

Zur Struktur der Realkristalle : Erwiderung auf die gleichnamige Arbeit von F. Zwicky

Autor(en): **Orowan, E.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Helvetica Physica Acta**

Band (Jahr): **7 (1934)**

Heft III

PDF erstellt am: **23.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-110367>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Zur Struktur der Realkristalle

(Erwiderung auf die gleichnamige Arbeit von F. ZWICKY)

von E. Orowan¹⁾.

(10. VII. 33.)

Die Kritik, die ich an den theoretischen Begründungen der „Sekundärstrukturhypothese“ („S. S. H.“) von Herrn ZWICKY geübt habe²⁾, besteht in dem Nachweis, dass die erste von ihm gegebene Begründung auf einem Rechenfehler beruht, bei dessen Richtigstellung sie hinfällig wird, und dass die zweite zu Folgerungen führt, die bei der überwiegenden Mehrzahl der Kristalle nicht erfüllt sind.

Gegenüber der letzten Veröffentlichung von Herrn ZWICKY³⁾ müssen diese Behauptungen in vollem Umfange aufrecht erhalten werden und mit ihnen die Konsequenz, dass die Sekundärstrukturhypothese als *theoretisch unbegründet* anzusehen ist.

Darüber hinaus wird die Ansicht vertreten, dass auch den von Herrn ZWICKY angeführten experimentellen Tatsachen in dieser Hinsicht keine Beweiskraft zukommt.

Schliesslich wird nachgewiesen, dass die Gründe, die Herrn ZWICKY zur Annahme seiner „cooperative phenomena“ geführt haben, auf Missverständnissen beruhen.

Vor einiger Zeit habe ich darauf hingewiesen²⁾, dass in den Rechnungen, mit denen Herr ZWICKY seine „Sekundärstrukturhypothese“ begründen wollte, ein Fehler steckt, bei dessen Richtigstellung der im Sinne dieser Hypothese erforderliche Effekt verschwindet; dass ferner der zweite Versuch, den er in dieser Richtung unternommen hat, zu Folgerungen führt, die nur bei

¹⁾ *Bemerkung der Redaktion.* Auf ausdrücklichen Wunsch von Herrn Dr. Orowan haben wir die obige Arbeit aufgenommen; Herr Prof. Dr. Zwicky hat von derselben Kenntnis genommen und uns auf Seite 294 folgende Replik gesandt. Wir erklären damit Schluss der Diskussion in dieser Angelegenheit; für den Inhalt der zwei Arbeiten übernimmt die Redaktion keine Verantwortung.

²⁾ E. OROWAN, *Zeitschr. f. Phys.* **79**, 573 (1932).

³⁾ F. ZWICKY, *Helv. Phys. Acta* **6**, 210, 1933. — Zu dem Vorwurf von Herrn ZWICKY, ich habe meine Kritik veröffentlicht, obwohl er nach Erhalten meines Manuskriptes mir seine Einwände mitgeteilt haben soll, bemerke ich, dass der Brief von Herrn ZWICKY *keinerlei Einwände* gegen meine Kritik enthielt; er schrieb vielmehr u. a.: „Falls Sie Ihre Arbeit publizieren, wäre es vielleicht vorteilhaft, diesen Punkt (nämlich die Behandlung des entscheidenden Fehlers — E. O.) allein herauszuarbeiten und die Wiederholung aller, jetzt etwas antiquarischen Komplikationen meiner ersten Arbeiten zu vermeiden“. Hierauf habe ich denn auch durchweg Rücksicht genommen.

einigen wenigen Kristallen erfüllt sein könnten. Damit hat die Sekundärstrukturhypothese (die ja *allgemeine*, bei jedem Kristall vorhandene Eigenschaften erklären wollte) jede theoretische Grundlage verloren.

In einem kürzlich an dieser Stelle erschienenen Veröffentlichung wendet sich nun Herr ZWICKY gegen meine Kritik; seinen Einwänden liegen jedoch Missverständnisse zugrunde, an denen auch die knappe Form Schuld hat, die ich mit Rücksicht auf den verfügbaren Raum meiner vorigen Mitteilung gegeben habe. Es sei mir deshalb gestattet, auf diese Missverständnisse hinzuweisen und zu betonen, dass meine Kritik in vollem Umfange aufrechtzuerhalten ist.

Die Zwickysche Sekundärstruktur erster Art.

Die Gitterkonstante einer freistehenden (001)-Ebene des Steinsalzgitters muss, wie die Rechnung ergibt, kleiner sein als die Gitterkonstante des räumlichen NaCl-Gitters; nimmt man also eine solche Ebene aus dem räumlichen Gitter heraus, so gewinnt man eine bestimmte Energie je cm^2 , wenn man sie auf die Gleichgewichtsabmessungen der allein stehenden Ebene zusammenschrumpfen lässt. Herr ZWICKY wollte nun nachweisen, dass dieser Energiegewinn grösser ist als die Erhöhung der gegenseitigen Energie zwischen der kontrahierten Ebene und dem übrigen Raumgitter, wenn man die Kontraktion einer (001)-Ebene *im NaCl-Gitter selbst* stattfinden lässt. Damit wäre nämlich zu erwarten gewesen, dass im thermodynamischen Gleichgewicht eine möglichst grosse Anzahl von (001)-Ebenen in den kontrahierten Zustand übergeht und ein „Sekundärgitter“ im ursprünglichen Gitter bildet.

Während die Energiebilanz dieser Umformung in den Rechnungen von Herrn ZWICKY einen Gewinn ergab (zumindest für einige Kristalle vom NaCl-Typ), habe ich gezeigt, dass der ausschlaggebende Posten, die Polarisationsenergie der Ionen, in dieser Rechnung einen ums Dreifache zu hohen Wert hatte, da bei ihrer Berechnung die periodisch veränderliche elektrische Feldstärke statt des richtigen Mittelwertes mit ihrem Maximalwert eingesetzt wurde. Bei richtiger Berechnung der Polarisationsenergie zeigt sich, dass die Umformung bei allen bekannten Kristallen vom betrachteten Typ einen hohen Arbeitsaufwand erfordert, also spontan nicht zustande kommen kann.

In seiner Erwiderung bemerkt Herr ZWICKY hierzu, dass seine Berechnung manche Vereinfachungen enthält, insbesondere

trägt sie nicht dem Umstand Rechnung, dass eine solche willkürliche Umformung dynamisch nicht stabil ist; er hofft, dass bei Berücksichtigung der erforderlichen Korrekturen sich vielleicht doch noch ein Energiegewinn ergibt. Abgesehen davon, dass diese Hoffnung mit Rücksicht auf das Defizit der vereinfachten Rechnung sehr schwach ist, kann man sie nicht als Begründung des erhofften Ergebnisses ansehen.

Das gleiche gilt von der Möglichkeit des Erfolges, den Herr ZWICKY sich von der gleichzeitigen Kontraktion zweier benachbarter Ebenen verspricht. Hier ist der Betrag der Polarisationsenergie zwar grösser, dafür ist aber der bei der Kontraktion zu erwartende Energiegewinn kleiner, da es sich hier um die Annäherung an den Fall einer Platte von makroskopischer Dichte handelt, die man im unendlichen Gitter kontrahieren lässt; offenbar wird der Energiegewinn bei der Kontraktion verschwindend klein gegenüber der aufzubringenden Oberflächenenergie der beiden Plattenseiten. Andernfalls müsste ja der Kristall spontan zerfallen.

All diesen Einwänden gegenüber ist also festzustellen, dass die von Herrn ZWICKY bisher durchgeführten Rechnungen nach Beseitigung der Fehler ein deutliches *negatives* Resultat liefern; ob sich daran bei Verwendung besserer Näherungen etwas ändert, könnte man natürlich erst erkennen, *nachdem die entsprechenden Rechnungen ausgeführt sind.*

Die Zwickysche Sekundärstruktur zweiter Art.

In einem zweiten, von dem eben erörterten völlig unabhängigen Versuch, zu einer Sekundärstruktur zu gelangen, hat Herr ZWICKY die Möglichkeit einer spontanen elektrischen (und magnetischen)¹⁾ Polarisation ins Auge gefasst²⁾. Die in sich etwa homogen polarisierten „WEISS'schen Bezirke“ haben bei Abwesenheit eines äusseren elektrischen (bzw. magnetischen) Feldes keine resultierende Vorzugsrichtung (von Remanenz sehen wir ab), so dass die von der spontanen Polarisation hervorgerufene Striktion, deren Tensor sich von Stelle zu Stelle ändert, innere Spannungen erzeugen kann.

¹⁾ Dass die bei ferromagnetischen Stoffen vorhandene spontane magnetische Polarisation nicht die Ursache der bei *jedem* Kristall vorhandenen strukturempfindlichen Eigenschaften, wie etwa der Schubfestigkeit, sein kann, sondern *selbst eine (recht singuläre) solche Eigenschaft* ist, braucht nicht näher erörtert zu werden; das sollte der Sinn meiner von Herrn ZWICKY beanstandeten missverständlichen Bemerkung zu diesem Punkte sein.

²⁾ F. ZWICKY, Phys. Rev. **38**, 1772, 1931; **40**, 63, 1932.

Über Grösse und Gestalt der WEISS'schen Bezirke (eine für den Ferromagnetismus wichtige, jedoch bisher völlig problematische Frage) macht Herr ZWICKY die nicht weiter begründete Annahme, dass diese gleich grosse Würfel bilden, die abwechselnd nach je einer der Raumdiagonalen polarisiert sind. Hieraus würde sich dann eine Periodizität der Striktionsspannung, also eine Art Sekundärstruktur folgern.

Abgesehen davon, dass die Annahme einer solchen regelmässigen Anordnung der WEISS'schen Bezirke gänzlich willkürlich und nach allen Erfahrungen auf dem Gebiete des Ferromagnetismus höchst unwahrscheinlich ist, soll jetzt nochmals betont werden, dass eine spontane elektrische Polarisation bei Zimmertemperatur nach elementaren Erfahrungen an den allermeisten Kristallen nicht vorhanden sein kann (die spontane magnetische Polarisation kommt, wie erwähnt, wegen der ganz speziellen Natur der Erscheinung, als Stütze für die S. S. H. nicht in Frage). Sie würde nämlich ein ferromagnetismusartiges Verhalten der dielektrischen Eigenschaften bedingen, d. h. sehr grosse und schon bei kleinen Feldern veränderliche Dielektrizitätskonstante (nicht aber unbedingt auch Hysterese, wie ich es nach Herrn ZWICKY behauptet haben soll; dieses Wort kommt in meiner Arbeit überhaupt nicht vor). Diese Aussage bestreitet Herr ZWICKY; er wirft mir „Nichtverständnis der wirklichen Verhältnisse“ vor und sagt:

„Da P (die Polarisation. E. O.) von der Grössenordnung einer Million Volt oder mehr ist, folgt, dass die Wirkung der Oberfläche nur durch riesige äussere Felder derselben Grössenordnung kompensiert werden kann. Solchen Feldern hält der Kristall aber nicht mehr stand, und eine Hysterese ist deshalb nicht ohne weiteres beobachtbar.“

Diese Behauptung kann sich offenbar nicht auf Oberflächenladungen beziehen, die schon *vor* dem Anlegen des Feldes am Kristall vorhanden sind; solche Oberflächenladungen wären nämlich mit einem permanenten elektrischen Moment verbunden. Ausserdem beruht ja die ganze Sekundärstruktur zweiter Art auf einer *regellosen* Verteilung der spontanen Polarisation. Meint Herr ZWICKY dagegen Oberflächenladungen, die sich erst beim Anlegen des äusseren Feldes ausbilden, so liegt dem offenbar eine Verwechslung von elektrischer Feldstärke und dielektrischer Verschiebung zugrunde. Legt man an den Kristall ein elektrisches Feld, so werden an ihm höchstens solche Oberflächenladungen frei (durch Umorientierung innerhalb der WEISS'schen Bezirke), dass das von ihnen erzeugte Gegenfeld das äussere Feld gerade aufhebt. Die Oberflächenladungen und mit ihnen die dielektrische

Verschiebung können also beliebig gross und gleichzeitig die Feldstärke im Kristall beliebig klein sein. — Die Verhältnisse sind denen im ferromagnetischen Fall vollkommen analog; dass hier statt des LORENTZfaktors der viel grössere WEISS'sche Faktor auftritt, ist nur auf den Sättigungswert der Polarisation von Einfluss; der Verlauf der Polarisationskurve unterhalb der Sättigung hängt von ganz anderen Umständen ab. Es könnte ja nur anders sein, wenn die spontane Polarisation völlig „festgenagelt“ wäre, wenn also weder eine Grenzverschiebung der WEISS'schen Bereiche, noch eine Drehung der Richtung der spontanen Polarisation unter Einwirkung des Feldes möglich wäre.

Das erfahrungsmässige Nichtvorhandensein einer allgemeinen spontanen elektrischen oder magnetischen Polarisation ist übrigens im Einklang damit, dass die quantitativen Bedingungen, die Herr ZWICKY für ihr Auftreten errechnet, *in der Wirklichkeit praktisch nie erfüllt sein dürften*. Unmittelbar klar ist das für diejenige theoretisch sehr interessante Möglichkeit einer spontanen Polarisation an Ionenkristallen vom NaCl-Typ, die sich aus dem Vorhandensein von 6 stabilen Gleichgewichtslagen ausserhalb des Zellmittelpunktes ergibt, wenn der Abstossungsexponent kleiner als 6 ist; ein so niedriger Abstossungsexponent tritt nämlich bei diesen Kristallen niemals auf.

Die andere von Herrn ZWICKY ins Auge gefasste Möglichkeit wäre dann vorhanden, wenn infolge einer hohen Polarisierbarkeit der Gitteratome die von ihnen erzeugte Lorentzfeldstärke grösser wäre als die Feldstärke, die sie zur Aufrechterhaltung ihres Dipolmomentes brauchen. Die Bedingung hierfür ist¹⁾:

$$R \varrho / M > 1 \quad \text{oder} \quad R > M / \varrho ;$$

(R = Molrefraktion für sehr lange Wellen, ϱ = Dichte, M = Molekulargewicht.)

Da R in allen Atomtheorien, von der Clausius-Mosotti'schen Hypothese bis zur Wellenmechanik, als *das Gesamtvolumen der in einem Mol vorhandenen Moleküle bzw. Atome* auftritt, ist es klar, dass sie nie grösser sein kann als das *Molvolumen desselben Stoffes*, dass also *diese Bedingung einer spontanen Polarisation nie erfüllt sein kann*. In der Arbeit von HERZFELD bedeutet R ja die Molrefraktion eines Metalldampfes, während ϱ die Dichte des *festen* Metalls ist; in diesem Falle hat das Erfülltsein der Ungleichung *den* Sinn, dass die Valenzelektronen, die an der Polarisierbarkeit des Metallatoms im Dampf massgebend beteiligt sind, im festen Metall nicht den sonst zu erwartenden Beitrag zum „Atomradius“ liefern, sondern im Elektronengas aufgehen.

¹⁾ K. F. HERZFELD, Phys. Rev. **29**, 701, 1927.

Die „cooperative phenomena“.

Neben den beiden bisher betrachteten und als gescheitert nachgewiesenen Versuchen, zu einer Sekundärstruktur zu gelangen, hat Herr ZWICKY in seinen neuesten (zum Teil nach Veröffentlichung meiner Kritik erschienenen) Arbeiten Wege gesucht, die Existenz einer allgemeinen Sekundärstruktur durch allgemeine Betrachtungen und Begriffsbildungen über die Natur der zwischen den Atomen wirkenden Kräfte plausibel zu machen. Er meint, der scharfe Schmelzpunkt der Kristalle und die über grosse Entfernungen sich erhaltende Orientierung ihres Gitters seien mit den üblichen atomaren Kräften, die z. B. die Kohäsion erzeugen, nicht zu erklären; diese Kräfte sollen die den Flüssigkeiten *und* festen Körpern gemeinsamen Eigenschaften hervorbringen, während die spezifischen Kristalleigenschaften zu ihrer Erklärung Kräfte brauchen würden, deren Reichweite viel grösser ist, nämlich solche, bei denen die potentielle Energie eines Körperelementes in bezug auf den übrigen, sich allseitig ins Unendliche erstreckenden Körper keinen endlichen Wert hat, wie es z. B. bei der Gravitationskraft oder bei zwischen gleichnamigen Ladungen wirkenden Coulomb'schen Kräften der Fall ist. Die üblichen atomaren Kräfte sollen nun die aus röntgenographischen Daten bekannten Gitter erzeugen; die fernwirkenden Kräfte dagegen eine eigene Symmetrie des Kristalls bedingen, die in einer der „primären“ überlagerten „Sekundärstruktur“ zum Ausdruck kommen soll. Da die fernwirkenden Kräfte die Kooperation vieler Atome erlauben, nennt Herr ZWICKY die Erscheinungen, die er ihnen zuschreibt, „cooperative phenomena“.

Eine nähere Begründung der S. S. H. durch „cooperative phenomena“ erfolgt nicht, es werden nur die bisherigen Begründungsversuche als Spezialfälle angeführt. Es sei also nur darauf hingewiesen, dass die Annahme solcher „kooperativer“ Kräfte für die Erklärung der angeführten Kristalleigenschaften ganz unnötig ist und dass die Behauptung von Herrn ZWICKY, die gewöhnliche Thermodynamik und der zweite Hauptsatz seien bei Anwesenheit dieser Kräfte nicht anwendbar, einem Versehen entspringt.

Dass man keine Kräfte überatomarer Reichweite nötig hat, um die gleichbleibende Orientierung der Kristalle zu erklären, braucht nicht näher erörtert zu werden; eine Anzahl gleich grosser Stahlkugeln, zwischen denen eine Anziehungskraft beliebig kleiner Reichweite wirkt, fügen sich allmählich zu einer dichtesten Kugel-

¹⁾ F. ZWICKY, Proc. Nat. Acad. Amer. **17**, 524, 1931; Phys. Rev. **43**, 270, 1933.

packung zusammen, deren Orientierung überall die gleiche ist. (Die mittlere kinetische Energie der Kugeln darf natürlich weder zu gross, noch zu klein sein.)

Auch der scharfe Schmelzpunkt der Kristalle ist auf Grundlage der bisher bekannten Atomkräfte ohne weiteres verständlich, sobald man einsieht, dass das Schmelzen kein „Gitterzusammenbruch“ ist, sondern eine Oberflächenerscheinung, nämlich einfach die Umkehrung des in der VOLMER-STRANSKI-KOSSEL'schen Theorie dargestellten Kristallwachstumsvorganges. Eine ausführlichere Erörterung hiervon werde ich in Kürze veröffentlichen (voraussichtlich in Phys. Rev.).

Die Nichtanwendbarkeit der Thermodynamik bei Anwesenheit einer „kooperativen“ Kraft (nämlich der Gravitationskraft) will Herr ZWICKY an folgendem Beispiel nachweisen. Er betrachtet zwei grosse EMDEN'sche Gaskugeln aus einatomigem Gas, deren Temperaturen T_1 und T_2 sind ($T_1 > T_2$)¹⁾. Er nimmt an, dass die kältere Kugel sich weiter abkühlt, wenn sie mit der wärmeren in eine adiabatische Hülle eingeschlossen, Strahlungsenergie empfängt und sich dabei ausdehnt; ebenso soll sich die wärmere Kugel weiter erwärmen, wenn sie sich unter gleichzeitiger Ausstrahlung kontrahiert. Hieraus folgert Herr ZWICKY, dass die Entropie eines adiabatisch geschlossenen Systems mit der Zeit auch *abnehmen* kann, wenn die Gravitation eine Rolle spielt und dass deshalb die Thermodynamik bei Vorhandensein von „cooperative phenomena“ nicht anwendbar sei.

Diese Folgerung ist unverständlich; geht die Wärmemenge δQ von der wärmeren zur kälteren Kugel über, so ändert sich die Entropie des Systems um

$$-\frac{\delta Q}{T_1} + \frac{\delta Q}{T_2} > 0$$

sie nimmt also stets *zu*, im Einklang mit dem zweiten Hauptsatz; trotzdem können sich die Temperaturunterschiede im (adiabatisch abgeschlossenen) System erhöhen, wie man es an dem einfachen Beispiel einer durch ein fallendes Gewicht angetriebenen Kältemaschine sofort einsieht. Nicht einmal die Mitwirkung „kooperativer“ Kräfte ist hierzu notwendig, da man die Kältemaschine statt des Gewichtes auch durch eine Feder antreiben kann.

Zusammenfassend kann man also sagen, dass die Behauptung von Herrn ZWICKY, die von ihm herangezogenen Erscheinungen

¹⁾ F. ZWICKY, Phys. Rev. **43**, 271, 1933.

seien mit den üblichen Vorstellungen nicht erklärbar, auf Irrtümern beruht; die Annahme der „cooperative phenomena“ ist danach unnötig und unbegründet.

Die experimentellen Unterlagen.

Der Zweck meiner früheren Kritik war ausschliesslich, auf die Unhaltbarkeit der theoretischen Begründungen der S. S. H. hinzuweisen, um die Experimentatoren vor einer aus Ehrfurcht vor der Theorie entstandenen Befangenheit zu warnen. Nachdem jedoch Herr ZWICKY in meinem Nichteingehen auf die experimentelle Seite eine „unter Physikern befremdliche Haltung“ erblickt hat, muss ich der Meinung Ausdruck geben, dass die von ihm angeführten Erfahrungstatsachen mit der eigentlichen Behauptung der S. S. H. unmittelbar nichts zu tun haben und teilweise in offenbar gezwungener Weise interpretiert werden.

Zunächst muss festgestellt werden, dass die allgemeine Einstellung von Herrn ZWICKY bei der Diskussion von Versuchen in bezug auf ihr Verhältnis zur S. S. H. im höchsten Masse anfechtbar ist. Er erblickt in jeder periodischen Struktur einen Erfolg der S. S. H., obwohl diese nicht die Existenz solcher Strukturen an sich behauptet oder gar ihre Entstehung erklärt, sondern in der Behauptung besteht, dass die *allgemein* vorhandenen strukturempfindlichen Eigenschaften durch eine *allgemein* vorhandene Sekundärstruktur erzeugt bzw. beeinflusst werden. Periodische Strukturen als solche sind in der Natur in verwirrender Mannigfaltigkeit vorhanden, oft sogar an amorphen Körpern (z. B. LIESEGANG'sche Ringe, Achate); *nicht ihr Vorhandensein*, sondern allein der Nachweis, dass *sie die Ursache der strukturempfindlichen Eigenschaften*, der technischen Zug- und Schubfestigkeit usw. sind, könnte als Bestätigung der S. S. H. gewertet werden. Dieser Nachweis steht jedoch bisher vollkommen aus; im Gegenteil, es ist sicher, dass die technische Zugfestigkeit *nicht* auf eine Sekundärstruktur zurückgeführt werden kann¹⁾, da sonst die Oberflächenenergie ihrem theoretischen Werte gegenüber ebenso erniedrigt sein müsste, wie die technische Festigkeit der theoretischen gegenüber, was in den bisher kontrollierbaren Fällen nicht zutrifft.

Dass Streifungen oder Lamellierungen des Kristalls mit Gleit-, Spalt- oder Zwillingleiten bzw. ihren Spuren zusammenfallen, besagt nicht viel, da es sich um die niedrigst indizierten

¹⁾ E. OROWAN, Zeitschr. f. Phys. **82**, 239, 1933.

Ebenen handelt, die allgemein bevorzugt sind; im Fall eines ursächlichen Zusammenhanges liegt es aber viel näher, die Entstehung der Streifung *aus der Wirkung* der Gleit-, Spalt- oder Zwillingssebene zu erklären, wie es in einigen Fällen mit Sicherheit angenommen werden kann.

Den von GOETZ¹⁾ untersuchten Ätzworgang an (111)-Flächen von Wismut kann man recht zwanglos auf Grund der VOLMER-STRANSKI-KOSSEL'schen Theorie verstehen; dagegen sieht man bei näherer Betrachtung ein (worauf hier nicht näher eingegangen sei), dass die Entstehung *grosser Ätzdreiecke* durch die S. S. H. nicht erklärt werden kann.

Was schliesslich „die Existenz von Potentialschwellen von der Grössenordnung von 0,01 Volt entlang der Sekundärebenen“, die „die Theorie fordert“, betrifft, ist es klar, dass mit den Grundlagen seiner Theorie auch die quantitativen Schlüsse aus ihr hinfällig werden.

Die von Herrn Zwicky zur Stützung der S. S. H. herangezogenen Erfahrungstatsachen beziehen sich also nicht auf die eigentliche Behauptung dieser Hypothese; manche von ihnen kann man auf Grund bereits vorhandener Vorstellungen zwanglos erklären.

Berlin-Charlottenburg, den 8. Juli 1933.

¹⁾ A. GOETZ, Proc. Nat. Acad. Amer. **16**, 99, 1930.