Man muß es für dieses

Dorf offen lassen, ob nicht der Jura des Engelberges hier seinen Einfluß geltend macht.

Sehr stark behaftet erhalten hat sich das ganze

Suhrtal. Im obern Teil lebt die alte Endemie in derselben Stärke fort, oder hat eher noch etwas zugenommen. In den untern Teilen, im Ruedertal und in Schöftland ist eher ein Rückgang zu verzeichnen.

Wynental. Der obere Teil weist eine ganz erhebliche Abnahme in den früher sehr stark verseuchten Partien. Das stark behaftete Gränichen ist stationär geblieben, dagegen weisen die Talausgänge Suhr, Buchs ähnlich wie Muhen eine Zunahme auf. Die Hochplateau-Dörfer Dürrenäsch, Leutwil weisen einen Rückgang auf.

Aatal. Das ganze Aatal inklusive die Gebiete westlich und östlich des Hallwilersees zeigen eine deutlich ausgesprochene Abnahme der Endemie, nur ganz vereinzelt findet in einem Dorfe eine Zunahme. Zum Teil ist die Endemie ganz erheblich zurückgegangen. In den freien Ämtern haben wir eine sehr stark ausgesprochene Zunahme der Endemie zu verzeichnen, die da und dort ganz erhebliche Größen erreicht, oft das 2—5fache der frühern Stärke ausmacht.

Eine Zunahme findet sich auch abwärts des Laufs der Reuß und der Beginn eines größern Herdes in der Gegend von Boswil, Bünzen, Waldhäusern, Waltenschwil, dieses ist ein sehr starker Herd. Die Dörfer, abwärts der Bünz, Wohlen, Villmergen, Anglikon, Dottikon, Dintikon, Hendschikon, Othmarsingen verzeichnen durchwegs eine Zunahme, während die Dörfer am Kestenbergerjura Brunegg-Mägenwil einen Rückgang zu verzeichnen haben. Aber auch am Zufiker- und Lunkhoferberge finden wir eine erhebliche Zunahme, die sich auf das untere Reußgebiet überträgt, dort überall eine leichte, am Rohrdorferberg eine stärkere Zunahme zeigend, während im Unterlauf Birmensdorf, Dättwil, am Jura des Baldeggberg ein starker Rückgang, — Gebenstorf-Windisch, wieder im Molassegebiet eine Zunahme zu vermerken ist.

Das Limmattal ist in seiner Belastung wie Baden gleichgeblieben. Spreitenbach, Killwangen weisen einen geringen Rückgang, das Siggental eine geringe Zunahme der dort starken Endemie auf. Ebenso wie in Wettingen findet sich im Surbtale eine Zunahme der Kropfigen. Das ganze Surbtal bis in die Ebene des Rückfeldes und dem Einfluß der Surb in die Aare, sowie die Höhen von Baldingen, sind heute stärker behaftet

als in den 70/80er Jahren. Doch auch dort ist der Jura schon gelinder betroffen als die Molassegebilde.

Im Rheintal des Bezirkes Zurzach ist die an sich schwache Endemie geblieben mit geringen örtlichen Schwankungen, während wir in den triasischen Gebilden des Kirchspiels Koblenz, Leuggern, Full, Böttstein, eine ganz ausgesprochene Zunahme zu verzeichnen haben.

Das mittlere aargauische Rheintal, der Bezirk Laufenburg, zeigt im ganzen gesprochen eine Abnahme der Intensitätsbreite. Einige früher noch belastete Gemeinden sind fast ganz frei geworden. Im Mettauertal sind Schwankungen in den einzelnen Orten von geringer Zu- oder Abnahme. Die im Bezirk Brugg liegenden Orte sind ganz frei, fast haarscharf finden wir das Auftreten von Kropf mit dem Erscheinen der triasischen Elemente. Kaisten zeigt seinen alten Herd.

Im Sißgau und seinen Zuflüssen sehen wir den Bözberg, Herznach, Frick, Üken frei. Auch das Wittnauertal ist frei geblieben. Bis nach Eiken hinunter nach Stein, Mumpf erzeugt sich ein ganz erheblicher, offensichtlicher Rückgang, wenn auch keine Kropffreiheit eingetreten ist. Erhalten hat sich die Endemie in ungefähr gleicher Stärke im Möhlintale über Zeiningen aufwärts, wenn sie auch hier nie so stark war wie im alten Aargau. An den Rändern des Tiersteinerberges Schupfart-Wegenstetten ist sie schwächer geworden. Magden, Olsberg, Rheinfelden weisen eher einen Rückgang auf, währenddem Kaiseraugst ungefähr gleich stark geblieben ist.

Der ganze Jura des Bezirkes Brugg ist vollständig vom Kropfe verschont geblieben, nirgends ein Auftreten oder Aufflackern der Endemie, wenn auch da oder dort ein Kropfiger einwanderte. Sowie aber Molasseablagerungen oder Muschelkalk kommen, (wie bei Scherz, Lupfig, Habsburg, Schinznach, Lauffohr, Mülligen) sehen wir geradezu auffallend den Kropf auftreten, z. T. mit einer Zunahme der Endemie.

Ohne näher auf die Kropfgenese im allgemeinen, die hydro-tellurische Theorie im speziellen einzugehen, so finden wir für den Aargau folgendes:

1. Der Jura ist nach wie vor als ein kropffreies Gebiet zu betrachten.
2. Die Kropfendemie an den Südausläufern des Juras im Rheintal besteht noch fort, hat aber ihren Schwerpunkt nach dem Osten verschoben.

3. Die schwere Endemie im Aargauer-Mittelland ist z. T. stationär geblieben, z. T. ist ein offensichtlicher Rückgang zu konstatieren. Der Schwerpunkt liegt nicht mehr wie früher im Plateau des mittleren Aargau, sondern er hat sich ganz deutlich nach Osten gegen das freie Amt und an die Zürchergrenze verschoben.
4. Dieser Beobachtung genau entsprechend hat sich auch der Kretinismus verhalten, der auch eine Wanderung gegen Osten zu zeigt.

Wir beabsichtigen hier nicht auf die geologische Genese der Kropffrage einzutreten, aber wir glauben darauf hinweisen zu dürfen, daß die absolute und dauernde Immunität der Jura-gebirge, so weit er aus dem Jurameer entstanden, die Belastung der Triasaufklagerungen, das oft scharfe Abtrennen der Endemie bei benachbarten Orten auffallen muß. Diese Immunität der Juraformation kann z. B. für Württemberg mit der genau gleichen Schärfe und Exaktheit, wie uns Sanitätsrat Scheuerlen mitteilte, bestätigt werden. Ebenso interessant erscheint uns das Problem der Variabilität der Endemie. Schon ein Blick auf eine Karte von 1908, dann auf diejenige von Stiner, zeigt, daß in der Ostschweiz ein deutliches Anschwellen der Endemie zu konstatieren ist. Während die von H. Bircher, von der Dole quer durch das Molasseland erstellte Kurve, ungefähr beim Übergang des Amtes Trachselwald nach Konolfingen von 25 % weg, zunächst ziemlich rasch bis Sursee-Hochdorf zu fallen begann, um sich langsamer bis gegen Arbon zu senken, — so erhält sich jetzt die Kurve auf konstanter Höhe bis Affoltern und dann fallend, nochmals bei Bischoffszell stark ansteigend, um auf der doppelten Höhe mit gegen 15 % den Bodensee zu erreichen. Wesentlich ist, daß diese Variation ausschließlich im Molassegebiet vor sich geht und nur solche Gebiete betrifft, die mehr oder minder schwer Kropf aufweisen, *nicht aber auf kropffreie Gebiete übergreift*. Diese Variabilität ist noch nie mit solcher Sicherheit nachgewiesen worden und dürfte für verschiedene Fragen von Bedeutung werden.

Für die Beurteilung der Kropffrage nicht unwesentlich, erscheint mit ein weiterer, bis anhin zu wenig gewürdigter Punkt zu sein, der sich allerdings nicht mit Rekruten und Schülerstatistiken erfassen läßt. Das ist der histologische Charakter des Kropfes. Kropf und Kropf ist eben zweierlei. Der Europäerkropf ist anders als der Amerikanerkropf, und der Schweizerkropf (Gebirge) sieht anders aus als der Tieflandkropf.

Die Histologie des Kropfes stellt ein noch sehr kompliziertes, pathologisches System dar, für das die Autoren verschiedene Klassen aufstellen. Wir haben uns an das Schema von *Wegelin* gehalten. Eine internationale Verständigung wäre wohl wünschenswert.

Wegelin unterscheidet zwei Gruppen mit einigen Untergruppen:

- I. Struma diffusa Hyperplasie,
 - a. Struma diffusa parenchymatosa (endemisch),
 - b. " " colloides (endemisch),
 - c. " " basedowiana.
- II. Struma nodosa (Adenom) endemisch sehr häufig.
 - a. Struma nodosa parenchymatosa,
 - b. " " colloides.
- III. Combinationsformen.

Histologische Details müssen wir uns hier ersparen.

Wir haben seit 1914 ein besonderes Augenmerk auf die Histologie der operierten Fälle gehabt, und sind unsere operierten Strumen größten Teils durch in der Materie bewanderte Kenner (*Hedinger* und seine Schüler v. *Werdt* und *Vetter*) beurteilt worden.

Wie verteilen sich unsere Strumen:

	männlich	weiblich	
Struma diffusa parenchymatosa	12	18	
Struma diffusa colloides	46	63	
	58	81	139
Mischformen	33	72	105
Struma nodosa parenchymatosa	108	175	
Struma nodosa colloides	223	507	
	331	682	1013
			1257

Der Großteil unserer endemischen Struma, also zu $\frac{5}{6}$ oder genau 80 % gehören dem Schilddrüsenadenom an, während die diffusen Fälle nur 11 % und die Mischformen noch 9 % ausmachen. Gemischtknotige Strumen hätten wir somit 89 % aufzuweisen. Es stimmt dies mit den v. *Woelz* für Basel und Bern errechneten Zahlen von 92 %, während die diffusen Strumen dort etwas weniger als 7 % betragen. Leider ist bis jetzt in der Literatur zu wenig auf diese Punkte geachtet worden, aber man erhält den Eindruck, daß im Gebiete der Schweiz, die Struma

nodosa bei weitem überwiegt, daß aber der Badenser-, Schleier- und Wienerkropf sich weniger in dieser Richtung bewegt.

Das Alter dieser Strumen (Basedowi exclus.):

	—20		20—30		30—40		40—70 Jahre	
	männl.	weibl.	männl.	weibl.	männl.	weibl.	männl.	weibl.
<i>Struma diffusa</i>								
parench.	10	9	1	2	1	4		
<i>Struma diffusa</i>								
colloides	25	28	16	19	2	12	3	6
<i>Struma diffusa:</i>	35	37	17	21	3	16	3	6
Total	72		38		19			
<i>Struma nodosa</i>								
parench.	48	56	26	61	10	35	11	23
<i>Struma nodosa</i>								
colloides	75	125	53	178	24	133	31	97
<i>Struma nodosa</i>	123	181	79	239	34	168	42	120
Total	304		318		202		162	
<i>Mischform</i>	10	13	12	29	7	24	5	5
Total	23		41		31		10	

Im allgemeinen herrscht die Annahme vor, daß die sogenannte Adelescenten-Struma, hauptsächlich der *Struma diffusa* angehöre. So geben *Gold* und *Orator* für Wien 80 %, der Strumen, bis zu 18 Jahren, als *Struma diffusa* an. Bei uns trifft das Umgekehrte ein, 80 % der Jugendstrumen gehören der nodösen Form an. Dabei sei bemerkt, daß nur 17 Fälle von 400 Fällen die im ersten und zweiten Lebensjahrzehnt operiert wurden, dem ersten Lebensjahrzehnt angehörten, die große Mehrzahl das 14. Jahr (Pubertät) schon überschritten hatte, daß also der *operative* Kropf bei uns im jugendlichen Alter eigentlich recht selten auftritt. Dabei sei noch darauf hingewiesen, daß bei den diffusen Strumen die Geschlechtsdifferenz eine sehr geringe ist, schon etwas deutlicher bei den nodösen Formen. Das mag der Pubertät sicher schon eine große Rolle spielen.

Im dritten Jahrzehnt sind auch die diffusen Strumen noch recht intensiv vertreten, ähnlich im vierten Jahrzehnt, aber auch nach diesem kann sie noch vorkommen. Schon stärker sehen wir sich hier die *Mischform* zeigen, dann aber in stark zunehmendem Maße die nodösen Strumen, wobei im dritten Jahrzehnt das weibliche Geschlecht mit $\frac{1}{3}$, im vierten mit $\frac{1}{4}$ partizipiert.

In Bern und Basel überwiegen im zweiten Dezennium die Männer noch ganz erheblich, sind im dritten einander noch fast gleich, um erst nachher zu ungünstigen der Frau anzusteigen.

Der Vollständigkeit halber, sei noch angeführt, daß hiezu noch 27 Fälle von wuchernder Struma Langhans und bösartige Strumen, 5 Parastrumen Kocher und 4 tuberkulöse Strumen gehören.

An Hand der Krankengeschichte haben wir auch annähernd die Heimat der Strumen inbezug auf ihr histologisches Verhalten festzustellen versucht. Wir sind uns der sich entgegenstellenden Schwierigkeiten wohl bewußt, wie z.B. die Quelle des Kropfes bei der immer mehr flottierenden Bevölkerung festzustellen. Immerhin hielten wir es nach dem Begriffe, Tiefland- und Gebirgskropf nicht für ausgeschlossen, daß zwischen dem geographischen Herkommen und dem histologischen Charakter doch gewisse Beziehungen bestehen dürften, und sich vielleicht hier ein neuer Standpunkt für die Weiterforschung ergeben möchte.

Es entstammen dem:

dem:	Jura	Trias	Molasse	
			Ost	West
Struma diff. parenchym.	1	9	6	5
Struma diff. colloides	2	52	19	20
			49 %	7,3 %
				6,3 %
Mischform		5	11	97
Struma nodosa parenchym.	1	46	65	47
Struma nodosa colloides	2	37	232	283
	6	51 %		
Carc.-Sarkom			6	11
Langhans wuchernd		4	17	16

Diese Zusammenstellung ergibt nun doch ein recht auffälliges Resultat, sozusagen die Hälfte der Triaskräpfe gehören den diffusen Kropfformen an, während in der Molassegegend 87 % bzw. 86 % der Strumen das Bild der Knotenform, des Adenoms zeigen. Dieses Mißverhältnis kommt nicht von ungefähr, da müssen gewisse Momente vorhanden sein, die als Entstehungsbedingung ihren Einfluß auf die histologische Veränderung geltend machen. Wir sehen auch in den Triasgegenden schon, quantitativ die Kropfendemie sich lange nicht so stark auswirken wie in der Molassegegend. Nehmen wir an, was von pathologisch-anatomischer Seite behauptet wird, daß das Adenom, der Kno-

tenkropf eine Folgeerscheinung aus dem diffusen Kropf darstelle, daß die Übergänge fließend seien, so müssen wir wohl annehmen, daß der Triaskropf nicht nur quantitativ sondern auch qualitativ hinter dem Molassekropf zurücksteht. Die nodösen 50 % Formen der Triasstruma zeigen aber auch meist wieder die kleinfollikuläre Form, die nahe Verwandschaft zum diffusen Kropf aufweist.

Beim nähern Durchgehen der Krankengeschichten finden wir dabei ganz merkwürdige Details. So war mir aufgefallen, daß z. B. die Rombacherkröpfe alle stark diffuser Natur, meist mit basedowiden Erscheinungen einhergingen. Mag da der miocaene Bohnerzton eine Rolle spielen? Die vorwiegend diffusen Kröpfe von Baden, Schinznach, Riniken, Lauffohr, Würenlingen, Gebenstorf, Talheim, Veltheim, Scherz, Birrenlauf, Lupfig, zeigen sich nach der Quellenkarte von *Mühlberg* immer benachbart den Einsprengungen von Meeresmolasse, Muschelkalk, den durchlässigen Schichten.

Mit der Zunahme der Endemie im Rheintale, z. B. in Kaisen, nehmen auch die nodosen, mikrofollikulären Formen zu, während wiederum im obern Surbtale mehr die nodosen Formen vorherrschen, finden sich im untern schon wieder vorwiegend diffuse Kröpfe.

Geht man einzelnen Fällen nach, so sieht man recht oft, daß nodöse Formen sich als aus einer andern Gegend eingewandert, erkennen lassen, und in der andern Gegend diffuse Formen sich als eingewandert erwiesen. So haben wir zu zweimalen die ganz auffällige Beobachtung gemacht, daß die Recidivstruma sich im Charakter verändert hatte, daß damit einhergehend, ein Wechsel des Wohnortes stattgefunden hatte. Auch das gibt zu denken.

Wir sind natürlich weit entfernt aus diesen paar Beobachtungen gesetzmäßige Schlüsse auf einen bestimmten Zusammenhang zwischen der Geologie und der Histologie der Struma ziehen zu wollen.

Aber an einer gesetzmäßigen endemischen Verbreitung der Struma, im Gebiete der Endemie selber varierend, kann nicht mehr gezeifelt werden. Daß neben der zahlenmäßigen Verbreitung der Struma, das bis anhin gar *nicht* für diesen Punkt gewürdigte, histologische Verhalten, eine gewisse Rolle spielt, scheint mir nach obigen Zahlen doch sehr wahrscheinlich zu sein.

Wenn de Quervain von einem Nagelfluhkropf bei der Struma nodosa colloides spricht, so kann der Muschelkalkkropf als diffuse, oder mikrofollikuläre Struma bezeichnet werden, wobei wir damit keinen causal-genetischen Unterschied machen sondern nur an einen conditionellen Einfluß denken möchten.

So ganz einfach läßt sich bei der Strumagenese der Einfluß und die Bedeutung des Bodens doch nicht leugnen, und wenn wir die hydrotellurische Theorie im modernen Sinne des Als Ob. Vaihingers festhalten, so kann sie heute noch in diesem Sinne für die Weiterforschung befruchtend wirken.

Substitutionsmöglichkeiten einiger Atomkomplexe im Steinsalzgitter.

Mit 6 Textfiguren.

Von E. Widmer, Lenzburg.

I. Problemstellung und Ableitung der möglichen Komplexe.

Die kubisch kristallisierende Verbindung Na Cl ist der Typus einer einfachen heteropolaren Kristallverbindung. Das Kristallgitter ist eine Kombination zweier flächenzentrierter Würfel, gebildet aus je einer Atomart Na und einer Atomart Cl, mit der gegenseitigen Verschiebung von $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{2}$. Die Schwerpunktslagen der einen Gitterform besitzen die Koordinaten $[[0\ 0\ 0]]$ $[[\frac{1}{2}\ \frac{1}{2}\ 0]]$ $[[\frac{1}{2}\ 0\ \frac{1}{2}]]$ $[[0\ \frac{1}{2}\ \frac{1}{2}]]$, die der andern $[[\frac{1}{2}\ \frac{1}{2}\ \frac{1}{2}]]$ $[[\frac{1}{2}\ 0\ 0]]$ $[[0\ \frac{1}{2}\ 0]]$ $[[0\ 0\ \frac{1}{2}]]$. Die Kantenlänge des Elementarwürfels beträgt $5,62 \cdot 10^{-8}$ cm. Strukturen von dieser Art bezeichnet man allgemein als Strukturen vom Steinsalztypus AB. Ein solches Kristallgitter sei hier gegeben. (Fig. 1 a.)

Es ist nun leicht einzusehen, daß die Gesamtsymmetrie dieses Gitterbaues abhängig ist von der Symmetrie der am Aufbau beteiligten Bausteine selbst. Greifen wir irgend ein Teilchen (Atom bzw. Ion) heraus, so erkennen wir, daß es von 6 Teilchen der andern Art in gleichen, senkrecht aufeinander stehenden Abständen umgeben ist. (Siehe Fig. 1 b.) Dieses Baumotiv, das den Chemiker sofort an die Koordinationszahl 6 in Komplexverbindungen erinnert, zeigt uns, daß jedes Teilchen A und jedes Teilchen B ein Kraftfeld besitzen muß, das in drei senkrecht zueinanderstehenden Richtungen gleiche Wirkung ausübt, daß also eine irgendwie entsprechend symmetrische Verteilung der negativen Elektronen um einen entsprechend symmetrischen Atomkern statthaben muß. Die Kristallstrukturtheorie hat hier ein Mittel in der Hand, Schlüsse ziehen zu können über den Bau der Atome selbst, mindestens für den Zustand im Kristallverbande. Umgekehrt werden bei Kenntnis der Symmetrie

der Einzelbausteine Aussagen über die Symmetrie des ganzen Kristallgitters gemacht werden können. In Fig. 1 sind die A- und B-Teilchen als Kugeln eingezeichnet. Dem einzelnen Baustein kommt dort die höchstmögliche, die Kugelsymmetrie zu. Welche Wirkung der Ersatz einer Teilchenart durch weniger symmetrische Atome oder Atomkomplexe auf die Symmetrie des Gesamtbaues ausüben kann, ist von *P. Niggli* in der erwähnten Literatur durch

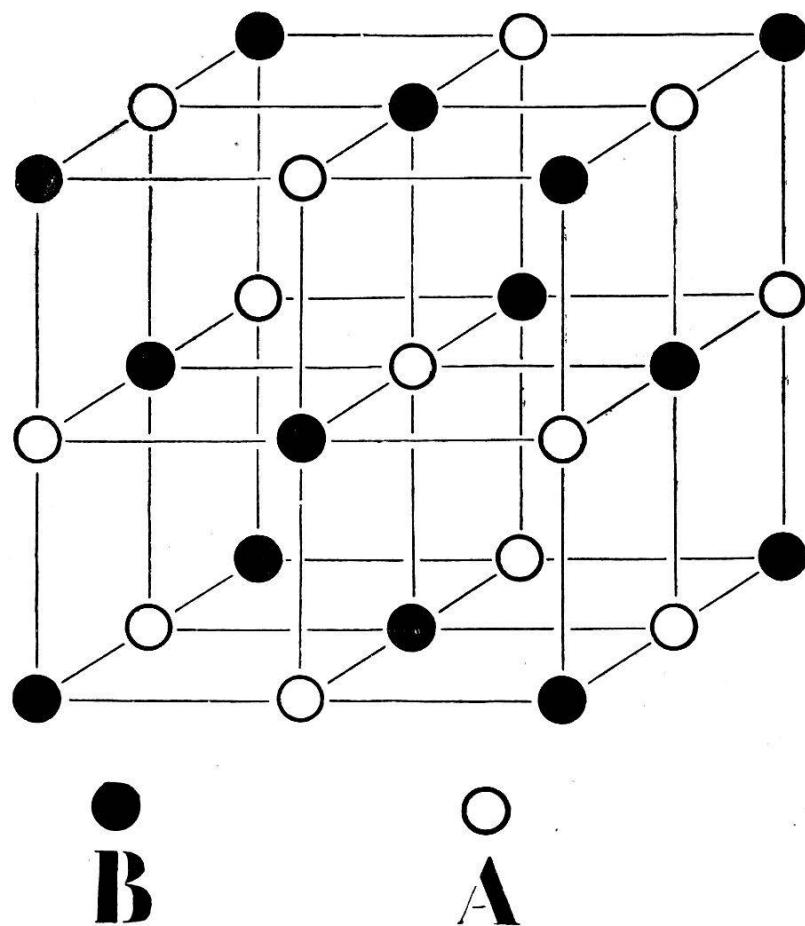


Fig. 1 a

viele klassische Beispiele belegt und auch nach der physikalischen Seite hin diskutiert worden. Ein für unsern vorliegenden Gitterbau passendes Beispiel sei hier erwähnt. Denkt man sich in der Verbindung Na Cl die Cl-Ionen ersetzt durch den Komplex ClO_3 (siehe Fig. 2), so erhalten wir die Verbindung Na $[\text{ClO}_3]$, Natrium-chlorat, welche kubisch tetartoedrisch, also in einer azentrischen Kristallklasse kristallisiert. Die Symmetrierniedrigung des Ge-

samtgebäudes ist nun offensichtlich auf Kosten der ClO_3 -Gruppe eingetreten, die auch bei höchstsymmetrischer Anordnung kein Symmetriezentrum besitzen kann. (P. Niggli (2), 184 und (4), 19–20.

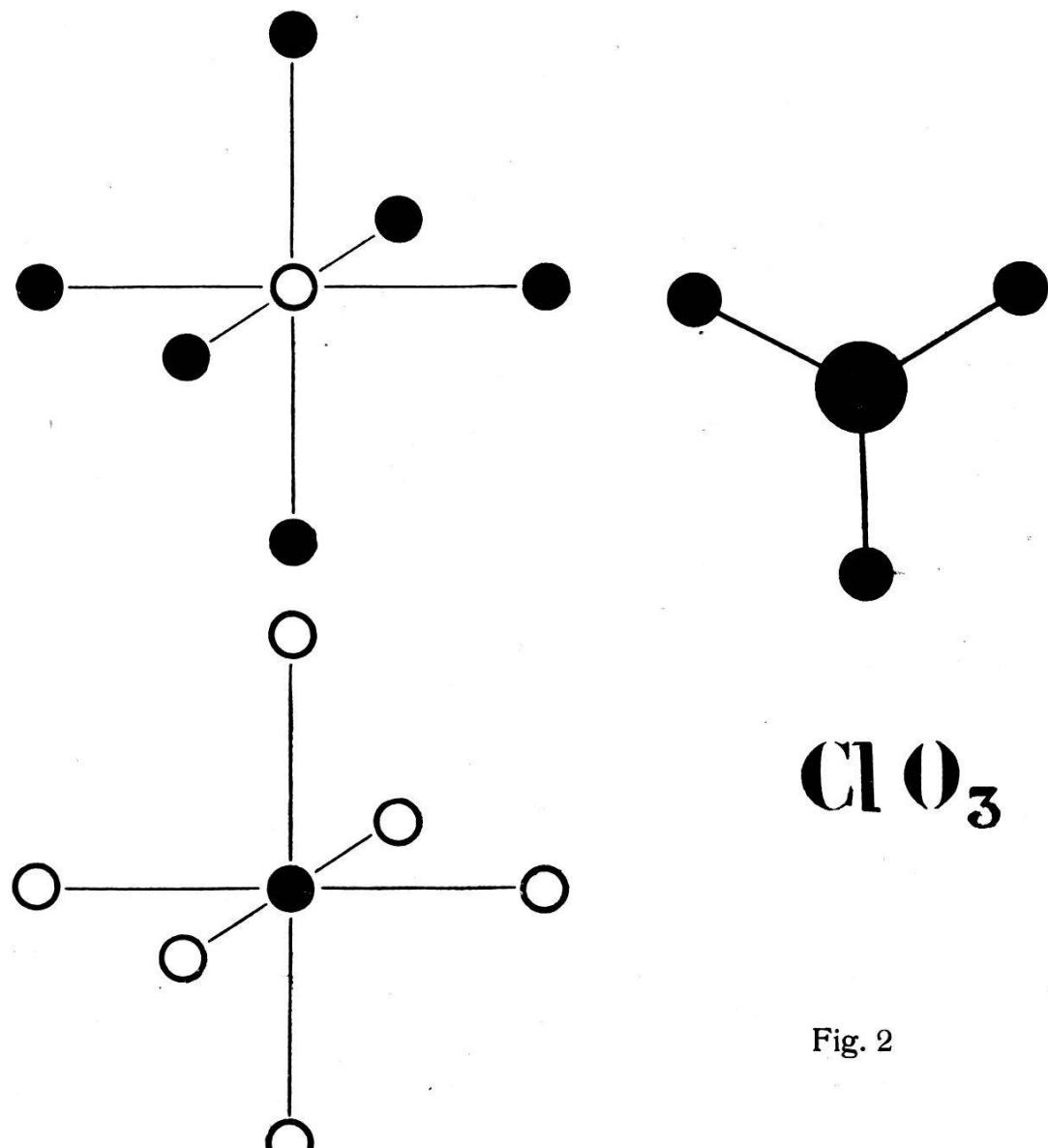


Fig. 1 b

Fig. 2

Anknüpfend an dieses Beispiel soll hier folgende Frage gestellt und beantwortet werden:

In welchen Raumsystemen ist die Steinsalzstruktur möglich, wenn man in der Verbindung A B für B (oder A) Komplexe C_x substituiert? (wo für x später noch zu nennende Zahlen einzusetzen sind.)

Für den Aufbau nach dem Steinsalztypus müssen folgende zwei Bedingungen erfüllt sein:

1. Das Elementarparallelepiped muß mindestens zwei vierzählige Punktlagen aufweisen.
2. Die vierzähligen Lagen müssen einen Komplex von der Art bilden, daß sie in den betreffenden Raumsystemen flächenzentrierte Gitter darstellen, welche in der gegenseitigen Verschiebung von $\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, \frac{1}{2}$ zueinander stehen.

Es gibt nach *P. Niggli* (1) 437 zwölf kubische Raumsysteme, die den obigen Bedingungen genügen. Sie sind in der ersten Vertikalkolonne der Tabelle 2 aufgezeichnet.¹ In der dritten Haupt-Vertikalkolonne sind die zugehörigen Symmetrieverhältnisse der vierzähligen Punktlagen notiert. Es ist klar, daß nur solche Komplexe substituiert werden können, deren Teilchenanordnung diesen Symmetrieverhältnissen genügt. Der Symmetriegrad des Komplexes ist nun seinerseits abhängig von der Anzahl und der eventuellen Eigensymmetrie der am Aufbau beteiligten Teilchen.

L. Weber hat in seiner Habilitationsschrift (5) gezeigt, „wie sich die 230 Raumgruppen des Diskontinuums dadurch versinnbildlichen lassen, daß die Punkte der Bravaischen Raumgitter durch die kristallographischen Polyeder ersetzt werden in der Weise, daß die letzteren zwar einerlei Art und gleicher Größe, jedoch nicht sämtlich parallel oder im strengen Sinne identisch sein müssen (rechts und links). Die Millerschen Indizes dieser Formen stehen mit den ‚zusammengehörigen Koordinatenwerten‘ (*P. Niggli*) in engstem Zusammenhang (das gleiche läßt sich auch für die viergliedrigen Symbole zeigen), während die Symmetrie der Fläche für die ‚Symmetrieverhältnisse der betreffenden Punktlage‘ charakteristisch ist.“ Unter Benutzung dieses Prinzips lassen sich nun Anzahl und gegenseitige Lage der Teilchen, die einen in den zwölf genannten Raumsystemen möglichen Komplex bilden können, auf einfache Art ermitteln. Wir denken uns an Stelle der Teilchen die Flächen (oder Flächennormalen) von Kristallpolyedern, wozu gleich zu bemerken ist, daß das Rationalitätsgesetz hier nicht erfüllt zu sein braucht. Die bei den gegebenen Symmetrieverhältnissen möglichen Flächenzahlen der Kristallpolyeder sind die Teilchenzahlen der möglichen Komplexe. Die einzelnen Teilchen müssen so zueinander liegen, wie Punkte,

¹ Symbolik und später zu wählende Koordinatenanfangspunkte nach *P. Niggli* (1).

die auf den Flächennormalen gleichweit vom Centrum dieser Polyeder entfernt liegen.

Tabelle 1, die die Resultate einer im eben erwähnten Sinne durchgeföhrten Untersuchung zusammenfaßt, zeigt, daß für unsern Fall folgende Flächenzahlen, somit auch *Teilchenzahlen* in Betracht kommen: Im Komplex C_x kann für x gesetzt werden: $x = 1, 2, 3, 4, 6, 8, 12, 24, 48$. Man erkennt also, daß nur ganz bestimmte Zahlen in Frage kommen. Ein Komplex C_5 kann demnach niemals Baustein einer Kristallverbindung vom Stein-salztypus sein, vorausgesetzt, daß alle C strukturell einander gleichwertig sein sollen. Die Anordnungsmöglichkeiten entsprechen den Flächennormalenlagen der zugehörigen Polyeder. (Siehe Fig. 4.) Auffallend ist die Dominanz der Zahl 6. Über die *Verteilung der einzelnen Komplexe auf die einzelnen Raumgruppen* gibt die Tabelle 2 Auskunft, in welcher zugleich berücksichtigt ist, daß ein höchstsymmetrisches Teilchen, das im Schwerpunkt eines Komplexes sitzt, an der Symmetrie des ganzen Komplexes nichts ändert, daß also immer da, wo ein Komplex C_x möglich ist, auch ein Komplex BC_x sich einstellen kann, wenn B dieses im Schwerpunkt sitzende Teilchen ist.

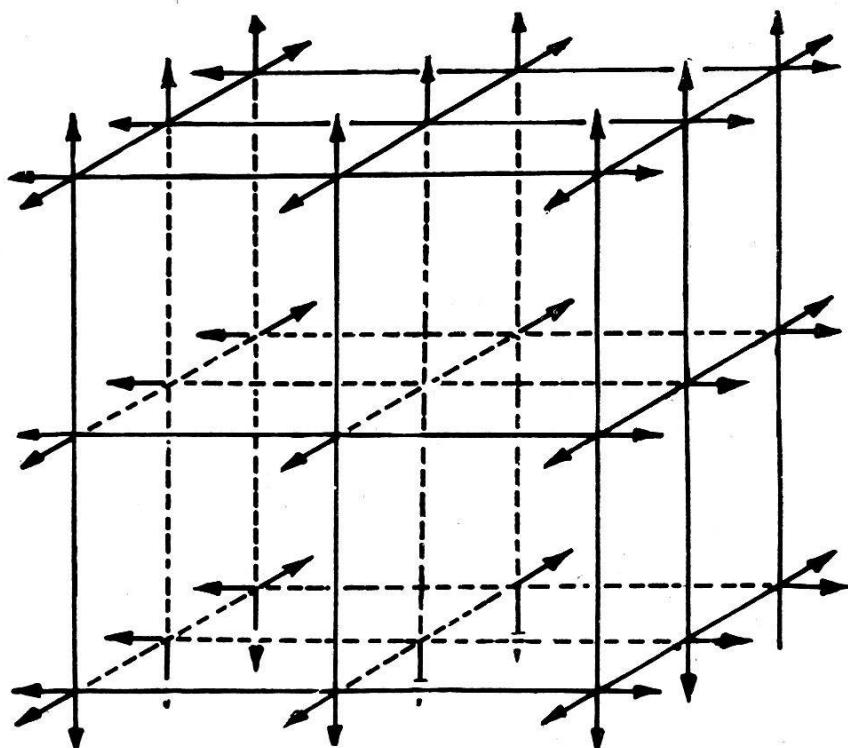


Fig. 3 a

Tabelle 1. Flächenzahlen der möglichen Kristallpolyeder.

Symmetriebedingung	Formensymbole						Benennung der Formen
	$\{1\bar{1}1\}$	$\{211\}$	$\{10\bar{1}\}$	$\{\bar{h}, k\}$	$\{h11\}$	$\{\bar{3}h + 1, l\}$	
C_3	1	3	3	3	3	3	Basis-Pedien; trig. Prismen, trig. Pyramiden.
C_{3i}	2	6	6	6	6	6	Basis-Pinakoide; hex. Prismen. Rhomboeder.
C_{3v}	1	3	6	6	3	6	Basis-Pedien; trig. Prismen I.; hex. Prisma II., ditrig. Prismen; trig. Pyramiden I.; hex. Pyramiden II., ditrig. Pyramiden.
D_3	2	6	6	6	6	6	Basis-Pinakoide; hex. Prisma I., ditrig. Prismen II., ditrig. Prismen, Rhomboeder I., trig. Bipyramiden II., ditrig. Trapezoeder.
D_{3d}	2	6	6	12	6	12	Basis-Pinakoide; hex. Prisma I., hex. Prisma II.; dihex. Prisma; Rhomboeder I.; Hex. Bipyramiden II., ditrig. Skalenoeder.
	$\{100\}$	$\{110\}$	$\{111\}$	$\{hko\}$	$\{hh1\}$	$\{h\bar{k}k\}$	$\{h\bar{k}l\}$
T	6	12	4	12	12	12	Würfel; Rhombendodekaeder; Tetraeder; Penta:ondodekaeder, Deltoiddodekaeder, Triakis tetraeder, Tetraedr. Pentagondodekaeder.
T_h	6	12	8	12	24	24	Würfel; Rhombendodekaeder; Oktaeder; Penta:ondodekaeder; Triakisoktaeder, Deltoidikositetraeder, Dyakisdodekaeder.
T_d	6	12	4	24	12	12	Würfel; Rhombendodekaeder; Tetraeder; Tetrakis hexaeder; Deltoiddodekaeder, Triakis tetraeder, Hexakis tetraeder.
O	6	12	8	24	24	24	Würfel; Rhombendodekaeder; Oktaeder; Tetrakis hexaeder, Triakisoktaeder, Deltoidikositetraeder, Pentagonikositetraeder.
O_h	6	12	8	24	24	24	Würfel; Rhombendodekaeder; Oktaeder; Tetrakis hexaeder, Triakisoktaeder, Deltoidikositetraeder, Hexakisoktaeder.

Tabelle 2.

Verteilung der möglichen Komplexe auf die einzelnen Raumgruppen.¹

Raumgruppe	Vierzählig Punktlagen		Symmetrie- bedingung	Mögliche Komplexe								
	ohne Frei- heits- grad	mit einem Frei- heits- grad		C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₆	C ₈	C ₁₂	C ₂₄	C ₄₈
	BC	BC ₂	BC ₃	BC ₄	BC ₆	BC ₈	BC ₁₂	BC ₂₄	BC ₄₈			
\mathfrak{I}^1		×	C ₃	×		×						
\mathfrak{I}^2	×		T				×	×	×		×	
\mathfrak{I}^4		×	C ₃	×	×							
\mathfrak{I}^2_h	×		C _{3i}		×				×			
\mathfrak{I}^3_h	×		T _h						×	×	×	×
\mathfrak{I}^6_h	×		C _{3i}		×				×			
\mathfrak{I}'_d		×	C _{3v}	×	×			×	×			
\mathfrak{I}^2_d	×		T _d		×	×	×	×	×	×	×	×
\mathfrak{D}^2	×		D ₃		×	×		×	×			
\mathfrak{D}^3	×		O					×	×	×	×	×
\mathfrak{D}^4_h	×		D _{3d}		×			×	×	×	×	
\mathfrak{D}^5_h	×		O _h					×	×	×	×	×

II. Darstellung der möglichen Komplexe in den zwölf Raumgruppen.

Die zwölf Raumgruppen, die für den Aufbau nach dem Steinsalzgitter in Betracht kommen, lassen sich nach gewissen Symmetriequalitäten drei verschiedenen Typen zuordnen. Zu einem *Typus A* (Fig. 3 a) können wir diejenigen Gruppen zusammenfassen, in welchen entsprechende Symmetriearbeiten der je

¹ Die Kreuzchen markieren die für die Raumgruppen nach den Bezeichnungen der Kopfspalte vorhandenen Fälle.

vier Komplexe¹ parallel zueinander verlaufen, die Komplexgebilde also selbst parallel zueinander zu stehen kommen. Es sind dies die Gruppen: \mathfrak{L}^2 , \mathfrak{L}^3_h , \mathfrak{L}^2_d , \mathfrak{D}^3 , \mathfrak{D}^5_h . Unter einem *Typus B* (Fig. 3 b)

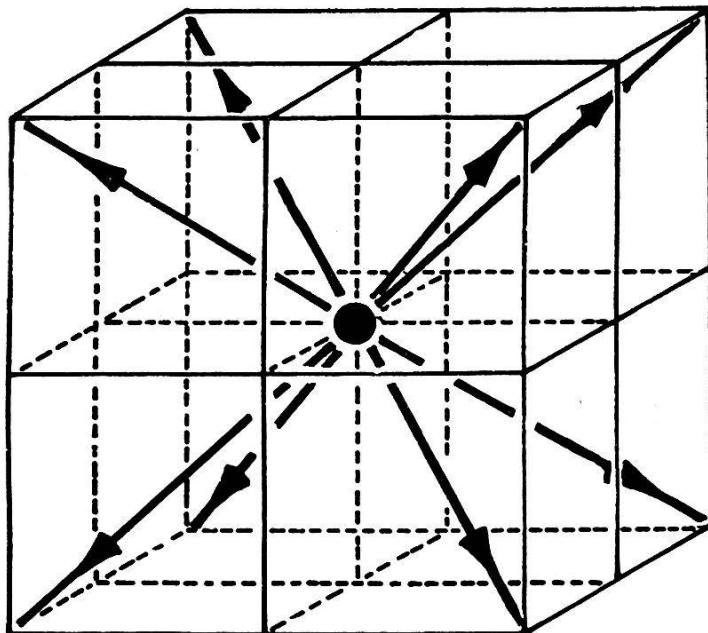


Fig. 3 b

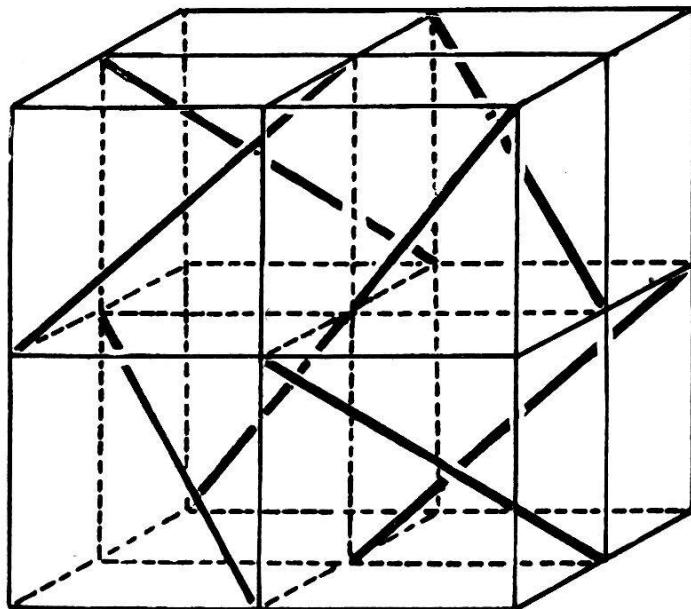


Fig. 3 c

lassen sich solche Gruppen vereinigen, in welchen die Triglyren der Komplexe von einem gemeinsamen Punkte aus divergieren, wie dies der Fall ist in den Gruppen: \mathfrak{D}_h^4 , \mathfrak{D}^2 , \mathfrak{L}^1_d , \mathfrak{L}^2_h , \mathfrak{L}^1 .

¹ Darunter verstehen wir jene Symmetriearbeiten, die sich in den vierzähligen Punktlagen schneiden.

Ein *Typus C* (Fig. 3 c) schließlich umfaßt die zwei Raumgruppen \mathfrak{C}^4 und \mathfrak{C}^6_h , in welchen die Hauptsymmetriearbeiten windschief zueinander liegen.

1. Die Komplexe in den Raumgruppen vom Typus A.

Die Koordinaten der vierzähligen Punktlagen heißen nach der Nullpunktslage, wie sie von *P. Niggli* (1) gewählt wird, für alle fünf Gruppen:

$$\begin{bmatrix} \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \\ \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} \frac{1}{2} & 0 & 0 \\ \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 0 & \frac{1}{2} & 0 \\ \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 0 & 0 & \frac{1}{2} \\ \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & 0 \\ \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} \frac{1}{2} & 0 & \frac{1}{2} \\ \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 0 & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \\ \end{bmatrix}$$

\mathfrak{C}^2 und \mathfrak{C}^2_d können außer diesen noch besitzen:

$$\begin{bmatrix} \frac{1}{4} & \frac{1}{4} & \frac{1}{4} \\ \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} \frac{3}{4} & \frac{3}{4} & \frac{1}{4} \\ \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} \frac{3}{4} & \frac{1}{4} & \frac{3}{4} \\ \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} \frac{1}{4} & \frac{3}{4} & \frac{3}{4} \\ \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \frac{3}{4} & \frac{3}{4} & \frac{3}{4} \\ \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} \frac{1}{4} & \frac{1}{4} & \frac{3}{4} \\ \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} \frac{1}{4} & \frac{3}{4} & \frac{1}{4} \\ \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} \frac{3}{4} & \frac{1}{4} & \frac{1}{4} \\ \end{bmatrix}$$

Raumgruppe Ω_h^5

Symmetriebedingung der vierzähligen Punktlagen: Ω_h , kubisch holoedrisch.

Mögliche Komplexe	B-Teilchen	Zusammengehörige Koordinatenwerte für C-Teilchen
$C_6 \text{ u. } BC_6$	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ \end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix} m & 0 & 0 \\ \end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix} \bar{m} & 0 & 0 \\ \end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix} 0 & m & 0 \\ \end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix} 0 & \bar{m} & 0 \\ \end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix} 0 & 0 & \bar{m} \\ \end{bmatrix}$	
Fig. 4a u. 5	$\begin{bmatrix} \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & 0 \\ \end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix} m + \frac{1}{2}, \frac{1}{2}, 0 \\ \end{bmatrix}$ etc. entspr. Zusatztranslation $\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, 0$	
	$\begin{bmatrix} \frac{1}{2} & 0 & \frac{1}{2} \\ \end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix} m + \frac{1}{2}, 0, \frac{1}{2} \\ \end{bmatrix}$ etc. " " $\frac{1}{2}, 0, \frac{1}{2}$	
	$\begin{bmatrix} 0 & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \\ \end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix} m, \frac{1}{2}, \frac{1}{2} \\ \end{bmatrix}$ etc. " " $0, \frac{1}{2}, \frac{1}{2}$	
$C_8 \text{ u. } BC_8$	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ \end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix} m & m & m \\ \end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix} \bar{m} & \bar{m} & m \\ \end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix} \bar{m} & \bar{m} & \bar{m} \\ \end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix} m & m & \bar{m} \\ \end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix} m & \bar{m} & m \\ \end{bmatrix}$	
Fig. 4b	$\begin{bmatrix} \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & 0 \\ \end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix} m + \frac{1}{2}, m + \frac{1}{2}, 0 \\ \end{bmatrix}$ etc. entspr. Zusatztranslation $\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, 0$	
	$\begin{bmatrix} \frac{1}{2} & 0 & \frac{1}{2} \\ \end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix} m + \frac{1}{2}, m, m + \frac{1}{2} \\ \end{bmatrix}$ etc. " " $\frac{1}{2}, 0, \frac{1}{2}$	
	$\begin{bmatrix} 0 & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \\ \end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix} m, m + \frac{1}{2}, m + \frac{1}{2} \\ \end{bmatrix}$ etc. " " $0, \frac{1}{2}, \frac{1}{2}$	
$C_{12} \text{ u. } BC_{12}$	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ \end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix} m & m & 0 \\ \end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix} \bar{m} & \bar{m} & 0 \\ \end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix} m & \bar{m} & 0 \\ \end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix} \bar{m} & m & 0 \\ \end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix} 0 & m & m \\ \end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix} 0 & \bar{m} & m \\ \end{bmatrix}$	
Fig. 4c	$\begin{bmatrix} \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & 0 \\ \end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix} m + \frac{1}{2}, m + \frac{1}{2}, 0 \\ \end{bmatrix}$ etc. entspr. Zusatztranslation $\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, 0$	
	$\begin{bmatrix} \frac{1}{2} & 0 & \frac{1}{2} \\ \end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix} m + \frac{1}{2}, m, m + \frac{1}{2} \\ \end{bmatrix}$ etc. " " $\frac{1}{2}, 0, \frac{1}{2}$	
	$\begin{bmatrix} 0 & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \\ \end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix} m, m + \frac{1}{2}, m + \frac{1}{2} \\ \end{bmatrix}$ etc. " " $0, \frac{1}{2}, \frac{1}{2}$	
$C_{24} \text{ u. } BC_{24}$	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ \end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix} m & o & n \\ \end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix} n & o & m \\ \end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix} \bar{m} & o & n \\ \end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix} \bar{n} & o & m \\ \end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix} m & o & \bar{n} \\ \end{bmatrix}$	
a) Fig. 4d	$\begin{bmatrix} \bar{n} & o & \bar{m} \\ \end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix} m & o & \bar{n} \\ \end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix} n & o & \bar{m} \\ \end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix} \bar{n} & m & o \\ \end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix} \bar{m} & n & o \\ \end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix} \bar{m} & \bar{n} & o \\ \end{bmatrix}$	
	$\begin{bmatrix} m & n & o \\ \end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix} n & m & o \\ \end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix} \bar{n} & m & o \\ \end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix} \bar{m} & n & o \\ \end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix} \bar{m} & \bar{n} & o \\ \end{bmatrix}$	
	$\begin{bmatrix} \bar{o} & m & n \\ \end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix} o & n & m \\ \end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix} o & \bar{m} & n \\ \end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix} o & \bar{n} & m \\ \end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix} o & m & \bar{n} \\ \end{bmatrix}$	
	$\begin{bmatrix} \bar{o} & \bar{n} & \bar{m} \\ \end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix} o & m & \bar{n} \\ \end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix} o & \bar{m} & \bar{n} \\ \end{bmatrix}$	
	$\begin{bmatrix} \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & 0 \\ \end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix} m + \frac{1}{2}, \frac{1}{2}, n \\ \end{bmatrix}$ etc. entspr. Zusatztranslation $\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, 0$	
	$\begin{bmatrix} \frac{1}{2} & 0 & \frac{1}{2} \\ \end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix} m + \frac{1}{2}, 0, n + \frac{1}{2} \\ \end{bmatrix}$ etc. " " $\frac{1}{2}, 0, \frac{1}{2}$	
	$\begin{bmatrix} 0 & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \\ \end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix} m, \frac{1}{2}, n + \frac{1}{2} \\ \end{bmatrix}$ etc. " " $0, \frac{1}{2}, \frac{1}{2}$	

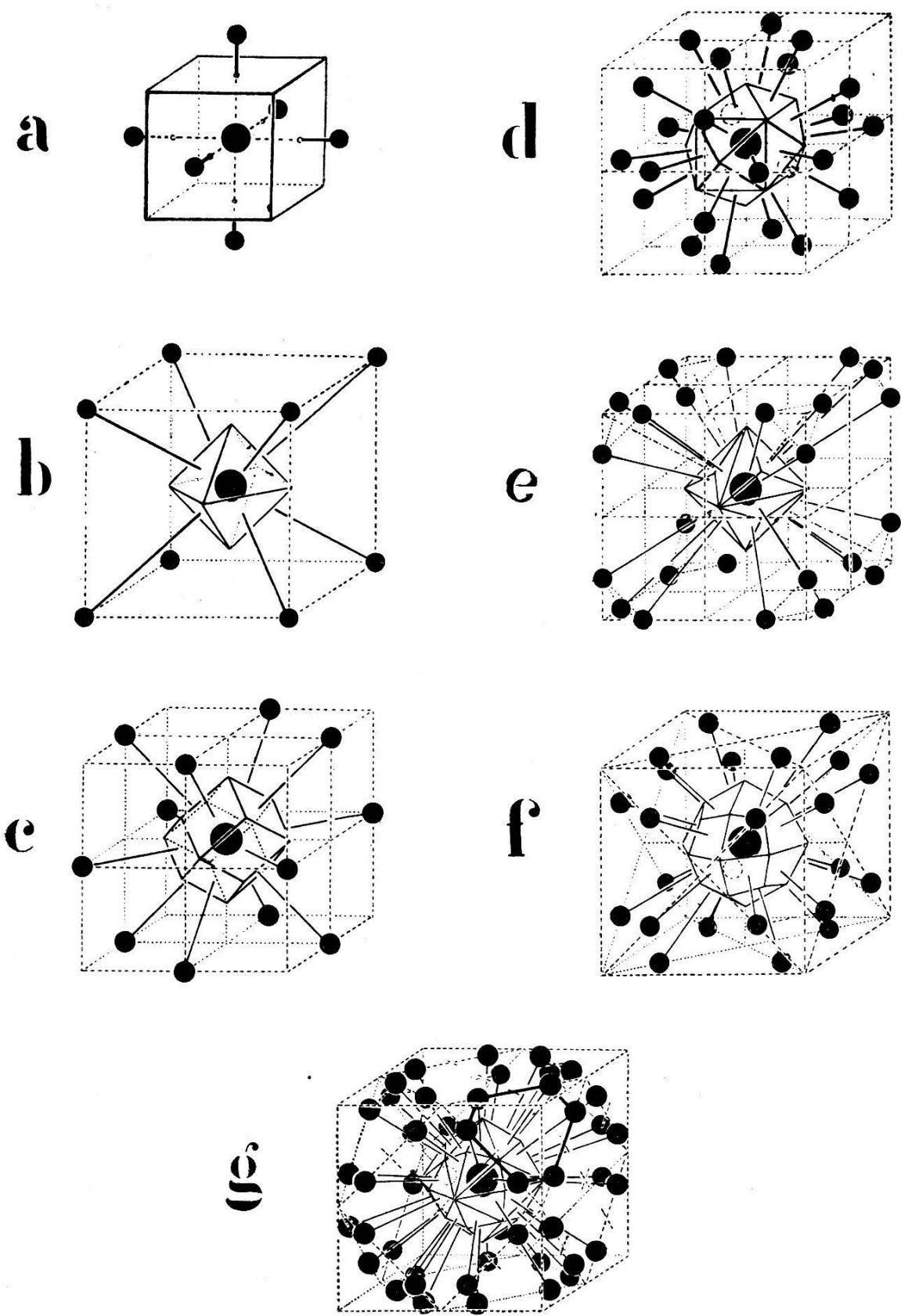


Fig. 4 a-g

Mögliche Komplexe	B- Teilchen	Zusammengehörige Koordinatenwerte für C-Teilchen
$C_{24} u, BC_{24}$	${}^1) [[0\ 0\ 0]]$	$[[m\ n\ n]]\ [[n\ m\ n]]\ [[n\ n\ m]]\ [[m\ n\ \bar{n}]]\ [[n\ m\ \bar{n}]]\ [[n\ n\ \bar{m}]]$ $[[\bar{m}\ n\ n]]\ [[\bar{n}\ m\ n]]\ [[\bar{n}\ n\ m]]\ [[\bar{m}\ n\ \bar{n}]]\ [[\bar{n}\ m\ \bar{n}]]\ [[\bar{n}\ n\ \bar{m}]]$ $[[\bar{m}\ \bar{n}\ n]]\ [[\bar{n}\ \bar{m}\ n]]\ [[\bar{n}\ \bar{n}\ m]]\ [[\bar{m}\ \bar{n}\ \bar{n}]]\ [[\bar{n}\ \bar{m}\ \bar{n}]]\ [[\bar{n}\ \bar{n}\ \bar{m}]]$
	$b) \text{ Fig. 4e}$	$[[\frac{1}{2}\ \frac{1}{2}\ 0]]\ [[m + \frac{1}{2}, n + \frac{1}{2}, n]] \text{ etc. entspr. Zusatztranslation } \frac{1}{2}, \frac{1}{2}, 0$ $[[\frac{1}{2}\ 0\ \frac{1}{2}]]\ [[m + \frac{1}{2}, n, n + \frac{1}{2}]] \text{ etc. } " \text{ } \frac{1}{2}, 0, \frac{1}{2}$ $[[0\ \frac{1}{2}\ \frac{1}{2}]]\ [[m, n + \frac{1}{2}, n + \frac{1}{2}]] \text{ etc. } " \text{ } 0, \frac{1}{2}, \frac{1}{2}$
	${}^1) [[0\ 0\ 0]]$	$[[m\ m\ n]]\ [[m\ n\ m]]\ [[n\ m\ m]]\ [[m\ m\ \bar{n}]]\ [[m\ n\ \bar{m}]]\ [[n\ m\ \bar{m}]]$ $[[\bar{m}\ m\ n]]\ [[\bar{m}\ n\ m]]\ [[\bar{n}\ m\ m]]\ [[\bar{m}\ m\ \bar{n}]]\ [[\bar{m}\ n\ \bar{m}]]\ [[\bar{n}\ m\ \bar{m}]]$ $[[\bar{m}\ \bar{m}\ n]]\ [[\bar{m}\ \bar{n}\ m]]\ [[\bar{n}\ \bar{m}\ m]]\ [[\bar{m}\ \bar{m}\ \bar{n}]]\ [[\bar{m}\ \bar{n}\ \bar{m}]]\ [[\bar{n}\ \bar{m}\ \bar{m}]]$ $[[m\ \bar{m}\ n]]\ [[m\ \bar{n}\ m]]\ [[n\ \bar{m}\ m]]\ [[m\ \bar{m}\ \bar{n}]]\ [[m\ \bar{n}\ \bar{m}]]\ [[n\ \bar{m}\ \bar{m}]]$
$C_{48} u, BC_{48}$	$c) \text{ Fig. 4f}$	$[[\frac{1}{2}\ \frac{1}{2}\ 0]]\ [[m + \frac{1}{2}, m + \frac{1}{2}, n]] \text{ etc. entspr. Zusatztranslation } \frac{1}{2}, \frac{1}{2}, 0$ $[[\frac{1}{2}\ 0\ \frac{1}{2}]]\ [[m + \frac{1}{2}, m, n + \frac{1}{2}]] \text{ etc. } " \text{ } \frac{1}{2}, 0, \frac{1}{2}$ $[[0\ \frac{1}{2}\ \frac{1}{2}]]\ [[m, m + \frac{1}{2}, n + \frac{1}{2}]] \text{ etc. } " \text{ } 0, \frac{1}{2}, \frac{1}{2}$
	$[[0\ 0\ 0]]$	$[[m\ n\ p]]\ [[m\ p\ n]]\ [[n\ m\ p]]\ [[n\ p\ m]]\ [[p\ m\ n]]\ [[p\ n\ m]]$ $[[\bar{m}\ \bar{n}\ p]]\ [[\bar{m}\ \bar{p}\ n]]\ [[\bar{n}\ \bar{m}\ p]]\ [[\bar{n}\ \bar{p}\ m]]\ [[\bar{p}\ \bar{m}\ n]]\ [[\bar{p}\ \bar{n}\ m]]$ $[[\bar{m}\ \bar{n}\ \bar{p}]]\ [[\bar{m}\ \bar{p}\ \bar{n}]]\ [[\bar{n}\ \bar{m}\ \bar{p}]]\ [[\bar{n}\ \bar{p}\ \bar{m}]]\ [[\bar{p}\ \bar{m}\ \bar{n}]]\ [[\bar{p}\ \bar{n}\ \bar{m}]]$ $[[m\ n\ \bar{p}]]\ [[m\ \bar{p}\ n]]\ [[n\ \bar{m}\ p]]\ [[n\ \bar{p}\ m]]\ [[p\ \bar{m}\ \bar{n}]]\ [[p\ \bar{n}\ \bar{m}]]$ $[[m\ \bar{n}\ p]]\ [[m\ \bar{p}\ \bar{n}]]\ [[\bar{n}\ m\ p]]\ [[\bar{n}\ \bar{p}\ m]]\ [[\bar{p}\ m\ n]]\ [[\bar{p}\ \bar{n}\ m]]$ $[[\bar{m}\ n\ p]]\ [[\bar{m}\ \bar{p}\ \bar{n}]]\ [[\bar{n}\ m\ \bar{p}]]\ [[\bar{n}\ \bar{p}\ \bar{m}]]\ [[\bar{p}\ m\ \bar{n}]]\ [[\bar{p}\ \bar{n}\ \bar{m}]]$ $[[m\ \bar{n}\ \bar{p}]]\ [[m\ \bar{p}\ \bar{n}]]\ [[\bar{n}\ \bar{m}\ \bar{p}]]\ [[\bar{n}\ \bar{p}\ \bar{m}]]\ [[\bar{p}\ \bar{m}\ \bar{n}]]\ [[\bar{p}\ \bar{n}\ \bar{m}]]$
	Fig. 4g	$[[\frac{1}{2}\ \frac{1}{2}\ 0]]\ [[m + \frac{1}{2}, n + \frac{1}{2}, p]] \text{ etc. entspr. Zusatztranslation } \frac{1}{2}, \frac{1}{2}, 0$ $[[\frac{1}{2}\ 0\ \frac{1}{2}]]\ [[m + \frac{1}{2}, n, p + \frac{1}{2}]] \text{ etc. } " \text{ } \frac{1}{2}, 0, \frac{1}{2}$ $[[0\ \frac{1}{2}\ \frac{1}{2}]]\ [[m, n + \frac{1}{2}, p + \frac{1}{2}]] \text{ etc. } " \text{ } 0, \frac{1}{2}, \frac{1}{2}$

Raumgruppe Ω^3

Symmetrieverteilung der vierzähligen Punktlagen: O, kubisch enantiomorph.

Mögliche Komplexe	B- Teilchen	Zusammengehörige Koordinatenwerte für C-Teilchen
$C_6 u, BC_6$ $C_8 u, BC_8$ $C_{12} u, BC_{12}$ $C_{24} u, BC_{24}$	$[[0\ 0\ 0]]$	Wie in Ω^5 ; dazu noch für $C_{24} u, BC_{24}$
	$[[m\ n\ p]]\ [[p\ m\ n]]\ [[n\ p\ m]]\ [[m\ n\ \bar{p}]]\ [[p\ m\ \bar{n}]]\ [[n\ p\ \bar{m}]]$	
	$[[\bar{m}\ n\ p]]\ [[\bar{p}\ m\ n]]\ [[\bar{n}\ p\ m]]\ [[\bar{m}\ n\ \bar{p}]]\ [[\bar{p}\ m\ \bar{n}]]\ [[\bar{n}\ p\ \bar{m}]]$	
	$[[\bar{m}\ \bar{n}\ p]]\ [[\bar{p}\ \bar{m}\ n]]\ [[\bar{n}\ \bar{p}\ m]]\ [[\bar{m}\ \bar{n}\ \bar{p}]]\ [[\bar{p}\ \bar{m}\ \bar{n}]]\ [[\bar{n}\ \bar{p}\ \bar{m}]]$ $[[m\ \bar{n}\ p]]\ [[p\ \bar{m}\ n]]\ [[n\ \bar{p}\ m]]\ [[m\ \bar{n}\ \bar{p}]]\ [[p\ \bar{m}\ \bar{n}]]\ [[n\ \bar{p}\ \bar{m}]]$	

¹⁾ Als Punktkomplexe sind b) und c) nicht verschieden, als Flächenkomplexe bloß insofern, als konvexer Charakter vorangeschickt wird.

(Pentagon- ikositetra- eder)	$[[\frac{1}{2} \frac{1}{2} 0]]$	$[[m + \frac{1}{2}, n + \frac{1}{2}, p]]$	etc. entspr. Zusatztranslation $\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, 0$
	$[[\frac{1}{2} 0 \frac{1}{2}]]$	$[[m + \frac{1}{2}, n, p + \frac{1}{2}]]$	etc. " $\frac{1}{2}, 0, \frac{1}{2}$
	$[[0 \frac{1}{2} \frac{1}{2}]]$	$[[m, n + \frac{1}{2}, p + \frac{1}{2}]]$	etc. " $0, \frac{1}{2}, \frac{1}{2}$

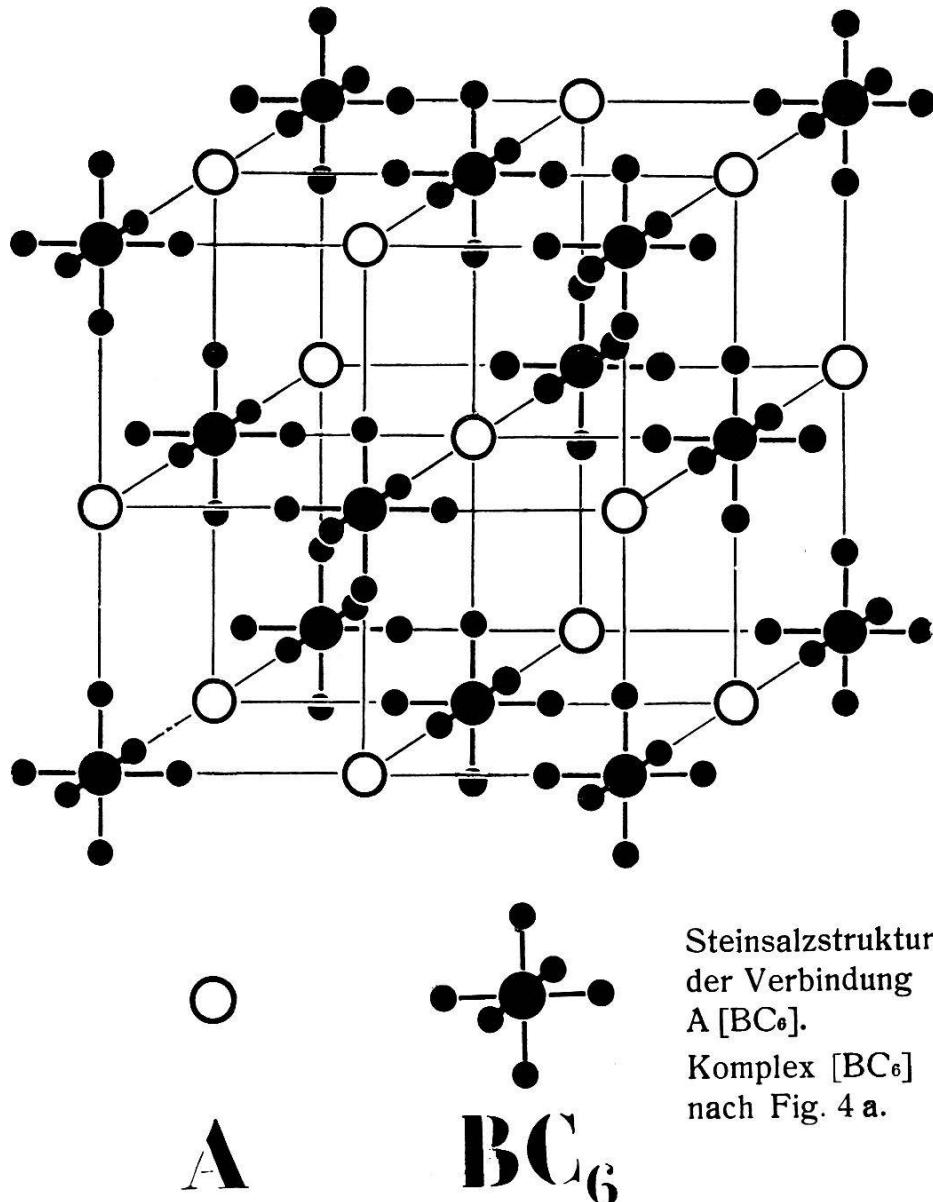


Fig. 5

Raumgruppe \mathfrak{T}^2_d

Symmetrieverteilung der vierzähligen Punktlagen: T_d , kubisch hemimorph.

Mögliche Komplexe	B- Teilchen	Zusammengehörige Koordinatenwerte für C-Teilchen
	$[[0 \ 0 \ 0]]$	$[[m \ m \ m]] \quad [[\bar{m} \ \bar{m} \ m]] \quad [[\bar{m} \ m \ \bar{m}]] \quad [[m \ \bar{m} \ \bar{m}]]$
C_4 u. BC_4 (Te- traeder)	$[[\frac{1}{2} \frac{1}{2} 0]]$ $[[\frac{1}{2} 0 \frac{1}{2}]]$ $[[0 \frac{1}{2} \frac{1}{2}]]$	$[[m + \frac{1}{2}, m + \frac{1}{2}, m]]$ etc. entspr. Zusatztranslation $\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, 0$ $[[m + \frac{1}{2}, m, m + \frac{1}{2}]]$ etc. " $\frac{1}{2}, 0, \frac{1}{2}$ $[[m, m + \frac{1}{2}, m + \frac{1}{2}]]$ etc. " $0, \frac{1}{2}, \frac{1}{2}$
		oder mit umgekehrten Vorzeichen.

Wie eingangs erwähnt wurde, könnten auch

$$\begin{bmatrix} \frac{1}{4} & \frac{1}{4} & \frac{1}{4} \\ \frac{3}{4} & \frac{3}{4} & \frac{1}{4} \\ \frac{3}{4} & \frac{3}{4} & \frac{3}{4} \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} \frac{3}{4} & \frac{3}{4} & \frac{1}{4} \\ \frac{1}{4} & \frac{1}{4} & \frac{3}{4} \\ \frac{1}{4} & \frac{3}{4} & \frac{1}{4} \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} \frac{3}{4} & \frac{1}{4} & \frac{3}{4} \\ \frac{1}{4} & \frac{3}{4} & \frac{1}{4} \\ \frac{3}{4} & \frac{1}{4} & \frac{1}{4} \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} \frac{1}{4} & \frac{3}{4} & \frac{3}{4} \\ \frac{3}{4} & \frac{1}{4} & \frac{1}{4} \\ \frac{3}{4} & \frac{1}{4} & \frac{1}{4} \end{bmatrix}$$

als Ausgangslagen benutzt werden.

Raumgruppe Σ^3_h

Symmetrieverteilung der vierzähligen Punktlagen: T_h , kubisch paramorph.

Mögliche Komplexe Teilchen	B-	Zusammengehörige Koordinatenwerte für C-Teilchen
C_6 u. BC_6		
C_8 u. BC_8		
C_{12} u. BC_{12}		Wie in Ω_h^5 dazu noch für C_{12} u. BC_{12} :

¹⁾ Siehe Fußnote Seite 238.

Mögliche Komplexe	B-Teilchen	Zusammengehörige Koordinatenwerte für C-Teilchen
(Pentagon-dodekaeder)	b) $[[0\ 0\ 0]]$	$[[m\ n\ o]]\ [[\bar{m}\ \bar{n}\ o]]\ [[\bar{m}\ \bar{n}\ \bar{o}]]\ [[m\ \bar{n}\ o]]\ [[m\ o\ \bar{n}]]\ [[\bar{m}\ o\ \bar{n}]]$
	$[[\frac{1}{2}\ \frac{1}{2}\ 0]]$	$[[m + \frac{1}{2}, n + \frac{1}{2}, 0]]$ etc. entspr. Zusatztranslation $\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, 0$
	$[[\frac{1}{2}\ 0\ \frac{1}{2}]]$	$[[m + \frac{1}{2}, n, \frac{1}{2}]]$ etc. " " $\frac{1}{2}, 0, \frac{1}{2}$
	$[[0\ \frac{1}{2}\ \frac{1}{2}]]$	$[[m, n + \frac{1}{2}, \frac{1}{2}]]$ etc. " " $0, \frac{1}{2}, \frac{1}{2}$

C₂₄ u. BC₂₄	Wie in Ω_h^5 b) und c), ¹⁾ dazu noch:
(Dyakis-dodekaeder)	$[[m\ n\ p]]\ [[n\ p\ m]]\ [[p\ m\ n]]\ [[\bar{m}\ \bar{n}\ \bar{p}]]\ [[\bar{n}\ \bar{p}\ \bar{m}]]\ [[\bar{p}\ \bar{m}\ \bar{n}]]$
	$[[\bar{m}\ n\ p]]\ [[\bar{n}\ p\ m]]\ [[\bar{p}\ m\ n]]\ [[m\ \bar{n}\ \bar{p}]]\ [[n\ \bar{p}\ \bar{m}]]\ [[p\ \bar{m}\ \bar{n}]]$
	$[[\bar{m}\ \bar{n}\ p]]\ [[\bar{n}\ \bar{p}\ m]]\ [[\bar{p}\ \bar{m}\ n]]\ [[m\ n\ \bar{p}]]\ [[n\ p\ \bar{m}]]\ [[p\ m\ \bar{n}]]$
	$[[m\ \bar{n}\ p]]\ [[n\ \bar{p}\ m]]\ [[p\ \bar{m}\ n]]\ [[\bar{m}\ n\ \bar{p}]]\ [[\bar{n}\ p\ \bar{m}]]\ [[\bar{p}\ m\ \bar{n}]]$
C₄ u. BC₄	Wie in \mathfrak{T}_d^2 .
C₆ u. BC₆	Wie in Ω_h^5 .
C₁₂ u. BC₁₂	Wie in Ω_h^5 , bzw. \mathfrak{T}_h^3 b), \mathfrak{T}_d^2 b), dazu noch:
(Pentagon-dodekaeder)	$[[m\ n\ p]]\ [[n\ p\ m]]\ [[p\ m\ n]]\ [[\bar{m}\ \bar{n}\ p]]\ [[\bar{n}\ \bar{p}\ m]]\ [[\bar{p}\ \bar{m}\ n]]$
	$[[\bar{m}\ n\ \bar{p}]]\ [[\bar{n}\ p\ \bar{m}]]\ [[\bar{p}\ m\ \bar{n}]]\ [[m\ \bar{n}\ \bar{p}]]\ [[n\ \bar{p}\ \bar{m}]]\ [[p\ \bar{m}\ \bar{n}]]$
	$[[\frac{1}{2}\ \frac{1}{2}\ 0]]\ [[m + \frac{1}{2}, n + \frac{1}{2}, 0]]$ etc. entspr. Zusatztranslation $\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, 0$
	$[[\frac{1}{2}\ 0\ \frac{1}{2}]]\ [[m + \frac{1}{2}, n, \frac{1}{2}]]$ etc. " " $\frac{1}{2}, 0, \frac{1}{2}$
	$[[0\ \frac{1}{2}\ \frac{1}{2}]]\ [[m, n + \frac{1}{2}, \frac{1}{2}]]$ etc. " " $0, \frac{1}{2}, \frac{1}{2}$

Raumgruppe \mathfrak{T}^2

Symmetriebedingung der vierzähligen Punktlagen: T, kubisch tetartoedrisch.

Mögliche Komplexe	B-Teilchen	Zusammengehörige Koordinatenwerte für C-Teilchen
C₄ u. BC₄	Wie in \mathfrak{T}_d^2 .	
C₆ u. BC₆	Wie in Ω_h^5 .	
C₁₂ u. BC₁₂	Wie in Ω_h^5 , bzw. \mathfrak{T}_h^3 b), \mathfrak{T}_d^2 b), dazu noch:	
(Pentagon-dodekaeder)	$[[m\ n\ p]]\ [[n\ p\ m]]\ [[p\ m\ n]]\ [[\bar{m}\ \bar{n}\ p]]\ [[\bar{n}\ \bar{p}\ m]]\ [[\bar{p}\ \bar{m}\ n]]$	
	$[[\bar{m}\ n\ \bar{p}]]\ [[\bar{n}\ p\ \bar{m}]]\ [[\bar{p}\ m\ \bar{n}]]\ [[m\ \bar{n}\ \bar{p}]]\ [[n\ \bar{p}\ \bar{m}]]\ [[p\ \bar{m}\ \bar{n}]]$	
	$[[\frac{1}{2}\ \frac{1}{2}\ 0]]\ [[m + \frac{1}{2}, n + \frac{1}{2}, 0]]$ etc. entspr. Zusatztranslation $\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, 0$	
	$[[\frac{1}{2}\ 0\ \frac{1}{2}]]\ [[m + \frac{1}{2}, n, \frac{1}{2}]]$ etc. " " $\frac{1}{2}, 0, \frac{1}{2}$	
	$[[0\ \frac{1}{2}\ \frac{1}{2}]]\ [[m, n + \frac{1}{2}, \frac{1}{2}]]$ etc. " " $0, \frac{1}{2}, \frac{1}{2}$	oder mit umgekehrten Vorzeichen bzw. auch Vertauschung von m und n.

Als Ausgangslagen könnten auch die in \mathfrak{T}_d^2 noch erwähnten benutzt werden.

2. Die Komplexe in den Raumgruppen vom Typus B.

Die Koordinaten für die vierzähligen Punktlagen aller fünf Gruppen heißen:

$$\begin{array}{cccc} [[\frac{1}{4}\ \frac{1}{4}\ \frac{1}{4}]] & [[\frac{3}{4}\ \frac{3}{4}\ \frac{1}{4}]] & [[\frac{3}{4}\ \frac{1}{4}\ \frac{3}{4}]] & [[\frac{1}{4}\ \frac{3}{4}\ \frac{3}{4}]] \\ [[\frac{3}{4}\ \frac{3}{4}\ \frac{3}{4}]] & [[\frac{1}{4}\ \frac{1}{4}\ \frac{3}{4}]] & [[\frac{1}{4}\ \frac{3}{4}\ \frac{1}{4}]] & [[\frac{3}{4}\ \frac{1}{4}\ \frac{1}{4}]] \end{array}$$

¹⁾ Siehe Fußnote Seite 238.

Raumgruppe Ω_h^4

Symmetriebedingung der vierzähligen Punktlagen: D_{3d} rhomboedrisch holoeindr.

Mögliche Komplexe	B-Teilchen	Zusammengehörige Koordinatenwerte für C-Teilchen
C_2 u. BC_2 (Basis-pinakoid)	$[[\frac{1}{4} \frac{1}{4} \frac{1}{4}]]$ $[[\frac{3}{4} \frac{3}{4} \frac{1}{4}]]$ $[[\frac{3}{4} \frac{1}{4} \frac{3}{4}]]$ $[[\frac{1}{4} \frac{3}{4} \frac{3}{4}]]$	$[[m m m]]$ $[[\frac{1}{2} - m, \frac{1}{2} - m, \frac{1}{2} - m]]$ $[[\bar{m} + 1, \bar{m} + 1, m]]$ $[[m + \frac{1}{2}, m + \frac{1}{2}, \bar{m} + \frac{1}{2}]]$ $[[\bar{m} + 1, m, \bar{m} + 1]]$ $[[m + \frac{1}{2}, \bar{m} + \frac{1}{2}, m + \frac{1}{2}]]$ $[[m, \bar{m} + 1, \bar{m} + 1]]$ $[[\bar{m} + \frac{1}{2}, m + \frac{1}{2}, m + \frac{1}{2}]]$
C_6 u. BC_6 (Rhomboeder)	$[[\frac{1}{4} \frac{1}{4} \frac{1}{4}]]$ $[[\frac{3}{4} \frac{3}{4} \frac{1}{4}]]$ $[[\frac{3}{4} \frac{1}{4} \frac{3}{4}]]$ $[[\frac{1}{4} \frac{3}{4} \frac{3}{4}]]$	$[[m n n]]$ $[[n m n]]$ $[[n n m]]$ $[[\bar{m} + \frac{1}{2}, \bar{n} + \frac{1}{2}, \bar{n} + \frac{1}{2}]]$ $[[\bar{n} + \frac{1}{2}, \bar{m} + \frac{1}{2}, \bar{n} + \frac{1}{2}]]$ $[[\bar{n} + \frac{1}{2}, \bar{n} + \frac{1}{2}, \bar{m} + \frac{1}{2}]]$ $[[\bar{m} \bar{n} n]]$ $[[\bar{n} \bar{m} n]]$ $[[\bar{n} \bar{n} m]]$ $[[m + \frac{1}{2}, n + \frac{1}{2}, \bar{n} + \frac{1}{2}]]$ $[[n + \frac{1}{2}, m + \frac{1}{2}, \bar{n} + \frac{1}{2}]]$ $[[n + \frac{1}{2}, n + \frac{1}{2}, \bar{m} + \frac{1}{2}]]$ $[[\bar{m} n \bar{n}]]$ $[[\bar{n} m \bar{n}]]$ $[[\bar{n} n \bar{m}]]$ $[[m + \frac{1}{2}, \bar{n} + \frac{1}{2}, n + \frac{1}{2}]]$ $[[n + \frac{1}{2}, \bar{m} + \frac{1}{2}, n + \frac{1}{2}]]$ $[[n + \frac{1}{2}, \bar{n} + \frac{1}{2}, m + \frac{1}{2}]]$ $[[m \bar{n} \bar{n}]]$ $[[n \bar{m} \bar{n}]]$ $[[n \bar{n} \bar{m}]]$ $[[\bar{m} + \frac{1}{2}, n + \frac{1}{2}, n + \frac{1}{2}]]$ $[[\bar{n} + \frac{1}{2}, m + \frac{1}{2}, n + \frac{1}{2}]]$ $[[\bar{n} + \frac{1}{2}, n + \frac{1}{2}, m + \frac{1}{2}]]$

Zur Auffindung anderer spezieller Punktlagen ist es vorteilhaft, wenn z. B. die 6 ersten Koordinatentripel mit $[[\frac{1}{4} \frac{1}{4} \frac{1}{4}]]$ als Schwerpunkt gerade auf diesen Schwerpunkt als Ursprung bezogen werden. Heißen die neuen Koordinaten allgemein u, v, π , so gilt:

$$\begin{aligned} u &= m - \frac{1}{4}, & v &= n - \frac{1}{4}, & \pi &= p - \frac{1}{4} \\ m &= u + \frac{1}{4}, & n &= v + \frac{1}{4}, & p &= \pi + \frac{1}{4} \end{aligned}$$

und die 6 Punkte der rhomboedrischen Verteilung schreiben sich:

$$u v v, \quad v u v, \quad v v u, \quad \bar{u} \bar{v} \bar{v}, \quad \bar{v} \bar{u} \bar{v}, \quad \bar{v} \bar{v} \bar{u}.$$

Nun ist bekannt, daß das Rhomboeder zum hexagonalen Prisma 1. Stellung wird, wenn die Beziehung besteht:

$$\begin{aligned} u + v + v &= 0 \\ \text{d. h. } u &= -2v. \end{aligned}$$

Wir brauchen somit nur $m = -2v + \frac{1}{4}$, $n = v + \frac{1}{4}$ zu setzen, um 6 Punkte zu haben, die in einer zur betreffenden Trigyre senkrechten Ebene liegen.

(Hex. Prisma I)	$[[\frac{1}{4} \frac{1}{4} \frac{1}{4}]]$	$[[-2v + \frac{1}{4}, v + \frac{1}{4}, v + \frac{1}{4}]]$ etc.
	$[[\frac{3}{4} \frac{3}{4} \frac{1}{4}]]$	$[[2v + \frac{3}{4}, -v + \frac{3}{4}, v + \frac{1}{4}]]$ etc.
	$[[\frac{3}{4} \frac{1}{4} \frac{3}{4}]]$	$[[2v + \frac{3}{4}, v + \frac{1}{4}, -v + \frac{3}{4}]]$ etc.
	$[[\frac{1}{4} \frac{3}{4} \frac{3}{4}]]$	$[[-2v + \frac{1}{4}, -v + \frac{3}{4}, -v + \frac{3}{4}]]$ etc.

Ein weiterer hierhergehöriger Fall $[[m = \frac{1}{4}, n = v + \frac{1}{4}, p = -v + \frac{1}{4}]]$ ergibt sich durch Spezialisierung von BC_{12} (s. unten).

Durch die nämliche Transformation wie oben bekäme man hier z. B. für die 12 Punkte um $[[\frac{1}{4}, \frac{1}{4}, \frac{1}{4}]]$:

$$\begin{array}{cccccc} \underline{u} \underline{v} \underline{\pi}, & \underline{\pi} \underline{u} \underline{v}, & \underline{v} \underline{\pi} \underline{u}, & \underline{u} \underline{\pi} \underline{v}, & \underline{v} \underline{u} \underline{\pi}, & \underline{\pi} \underline{v} \underline{u} \\ \underline{u} \underline{v} \underline{\pi}, & \underline{\pi} \underline{u} \underline{v}, & \underline{v} \underline{\pi} \underline{u}, & \underline{u} \underline{\pi} \underline{v}, & \underline{v} \underline{u} \underline{\pi}, & \underline{\pi} \underline{v} \underline{u} \end{array}$$

(Bi-pyramide II) Das Skalenoeder geht in eine hexagonale *Bi-pyramide 2. Stellung* über, wenn

- $2u + v + \pi = 0$ d. h. wenn:
- $2(m - \frac{1}{4}) + (n - \frac{1}{4}) + (p - \frac{1}{4}) = 0$, also wenn
- $2m + n + p = 0$.

Ist die Summe der drei *ungleichen* Koordinaten u v π gleich Null, so haben wir ein *dihexagonales Prisma*. Da $u + v + \pi = 0$ durch die obige Substitution übergeht in $m - \frac{1}{4} + n - \frac{1}{4} + p - \frac{1}{4} = 0$, so liegen also, wenn die drei verschiedenen Zahlen m , n , p der Bedingung $m + n + p = \frac{3}{4}$ genügen, je 12 Punkte in einer Ebene.

(Dihexago-nales Prisma)	$[[\frac{1}{4} \frac{1}{4} \frac{1}{4}]]$	$[[m, \overline{n, m+n+\frac{3}{4}}]]$ $[[\overline{m+n+\frac{3}{4}}, m, n]]$ $[[n, \overline{m+n+\frac{3}{4}, m}]]$ $[[m, \overline{m+n+\frac{3}{4}, n}]]$ $[[\overline{n, m, m+n+\frac{3}{4}}]]$ $[[\overline{m+n+\frac{3}{4}}, n, m]]$
	$[[\frac{1}{4} \frac{1}{4} \frac{1}{4}]]$	$[[\overline{m} + \frac{1}{2}, \overline{n} + \frac{1}{2}, m + n - \frac{1}{4}]]$ $[[m + n - \frac{1}{4}, \overline{m} + \frac{1}{2}, \overline{n} + \frac{1}{2}]]$
		$[[\overline{n} + \frac{1}{2}, m + n - \frac{1}{4}, \overline{m} + \frac{1}{2}]]$
		$[[\overline{m} + \frac{1}{2}, m + n - \frac{1}{4}, \overline{n} + \frac{1}{2}]]$ $[[\overline{n} + \frac{1}{2}, \overline{m} + \frac{1}{2}, m + n - \frac{1}{4}]]$
		$[[m + n - \frac{1}{4}, \overline{n} + \frac{1}{2}, \overline{m} + \frac{1}{2}]]$
	$[[\frac{3}{4} \frac{3}{4} \frac{1}{4}]]$	$[[\overline{m}, \overline{n}, \overline{m+n+\frac{3}{4}}]]$ etc.
	$[[\frac{3}{4} \frac{1}{4} \frac{3}{4}]]$	$[[\overline{m}, n, m+n+\frac{1}{4}]]$ etc.
	$[[\frac{1}{4} \frac{3}{4} \frac{3}{4}]]$	$[[m, \overline{n}, m+n+\frac{1}{4}]]$ etc.

Das Skalenoeder wird zum *hexagonalen Prisma 2. Stellung*, wenn z. B. $u = 0, \pi = ! - v$. Das führt auf das bereits oben mitgeteilte Tripel $m = \frac{1}{4}, n = v + \frac{1}{4}, p = -v + \frac{1}{4}$. Es werden hier für die Ableitung formal die Punkte um $[[\frac{1}{4} \frac{1}{4} \frac{1}{4}]]$, d. h. die Trigyre [1 1 1] bevorzugt in Analogie zu den in der Kristallographie üblichen Verhältnissen. Durch Berücksichtigung der drei andern Trigyren ergeben sich etwas abweichende, sonst aber ganz analoge Bezeichnungen.

Raumgruppe \mathfrak{D}^2

Symmetriebedingung der vierzähligen Punktlagen: D_3 rhomboedr. enant.

Mögliche Komplexe	B-Teilchen	Zusammengehörige Koordinatenwerte für C-Teilchen
C_2 u . BC_2		Wie in $\mathfrak{D}h^4$.
C_3 u . BC_3 (Trig. Prisma)		Ergibt sich als Sonderfall der Bipyramide (s. unten).
C_6 u . BC_6 $[[\frac{1}{4} \frac{1}{4} \frac{1}{4}]]$ (Ditrig. Prisma)		$[[m, \overline{n, m+n+\frac{3}{4}}]]$ $[[\overline{m+n+\frac{3}{4}}, m, n]]$ $[[n, \overline{m+n+\frac{3}{4}, m}]]$ $[[m, \overline{m+n+\frac{3}{4}, n}]]$ $[[\overline{m+n+\frac{3}{4}}, n, m]]$ $[[n, \overline{m, m+n+\frac{3}{4}}]]$
		Für die übrigen drei Schwerpunkte die analogen Koordinaten.
$\left. \begin{array}{l} \text{(Hex. Pr. I)} \\ \text{Rhombo-} \\ \text{eder I.)} \end{array} \right\}$		Wie in $\mathfrak{D}h^+$.
$\left. \begin{array}{l} \text{(Trig. Bi-} \\ \text{pyr. II.)} \end{array} \right\}$		Trig. Bipyramide $[[m n p]]$ ist als Sonderfall des Trapezoeders zu nehmen, wobei zwischen m, n, p eine Beziehung der Form: $-2m + n + p = 0$ besteht. (Vgl. $\mathfrak{D}h^4$).

	$[[m \ n \ p]]$	$[[p \ m \ n]]$	$[[n \ p \ m]]$
	$[[\frac{1}{4} \ \frac{1}{4} \ \frac{1}{4}]]$	$[[\bar{m} + \frac{1}{2}, \bar{n} + \frac{1}{2}, \bar{p} + \frac{1}{2}]]$	$[[\bar{p} + \frac{1}{2}, \bar{m} + \frac{1}{2}, \bar{n} + \frac{1}{2}]]$
		$[[\bar{n} + \frac{1}{2}, \bar{p} + \frac{1}{2}, \bar{m} + \frac{1}{2}]]$	
			$[[\bar{m} \ \bar{n} \ p]]$
			$[[\bar{p} \ \bar{m} \ n]]$
	$[[\frac{3}{4} \ \frac{3}{4} \ \frac{1}{4}]]$	$[[m + \frac{1}{2}, n + \frac{1}{2}, p + \frac{1}{2}]]$	$[[p + \frac{1}{2}, m + \frac{1}{2}, n + \frac{1}{2}]]$
		$[[n + \frac{1}{2}, p + \frac{1}{2}, \bar{m} + \frac{1}{2}]]$	
			$[[\bar{m} \ \bar{n} \ \bar{p}]]$
			$[[\bar{p} \ \bar{m} \ \bar{n}]]$
	$[[\frac{3}{4} \ \frac{1}{4} \ \frac{3}{4}]]$	$[[m + \frac{1}{2}, \bar{n} + \frac{1}{2}, p + \frac{1}{2}]]$	$[[p + \frac{1}{2}, m + \frac{1}{2}, \bar{n} + \frac{1}{2}]]$
		$[[n + \frac{1}{2}, p + \frac{1}{2}, \bar{m} + \frac{1}{2}]]$	
			$[[m \ \bar{n} \ \bar{p}]]$
			$[[p \ \bar{m} \ \bar{n}]]$
	$[[\frac{1}{4} \ \frac{3}{4} \ \frac{3}{4}]]$	$[[\bar{m} + \frac{1}{2}, n + \frac{1}{2}, p + \frac{1}{2}]]$	$[[\bar{p} + \frac{1}{2}, m + \frac{1}{2}, n + \frac{1}{2}]]$
		$[[\bar{n} + \frac{1}{2}, p + \frac{1}{2}, m + \frac{1}{2}]]$	

Raumgruppe Σ^1_d

Symmetriebedingung der vierzähligen Punktlagen: $C_3 v$,
rhomboedr. hemimorph.

Mögliche Komplexe B-Teilchen Zusammengehörige Koordinatenwerte für C-Teilchen

C u. BC (Basis- pedien)	$[[\frac{1}{4} \ \frac{1}{4} \ \frac{1}{4}]]$	$[[m \ m \ m]]$	$[[\bar{m} \ \bar{m} \ \bar{m}]]$
	$[[\frac{3}{4} \ \frac{3}{4} \ \frac{1}{4}]]$	$[[\bar{m} \ \bar{m} \ m]]$	$[[m \ m \ \bar{m}]]$
	$[[\frac{3}{4} \ \frac{1}{4} \ \frac{3}{4}]]$	$[[\bar{m} \ m \ \bar{m}]]$	$[[m \ \bar{m} \ m]]$
	$[[\frac{1}{4} \ \frac{3}{4} \ \frac{3}{4}]]$	$[[m \ \bar{m} \ \bar{m}]]$	$[[\bar{m} \ m \ m]]$

C₃ u. BC₃
(Trig.
Prisma)

Dieser Fall ist dem folgenden zu subsumieren, wie früher
 $2m \bar{m} \bar{m}$, $\bar{m} 2m \bar{m}$, $\bar{m} \bar{m} 2m$,
oder $2\bar{m} m m$, $m 2\bar{m} m$, $m m 2\bar{m}$

**(Trig.
Pyramide)**

$[[\frac{1}{4} \ \frac{1}{4} \ \frac{1}{4}]]$ $[[m \ n \ n]]$ $[[n \ m \ n]]$ $[[n \ n \ m]]$ $[[\bar{m} \ \bar{n} \ n]]$ $[[\bar{n} \ \bar{m} \ n]]$ $[[\bar{n} \ n \ m]]$ $[[\bar{m} \ n \ \bar{n}]]$ $[[\bar{n} \ \bar{m} \ \bar{n}]]$ $[[\bar{n} \ n \ \bar{m}]]$ $[[\bar{m} \ \bar{n} \ \bar{n}]]$ $[[\bar{n} \ \bar{m} \ n]]$ $[[\bar{n} \ n \ \bar{m}]]$ $[[\bar{m} \ \bar{n} \ \bar{m}]]$ $[[\bar{n} \ \bar{m} \ \bar{m}]]$

oder mit umgekehrten Vorzeichen

C₆ u. BC₈
(Ditrig.
Pyramide)

$[[\frac{1}{4} \ \frac{1}{4} \ \frac{1}{4}]]$ $[[m \ n \ p]]$ $[[p \ m \ n]]$ $[[n \ p \ m]]$ $[[m \ p \ n]]$ $[[n \ m \ p]]$ $[[p \ n \ m]]$
 $[[\frac{3}{4} \ \frac{3}{4} \ \frac{1}{4}]]$ $[[\bar{m} \ \bar{n} \ p]]$ $[[\bar{p} \ \bar{m} \ n]]$ $[[\bar{n} \ \bar{p} \ m]]$ $[[\bar{m} \ \bar{p} \ n]]$ $[[\bar{n} \ \bar{m} \ p]]$ $[[\bar{p} \ \bar{n} \ m]]$
 $[[\frac{3}{4} \ \frac{1}{4} \ \frac{3}{4}]]$ $[[\bar{m} \ n \ \bar{p}]]$ $[[\bar{p} \ m \ \bar{n}]]$ $[[\bar{n} \ p \ \bar{m}]]$ $[[\bar{m} \ p \ \bar{n}]]$ $[[\bar{n} \ m \ \bar{p}]]$ $[[\bar{p} \ n \ \bar{m}]]$
 $[[\frac{1}{4} \ \frac{3}{4} \ \frac{3}{4}]]$ $[[m \ \bar{n} \ \bar{p}]]$ $[[\bar{p} \ \bar{m} \ \bar{n}]]$ $[[\bar{n} \ \bar{p} \ \bar{m}]]$ $[[\bar{m} \ \bar{p} \ \bar{n}]]$ $[[\bar{n} \ \bar{m} \ \bar{p}]]$ $[[\bar{p} \ \bar{n} \ \bar{m}]]$

oder mit umgekehrten Vorzeichen.

Als Unterfälle lassen sich darstellen:

(Hexag. Pyramide II): $[[m, n, p]]$ genügen einer Bedingung: $-2m + n + p = 0$

(Hex. Prisma II): $[[\frac{1}{4}, v + \frac{1}{4}, \bar{v} + \frac{1}{4}]]$

(Ditrig. Prisma): $[[m, n, p]]$ genügen einer Bedingung: $m + n + p = \frac{3}{4}$

Raumgruppe \mathfrak{T}^2_h

Symmetriebedingung der vierzähligen Punktlagen: C_3 _i
rhomb. param.

C₂ u. BC₂ (Basispinakoide). Wie in \mathfrak{D}_h ⁴ $[[m\ m\ m]]$ etc.

C₆ u. BC₂ (Hex. Prismen). Es gehören hieher: $m + n + p = \frac{3}{4}$
(und analoge) und die beiden Spezialfälle:

- a) $n = p$, d. h. $m + 2n = \frac{3}{4}$ (I. Stellung)
- b) $[[\frac{1}{4}, v + \frac{1}{4}, -v + \frac{1}{4}]]$ (II. Stellung).

(Rhomboeder) $[[m\ n\ p]]$. Die Spezialfälle $[[m\ n\ n]]$ und $[[m\ n\ p]]$
mit der Bedingung $[-2m + n + p = 0]$ der
früheren Raumgruppen sind hier geometrisch nicht
mehr von Bedeutung.

Raumgruppe \mathfrak{T}^1

Symmetriebedingung der vierzähligen Punktlagen: C_3
rhomboedr. tetartoedrisch.

B u. BC Wie in \mathfrak{T}^1_d .

C₃ u. BC₃ Verhältnisse wie in \mathfrak{T}^2_h , nur sind bloß cyclisch ableit-
bare Punkte zusammengehörig.

3. Die Komplexe in den Raumgruppen vom Typus C.

Gemeinsame Koordinaten der vierzähligen Punktlagen:

$$\begin{array}{cccc} [[0\ 0\ 0]] & [[\frac{1}{2}\ \frac{1}{2}\ 0]] & [[\frac{1}{2}\ 0\ \frac{1}{2}]] & [[0\ \frac{1}{2}\ \frac{1}{2}]] \\ [[\frac{1}{2}\ \frac{1}{2}\ \frac{1}{2}]] & [[\frac{1}{2}\ 0\ 0]] & [[0\ \frac{1}{2}\ 0]] & [[0\ 0\ \frac{1}{2}]] \end{array}$$

Für die Raumgruppe \mathfrak{T}^4 können als Ausgangslagen ferner
in Betracht kommen:

$$[[\frac{1}{2}\ \frac{1}{2}\ \frac{1}{2}]] \text{ oder } [[\frac{1}{4}\ \frac{1}{4}\ \frac{1}{4}]] \text{ oder } [[\frac{3}{4}\ \frac{3}{4}\ \frac{3}{4}]]$$

Raumgruppe \mathfrak{T}^4

Symmetriebedingung der vierzähligen Punktlagen: C_3 ,
rhomboedrisch tetardoedrisch.

Mögliche Komplexe	B- Teilchen	Zusammengehörige Koordinatenwerte für C-Teilchen	
C u. BC (Basis- pedien)	$[[0\ 0\ 0]]$ $[[\frac{1}{2}\ \frac{1}{2}\ 0]]$ $[[\frac{1}{2}\ 0\ \frac{1}{2}]]$ $[[0\ \frac{1}{2}\ \frac{1}{2}]]$	$[[m\ m\ m]]$ $[[m + \frac{1}{2}, \bar{m} + \frac{1}{2}, \bar{m}]]$ $[[\bar{m} + \frac{1}{2}, \bar{m}, m + \frac{1}{2}]]$ $[[\bar{m}, m + \frac{1}{2}, \bar{m} + \frac{1}{2}]]$	oder mit umgekehrten Vor- zeichen.

Mögliche Komplexe	B-Teilchen	Zusammengehörige Koordinatenwerte für C-Teilchen
C_3 u. BC_3 (Trig. Pyramide)	$[[0\ 0\ 0]]$ $[[\frac{1}{2}\ \frac{1}{2}\ 0]]$ $[[\frac{1}{2}\ 0\ \frac{1}{2}]]$ $[[0\ \frac{1}{2}\ \frac{1}{2}]]$	$[[m\ n\ p]]$ $[[p\ m\ n]]$ $[[n\ p\ m]]$ $[[m + \frac{1}{2}, \bar{n} + \frac{1}{2}, \bar{p}]]$ $[[p + \frac{1}{2}, \bar{m} + \frac{1}{2}, \bar{n}]]$ $[[n + \frac{1}{2}, \bar{p} + \frac{1}{2}, \bar{m}]]$ $[[\bar{m} + \frac{1}{2}, \bar{n}, p + \frac{1}{2}]]$ $[[\bar{p} + \frac{1}{2}, \bar{m}, n + \frac{1}{2}]]$ $[[\bar{n} + \frac{1}{2}, \bar{p}, m + \frac{1}{2}]]$ $[[\bar{m}, n + \frac{1}{2}, \bar{p} + \frac{1}{2}]]$ $[[\bar{p}, m + \frac{1}{2}, \bar{n} + \frac{1}{2}]]$ $[[\bar{n} + p + \frac{1}{2}, \bar{m} + \frac{1}{2}]]$

Der Sonderfall für die Lage von je 3 Punkten in einer Ebene senkrecht zu den entsprechenden Trigonen verlangt die Erfüllung der Bedingung $m + n + p = 0$.

Raumgruppe \mathfrak{A}^6_h

Symmetriebedingung der vierzähligen Punktlagen: C_{31} , rhomboedrisch paramorph.

Mögliche Komplexe	B-Teilchen	Zusammengehörige Koordinatenwerte für C-Teilchen
C_2 u. BC_2 (Basis-pinakoide)	$[[0\ 0\ 0]]$ $[[\frac{1}{2}\ \frac{1}{2}\ 0]]$ $[[\frac{1}{2}\ 0\ \frac{1}{2}]]$ $[[0\ \frac{1}{2}\ \frac{1}{2}]]$	$[[m\ m\ m]]$ $[[\bar{m}\ \bar{m}\ \bar{m}]]$ $[[m + \frac{1}{2}, \bar{m} + \frac{1}{2}, \bar{m}]]$ $[[\bar{m} + \frac{1}{2}, m + \frac{1}{2}, m]]$ $[[\bar{m} + \frac{1}{2}, \bar{m}, m + \frac{1}{2}]]$ $[[m + \frac{1}{2}, m, \bar{m} + \frac{1}{2}]]$ $[[\bar{m}, m + \frac{1}{2}, \bar{m} + \frac{1}{2}]]$ $[[m, \bar{m} + \frac{1}{2}, m + \frac{1}{2}]]$
C_6 u. BC_6 (Rhomboeder)	$[[0\ 0\ 0]]$ $[[\frac{1}{2}\ \frac{1}{2}\ 0]]$ $[[\frac{1}{2}\ 0\ \frac{1}{2}]]$ $[[0\ \frac{1}{2}\ \frac{1}{2}]]$	$[[m\ n\ p]]$ $[[p\ m\ n]]$ $[[n\ p\ m]]$ $[[\bar{m}\ \bar{n}\ \bar{p}]]$ $[[\bar{p}\ \bar{m}\ \bar{n}]]$ $[[\bar{n}\ \bar{p}\ \bar{m}]]$ $[[m + \frac{1}{2}, \bar{n} + \frac{1}{2}, \bar{p}]]$ etc. $[[\bar{m} + \frac{1}{2}, \bar{n}, p + \frac{1}{2}]]$ etc. $[[\bar{m}, n + \frac{1}{2}, \bar{p} + \frac{1}{2}]]$ etc.

(Hex. Prismen) Spezialfälle wie früher.

III. Weitere ableitbare Komplexe und experimentell bestimmte Strukturen.

Aus den in Tabelle 2 erwähnten Komplexen lassen sich neue ableiten, indem man den Anteil B ersetzt durch $B_2, B_3, B_4, B_6, B_8, B_{12}, B_{24}, B_{48}$. Es resultieren dann folgende, nach ihren Mischungsverhältnissen verschiedene Komplexe:

$B_2\ C_2, B_2\ C_3, B_2\ C_4, B_2\ C_6, B_2\ C_8, B_2\ C_{12}, B_2\ C_{24}, B_2\ C_{48}$
 $B_3\ C_3, B_3\ C_4, B_3\ C_6, B_3\ C_8, B_3\ C_{12}, B_3\ C_{24}, B_3\ C_{48}$
 $B_4\ C_4, B_4\ C_6, B_4\ C_8, B_4\ C_{12}, B_4\ C_{24}, B_4\ C_{48}$
 $B_6\ C_6, B_6\ C_8, B_6\ C_{12}, B_6\ C_{24}, B_6\ C_{48}$
 $B_8\ C_8, B_8\ C_{12}, B_8\ C_{24}, B_8\ C_{48}$
 $B_{12}\ C_{12}, B_{12}\ C_{24}, B_{12}\ C_{48}$
 $B_{24}\ C_{24}, B_{24}\ C_{48}$
 $B_{48}\ C_{48}$

Die Frage, ob diese neuen Bausteine sich am Aufbau nach dem Steinsalztypus gebauter Verbindungen beteiligen können und in welchen kubischen Raumgruppen dies möglich ist, lässt sich an Hand der Tabelle 2 sehr leicht entscheiden. Ein Komplex $B_4 C_6$ beispielsweise kann nur dann in Frage kommen, wenn unter den 12 Raumgruppen solche existieren, in denen die vierzähligen Punktlagen sowohl durch Vierer- wie Sechserkomplexe besetzt werden können. Eine solche Besetzung ist, wie Tabelle 2 zeigt, in den Raumgruppen \mathfrak{I}^2 und \mathfrak{I}^2_d möglich. Als unmöglich erweist sich dagegen der Komplex $B_3 C_8$; denn es gibt keine vierzähligen Punktlagen, deren Symmetrieverteilung Dreier- und Achterkomplexe zugleich zuläßt. Eine vollständige, nach diesem Gesichtspunkt durchgeführte Untersuchung führt zu folgendem Resultat:

Von den oben angeführten Komplexen müssen, als für den Bau nach dem kubischen Steinsalztypus, *unmögliche* gestrichen werden¹ die folgenden zwölf:

$$\begin{array}{ll} B_2 C_3, B_2 C_4, B_2 C_8, & B_2 C_{24}, B_2 C_{48} \\ B_3 C_4, B_3 C_8, B_3 C_{12}, & B_3 C_{24}, B_3 C_{48} \\ B_4 C_8, & B_4 C_{48} \end{array}$$

Die übrigen 24 Komplexe verteilen sich auf die einzelnen Raumgruppen nach der Aufzeichnung in Tabelle 3. Die Koordinatenwerte dieser Komplexe sind ohne weiteres gegeben, wenn diejenigen der Primitivformen, aus denen sie sich kombinieren, bekannt sind.

Die Untersuchungsergebnisse können für die Ermittlung von kubischen Kristallstrukturen wegweisend sein insofern, als für gewisse gegebene Chemismen die Möglichkeit der Steinsalzstruktur sich schon durch die äußerlich wahrnehmbaren Symmetriegerüste mehr oder weniger deutlich anzeigen muß. Dies gilt, wie eben gesagt, nicht für alle Komplexe. Würden beispielsweise Verbindungen von der Art A [C₆], A [B C₆] oder A [B₆ C₆] kubisch kristallisieren, so würde keine der fünf kubischen Kristallklassen die Existenz einer Na Cl-Struktur ausschließen; die genannten Verbindungen können in allen Klassen solche Gitter bilden. Anders die Verbindung A [B₂ C₁₂]. Kristallisiert sie nicht holoadrisch, so kann die Steinsalzstruktur gar nicht in Frage kommen. So gibt denn Tabelle 3 für jeden Komplex die nötige Auskunft.

¹ Immer unter der Voraussetzung, daß die B-Teilchen einerseits und die C-Teilchen andererseits unter sich strukturell gleichwertig sind.

Diese rein theoretischen Erwägungen können z. T. durch *experimentell ermittelte Strukturen* belegt werden. Von *zwei-atomigen Verbindungen A [B]* kristallisieren wie Steinsalz selbst die folgenden: (Nach lit. (3) Tabelle 80.)

	F^-	Cl^-	Br^-	J^-
Li^+	4,01	5,13	5,49	6,07
Na^+	4,62	5,62	5,93	6,46
K^+	5,33	6,27	6,57	7,05
Rb^+	—	6,53	6,83	7,31
Cs^+	6,01	—	—	—
Ag^+	—	5,5—5,6	5,8	—

	O^{--}	S^{--}	Se^{--}
Mg^{++}	4,20	5,08	—
Ca^{++}	4,79	5,69	5,91
Sr^{++}	5,10	5,87	6,23
Ba^{++}	5,50	6,35	6,62
Cd^{++}	4,72	—	—

Die eingeschriebenen Zahlen bedeuten die Würfelkantenlänge a in Ångströmeinheiten (10^{-8} cm).

Ferner:

NiO (Bunsenit) $a = 4,1 — 4,2$ Å, vermutlich auch CoO .

MnS (Alabandin) $a = 5,2$ Å und ? LiH , $a = 4,1$.

Prinzipiell gleich, aber triklin deformiert, kristallisiert CuO , *Tenorit*. (Lit. (3), 624 und 631.)

Ersetzen wir den Anteil [B] durch $[C_2]$, so erhalten wir den *Verbindungstypus A $[C_2]$* . Nach unserer Tabelle 3 können nur paramorph, enantiomorph oder holoeedrisch kristallisierende Körper mit solchem Chemismus nach $Na Cl$ -Art gebaut sein. Es sind denn auch die Mineralien der kubisch paramorphen *Pyritgruppe* ($Fe[S_2]$, $Co[As_2]$, $Mn[S_2]$), die hier zu nennen sind. Für Na tritt z. B. Fe in das Gitter ein, für Cl der Doppelkomplex $[S_2]$. (Siehe Fig. 6a.) Der Schwerpunkt des $[S_2]$ -Komplexes liegt in der Mitte der Verbindungsleitung von 2 S-Atomen. Er ist ein centrosymmetrisch gebauter Komplex. Mit großer Wahrscheinlichkeit gehören ebenfalls hieher die *Nitrate von Ca, Sr, Ba und Pb*. $Ca(NO_3)_2$ kann geschrieben werden als $Ca[N_2 O_6]$, entspricht

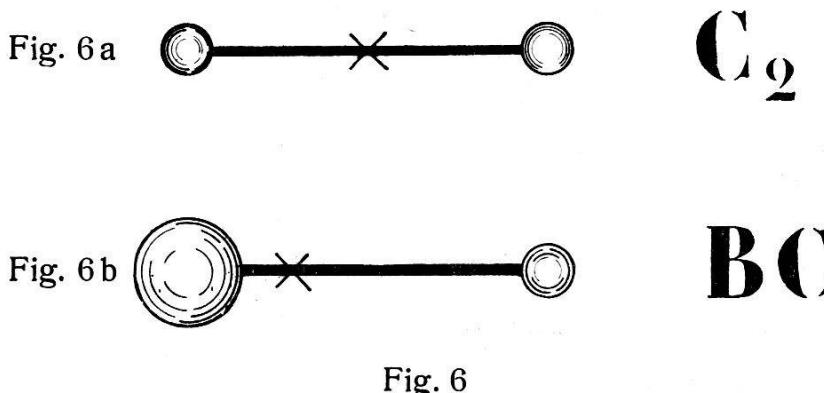
Tabelle 3.

Verteilung der möglichen Komplexe auf

Klasse	Raumgruppe	Tab. 2											
		C BC	C ₂ BC ₂	C ₃ BC ₃	C ₄ BC ₄	C ₆ BC ₆	C ₈ BC ₈	C ₁₂ BC ₁₂	C ₂₄ BC ₂₄	C ₄₈ BC ₄₈	B ₂ C ₃	B ₁ C ₆	B ₂ C ₁₃
Tetartoedrie	\mathfrak{L}^1	×		×									
	\mathfrak{L}^2				×	×			×				
	\mathfrak{L}^4	×		×									×
Paramorphie	\mathfrak{L}^2_h		×				×					×	×
	\mathfrak{L}^3_h						×	×	×	×			
	\mathfrak{L}^6_h		×				×					×	×
Hemimorphie	\mathfrak{L}^1_d	×		×			×	×					
	\mathfrak{L}^2_d				×	×			×	×			
Enantiomorphie	\mathfrak{D}^2		×	×			×	×				×	×
	\mathfrak{D}^3						×	×	×	×			
Holoedrie	\mathfrak{D}_h^4		×				×		×			×	×
	\mathfrak{D}_h^5						×	×	×	×			

die einzelnen Klassen und Raumgruppen.

also dem *Verbindungstypus A* [$B_2 C_6$]. In der S_2 -Hantel wäre dann für jedes S- ein N-Atom zu setzen, jedes gleichmäßig umgeben von 3 O-Atomen derart, daß für den ganzen Komplex centrosymmetrischer Bau erhalten bliebe. Dieser Komplex könnte auch einer Kristallart von enantiomorpher oder holoedrischer Symmetrie angehören. (Vergleiche auch *Wyckoff* (6). Ebensolche Symmetrieverhältnisse sind wahrscheinlich vorhanden im Gitter des *Hydrazin-Hydrochlorids* N_2 [$Cl_2 H_6$]. $a = 7,89 \text{ \AA}$. (3), 621.



Denken wir uns nun in der Verbindung $Fe [S_2]$ das eine S-Atom durch ein Sprödmetallatom ersetzt, wie in $Fe [As S]$, $Fe [Sb S]$ etc., allgemein $A [BC]$, so ist es klar, daß jetzt die Centrosymmetrie des Doppelkomplexes verloren gehen muß, denn die Atomgewichte von B und C sind ungleich (Fig. 6 b). Bleibt die $Na Cl$ -Struktur bestehen, so kann für die Kristallverbindung die paramorphe Symmetrie nicht mehr resultieren. Unsere Tabelle gestattet nur Tetartoedrie oder Hemimorphie. Tatsächlich kristallisieren denn auch *Ullmannit* $Ni [Sb S]$ und *Kobaltin* $Co [As S]$ kubisch tetartoedrisch. (Vergleiche lit. (1) 460, lit. (2) 184, lit. (3) 596—598.). Zum gleichen Verbindungstypus gehört $K (CN)$ mit $a = 6,55 \text{ \AA}$.

Ein klassisches Beispiel für den *Verbindungstypus A* [BC_3] ist das eingangs erwähnte $Na [ClO_3]$, wozu auch $Na [BrO_3]$ zu rechnen ist. Von den drei möglichen Symmetrieklassen: Tetartoedrie, Hemimorphie und Enantiomorphie ist die erst genannte realisiert. (Vergleiche (2) 184 und (4) 19—20). Ein ähnliche Symmetrie bedingender Komplex ist vermutlich auch $[NH_3]$ im Ammoniak. In rhomboedrisch deformierten Gittern finden wir den $[BC_3]$ -Komplex als $[CO_3]$ in der Calcitreihe oder als $[NO_3]$ im Natronsalpeter, oder als $[AsS_3]$ im Rotgiltigerz. (Siehe lit. (2), 184/185.)

Als Beispiele für den *Verbindungstypus A* [BC₄] können genannt werden:

J [NH₄] a = 7,2 Å
bei 250 ° C Cl [NH₄] a = 6,53 Å
, 250 ° C Br [NH₄] a = 6,90 Å. (Lit. (3) 624.)

Steinsalz-Strukturen mit [BC₆]-Komplexen sind m. W. keine bekannt, wohl aber solche nach dem Fluorittypus. Nun ist aber die Fluoritstruktur im Grunde genommen nichts anderes als eine Pyritstruktur mit ganz speziellen Punktlagen, also eine spezialisierte Steinsalzstruktur. Nach lit. (3) 621 können wir hier folgende Verbindungen anführen:

K₂ [Pt Cl₆] a = 9,7 Å
(NH₄)₂ [Pt Cl₆] a = 9,84 Å
K₂ [SnCl₆] a = 9,96 Å
(NH₄)₂ [SnCl₆] a = 10,05 Å
(NH₄)₂ [Si F₆] a = 8,38 Å.

Na Cl-Strukturen mit Komplexen höherer Teilchenzahlen sind noch keine bekannt.

Zusammenfassung.

Die Antwort auf die Seite 230 gestellte Frage nach den möglichen Raumsystemen, in welchen die Steinsalzstruktur bei Substitution von Atomkomplexen möglich ist, ist in Tabelle 3 enthalten. Wir erkennen:

1. daß nur ganz bestimmt zusammengesetzte Komplexe überhaupt möglich sind und
2. daß sich die einzelnen Raumgruppen diesen Komplexen gegenüber selektiv verhalten.

Diese theoretisch abgeleiteten Resultate, die z. T. mit experimentellen belegt werden können, gelten — um am Schlusse noch einmal darauf hinzuweisen — unter der Voraussetzung, daß die mit gleichen Buchstaben bezeichneten Komplexe teilchen unter sich auch *strukturell gleichwertig* sind.

Literatur:

1. P. Niggli: Geometrische Kristallographie des Diskontinuums, Leipzig, Gebr. Borntraeger, 1909.
2. „ „ Kristallstruktur und Atombau II. Zeitschr. f. Kristallographie LVI, 2, 167.
3. „ „ Lehrbuch der Mineralogie, I. Teil, zweite Auflage. Berlin, Borntraeger, 1924.
4. „ „ Eine analytisch-geometrische Untersuchung der kubischen Raumsysteme. (Neues Jahrbuch f. Min., Geol. u. Paläontologie. Beilageband XLIII.
5. L. Weber:¹ Die Bedeutung der Kristallpolyeder in der Lehre der regelmäßigen Punktsysteme. Habilitationsschrift als Manuscript.
6. Ralph W. G. Wyckoff: The Structure of Crystals. The Chemical Catalog Company, Inc. New-York, 1924.

¹ Herr Dr. L. Weber, Privat-Dozent für Mineralogie an der E. T. H. Zürich, hatte die große Freundlichkeit, mir nicht nur seine Habilitationsschrift als Manuscript zur Verfügung zu stellen, sondern mich auch persönlich in seine Darstellungsart einzuführen, wofür ich ihm hier herzlich danke.
