

EESTI VABARIIGI TARTU ÜLIKOOLI
TOIMETUSED

ACTA ET COMMENTATIONES
UNIVERSITATIS TARTUENSIS
(DORPATENSIS)

A

MATHEMATICA, PHYSICA, MEDICA

XXXV

TARTU 1940

EESTI VABARIIGI TARTU ÜLIKOOLI
TOIMETUSED

ACTA ET COMMENTATIONES
UNIVERSITATIS TARTUENSIS
(DORPATENSIS)

A

MATHEMATICA, PHYSICA, MEDICA

XXXV

TARTU 1940

Sisukord. — Contenta.

1. **Aarne Kärnsa.** Über das System der einmodigen Häufigkeitskurven.
 2. **Harald Perlitz and Rolf Aavakivi.** The Atomic Parameters of γ -Silver-Cadmium.
 3. **Jul. Tehver.** Kassi keele foliaatpapillidest.
 4. **Villem Koern.** Das Binäre Legierungssystem Ag-Te.
 5. **A. Paris.** Über die Eisen- und Aluminiumbestimmungen nach der Benzoatmethode.
 6. **A. Vaga.** Fütotsõnoloogia põhiküsibusi.
-

ÜBER DAS SYSTEM DER EINMODIGEN HÄUFIGKEITSKURVEN

VON

AARNE KÄRSNA

TARTU 1939

I. Einleitung.

Bei der Untersuchung der statistischen Kollektive mittels eines veränderlichen Merkmals benutzt man die diesem Merkmale zugehörige Häufigkeitsverteilung. Da die Häufigkeitsverteilung deutlich die Eigenschaften des Kollektivs zum Vorschein bringt, ist das Problem, die analytische Darstellung der Häufigkeitsverteilung zu finden, immer interessant gewesen. Eine solche Verteilungsfunktion ermöglicht, erstens, die typischen Eigenschaften des Kollektivs zusammenzufassen und, zweitens, die mit den Häufigkeitsverteilungen verknüpften Probleme in in allgemeiner Form zu lösen.

Unter den gebräuchlichen Systemen sind das Pearson'sche und das Charlier'sche die bekanntesten; von diesen besteht das erstere aus 7, das letztere aus 2 Kurventypen. Die Wahl des passenden Kurventypus ist beim Charlier'schen System frei, und es kann bei seiner Anwendung praktisch ausprobiert werden, welcher Typus der passendste ist. Beim Pearson'schen System kann man den Kurventypus nicht freiwillig wählen, da dieser durch eine von der Häufigkeitsverteilung abhängige Charakteristik bestimmt wird. Zum Berechnen dieser Charakteristik sowie der Konstanten der Gleichung wendet man bei beiden Systemen statt der gewöhnlichen Methode der kleinsten Quadrate die bekannte Methode der Momente an. Da beide Systeme bei ihrer praktischen Anwendung viel Rechenarbeit erfordern und die entsprechenden Gleichungen keine direkt klare Vorstellung vom Charakter der Häufigkeitsverteilung bieten, wird in der vorliegenden Arbeit ein neues System vorgeschlagen, in dem die Gleichung der Häufigkeitskurve so gewählt wird, dass die Koeffizienten der Gleichung gleichzeitig auch die Charakteristiken der Häufigkeitsverteilung darstellen. Damit ist auch für die Charakteristiken ein neues System gefunden, weil das bisherige, auf den Momenten beruhende System bei Verteilungen, die von der Normalverteilung stark abweichen, ganz unbrauchbare Resultate lieferte. Beim vorge-

schlagenen System ist das Bestimmen der Koeffizienten und auch das Berechnen der für die graphische Darstellung der Kurve nötigen Koordinaten sehr einfach und selbst dem Nichtmathematiker verständlich. Für den letztgenannten sind am Schluss der Arbeit entsprechend ausgearbeitete Standardmethoden angeführt, die bei nur kleinem Zeitaufwand das Durchführen der nötigen Berechnungen ermöglichen.

Bevor wir unser System näher betrachten, wollen wir einige Mängel der bisher bekannten Systeme erörtern.

II. Die Nachteile der nach den Momenten berechneten Charakteristiken.

Der bekanntesten zum Charakterisieren der Häufigkeitsverteilung benutzten Methode liegen das arithmetische Mittel und die in bezug auf dieses berechneten Momente höherer Ordnung zugrunde. Dieselben Momente bilden auch die Grundlage des Pearson'schen und des Charlier'schen Systems. Gewöhnlich werden nur die vier ersten Momente benutzt, denn die Momente noch höherer Ordnung sind, wie Pearson gezeigt hat, mit sehr grossen Fehlern behaftet. Das Gesagte ist hauptsächlich dadurch bedingt, dass bei gegebenem Kollektivumfang s der Variationsfaktor der Häufigkeit, wenn die Häufigkeit abnimmt, unbegrenzt wächst.

Es sei beim Kollektivumfang s die relative Häufigkeit einer Klasse p . Dann ist die absolute Häufigkeit m

$$(1) \quad m = sp.$$

Bei der Bernoulli'schen Reihe ist das Streuungsmass der Häufigkeit dieser Klasse

$$(2) \quad \sigma_B = \sqrt{sp(1-p)}.$$

Danach ist der Variationsfaktor

$$(3) \quad V = \frac{\sigma_B}{m} = \sqrt{\frac{1-p}{sp}}.$$

Aus der Formel (3) ist ersichtlich, dass kleinere Häufigkeiten relativ ungenauer sind und, wenn sie sich an den Enden der Kurve der Häufigkeitsverteilung befinden und damit grosse

Abszissenwerte besitzen (vom arithmetischen Mittel gemessen), bei höheren Momenten zu einem grossen Gesamtfehler führen.

Bei den Lexis'schen Reihen, die am häufigsten vorkommen, wird das Ergebnis noch schlechter. Beim Lexis'schen Faktor L ist

$$(4) \quad v = \frac{L\sigma_B}{m} = \sqrt{\frac{L^2(1-p)}{sp}}.$$

Dieses zeigt, dass die Streuung leicht grösser werden kann als die Häufigkeitszahl, denn die Bedingung

$$(5) \quad L^2(1-p) > sp$$

kann leicht befriedigt werden.

Noch wichtiger als der Fehler der Momente (bei der Bernoulli'schen Reihe kann man diesen Fehler durch Vergrössern des Kollektivumfanges vermindern) ist die Beziehung zwischen den Momenten und der Häufigkeitsverteilung. Beim Bestimmen der Grösse der Momente beeinflusst das typische Gebiet der Häufigkeitsverteilung (die grossen Häufigkeiten) diese viel weniger als die äusseren Teile der Kurve der Häufigkeitsverteilung, wo die Häufigkeiten klein sind und relativ grössere Fehler aufweisen.

Unter diesem wesentlichen Mangel leiden alle Momente und damit auch die nach ihnen berechneten Charakteristiken (auch das arithmetische Mittel), und zwar desto mehr, je höher die Ordnung der Momente ist. Ferner ist bekannt, dass die Abweichungen der Momente in korrelativer Beziehung stehen, und zwar einige (z. B. die des zweiten und vierten Moments) besonders stark. Mit dem Wachsen des einen Moments wächst auch das andere, und infolgedessen haben wir es nicht nur mit grossen Fehlern hinsichtlich der Momente, sondern auch mit ihrer Zusammenwirkung zu tun.

Die nach den Momenten berechneten Charakteristiken sind nur dann befriedigend, wenn die Häufigkeitsverteilung sich in der Nähe der Normalverteilung hält. In vielen Fällen sind die Charakteristiken überhaupt nicht charakteristisch und ist ein Aufzeichnen der Verteilung mit Hilfe derselben ganz unmöglich.

Im folgenden wollen wir die wesentlichen Nachteile der wichtigsten Charakteristiken näher betrachten.

a. Das arithmetische Mittel.

Das arithmetische Mittel ist die am meisten gebräuchliche Charakteristik. Beim Bezeichnen des Charakters eines Kollektivs durch eine Zahl wird das arithmetische Mittel gebraucht. Wenn die Häufigkeitsverteilung der Normalkurve folgt, fällt das arithmetische Mittel mit der Mode zusammen, und damit ist dieses auch die typische Grösse im Kollektiv. Wie aber bekannt ist, kommen die Häufigkeitsverteilungen in verschiedenartiger Form vor und gibt es auch solche, bei denen die Häufigkeit des arithmetischen Mittels im Vergleich zu der Häufigkeit anderer Argumentswerte sehr klein ist. Es ist z. B. das arithmetische Mittel der Flächengrösse der Seen (1612 Seen) Estlands ohne den Vörtsjärv 14 ha¹⁾, mit dem Vörtsjärv zusammen aber 32 ha. Das Hinzunehmen nur eines einzigen Elementes ins Kollektiv führt wegen dessen grossem Argumentwert das arithmetische Mittel weit über die häufig vorkommenden Argumentwerte hinaus. Was müsste man hierbei für typisch halten: 32 oder 14? Ergänzend sei noch gesagt, dass die Zahl der Seen mit einer Flächengrösse von unter 14 ha 86% und von unter 32 ha sogar 92% der Gesamtzahl beträgt. Da bezüglich der kleineren Seen nicht genügend statistisches Material vorliegt, kann die Lage der Mode nicht genau bestimmt werden. Wenn wir jedoch die Mode gleich 1 ha annehmen, so erhalten wir eine Häufigkeit, die mehr als 30 mal grösser ist, als die für das erste und 120 mal grösser, als die für das zweite arithmetische Mittel. Es scheint demnach, dass das Charakterisieren eines solchen Kollektivs durch das arithmetische Mittel nicht richtig ist, denn in den beiden Häufigkeitsverteilungen kommen ja fast gar keine Unterschiede vor. Beim Charakterisieren des Kollektivs sind alle Elemente gleichwertig, und infolgedessen bietet das arithmetische Mittel nicht immer das Wesentliche und Typische.

b. Das Streuungsmass.

Weiter ist auf Grund desselben Systems die folgende Charakteristik — das Streuungsmass — bestimmt, welches mit Hilfe des zweiten Moments berechnet wird und manchmal auch mittlere

1) H. Riikoja and A. Kärnsna, On the Distribution of Lakes in Estonia. Loodusuurijate Seltsi aruanded XLII 3—4, 1935. Tartu.

oder quadratische Abweichung genannt wird. Das Streuungsmass wird in statistischen Arbeiten sehr oft benutzt, weil ihm nur ein kleiner Fehler anhaftet. Wenn früher z. B. in biologischen Forschungen zum Charakterisieren der Streuung die Extremwerte mancher Individuen benutzt wurden, wurde doch bald klar, dass die Extremwerte sich bei Veränderung des Kollektivumfangs stark veränderten, das Streuungsmass aber schon bei einer kleinen Zahl von Individuen mehr oder minder die wirkliche Grösse besass.

Das Gesagte gilt jedoch nur solange die Häufigkeitsverteilung in der Nähe der Normalverteilung bleibt, in einem gewissen Grade auch noch dann, wenn die Verteilung symmetrisch ist. Im allgemeinen Fall kann aber die Zahl der Elemente in den Grenzen zwischen $x = -\sigma$ bis $x = \sigma$ sehr schwanken. Das kann durch folgendes Beispiel erläutert werden.

1. Betrachten wir zuerst die konstante Häufigkeitsverteilung (Fig. 1)

(6) $y = a$
im Intervall $-b \leq x \leq b$.

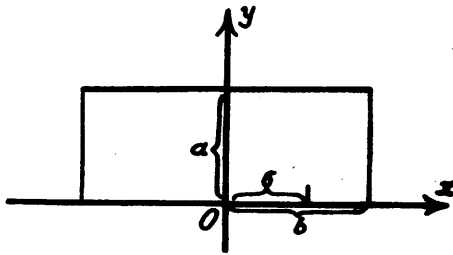


Fig. 1.

Das Streuungsmass (σ) können wir leicht bestimmen:

$$(7) \quad \sigma^2 = \frac{\int_{-b}^b ax^2 dx}{\int_{-b}^b a dx} = \frac{b^2}{3},$$

woraus

$$(8) \quad \sigma = \frac{b}{\sqrt{3}},$$

so dass die relative Häufigkeit der Klasse von $x = -\sigma$ bis $x = \sigma$

$$(9) \quad S = \frac{\int_{-b}^{\sigma} a dx}{\int_{-b}^{-\sigma} a dx} = \frac{1}{\sqrt{3}} = 57.7\%$$

beträgt (sie ist nicht von a und b abhängig).

2. Zweitens betrachten wir solch eine Häufigkeitsverteilung, bei der sich die Werte in der Mitte stark anhäufen (Fig. 2).

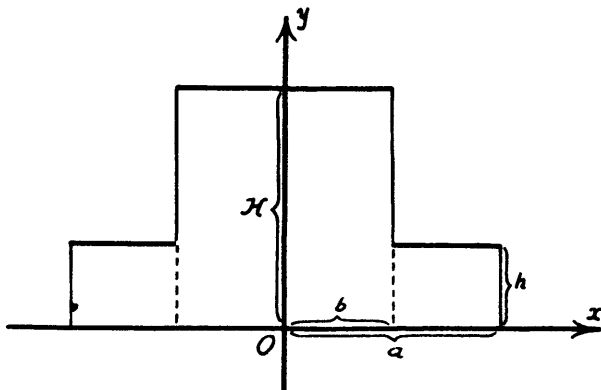


Fig. 2.

Bezeichnen wir

$$(10) \quad \sigma^2 = \frac{\int_{-a}^a y x^2 dx}{\int_{-a}^a y dx} = \frac{L}{N}$$

Es sei die Gleichung der Häufigkeitskurve

$$(11) \quad y = H,$$

wenn $-b \leq x \leq b$ ist, und

$$(12) \quad y = h,$$

wenn $b \leq x \leq a$ oder $-a \leq x \leq -b$ ist.

Dementsprechend finden wir

$$(13) \quad N = 2 \int_0^b H dx + 2 \int_b^a h dx = 2Hb + 2h(a-b)$$

und

$$(14) \quad L = 2 \int_0^b H x^2 dx + 2 \int_b^a h x^2 dx = \frac{2Hb^3}{3} + \frac{2h}{3}(a^3 - b^3).$$

Bezeichnen wir

$$(15) \quad H = mh$$

und

$$(16) \quad a = nb$$

und setzen diese Werte in die Formeln (13) und (14) ein, so erhalten wir

$$(17) \quad L = \frac{2hb^3}{3}(m + n^3 - 1)$$

und

$$(18) \quad N = 2hb(m + n - 1).$$

Setzen wir dieses in die Formel (10) ein, so bekommen wir

$$(19) \quad \sigma^2 = \frac{b^2(m + n^3 - 1)}{3(m + n - 1)}.$$

Bemerkung: m und n sind positive Zahlen, und zwar grösser als Eins.

Betrachten wir nur die m - und n -Werte, bei welchen $\sigma = b$ ist, so muss wegen Gleichung (19) auch die Gleichung

$$(20) \quad m + n^3 - 1 = 3(m + n - 1)$$

befriedigt werden, oder

$$(21) \quad m = \frac{n^3 - 3n + 2}{2}.$$

Aus letzterem ersehen wir, dass beim Anwachsen von n auch m , und zwar in einem viel stärkeren Masse, zunimmt. Die folgende Tabelle zeigt die Beziehungen zwischen m und n .

Tab. 1.

n	2	3	4	5	6	7	8
m	2	10	27	56	100	162	245

Weiter wollen wir die Häufigkeit der Klasse von $x = -\sigma$ bis $x = \sigma$ bestimmen; wir bezeichnen diese mit M und erhalten

$$(22) \quad M = \int_{-\sigma}^{\sigma} H dx = 2 \int_0^b m h dx = 2mh b.$$

Die relative Häufigkeit derselben Klasse ist

$$(23) \quad S = \frac{M}{N} = \frac{2mhb}{2hb(m+n-1)} = \frac{m}{(m+n-1)},$$

wobei die Formel (18) benutzt worden ist.

Da wir den Fall, wo $\sigma = b$ ist, betrachten, können wir aus der Formel (21) den Ausdruck für m in Gleichung (23) einsetzen und erhalten dann

$$(24) \quad S = \frac{n^3 - 3n + 2}{n^3 - n}.$$

Die folgende Tabelle enthält für einige n -Werte die S -Werte in Prozenten.

Tab. 2.

n	2	3	4	5	6	7	8	10	20
$S(\%)$	66.7	83.3	90.0	93.3	95.3	96.4	97.4	98.2	99.6

Aus der Tabelle ist zu ersehen, dass die relative Häufigkeit der genannten Klasse beim Wachsen von n schnell zunimmt. Aus der Formel (24) wird auch ohne weiteres klar, dass

$$\lim S = 1.$$

$$n \rightarrow \infty$$

Zusammenfassend können wir sagen, dass in den gegebenen Fällen die relative Häufigkeit der Klasse von $x = -\sigma$ bis $x = \sigma$ in den Grenzen von 58%—100% schwankt. Die Lage wird schlimmer, wenn wir zu schiefen Häufigkeitskurven übergehen. Bei einer sehr schiefen Kurve kann die σ -Weite über die Kurve hinausreichen. Als Beispiel kann die obenerwähnte Häufigkeitsverteilung der Flächengrößen der Seen Estlands genannt werden, wo die Berechnung das folgende Resultat ergab: ohne den Vörtsjärv ist $\sigma = 67$ ha und mit dem Vörtsjärv ist $\sigma = 700$ ha. Im ersteren Falle liegen in den Grenzen $+\sigma$ 96.6% aller Elemente und im letzteren Falle 99.8%. Kann man hier von einem Charakterisieren der Streuung sprechen? Ausserdem erreicht im ersten Falle die Häufigkeitsverteilung einerseits des arithmetischen Mittels nur bis 0.21σ und im zweiten Falle nur bis 0.04σ . Wären für das genannte Kollektiv nur das arithmetische Mittel (m) und das Streuungsmass (σ) gegeben ($m = 14$ ha, $\sigma = 67$ ha oder $m = 32$ ha, $\sigma = 700$ ha), so könnte man sich auf Grund dieser

Charakteristiken kein richtiges Bild von den Verhältnissen schaffen.

c. Die höheren Charakteristiken.

Im Pearson'schen und im Charlier'schen System benutzt man für ein genaueres Charakterisieren der Häufigkeitsverteilung noch die Momente höheren Grades und die aus ihnen abgeleiteten Charakteristiken. So benutzt man das mit Hilfe der Momente dritten Grades berechnete Mass der Schiefheit und das mit Hilfe der Momente vierten Grades berechnete Mass des Exzesses.

Der Mangel aller genannten Charakteristiken besteht darin, dass zwar einer gegebenen Häufigkeitsverteilung nur ein Komplex von Charakteristiken entspricht, einem gegebenen Komplex von Charakteristiken jedoch nicht nur eine Verteilung. Bei zweckmässiger Wahl können die Häufigkeitszahlen einer Verteilung so verändert werden, dass alle Momente unverändert bleiben. Fig. 3 stellt zwei Häufigkeitsverteilungen dar, bei denen die Zahl der Elemente und die Grössen aller vier Momente gleich gross sind, aber als kongruent können wir sie dennoch nicht betrachten.

Die Berechnung ergab für die erste Verteilung (die y -Achse ist durch das arithmetische Mittel gezogen)

$$\begin{aligned}\mu_2 &= 4.64, \\ \mu_3 &= 4.47 \text{ und} \\ \mu_4 &= 60.1\end{aligned}$$

(μ_i bedeutet das Moment i -ten Grades) und für die zweite Verteilung

$$\begin{aligned}\mu_2 &= 4.68, \\ \mu_3 &= 4.86 \text{ und} \\ \mu_4 &= 61.1.\end{aligned}$$

Aus der mathematischen Statistik wissen wir, dass die mittleren Fehler der Momente ($\sigma\mu_i$)

$$\begin{aligned}\sigma\mu_2 &= \sigma^2 \sqrt{\frac{2}{s}}, \\ \sigma\mu_3 &= \sigma^3 \sqrt{\frac{6}{s}} \text{ und} \\ \sigma\mu_4 &= \sigma^4 \sqrt{\frac{96}{s}}\end{aligned}$$

sind (wo σ das Streuungsmass und s die Zahl der Elemente

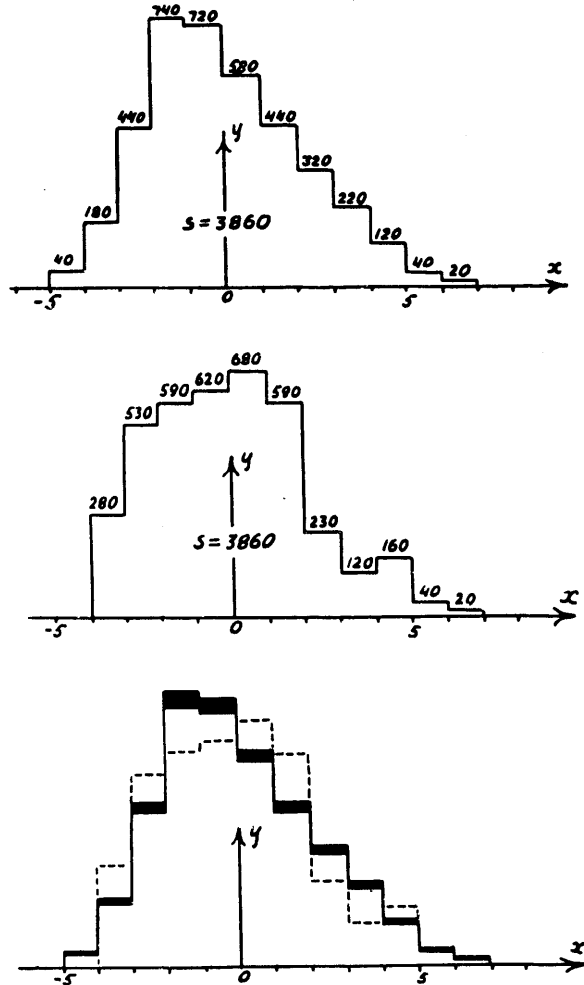


Fig. 3.

angibt), und nehmen wir an, dass die Differenzen zwischen den Momenten der beiden Verteilungen gleich dem mittleren Fehler seien, so können wir die Zahl der Elemente s bestimmen, bei denen solche mittlere Fehler vorkommen können. Nach den Momenten zweiter Ordnung bekommen wir $s = 108\,000$, nach den Momenten dritter Ordnung $s = 16\,000$ und nach den Momenten vierter Ordnung $s = 181\,000$. Die grösste Differenz besteht zwischen den Momenten zweiter Ordnung, beim gegebenen Kollektivumfang $s = 3860$ kann man aber alle Momente im Fehlergebiet als gleich gross betrachten.

Einer besseren Übersicht wegen sind (in derselben Figur) die beiden Häufigkeitsverteilungen in ein und demselben Koordinatensystem dargestellt. Für die eine Verteilung ist der Bernoullische Streifen hinzugezeichnet (schwarzer Streifen). Dieses bringt zum Vorschein, dass die beiden Verteilungen nie aus einem und demselben Kollektiv stammen können. Wenn z. B. die vorliegenden Häufigkeitsverteilungen sich auf die Temperaturen eines Beobachtungsortes in zwei aufeinander folgenden Zeitintervallen beziehen, dann hätten wir es mit einer sehr sicheren Klimaänderung zu tun, obwohl keine Charakteristik darauf deutlich hinweist.

III. Die Nachteile des Pearson'schen Systems.

a. Allgemeine Bemerkungen.

Es muss zugegeben werden, dass die Basis des Pearson'schen Systems, der Begriff des erweiterten Elementarfehlers, in vielen Fällen sehr annehmbar ist. Bei einer sehr grossen Menge von empirischen Kollektiven kann man aber eine endliche Zahl konkreter Gründe herausuchen, bei denen eine Zunahme oder ein Weglassen eines derselben die Form der Häufigkeitsverteilung ansehnlich verändert. Ebenso sind bei empirischen Kollektiven die Merkmale oft miteinander korrelativ verbunden, so dass die dem einen Merkmale zugehörige Häufigkeitsverteilung auch die anderen in einem gewissen Masse beeinflusst.

Bei der Häufigkeitsverteilung der Lufttemperatur sind beispielsweise die Gaskonstante der Luft, die innere Reibung, die spezifische Wärme, die Wärme- und Temperaturleitung, die Schmelz- und Verdampfungswärme des Wassers und noch einige andere Momente massgebend. Könnten wir diese Konstanten verändern, so würde sich auch die Häufigkeitsverteilung verändern. So liegt z.B. in Tartu (Estland) bei der Häufigkeitsverteilung der Temperaturen im Januar die grösste Häufigkeit bei 1° und 2° C, was hauptsächlich durch die Schmelzwärme des Wassers verursacht wird. Wenn die Temperaturen über Null steigen, so beginnt der Schnee zu schmelzen und bedarf wegen seiner grossen Schmelzwärme zur Veränderung seines Aggregatzustandes der aus den Luftmassen hinzukommenden Wärme. Wäre die Schmelzwärme ganz gering, so würden die Temperaturen nicht bei 1° bis 2° stehen

bleiben, sondern sie würden viel höher steigen und die Häufigkeitsverteilung hätte eine viel symmetrischere Form angenommen.

Dieses bedeutet, dass die Häufigkeitsverteilung in diesem Falle von einer Reihe spezieller Gründe bestimmt wird, die wir als zeitweise konstant annehmen können. Da diese speziellen Gründe aber nicht in der ganzen Variationsbreite zu wirken brauchen, ist die im allgemeinen Fall mittels des Elementarfehlers abgeleitete Häufigkeitskurve nicht annehmbar. Z. B. werden in Estland für den Polizeidienst Männer mit einer Körperlänge von mindestens 172 cm gewählt, und dadurch ist die Häufigkeitsverteilung der Körperlänge der Polizisten ganz abweichend von der des ganzen Volkes, obwohl jeder Polizist auch zum Volk gehört.

Die Störungsstreuung der Lexis'schen Reihe wird ja durch solche konkrete Gründe verursacht. Wenn das Prinzip des Elementarfehlers allgemeingültig wäre, so wäre eine Entstehung der Lexis'schen Reihe unmöglich, denn die Wahrscheinlichkeit des Auftretens eines Merkmals wäre die ganze Zeit konstant. In einem solchen Falle fehlt jede Evolution, die nur auf Grund der Lexis'schen Reihe möglich ist.

Der Glaube an das Prinzip des Elementarfehlers ist sogar so gross gewesen, dass die Gauss'sche Normalkurve als Anzeiger der Typen biologischer Elemente betrachtet wurde. Einen Anstoss hierzu gab der Umstand, dass bei einigen Typen die Häufigkeiten mancher Merkmale mehr oder weniger der Normalkurve folgten. Daraus folgerte man, dass es so mit jedem Merkmale eines jeden Typus sein müsse, und in dem Falle, wo die Verteilung von der Normalkurve abwich, wurde gedacht, dass dort eine Vermischung von Typen stattgefunden habe. Dieses glaubte auch Pearson; er hat sogar eine Arbeit über das Einteilen der Häufigkeitskurven in Normalkurven veröffentlicht.

Da der allgemeine Charakter der Häufigkeitsverteilung nicht nur durch Elementarfehler, sondern auch durch andere konkrete Gründe verursacht wird, muss das Bestimmen des Typus auf Grund von biologischen Merkmalen stattfinden. Die Häufigkeitsverteilung kann mehr oder weniger normal sein, sie kann es aber auch nicht sein.

Hierher gehört noch die Frage, welches Merkmal der Normalkurve folgt, ob es die Körperlänge, das Gewicht usw. tun. Die Häufigkeitsverteilung der Körperlänge der Menschen ist

annähernd normal, die des Körpergewichts aber ist eine Verteilung mit positiver Schiefe (das Moment dritter Ordnung ist positiv). Es wäre ja ein Paradoxon zu behaupten, dass dieselben Menschen ihrer Körperlänge nach nur zu einer Rasse, ihrem Körpergewicht nach aber zu vielen Rassen gehörten, denn die Häufigkeitsverteilung des Gewichts kann in mehrere Normaltypen zerfallen.

Warum die Häufigkeitsverteilungen der Länge und des Gewichts verschieden sind, wird im folgenden in grossen Zügen erklärt.

Durchschnittlich verändert sich das Körpergewicht proportional der dritten Potenz der Körperlänge. Damit entspricht jeder Länge L normal ein Gewicht M so, dass

$$(25) \quad M = kL^3$$

ist, wo k eine Konstante ist. Die Zunahme der Länge dL ruft die Zunahme des Gewichts dM hervor, so dass

$$(26) \quad dM = 3kL^2 dL$$

ist. Aus letzterem ersehen wir, dass dM von L abhängig, und bei grösserem L grösser als bei kleinerem L ist. Wenn die Häufigkeitsverteilung von L symmetrisch ist, wirkt sie auf diejenige von M so ein, dass bei letzterer der rechtsliegende Zweig länger wird als der linksliegende.

Da der Variationsfaktor der Länge klein ist (ca 3%), ist auch die Asymmetrie der Häufigkeitsverteilung des Gewichts gering und nicht direkt sichtbar. Es fällt aber die Tatsache auf, dass der Variationsfaktor des Gewichts auffallend grösser ist als derjenige der Länge. Teilen wir die Glieder der Gleichung (26) durch diejenigen von (25), so erhalten wir

$$(27) \quad \frac{dM}{M} = 3 \frac{dL}{L}$$

Aus letzterem wird ersichtlich, dass die relativen Abweichungen des Gewichts dreimal grösser sind als die der Länge. Nehmen wir als Abweichungen solche von den Mittelwerten L_0 und M_0 , so gilt in erster Annäherung dieselbe Beziehung und muss der Variationsfaktor des Gewichts (V_M) dreimal grösser als derjenige der Länge (V_L) genommen werden. Nach 1700 Messungen in Estland (die Daten des Anthropologen J. Aul) betrug

$$V_M = 9.68\% \pm 0.17\% \quad \text{und}$$

$$V_L = 3.27\% \pm 0.06\%.$$

Damit ist

$$\frac{V_M}{V_L} = 2.96 \pm 0.03$$

(bei der Berechnung des Fehlers muss man wissen, dass der Korrelationsfaktor zwischen der Länge und dem Gewicht $r = 0.65$ ist), was eine gute Übereinstimmung ergibt.

Nach gegebener Häufigkeitsverteilung der Länge L kann auch theoretisch die Häufigkeitsverteilung des Gewichts M konstruiert werden.

Wir bezeichnen die zusammengehörigen Ordinaten der beiden Kurven der L und M bzw. durch H_L und H_M . Wir wissen, dass die Häufigkeiten der beiden Verteilungen für jede dL - und dM -Klasse gleich gross sind. Darum können wir schreiben

$$(28) \quad H_L \cdot dL = H_M \cdot dM,$$

woraus

$$(29) \quad H_M = H_L \cdot \frac{dL}{dM}.$$

Setzen wir an Stelle von dM den entsprechenden Ausdruck aus (26), so bekommen wir

$$(30) \quad H_M = H_L \cdot \frac{1}{3kL^2},$$

was uns ermöglicht, für jedes k nach der Häufigkeitsverteilung der Länge die Häufigkeitsverteilung des Gewichts zu konstruieren, wobei k die Einheit, mit der M gemessen wird, bestimmt. In Fig. 4

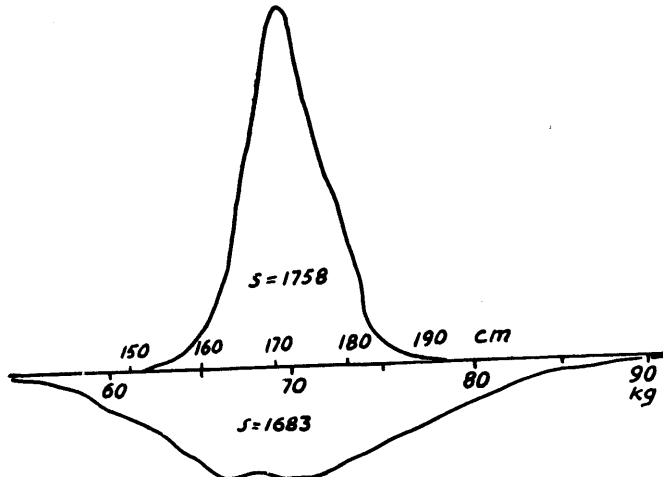


Fig. 4.

sind nach den Messungen von J. Aul die Häufigkeitsverteilungen der Länge und des Gewichts der erwachsenen Männer in Westland angeführt, woraus ersichtlich ist, in welchem Masse sich diese voneinander unterscheiden (in der Figur fallen die Nullpunkte der Skalen der Länge und des Gewichts zusammen). In der nächsten Figur (Fig. 5) ist die nach der Häufigkeitsverteilung der Länge konstruierte Häufigkeitsverteilung des Gewichts (punktirierte Linie), die eine sehr gute Übereinstimmung mit der wirklichen Verteilung gibt, dargestellt. Die nebeneinander gezeichneten Skalen ermöglichen die normale Beziehung zwischen

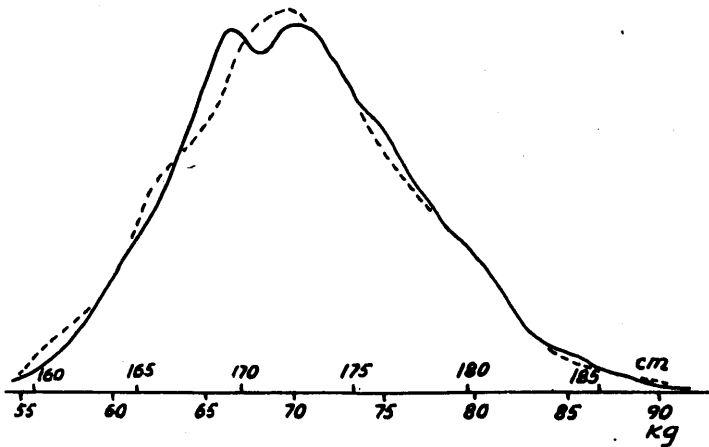


Fig. 5.

Länge und Gewicht zu bestimmen. Wird M in kg und L in cm gemessen, so ist

$$k = 1.37 \cdot 10^{-5}$$

und die entsprechende Beziehung ist

$$M_{kg} = 1.37 \cdot 10^{-5} L^3_{cm},$$

oder

$$M_{kg} = 13.7 L^3_m.$$

Das Gesagte zeigt, dass die Normalkurve nicht zum Charakterisieren der Rasse dienen kann, denn die Merkmale einer Rasse stehen miteinander in korrelativer Beziehung, und diese ist nicht immer linear. Warum soll der Einfluss der Elementarfehler sich nur in der Körperlänge zeigen, nicht aber beim Körpergewicht? Der Organismus wächst ja in drei Richtungen, und das Wachstum jeder Zelle vergrößert die Masse.

b. Über die technischen Nachteile des Systems.

Die aus den in bezug auf das arithmetische Mittel berechneten Momenten zweiter, dritter und vierter Ordnung (μ_2 , μ_3 und μ_4) gebildeten Charakteristiken

$$\beta_1 = \frac{\mu_3^2}{\mu_2^3} \quad (\text{das Mass der Schiefheit})$$

und

$$\beta_2 = \frac{\mu_4}{\mu_2^2} \quad (\text{das Mass des Exzesses})$$

bestimmen im Pearson'schen System eine Charakteristik k , welche ihrerseits den Typus der Häufigkeitskurve bestimmt. Dabei ist

$$k = \frac{\beta_1 (\beta_2 + 3)^2}{4(4\beta_2 - 3\beta_1)(2\beta_2 - 3\beta_1 - 6)}.$$

Im Falle

1. $k < 0$, ist die Gleichung der Häufigkeitskurve

$$y = y_0 \left(1 + \frac{x}{a_1}\right)^{m_1} \left(1 - \frac{x}{a_2}\right)^{m_2} \quad (\text{Typus I}).$$

2. Wenn $k = 0$ ist, ist

$$y = y_0 \left(1 - \frac{x^2}{a^2}\right)^m \quad (\text{Typus II}).$$

Aus diesem folgt der Spezialfall für $\beta = 3$:

$$y = y_0 e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} \quad (\text{Typus VII, Normalkurve}).$$

3. Im Falle $0 < k < 1$, ist

$$y = y_0 \left(1 + \frac{x_2}{a_2}\right)^{-m} e^{-\text{varctan} \frac{x}{a}} \quad (\text{Typus IV}).$$

4. Wenn $k = 1$ ist, ist

$$y = y_0 x^{-p} e^{-\frac{\gamma}{x}} \quad (\text{Typus V}).$$

5. Im Falle $1 < k < \infty$, ist

$$y = y_0 (x - a)^{-q_2} x^{-q_1} \quad (\text{Typus VI}),$$

und wenn

6. $k = \infty$ ist (praktisch, wenn k genügend gross ist), ist

$$y = y_0 e^{-\gamma x} \left(1 + \frac{x}{a}\right)^{\gamma a} \quad (\text{Typus III}).$$

Hier sind x und y die Koordinaten der Kurvenpunkte, e die Basis der natürlichen Logarithmen, und alle übrigen Buchstaben sind Konstanten, die mit Hilfe der Momente berechnet werden können.

Als Nachteile des Systems technischer Art können genannt werden:

1. Die äusserliche Verschiedenheit der Kurventypen. Sind zwei Häufigkeitsverteilungen durch verschiedene Gleichungen gegeben, so fehlt die Möglichkeit des Vergleichens der Verteilungen. Die Gestalt der Gleichung und die Koeffizienten können keine Vorstellung vom Charakter der Häufigkeitsverteilung geben.

2. Die Koeffizienten der Gleichung sind für die Häufigkeitsverteilung nicht charakteristisch. Die wichtigsten Eigenschaften der Häufigkeitsverteilung, wie die Variationsbreite, die Schiefheit und der Exzess, sind nach den Koeffizienten sehr schwer, bei einigen Typen fast unmöglich zu erkennen.

3. Die zum Feststellen des Typus und zum Bestimmen der Koeffizienten erforderliche Rechenarbeit ist zeitraubend und mit schwierigen mathematischen Operationen verbunden (das Berechnen der I -Funktion). Für Nichtmathematiker ist sie fast undurchführbar.

4. Die Gleichung gibt keine Aufklärung über den Charakter der entsprechenden Kurve, und die zur graphischen Darstellung nötige Vorarbeit ist ebenfalls kompliziert und zeitraubend.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Anwendung des Pearson'schen Systems eine gewisse mathematische Vorbildung voraussetzt. Für Nichtmathematiker ist die Anwendung der Gleichungen fast unmöglich, und dadurch ist es zu erklären, dass über das Pearson'sche System in der Literatur genug geschrieben, praktisch aber dieses System in der Naturwissenschaft und Wirtschaftskunde wenig angewandt worden ist. Die allerweiteste Anwendung könnten die statistischen Methoden jedoch gerade in der Biologie und der Sozialmassenkunde finden.

c. Über die inhaltlichen Nachteile des Systems.

1. Das Prinzip des Elementarfehlers, welches infolge des Aufbaues der Kurventypen auf deduktivem Wege die inhaltliche Grundlage bilden soll, scheint bei einer grossen Menge von empirischen Kollektiven nicht annehmbar zu sein, und dadurch wird

der ganze Aufbau in den meisten Fällen zu einer Interpolationslösung. Das System unterscheidet sich nicht vom Approximationssystem.

2. Inhaltlich wird der detaillierte Aufbau des Systems fast überflüssig, wenn die Bernoulli'sche Reihe durch eine Lexis'sche ersetzt werden kann, und die klimatologische, biologische und Sozialstatistik zeigen, dass die tatsächlich vorkommenden statistischen Reihen meist Lexis'sche Reihen sind.

Schon bei der Bernoulli'schen Reihe werden bei einem endlichen Kollektivumfang die Fehler der Momente höherer Ordnung sehr gross, aber dort tröstet uns die Tatsache, dass bei einem unendlich grossen Kollektivumfang sich die Verteilung einem bestimmten Grenzwert nähert. Bei der Lexis'schen Reihe sind die Fehler der Momente höherer Ordnung so gross, dass schon bei Veränderung der Häufigkeit mancher Klasse in ihrem Fehlergebiet der empirischen Kurve mehrere Typen im Pearson'schen System entsprechen können. Diese Erscheinung ist dadurch bedingt, dass die den Typus bestimmende Charakteristik k nicht von konstanter „Empfindlichkeit“ ist, sondern in einigen Gebieten der β_1, β_2 -Ebene ihre Veränderung eine sehr grosse Geschwindigkeit aufweist. Infolgedessen kann wegen der kleinen Veränderungen von β_1 und β_2 einerlei welcher von allen Kurventypen der Gleichung entsprechen, und damit ist auch die folgende Frage berechtigt: ist eine so grosse Menge von Kurventypen überhaupt nötig, oder könnte man im Falle der Lexis'schen Reihe durch einen einzigen Kurventypus dieselben Verteilungsformen gewinnen? Im folgenden Beispiel wird gezeigt, in welcher Weise kleine Veränderungen der Häufigkeiten ein Wechseln der Kurventypen hervorrufen können.

Nach der in Fig. 6 gegebenen Häufigkeitsverteilung erhalten wir

$$\begin{aligned}\beta_1 &= 0.01971 \text{ und} \\ \beta_2 &= 3.0247 ;\end{aligned}$$

danach ist

$$k = -1.53 \text{ (Typus I).}$$

Addiert man zu der mittleren Ordinate ($y = 40$) die Häufigkeit 0.5 hinzu, (dann ist $y = 40.5$) so erhält man

$$\begin{aligned}\beta_1 &= 0.01976 \text{ und} \\ \beta_2 &= 3.0332,\end{aligned}$$

woraus

$$k = 2 \cdot 10 \text{ (Typus VI).}$$

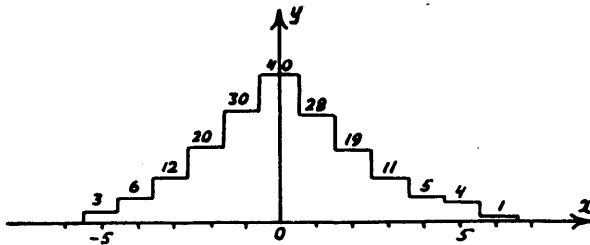


Fig. 6.

Addieren wir zu derselben Ordinate nochmals die Häufigkeit 0.5 hinzu (dann ist $y = 41$), so bekommen wir

$$\beta_1 = 0.01982 \text{ und}$$

$$\beta_2 = 3.0416,$$

woraus

$$k = 0.631 \text{ (Typus IV).}$$

Beim Übergang von Typus I zu Typus VI überschreiten wir $k = \infty$ (Typus III), und zwischen dem Typus VI und Typus IV ist $k = 1$ (Typus V). Damit entstehen beim Übergang der Häufigkeitsveränderung von 40 zu 41 fünf Kurventypen.

Setzen wir voraus, dass diese Abweichung gleich der mittleren Abweichung der Bernoulli'schen Reihe ist, so können wir den entsprechenden Kollektivumfang bestimmen, denn der Variationsfaktor ist $\frac{1}{40}$. Benutzen wir die Formel des Variationsfaktors v

$$v = \sqrt{\frac{1-p}{sp}}$$

(wo s den Kollektivumfang und p die relative Häufigkeit der zu betrachtenden Klasse bedeuten), so erhalten wir $s = 5560$, denn aus der Figur ist ersichtlich, dass $p = 0.223$ ist.

Dieses bedeutet: bei $s = 5560$ kann diese Abweichung als eine zufällige betrachtet werden, und zwar desto sicherer, je kleiner s ist. Bei der Lexis'schen Reihe kann s noch L^2 mal grösser sein (L ist der Lexis'sche Faktor).

Da praktisch sehr grosse L -Werte vorkommen, wird dadurch das Bedürfnis nach dem Pearson'schen System fraglich, denn wir

können bei einem Kollektiv für seine Partialkollektive verschiedene Kurventypen erhalten. Das Gesagte bedeutet gewiss nicht, dass dieses System unbrauchbar ist, — es ist aber nicht zweckmässig. Darum scheint es zweckmässiger, wenn das System der Häufigkeitskurven induktiv geschaffen wird, indem eine Gleichung von einer passenden Form gewählt wird, deren Koeffizienten die typische Eigenschaften der Häufigkeitsverteilung zum Ausdruck bringen. Dieselben Koeffizienten können dann auch als Charakteristiken der Häufigkeitsverteilung verwendet werden. Da keine inhaltliche Begründung angegeben werden kann, weshalb gerade die genannte Gleichung gewählt worden ist, so gilt ein solches System als ein Abkommen, wie das in der Wissenschaft bei einer grossen Menge von Normen der fall ist.

IV. Die symmetrische Häufigkeitsverteilung.

a. Die symmetrische Häufigkeitskurve.

Wie oben erwähnt wurde, ist es fast unmöglich, auf deduktivem Wege eine analytische Darstellung für die Häufigkeitsverteilungen zu finden, und zwar weil solche allgemeine Gründe, welche die Häufigkeitsverteilungen bestimmen, nicht bekannt sind und man es in einem jeden Falle mit speziellen Gründen zu tun hat. Darum führt die induktive Methode bei der Aufgabe, für die gegebene Häufigkeitsverteilung eine passende Annäherungsgleichung zu finden, schneller zum Ziel. Eine passende Wahl der Gleichungsform kann zu gutem Erfolge führen, was z. B. die Häufigkeitskurve der Flächengrösse der estnischen Seen, bei der eine Potenzfunktion als Näherung angenommen wurde, gezeigt hat, während das Pearson'sche System eine ganz unpassende Näherung ergab.

Auf Grund des Gesagten erscheint uns, dass das Finden der Häufigkeitskurve in jedem Fall als Spezialproblem bestehen bleiben muss. Weil aber eine grosse Menge von Häufigkeitsverteilungen eine Reihe gemeinsamer Züge besitzt, so ist es darum möglich, im Gebiete solcher Verteilungen ein System der Häufigkeitskurven zu schaffen, was auch in der vorliegenden Arbeit durchgeführt worden ist.

Die typischen Formen der einmodigen Häufigkeitsverteilungen in Betracht ziehend, ist zur Grundlage des Systems die Sinuskurve im Umfange einer Welle gewählt worden.

Nehmen wir die Ordinatenachse durch den Gipfel der Welle, so ist die Gleichung

$$(31) \quad y = 1 + \cos x,$$

und genügt in unserem Falle das Intervall $-\pi \leq x \leq \pi$.

Bei einer passenden Transformation der Abszissenskala können wir die Form der Kurve nach Bedarf verändern. Diese Funktion, welche den nötigen Anforderungen zu genügen hat, ist nach einer empirischen Ermittlung gewählt worden.

$$(32) \quad x_1 = c \sqrt[n]{x},$$

wo c und n Konstanten sind. Setzen wir daraus den Wert von x in die Gleichung (31) ein, so bekommen wir

$$(33) \quad y = 1 + \cos \left(\frac{x_1}{c} \right)^n.$$

Zum Bestimmen der Konstante c sei der Berührungspunkt der x -Achse mit der Kurve gegeben. Die Abszisse dieses Punktes sei A und der entsprechende x -Wert π . Auf Grund dieser Bedingungen ändert sich die Gleichung (32) zu

$$(34) \quad A = c \sqrt[n]{\pi},$$

woraus

$$(35) \quad c = \frac{A}{\sqrt[n]{\pi}}.$$

Setzen wir den letzteren Ausdruck für c in die Gleichung (33) ein, so bekommen wir

$$(36) \quad y = 1 + \cos \pi \left(\frac{x_1}{A} \right)^n.$$

Nehmen wir A als eine neue Einheit und bezeichnen

$$\frac{x_1}{A} = X,$$

so erhalten wir

$$(37) \quad y = 1 + \cos \pi X^n.$$

In welchem Masse der Wert von n die Gestalt der Kurve verändert, zeigt die folgende Figur (Fig. 7).

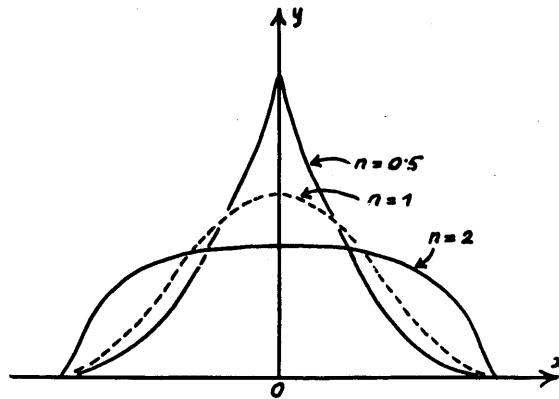


Fig. 7.

b. Der Vergleich mit der Normalkurve.

Da bei der Anwendung der genannten Kurve der Bedarf nach der Normalkurve fortfällt, muss nun festgestellt werden, bei welchem n die Kurve sich der Normalkurve am besten nähert. Da der Endpunkt der gegebenen Kurve bei $X = 1$ liegt, die Normalkurve aber bis in die Unendlichkeit läuft, kommt bei einer Näherung nur jener Teil der Normalkurve in Frage, der praktisch noch brauchbar ist. Dieser Teil ist bekanntlich durch die Breite $\pm 3\sigma$ gegeben und erfasst 99.7% aller Elemente. Da die Normalkurve bei $x = \sigma$ ihren Wendepunkt hat, können wir auch diese Bedingung in Betracht ziehen. Beim Bestimmen der Näherung sind drei Bedingungen beachtet worden:

1. es sollte bei gesuchtem n das Streuungsmass $\sigma = \frac{1}{3}$ sein;
2. bei gesuchtem n sollte die Abszisse des Wendepunktes $x = \frac{1}{3}$ sein;
3. bei gesuchtem n sollte die Abszisse des Wendepunktes gleich dem Streuungsmass sein.

Die Resultate sind folgendermassen errechnet:

1. Das Streuungsmass ist durch die folgende Formel bestimmbar:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\int y x^2 dx}{\int y dx}}$$

Setzen wir in dieser Formel statt y den Ausdruck aus (37) ein, so ist

$$(38) \quad \sigma = \sqrt{\frac{\int_0^1 (1 + \cos \pi x^n) x^2 dx}{\int_0^1 (1 + \cos \pi x^n) dx}} = \frac{1}{3}$$

(statt X ist x geschrieben). Die Lösung ergibt, dass

$$n = 0.746$$

ist.

2. Zum Bestimmen des Wendepunktes kann die zweite Ableitung gleich Null gesetzt werden. Nach zweimaligem Differenzieren erhält man

$$(39) \quad \pi n x^{n-2} [\cos \pi x^n \cdot \pi n x^n + (n-1) \sin \pi x^n] = 0,$$

oder

$$(40) \quad \tan \pi x^n - \frac{n \pi x^n}{1-n} = 0.$$

Setzen wir hier $x = \frac{1}{3}$ ein, so ist

$$n = 0.768.$$

3. Zur Bestimmung des n -Wertes, bei dem die Abszisse des Wendepunktes gleich dem Streuungsmass σ ist, müssen wir statt x in die Gleichung (40) den Ausdruck für σ aus (38) einsetzen. Die Berechnungen wurden praktisch so durchgeführt, dass mit Hilfe der Formel (38) für jeden n -Wert der Wert von σ bestimmt und letzterer in die Gleichung (40) eingesetzt wurde, bis die Gleichung erfüllt wurde. Die Berechnung ergab

$$n = 0.771.$$

Um die Güte der drei erhaltenen n -Werte zu schätzen, wollen wir für einige Punkte die Ordinaten y mit denjenigen der Normalkurve vergleichen. Es seien die $x=0$, $x=\sigma$ und $x=2\sigma$ entsprechenden Punkte gewählt. Gleichzeitig berechnen wir die Fläche

$$(41) \quad N(x) = \int_0^x (1 + \cos \pi x^n) dx$$

und die Fläche

$$(42) \quad N = \int_{-1}^1 (1 + \cos \pi x^n) dx.$$

Bezeichnen wir das Verhältnis

$$\frac{N(x)}{N} = Q(x),$$

so können wir es mit demselben Verhältnis bei der Normalkurve vergleichen. Beim Vergleichen der Ordinaten muss man wissen, dass bei der Normalkurve σ und ebenfalls die unter der Kurve liegende Fläche den Wert 1 haben. Darum muss man, um einen Vergleich anstellen zu können, die beiden Achsen entsprechend transformieren und darauf, was leicht zu ersehen ist, die aus Gleichung (37) berechneten $y(x)$ -Werte mit dem Faktor $\frac{\sigma}{N}$ multiplizieren. Die erhaltenen Ordinatenwerte bezeichnen wir mit $Y(x)$. Die Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle (Tab. 3) gegeben.

Tab. 3.

n	0.746	0.768	0.771	Normalkurve
σ	0.3333	0.3359	0.3362	
$y(\sigma)$	1.186	1.210	1.213	
$y(2\sigma)$	0.318	0.323	0.324	
$N(\sigma)$	0.551	0.561	0.562	
$N(2\sigma)$	0.790	0.807	0.810	
N	1.652	1.686	1.690	
$Y(0)$	0.403	0.399	0.398	0.399
$Y(\sigma)$	0.239	0.241	0.241	0.242
$Y(2\sigma)$	0.064	0.064	0.064	0.054
$Q(\sigma)$	0.336	0.333	0.333	0.341
$Q(2\sigma)$	0.479	0.479	0.479	0.477

Aus der Tabelle ist ersichtlich, dass die Ergebnisse, mit der Normalkurve verglichen, ganz geringe Unterschiede aufweisen und die Kurve als für eine Näherung zur Normalkurve genügend angenommen werden kann in dem Falle, wenn n zwischen 0.75 und 0.77 liegt.

c. Über das Bestimmen des n -Wertes bei gegebener Verteilung.

Das Bestimmen der Gleichung für eine empirische Häufigkeitsverteilung ist dann einfach, wenn die Form der Verteilung der Gleichung entspricht. Bestimmen wir aus Gleichung (36) n ,

so erhalten wir

$$(43) \quad n = \frac{\log \pi - \log \arccos(y-1)}{\log A - \log x},$$

wo statt x und y die Koordinaten eines jeden Punktes eingesetzt werden können. Falls aber die gegebene Verteilung der Gleichung nicht entspricht, so muss die Gleichung als eine Näherung aufgefasst werden und das Bestimmen der besten Näherung ist ein Problem für sich. Gewöhnlich wird zu diesem Zwecke die Methode der kleinsten Quadrate angewandt, bei Häufigkeitsverteilungen aber wird die Methode der Momente bevorzugt. Zwecks Erzielung der besten Annäherung ist in der vorliegenden Arbeit von einer einfachen Methode Gebrauch gemacht worden, die allerdings nicht ganz mechanisch anwendbar ist, da sie eine gewisse Freiheit in der Wahl zulässt. Wenn man aber das Vorhandensein des Streuungstreifens bei den Lexis'schen Reihen und die schlechte Annäherungsmöglichkeit bei vielen Häufigkeitsverteilungen mit irgendwelchen Gleichungsformen in Betracht zieht, so kann die genannte Methode in den Dienst der gestellten Aufgabe genommen werden. Auf die nähere Betrachtung der Methode werden wir später zurückkommen, dort, wo die Annäherungsaufgabe gleichzeitig auch für die schiefen Häufigkeitskurven gelöst wird. Vorher wollen wir aber das Problem der Schiefeit und die der genannten Häufigkeitsverteilung entsprechende Gleichungsform betrachten.

V. Die schiefe Häufigkeitsverteilung.

Die schiefe Häufigkeitskurve können wir aus der symmetrischen erhalten, indem wir bei der letzteren die Abszissenskala mit Hilfe einer entsprechenden Funktion transformieren. Dabei ist die Bedingung aufgestellt worden, dass das Transformationsmass sich in der ganzen Variationsbreite nur in einer Richtung ändere. Dieses in Betracht ziehend, ist nach der Prüfung verschiedener Gleichungsformen vieler Häufigkeitsverteilungen zur Transformation eine Exponentialfunktion gewählt worden. Dieses bedeutet, dass eine schiefe Häufigkeitsverteilung durch eine zweckmässige Wahl der logarithmischen Skala zu einer symmetrischen wird.

Zur analogen Transformation gelangen wir, wenn wir das Bestimmen des oft gebrauchten geometrischen Mittels betrachten. Wenn wir es mit einer positiven Schiefe zu tun haben, dann weicht das arithmetische Mittel von der Mode ab, und zwar ist es grösser als die letztere. Bei Benutzung eines geometrischen Mittels, welches kleiner als das arithmetische ist, will man die Mode erreichen oder mindestens sich ihr nähern.

Wenn die Klassen des Merkmals x_1, x_2, \dots, x_k die Häufigkeiten bzw. m_1, m_2, \dots, m_k haben, dann wird das geometrische Mittel G durch folgende Formel ausgedrückt:

$$(44) \quad G = \sqrt[n]{x_1^{m_1} \cdot x_2^{m_2} \cdot \dots \cdot x_k^{m_k}},$$

wo $m_1 + m_2 + \dots + m_k = n$ ist.

Nach dem Logarithmieren bekommen wir

$$(45) \quad \log G = g = \frac{m_1 \log x_1 + m_2 \log x_2 + \dots + m_k \log x_k}{n}.$$

Ersetzen wir die x -Achse durch die Funktionsskala

$$(46) \quad \xi = \log x,$$

so ist

$$(47) \quad g = \frac{m_1 \xi_1 + m_2 \xi_2 + \dots + m_k \xi_k}{n}.$$

Das bedeutet, dass die Berechnung im neuen Koordinatensystem zum arithmetischen Mittel führt. Damit das erhaltene Mittel die Mode sei ($G = M_0$), muss die Häufigkeitskurve im neuen Koordinatensystem symmetrisch sein. Nehmen wir den Anfang des Koordinatensystems in der Mode und bezeichnen

$$(48) \quad \xi - g = X,$$

so können wir nach (45) und (46) schreiben:

$$(49) \quad X = \log x - \log G = \log \frac{x}{G}.$$

Nehmen wir bei gleichen Ordinaten die Abszissenwerte X_1 und X_2 , denen auf der gegebenen Kurve irgendwelche x_1 und x_2 entsprechen, so können wir infolge der Symmetrie schreiben:

$$(50) \quad X_1 = -X_2,$$

oder

$$(51) \quad \log \frac{x_1}{M_0} = -\log \frac{x_2}{M_0},$$

oder

$$(52) \quad x_1 x_2 = M_0^2.$$

Da diese Beziehung nur dann gilt, wenn die Häufigkeitsverteilung der Logarithmen des Merkmals symmetrisch ist, so wird in der vorliegenden Arbeit der genannte Gedankengang so erweitert, dass der Ausgangspunkt, von welchem aus die Längen x gemessen werden, nicht im Koordinatenanfangspunkt gelassen wird, sondern ihm zwecks Erreichung symmetrischer Verteilung eine entsprechende Lage ausserhalb der Variationsbreite (damit die Beziehung $x_1 x_2 = M_0^2$ gelte) zugewiesen wird. Wenn dieser Punkt (nennen wir ihn den **Pol** und bezeichnen wir ihn mit P) auf der linken Seite der Verteilung liegt, so nennen wir die Schiefe positiv, und wenn der Pol auf der rechten Seite der Verteilung liegt, ist die Schiefe negativ. Je grösser die Schiefe ist, desto näher zur Kurve liegt P und umgekehrt.

Nehmen wir den Koordinatenanfangspunkt in der Mode (Fig. 8) und bezeichnen wir die Abszisse von P mit p (bei positi-

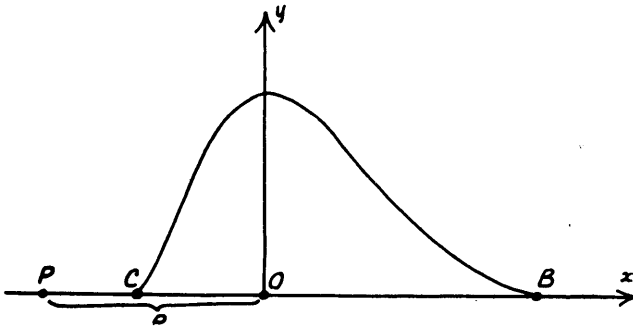


Fig. 8.

ver Schiefe ist $p < 0$ und bei negativer Schiefe $p > 0$), so können wir nach (49) schreiben:

$$(53) \quad X = c \log \frac{-p + x}{-p} = c \log \frac{p - x}{p},$$

wo c eine Konstante ist.

Da negative Zahlen keinen Logarithmus haben, muss das Verhältnis

$$\frac{-p+x}{-p}$$

immer positiv sein. Dieses trifft tatsächlich zu, denn die Grösse $-p+x$ bezeichnet die Entfernung des Punktes x von P und $-p$ diejenige des Koordinatenanfangspunktes O von P . Da die beiden Punkte x und O zu einer Seite von P liegen, haben sie auch dieselben Vorzeichen.

Zum Bestimmen der Konstante c setzen wir $X=1$, dann ist $x=B$ (der rechtseitige Endpunkt der Kurve). Setzen wir diese Werte in die Gleichung (53) ein, so bekommen wir

$$c = \frac{1}{\log \frac{p-B}{p}}.$$

Damit ist

$$(54) \quad X = \frac{\log \frac{p-x}{p}}{\log \frac{p-B}{p}}.$$

Setzen wir dieses in Gleichung (37) ein, so erhalten wir die gesuchte Form der Gleichung:

$$(55) \quad y = 1 + \cos \pi \left[\frac{\log \frac{p-x}{p}}{\log \frac{p-B}{p}} \right]^n.$$

Statt der Grösse B kann die Koordinate des linksliegenden Endpunktes der Kurve, die wir mit C bezeichnen, eingeführt werden.

Es ist bekannt, dass $X=-1$ ist, wenn $x=C$ ist. Nach (53) bekommen wir, dass

$$(56) \quad c = -\frac{1}{\log \frac{p-C}{p}} = \frac{1}{\log \frac{p}{p-C}}$$

ist, und die Gleichung (55) erhält dann die Form

$$(57) \quad y = 1 + \cos \pi \left[\frac{\log \frac{p-x}{p}}{\log \frac{p}{p-C}} \right]^n.$$

Aus den Gleichungen (54) und (56) folgt, dass

$$(58) \quad \frac{p - B}{p} = \frac{p}{p - C}$$

ist, woraus

$$(59) \quad C = \frac{Bp}{B - p},$$

oder

$$(60) \quad B = \frac{Cp}{C - p},$$

oder

$$(61) \quad p = \frac{BC}{B + C}$$

folgt. (Hierbei muss im Auge behalten werden, dass immer $B > 0$ und $C < 0$ sind.)

Bei negativer Schiefe (Fig. 9) müssen die Distanzen von P nach links gemessen werden. Obwohl beide Distanzen (von P bis zur Mode und bis zum Punkte x) negativ sind, ist ihr Verhältnis positiv und erlaubt dieses die Anwendung der Formel (49).

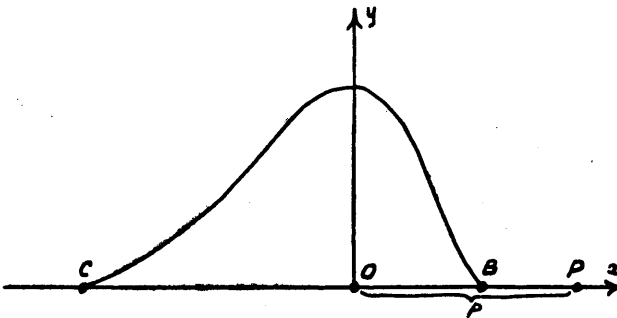


Fig. 9.

Setzen wir die entsprechenden Grössen ein, so erhalten wir genau die Gleichung (53):

$$(62) \quad X = c \log \frac{-p + x}{-p}.$$

Damit bleibt die Form der Gleichung dieselbe, und die Gleichung kann für beide Arten der Schiefe gebraucht werden. Der Unterschied besteht nur darin, dass im ersten Falle $p < 0$ und im zweiten $p > 0$ ist.

Die Grösse

$$(63) \quad \frac{p-B}{p} = \beta$$

kann als Mass der Schiefeit gewählt werden, denn bei positiver Schiefe, wo $p < 0$, ist, wächst mit der Zunahme von B auch β und umgekehrt. Bei negativer Schiefe, wo $p > 0$ ist, ist die Erscheinung umgekehrt.

Nach Formel (58) ist ebenso

$$(64) \quad \frac{p}{p-C} = \beta.$$

Aus (63) erhalten wir

$$(65) \quad B = p(1 - \beta)$$

und aus (64)

$$(66) \quad C = \frac{p(\beta - 1)}{\beta}.$$

Nach Division der Gleichungen (65) und (66) erhält man

$$(67) \quad \frac{B}{C} = -\beta.$$

Da $B > 0$ und $C < 0$ ist, so ist das Verhältniss der absoluten Grössen der Längen der Zweige der Häufigkeitsverteilung β (der rechtsliegende dividiert durch den linksliegenden).

Infolge von $\cos a = \cos(-a)$ sind in der Formel (55) das Zeichen des Bruches in den Klammern und der Charakter von n (eine gerade oder ungerade Zahl) nicht wesentlich. Darum kann in der Formel (55) im Nenner des Bruches statt $\frac{p-B}{p}$ auch $\frac{p}{p-B}$ stehen, oder nach (58) die allgemeine Gleichung in folgender Form geschrieben werden:

$$y = 1 + \cos \pi \left[\frac{\log \frac{p-x}{p}}{\log \frac{p-C}{p}} \right]^n.$$

Dieses bedeutet, dass es einerlei ist, in bezug auf welchen Endpunkt die Gleichung (58) gilt. Ob wir es mit positiver oder negativer Schiefe zu tun haben, kann an dem Zähler des Bruches, der folgendermassen geschrieben werden kann:

$$(68) \quad \log \frac{p-x}{p} = \log \left(1 - \frac{x}{p} \right),$$

erkannt werden. Da bei positiver Schiefe $p < 0$ ist, so ist im Zähler der Koeffizient vor x positiv. Bei negativer Schiefe, wo $p > 0$ ist, ist derselbe Koeffizient negativ.

VI. Die Beziehung zwischen der symmetrischen und der schiefen Häufigkeitskurve.

Aus der Formel (63) ist ersichtlich, dass mit dem Wachsen von p die Schiefe abnimmt, und praktisch kann die Kurve, wenn p genügend gross ist, als symmetrisch angesehen werden. Die Gleichung der symmetrischen Kurve (37) kann nicht als eine Ausnahme betrachtet werden, denn bei genügend grossem p ist der Unterschied zwischen den beiden Kurven wirklich gering und nähert sich beim Wachsen von p der Null. Um dieses zu erklären, schreiben wir den Bruchausdruck aus Formel (55) in Form einer Reihe, wobei wir die bekannte Reihenentwicklung durchführen. Auf diese Art erhalten wir

$$(69) \quad \frac{\log \frac{p-x}{p}}{\log \frac{p-B}{p}} = \frac{x + \frac{x^2}{2p} + \frac{x^3}{3p^2} + \dots}{B + \frac{B^2}{2p} + \frac{B^3}{3p^2} + \dots}$$

Daraus ist ersichtlich, dass bei $p \rightarrow \infty$ der Grenzwert des Bruches $\frac{x}{B}$ ist; die Gleichung (55) bekommt dann die Form

$$(70) \quad y = 1 + \cos \pi \left(\frac{x}{B} \right)^n,$$

was die uns bekannte Gleichung (36) darstellt.

In dem Falle, wenn $\beta \approx 1$ ist, kann man ebenfalls zur Reihenentwicklung greifen, und durch Fortfallen der Logarithmen wird die weitere Rechenarbeit erleichtert. In der neuen Form ist die Gleichung die folgende:

$$(71) \quad y = 1 + \cos \pi \left\{ \frac{x + \frac{x^2}{2p} + \frac{x^3}{3p^2} + \dots}{B + \frac{B^2}{2p} + \frac{B^3}{3p^2} + \dots} \right\}^n$$

VII. Das Bestimmen der Charakteristiken.

Im allgemeinen Fall (wenn der Koordinatenanfangspunkt nicht in der Mode liegt) hat die Gleichung (55) die Form

$$(72) \quad y = A \left\{ 1 + \cos \pi \left[\frac{\log(a + bx)}{\log \beta} \right]^n \right\}.$$

Die Gleichung enthält fünf Konstanten, deren Bedeutungen im folgenden erklärt werden.

1. β ist das früher erwähnte Mass der Schiefe.

2. n ist das ebenfalls früher erwähnte Mass der Grösse der Häufung.

3. A ist die Hälfte der Länge der Ordinate der Mode, denn der maximale Wert von y ist $y_{max} = 2A$.

Weiter hat der Ausdruck im Zähler $a + bx$ einige wichtige Bedeutungen:

4. Die Wurzel der Gleichung $a + bx = 1$ bestimmt die Mode M_o , wo

$$(73) \quad M_o = \frac{1-a}{b}$$

ist.

5. Die Wurzel der Gleichung $a + bx = \beta$ bestimmt den rechtseitigen Endpunkt der Kurve, den Wert von B , wo

$$(74) \quad B = \frac{\beta - a}{b}$$

ist.

6. Die Wurzel der Gleichung $a + bx = \frac{1}{\beta}$ bestimmt den linkseitigen Endpunkt der Kurve, den Wert von C , wo

$$(75) \quad C = \frac{1 - a\beta}{b\beta}$$

ist.

7. Der Abstand der beiden Endpunkte B und C , die Variationsbreite v , ist nach (74) und (75)

$$(76) \quad v = \frac{\beta - a}{b} - \frac{1 - a\beta}{b\beta} = \frac{\beta^2 - 1}{b\beta}.$$

Beispiele:

1. Es sei die Gleichung gegeben

$$y = 4 \left\{ 1 + \cos \pi \left[\frac{\log (-0.37 + 0.25x)}{\log 4.00} \right]^{0.80} \right\}.$$

Nach der Gleichung (73) erhalten wir

$$M_o = \frac{1 + 0.37}{0.25} = 5.48.$$

Nach (74) erhält man

$$B = \frac{4 \cdot 00 + 0 \cdot 37}{0 \cdot 25} = 17 \cdot 48.$$

Nach (75) ist

$$C = \frac{1 + 0 \cdot 37 \cdot 4 \cdot 00}{0 \cdot 25 \cdot 4 \cdot 00} = 2 \cdot 48.$$

Nach (76) ist

$$v = \frac{4 \cdot 00^2 - 1}{0 \cdot 25 \cdot 4 \cdot 00} = 15 \cdot 00.$$

Dasselbe ergibt auch eine folgende Nachprüfung, denn

$$v = B - C = 17 \cdot 48 - 2 \cdot 48 = 15 \cdot 00$$

und

$$\beta = \frac{B - Mo}{Mo - C} = \frac{17 \cdot 48 - 5 \cdot 48}{5 \cdot 48 - 2 \cdot 48} = 4 \cdot 00.$$

Ferner ist

$$p = -\frac{1}{b} = -\frac{1}{0 \cdot 25} = -4 \cdot 00,$$

woraus

$$P = Mo + p = 5 \cdot 48 - 4 \cdot 00 = 1 \cdot 48.$$

Damit sind alle wichtigen zum Zeichnen der Kurve notwendigen Punkte gefunden.

Ebenso einfach ist die Lösung der umgekehrten Aufgabe.

2. Es seien die beiden Endpunkte der Kurve und die Lage der Mode gegeben. Man muss die Gleichung aufschreiben.

Es sei

$$Mo = 2, \quad B = 16 \quad \text{und} \quad C = -5.$$

Zum Bestimmen der Grössen a , b und β haben wir vier Gleichungen, von denen wir irgendwelche drei benutzen können. Der einfachste Weg im gegebenen Falle ist aber folgender:

β ist schon durch drei gegebene Punkte bestimmt, denn

$$\beta = \frac{B - Mo}{Mo - C} = \frac{16 - 2}{2 + 5} = 2.$$

Ebenso ist auch v bestimmt, denn

$$v = B - C = 16 + 5 = 21.$$

Aus der Gleichung (76) erhalten wir, dass

$$b = \frac{\beta^2 - 1}{\beta v}$$

ist. Setzen wir hier die gegebenen Zahlen ein, so ist

$$b = \frac{2^2 - 1}{2 \cdot 21} = \frac{1}{14}.$$

Damit ist

$$p = -14$$

und

$$P = Mo + p = 2 - 14 = -12.$$

Aus der Gleichung (73) erhält man

$$a = 1 - bMo = \frac{6}{7}.$$

Nehmen wir z. B. an, dass $A = 4$ und $n = 0.80$ ist, dann gilt die Gleichung

$$y = 4 \left\{ 1 + \cos \pi \left[\frac{\log \left(\frac{6}{7} + \frac{1}{14} x \right)^{0.80}}{\log 2} \right] \right\}.$$

Bemerkung: Es ist zu empfehlen, die Variationsbreite v immer positiv zu nehmen, d. h. $v = B - C$. Dann sieht man aus der Gleichung (76), dass bei negativer Schiefe, wo $b < 0$ ist, der Nenner negativ ist und deshalb auch der Zähler negativ sein muss. Wenn wir die Schiefe β als Verhältnis der Länge des rechtseitigen Zweiges zu derjenigen des linkseitigen annehmen, dann ist es tatsächlich so, denn dann ist $\beta < 1$. Ohne diese Forderung (dass $v > 0$ ist) können wir immer, wenn $\beta < 1$ ist, statt β auch $\frac{1}{\beta}$ schreiben, denn in der Gleichung verändert sich nichts, da der absolute Wert von $\log \beta$ derselbe bleibt.

VIII. Über die Wahl der Methode zum Bestimmen der Charakteristiken.

Zum Aufschreiben der Gleichung brauchen wir fünf Konstanten. Da die Zahl der Häufigkeitszahlen gewöhnlich grösser ist, ist das Problem nicht eindeutig lösbar. Es gibt unendlich viele Lösungen. Unter diesen muss man eine solche auswählen, die eine

„möglichst gute“ Annäherung gibt. Das Bestimmen der „allerbesten Annäherung“ ist ein Problem für sich, und es gibt keine Methode, die es mit genügendem Erfolg lösen könnte. Die klassische Methode ist diejenige der kleinsten Quadrate, deren Anwendung aber bei komplizierten Gleichungsformen sehr ungünstig ist. Pearson und Charlier haben die Methode der Momente angewandt, die aber mit zeitraubender Rechenarbeit verbunden ist. Andere Nachteile sind in dieser Arbeit schon analysiert worden. Zur Lösung des Problems ist in der vorliegenden Arbeit eine einfache Methode, die wir die *Flächenmethode* nennen, angewandt worden, die mit einfacher Rechenarbeit verbunden und bei verschiedenartigen Gleichungsformen brauchbar ist. Die Methode besteht darin, dass ein Flächenstück unter der Häufigkeitskurve (die Häufigkeit irgendwelcher Klasse) dem entsprechenden Teil der empirischen Kurve gleich gesetzt wird. Die Zahl der Flächenstücke wird nach der Zahl der zu bestimmenden Charakteristiken gewählt. Die Methode ist bei Häufigkeitsverteilungen leicht anwendbar, denn da sind die Grössen der Flächenstücke schon durch die Häufigkeitszahlen gegeben. Ein Vergleich mit der Methode der kleinsten Quadrate ergab, dass die Genauigkeit der beiden Methoden ungefähr dieselbe ist. Die neue Methode ist teilweise besser, teilweise schlechter, je nachdem, welche Flächenstücke genommen werden. Im folgenden vergleichen wir, um Raum zu sparen, die genannte Methode mit derjenigen der kleinsten Quadrate nur bei einer linearen Funktion.

IX. Vergleich mit der Methode der kleinsten Quadrate.

1. Es stelle im Koordinatensystem xy die fett ausgezogene horizontale Linie (Fig. 10) den Gang der Häufigkeitsverteilung in der Variationsbreite l dar. Es sei der Kollektivumfang s . Nehmen wir an beiden Enden der Verteilung Flächenstücke mit der Grundlinie k (k ist die Klassenbreite) und ziehen wir aus den Mittelpunkten der Grundlinien die Höhen h_1 und h_2 . Die oberen Punkte der Höhen A und B verbinden wir durch Gerade, die wir als Näherungsgerade wählen.

Nach dem Bernoulli'schen Gesetz hat jedes Flächenstück,

welches die Häufigkeit eines gewissen Merkmals anzeigt, die mittlere Abweichung σ , die nach der Formel

$$\sigma = \sqrt{sp(1-p)}$$

bestimmt werden kann (s — Kollektivumfang, p — die relative Häufigkeit der zu betrachtenden Klasse).

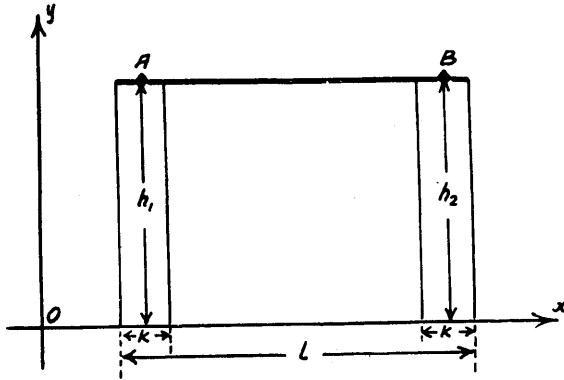


Fig. 10.

Nach der angenommenen Verteilungsfunktion ist

$$p = \frac{k}{l}.$$

Damit ist die mittlere Abweichung der beiden Flächenstücke

$$(77) \quad \sigma_1 = \sigma_2 = \sqrt{\frac{sk(l-k)}{l^2}}$$

und die mittlere Abweichung der Höhen h

$$(78) \quad \sigma h_1 = \sigma h_2 = \frac{\sigma_1}{k} = \frac{\sigma_2}{k} = \sqrt{\frac{s(l-k)}{kl^2}}.$$

Die mittlere Abweichung des Steigungsmasses der Näherungsgeraden wird durch die mittlere Abweichung der Differenz der beiden Höhen ($\Delta h = h_1 - h_2$) bestimmt, wobei die letztgenannte mittlere Abweichung noch durch die Differenz der Abszissen der Punkte A und B $l - k$ dividiert werden muss.

Beim Bestimmen der mittleren Abweichung der Höhendifferenz muss in Betracht gezogen werden, dass die Abweichungen der Flächenstücke und damit auch die Abweichungen der

Höhen miteinander korrelativ verbunden sind. Die mittlere Abweichung der Differenz der Höhen $\sigma\Delta h$ wird durch folgende Formel bestimmt:

$$(79) \quad \sigma^2\Delta h = \sigma^2h_1 + \sigma^2h_2 - 2r \cdot \sigma h_1 \cdot \sigma h_2.$$

Der Korrelationsfaktor r ist eine Funktion von k (bei kleinem k ist $r \approx 0$, ist aber $k = \frac{l}{2}$, so ist $r = -1$), und wir können ihn folgendermassen finden:

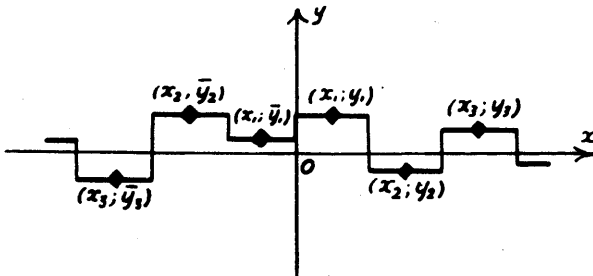


Fig. 11.

Wenn im ersten Flächenstück eine Abweichung δ_1 stattgefunden hat, dann zeigt das übriggebliebene Flächenstück die Abweichung $-\delta_1$. Daher fällt auf das zweite Flächenstück die Abweichung

$$(80) \quad \delta_2 = -\frac{k}{l-k} \delta_1.$$

Aus der Korrelationstheorie wissen wir, dass die Regressionsgleichung für diese Abweichungen die folgende ist:

$$(81) \quad \delta_2 = r \frac{\sigma_2}{\sigma_1} \delta_1,$$

wo σ_1 und σ_2 die in der Formel (77) vorkommenden Grössen sind.

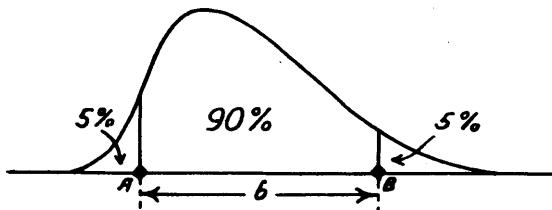


Fig. 12.

Dividieren wir die Gleichung (80) durch (81), so bekommen wir

$$(82) \quad r = -\frac{k}{l-k}.$$

Hieraus ersehen wir, dass wenn $k = \frac{l}{2}$ ist, dann $r = -1$ ist.

Im Falle $k > \frac{l}{2}$ ist

$$(83) \quad r = -\frac{l-k}{k}$$

(der reziproke Wert des früheren r), was leicht ableitbar ist.

Setzen wir aus (78) und (82) die entsprechenden Grössen in (79) ein, so erhalten wir

$$(84) \quad \sigma^2 \Delta h = \frac{2s}{kl},$$

denn $\sigma h_1 = \sigma h_2$, und der Korrelationsfaktor zwischen den Abweichungen der Grössen der Flächenstücke ist derselbe wie der Korrelationsfaktor zwischen den Abweichungen der Höhen.

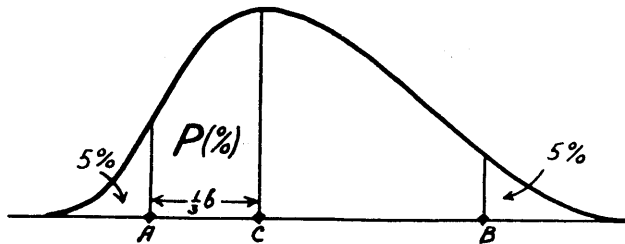


Fig. 13.

Zum Bestimmen der mittleren Abweichung des Steigungsmasses m dividieren wir den erhaltenen $\sigma \Delta h$ -Wert noch durch die Grösse $l-k$. Dann bekommen wir

$$(85) \quad \sigma^2 m = \frac{2s}{kl(l-k)^2}.$$

Ist $k > \frac{l}{2}$, so erhält man mit Hilfe der Formel (83) analog

$$(86) \quad \sigma^2 m = \frac{2s}{k^2 l (l-k)}.$$

Wenn wir beim Wählen der Flächenstücke die kleinere von den Grössen k und $l - k$ mit γ und die grössere mit $l - \gamma$ bezeichnen, dann ist im ersteren Falle (wo $k < \frac{l}{2}$ ist)

$$k = \gamma$$

und

$$l - k = l - \gamma,$$

und im letzteren Falle (wo $k > \frac{l}{2}$ ist)

$$k = l - \gamma$$

und

$$l - k = \gamma.$$

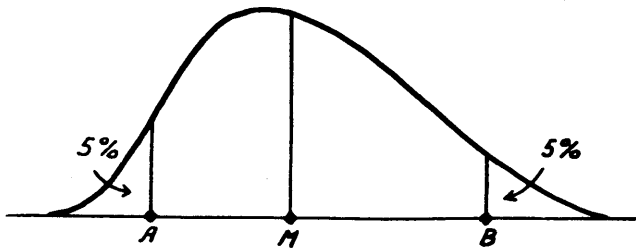


Fig. 14.

Setzen wir diese Grössen bzw. in Formel (85) und (86) ein, dann erhalten wir für beide Fälle

$$(87) \quad \sigma^2 m = \frac{2s}{\gamma l (l - \gamma)^2}.$$

Dieses bedeutet, dass die Formel (85) immer angewandt werden kann, es muss nur unter k der kleinere Teil von l verstanden werden.

Bezeichnen wir

$$k = \kappa l,$$

dann ist nach (85)

$$(88) \quad \sigma^2 m = \frac{2s}{l^4 \kappa (1 - \kappa)^2}.$$

Berechnen wir den Minimalwert von σm , so finden wir, dass dieser bei $x = \frac{1}{3}$ zutage tritt und seine Grösse

$$(89) \quad \sigma_{m_{min}} = 3 \cdot 67 \frac{\sqrt{s}}{l^2}$$

beträgt.

2. Zweitens wollen wir betrachten, mit einer wie grossen Genauigkeit das Steigungsmass der Näherungsgeraden bei der Methode der kleinsten Quadrate bestimmt wird.

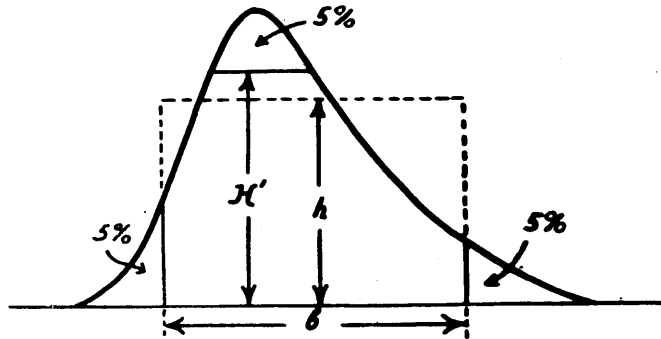


Fig. 15.

Es sei ebenso die Zahl der Elemente s , die Klassenbreite k und die Variationsbreite l (Fig. 9).

Wenn das Steigungsmass der Regressionsgeraden gleich Null ist, dann ist

$$(90) \quad \sigma_m = \frac{\sigma_y}{\sigma_x} \sigma_r$$

(darin bedeutet: σ_m die gesuchte mittlere Abweichung des Steigungsmasses m , σ_y und σ_x die Streuungsmasse der Koordinaten der die Regressionsgleichung bestimmenden Punkte A , B und anderer dazwischen liegender Punkte, sowie σ_r die mittlere Abweichung des Korrelationsfaktors r), denn nach der Korrelationstheorie ist

$$m = r \frac{\sigma_y}{\sigma_x}$$

und nach Differenzierung erhalten wir

$$(91) \quad dm = \frac{\sigma_y}{\sigma_x} dr + r \frac{d\sigma_y}{\sigma_x} - r \frac{\sigma_y d\sigma_x}{\sigma_x^2}.$$

Da $r = 0$ ist, bleibt übrig

$$dm = \frac{\sigma_y}{\sigma_x} dr,$$

woraus die Formel (90) ableitbar ist. Damit müssen zum Bestimmen von σ_m die Grössen σ_y , σ_r und σ_x berechnet werden.

a. σ_y ist die mittlere Abweichung der Höhe, die schon nach der Formel (78) bestimmt worden ist. Damit ist

$$(92) \quad \sigma_y = \sqrt{\frac{s(l-k)}{kl^2}}.$$

b. Nach der Korrelationstheorie ist

$$\sigma_r = \frac{1-r^2}{\sqrt{n}},$$

wo r der Korrelationsfaktor und n die Zahl der Klassen ist.

Da $r=0$ und $n = \frac{l}{k}$ ist, bekommen wir

$$\sigma_r = \sqrt{\frac{k}{l}}.$$

Das erhaltene σ_r gilt nur dann, wenn die Abweichungen der Höhen nicht in korrelativem Zusammenhang stehen. In unse-

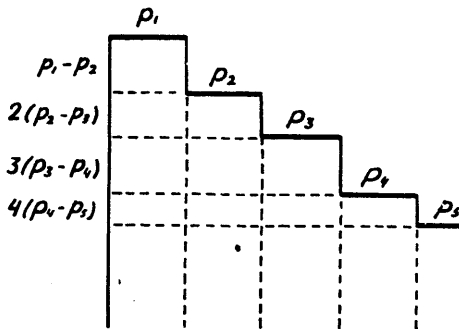


Fig. 16.

rem Falle, wo die genannten Abweichungen in korrelativer Beziehung stehen, wird σ_r infolge einer negativen Korrelation grösser.

Um das gesuchte σ_r zu bestimmen, schreiben wir in der Formel des Korrelationsfaktors

$$r = \frac{\Sigma xy}{n\sigma_x \sigma_y}$$

(wo x und y vom arithmetischen Mittel aus genommen werden

und n die Zahl der Punkte, in unserem Falle die Zahl der Klassen bedeutet) den Zähler Σxy in der Form

$$\Sigma xy = x_1(y_1 - \bar{y}_1) + x_2(y_2 - \bar{y}_2) + \dots$$

(das Bezeichnungsschema ist in Fig. 11 gegeben).

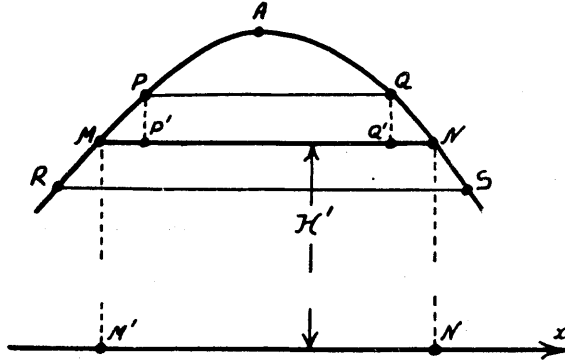


Fig. 17.

Da die x -Werte unveränderlich sind, können, wenn ein korrelativer Zusammenhang mit dem Korrelationsfaktor r zwischen den Häufigkeitszahlen der Klassen vorhanden ist, nur die mittleren Abweichungen der Ausdrücke in den Klammern ($y_i - \bar{y}_i = \Delta y_i$) sich verändern.

Nach der Korrelationstheorie ist

$$(93) \quad \sigma^2 \Delta y = 2\sigma y (1 - r),$$

woraus ersichtlich ist, dass bei dem Korrelationsfaktor r der Wert von $\sigma \Delta y$ sich verändert hat, wobei der Veränderungskoeffizient

$$(94) \quad \lambda = \sqrt{1 - r}$$

ist. Damit ist auch σr λ -mal grösser geworden. Setzen wir den Ausdruck von r aus (82) ein, so finden wir, dass

$$\lambda = \sqrt{\frac{l}{l-k}}$$

ist, und damit

$$(95) \quad \sigma r = \sqrt{\frac{k}{l-k}}$$

c. Wenn alle Klassen die gleiche Breite haben, befinden

sich die Mittelpunkte der Klassen mit konstanter Häufigkeit auf der x -Achse, und nach (8) ist

$$(96) \quad \sigma x = \frac{l}{2\sqrt{3}}.$$

Setzen wir die erhaltenen Werte für σy , σr und σx aus (92), (95) und (96) in die Gleichung (90) ein, so erhalten wir, dass

$$(97) \quad \sigma^2 m = \frac{12s}{l^4}$$

ist, oder

$$(98) \quad \sigma m = 3.46 \frac{\sqrt{s}}{l^2}.$$

Durch einen Vergleich des Erhaltenen mit (89) stellen wir eine ganz kleine Verminderung von σm fest.

In der Tat ist aber σm bei Anwendung der Methode der kleinsten Quadrate grösser, denn die Formel (90) gilt für den Fall, wenn $r=0$ ist. Bei einem endlichen Kollektivumfang hat r einen von Null abweichenden Wert und kommen dann in der Formel (91) die weggelassenen Glieder zur Geltung.

Betrachten wir z. B. einen Spezialfall, wo

$$r = \sigma r$$

ist. Da die Abweichungen von r , σy und σx miteinander nicht in korrelativem Zusammenhang stehen, können wir nach (91) schreiben:

$$(99) \quad \sigma^2 m = \frac{\sigma^2 y}{\sigma^2 x} \sigma^2 r + \frac{\sigma^2 r}{\sigma^2 x} \sigma^2 \sigma y + \frac{\sigma^2 r \sigma^2 y}{\sigma^4 x} \sigma^2 \sigma x =$$

$$= \frac{\sigma^2 y}{\sigma^2 x} \sigma^2 r \left(1 + \frac{\sigma^2 \sigma y}{\sigma^2 y} + \frac{\sigma^2 \sigma x}{\sigma^2 x} \right) = \frac{\sigma^2 y}{\sigma^2 x} \sigma^2 r \left(1 + \frac{1}{n} \right),$$

denn der Variationsfaktor von σx und σy ist $\frac{1}{\sqrt{2n}}$.

Aus (99) wird ersichtlich, dass σm sich um das $\sqrt{1 + \frac{1}{n}}$ -fache vergrößert hat, und z. B. im Falle $n < 9$ (bei einer kleinen Zahl der Klassen) ist die Genauigkeit der Methode der kleinsten Quadrate geringer als diejenige der Flächenmethode.

Weiter ist ebenso leicht zu beweisen, dass in dem Falle, wo das Steigungsmass der Regressionsgeraden von Null verschieden ist ($m \neq 0$), die Genauigkeit der Methode der kleinsten Quadrate kleiner (σm wird grösser), bei der Flächenmethode aber grösser wird (σm wird kleiner). Z. B. in dem Falle, wo die Gerade den Koordinatenanfangspunkt schneidet, erhalten wir nach einfacher Berechnung analog der Formel (88)

$$(100) \quad \sigma^2 m = \frac{2s}{l^4 x(1-x)^2} (1 - 2x + 4x^2 - 2x^3).$$

Hier ist σm kleiner als dasselbe in Formel (88), denn

$$1 - 2x + 4x^2 - 2x^3 = 1 - 2x(1-x)^2 < 1.$$

σm hat ein Minimum bei demselben Argumentwert, d. h. bei $x = \frac{1}{3}$ und

$$(101) \quad \sigma m_{\min} = 3.08 \frac{\sqrt{s}}{l^2},$$

was kleiner als dasselbe in (98) ist.

Die bei linearer Häufigkeitsverteilung kurz durchgeführte Analyse hat gezeigt, dass die Flächenmethode bei zweckmässiger Wahl der Flächenstücke nicht als schlechter denn die Methode der kleinsten Quadrate gelten kann. Ihre Anwendung ist aber viel einfacher. Bei der linearen Approximation brauchen z. B. nur die Häufigkeitszahlen summiert zu werden, und das Steigungsmass der Geraden ist bestimmt.

X. Über die Anwendung der Flächenmethode beim Bestimmen der Charakteristiken.

Bei der in der vorliegenden Arbeit untersuchten Gleichung der Häufigkeitskurve ist die Anwendung der Flächenmethode nicht so einfach wie bei dem oben gegebenen Beispiel, weil die Gleichung nach einer elementaren Methode nicht integrierbar ist. Darum sind die entsprechenden Berechnungen nach graphischen Methoden durchgeführt und die Resultate auch graphisch dargestellt worden. Da die Genauigkeit der Koeffizienten von der Wahl der Flächenstücke abhängt, mussten zum Aussuchen der passenden Flächenstücke (Indikatoren), die ein genaueres Bestimmen von β

und n ermöglichten, verschiedene Fälle untersucht und die entsprechenden Fehlerberechnungen durchgeführt werden. Durch diese zwei Koeffizienten ist der Charakter der Häufigkeitsverteilung gegeben, denn die drei übrigen bestimmen nur den Mass-

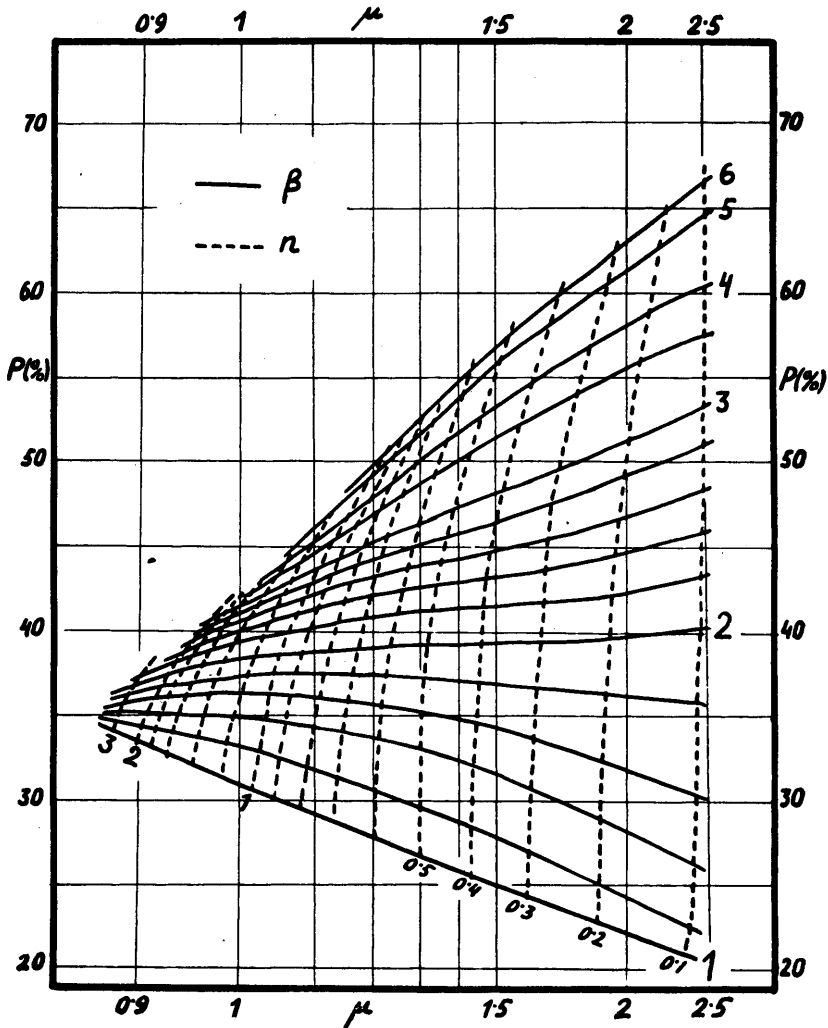


Fig. 18.

stab der x - und y -Achse und die Lage der Verteilung in bezug auf die x -Achse.

Bevor wir zur Lösung der Aufgabe übergehen, müssen wir

eine Möglichkeit zum Fixieren zweier durch die Häufigkeitsverteilung verbundener Punkte schaffen, denn nur dadurch kann die Lage der Verteilung auf der x -Achse bestimmt werden. Es hat sich als am zweckmässigsten erwiesen, einen 5%-gen Abschnitt zu wählen (die Punkte A und B in Fig. 12), d. h. einen solchen Punkt, dass an der einen Seite von ihm 5% aller Elemente liegen. Den Abschnitt zwischen den genannten Punkten, die Länge AB , werden wir die Basis nennen und mit b bezeichnen.

Nach hinreichender Erwägung bleiben von den Indikatoren drei übrig.

1. Der erste Indikator ist die relative Häufigkeit einer mit der Basis in Verbindung stehenden Klasse, wobei die Klassenbreite ein Drittel der Basis ausmacht und die Klasse selbst auf derjenigen Seite der Basis liegt, wo sich die Mode befindet (in Fig. 13 ist die genannte Klassenbreite AC). Es ist am einfachsten, die gesamte Zahl der Elemente bis zum Punkte C zu zählen, um den 5%-gen Teil nicht abziehen zu müssen. Diesen Indikator bezeichnen wir mit $P(\%)$, da die relative Häufigkeit in Prozenten angegeben wird.

2. Der zweite Indikator ist der Abstand der Mediane von dem der Mode näher liegenden Endpunkt der Basis (in Fig. 14 die Grösse AM), wobei diese Distanz als Verhältnis zu der Länge der Basis genommen wird. Diesen Indikator bezeichnen wir mit $M(\%)$. Damit ist $M\% = \frac{AM}{AB}$.

Bemerkung 1. Hier besteht ein Unterschied zwischen diesen Charakteristiken: die erste $P(\%)$ ist die Häufigkeit einer bestimmten Klasse, die zweite $M(\%)$ aber die Klassenbreite einer bestimmten Häufigkeit.

Bemerkung 2. Wenn die Verteilung ganz nahe einer symmetrischen liegt, ist es schwer zu bestimmen, zu welchem Endpunkte der Basis die Mode näher ist. Für den richtig gewählten Punkt gilt $M(\%) < 1/2$ oder $P_A(\%) > P_B(\%)$, wenn der Punkt A der richtige ist (hier bedeutet $P_A(\%)$ den Wert von $P(\%)$, wobei die Klassenbreite vom Punkte A aus gemessen wird, und $P_B(\%)$ analog den Wert von $P(\%)$ für die Klasse, die vom Punkte B aus gemessen wird). Wenn die Verteilung eine solche ist, dass wir z. B. mit Hilfe von $P(\%)$ die positive Schiefe und mit Hilfe

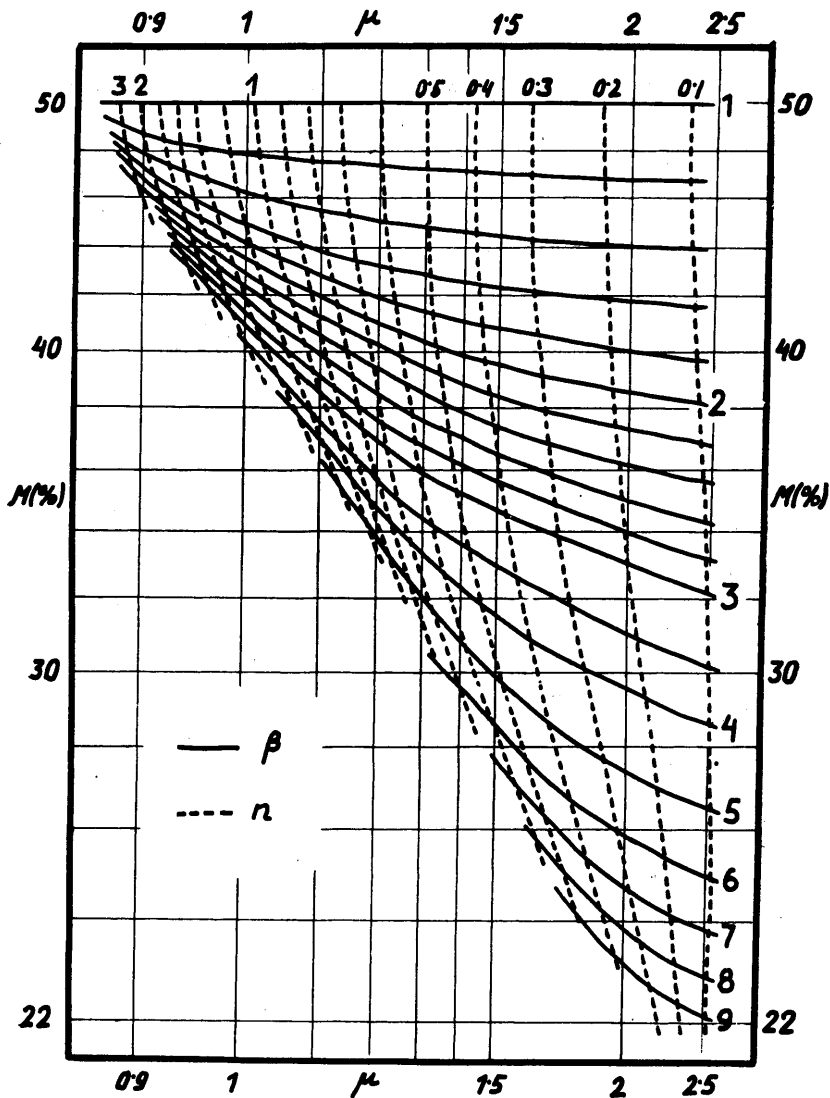


Fig. 19.

von $M(\%)$ die negative Schiefe erhalten, dann kann für die endgültige Schiefe das Mittel aus diesen zwei Werten genommen werden.

3. Die beiden gewählten Indikatoren sind empfindlich gegen Veränderungen von β , aber sie reagieren ganz schwach auf Veränderungen von n . Zum besseren Charakterisieren von n

ist ein dritter Indikator μ geschaffen worden, der folgendermassen bestimmt wird.

Schneiden wir bei der Häufigkeitsverteilung durch eine der x -Achse parallele Gerade einen Teil ab, dessen Fläche 5% der unter der Häufigkeitskurve liegenden Fläche beträgt (Fig. 15). Den Abstand dieser Geraden von der x -Achse bezeichnen wir mit H^1 . Ferner berechnen wir die auf die Basis b reduzierte mittlere Häufigkeit h , d. h. $h = \frac{s}{b}$, wobei s die Zahl der Elemente ist.

Durch diese zwei Grössen H^1 und h ist μ folgendermassen bestimmt: $\mu = \frac{H^1}{h}$.

Da H^1 aus den Häufigkeitzahlen nicht direkt bestimmt werden kann, müssen wir seine Entstehung näher betrachten.

Wenn der Kollektivumfang praktisch unendlich gross wäre, wäre die relative Häufigkeit jeder Klasse praktisch genau bestimmbar. In einem solchen Falle ist es sehr einfach, den genannten Schnitt zu machen. Wir schreiben die relativen Häufigkeiten in eine Reihe nach ihren Grössen, z. B. $p_1, p_2, p_3 \dots$ (Fig. 16), und finden die Flächengrösse bis zu der Höhe p_2 , weiter bis p_3 usw., bis die Grösse der abgeschnittenen Fläche 5% der Gesamtfläche ausmacht, wobei nach Bedarf ein Interpolieren stattfinden kann. Auf diese Art stufenweise weitergehend, stellen wir fest, dass die abgeschnittene Fläche nach folgendem Gesetz zunimmt:

$$\begin{aligned} Q &= p_1 - p_2 + 2(p_2 - p_3) + 3(p_3 - p_4) + \dots + n(p_n - p_{n+1}) = \\ &= p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_n - np_{n+1} = \\ &= \sum_{i=1}^n p_i - np_{n+1}. \end{aligned}$$

Beispiel:

i	1	2	3	4	5	6	7	8
p_i (%)	7.8	7.3	6.9	6.7	6.5	6.1	5.7	5.4
Σp_i	7.8	15.1	22.0	28.7	35.2	41.3	47.0	52.4
ip_{i+1}	7.3	13.8	20.1	26.0	30.5	34.2	37.8	
Q	0.5	1.3	1.9	2.7	4.7	7.1	9.2	

Wie aus dem Schema ersichtlich ist, wächst die Fläche Q um 0.5%, wenn die Schnittlinie die Höhe p_2 erreicht hat. Wenn die Schnittlinie die Höhe p_3 erreicht, ist die Fläche Q bis 1.3% gewachsen, usw. Um für $Q = 5\%$ die entsprechende Höhe H^1 zu

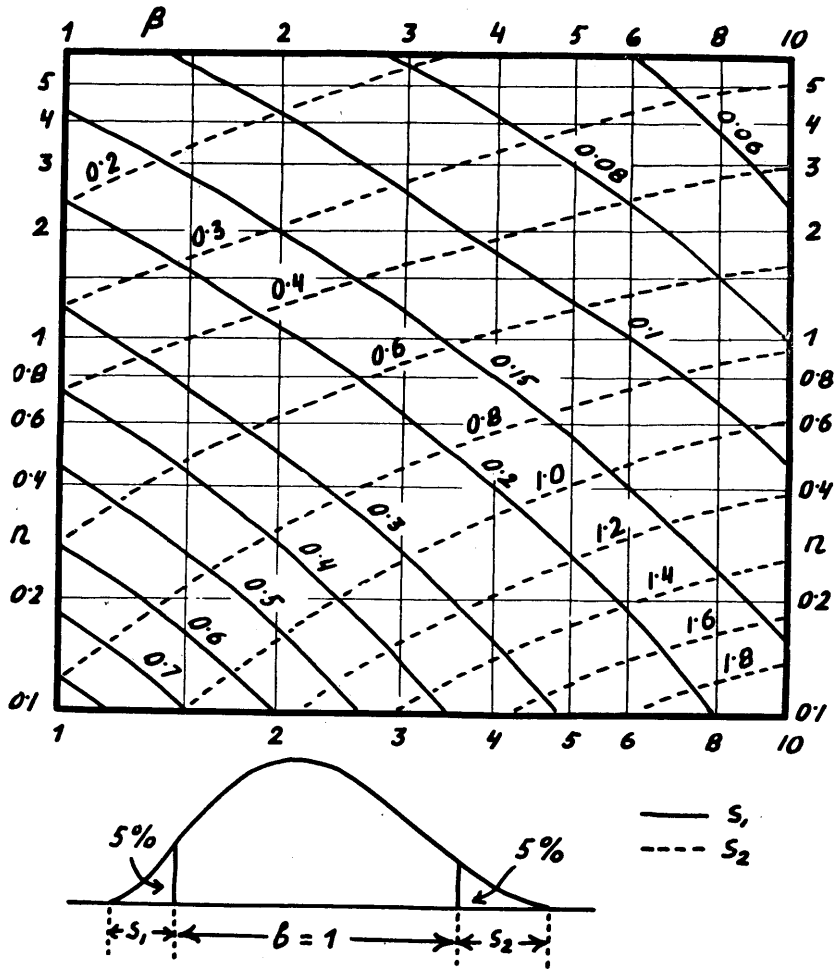


Fig. 20.

finden, müssen wir feststellen, bei welchem p die Fläche Q auf 5% wächst. Bis zur sechsten Stufe (der Wert von p ist dann 6.1 %) ist $Q = 4.7\%$, weiter aber schon 7.1%. Bei dem ersten Q -Wert fehlen noch 0.3%, und da die Schnittlinie jetzt durch 6 Klassen geht, muss er um $\frac{0.3\%}{6} = 0.05\%$ sinken. Damit ist $H^1 = 6.10 - 0.05 = 6.05\%$. Da H^1 nicht in Prozenten, sondern in Längeneinheiten gemessen wird, bedeutet das Resultat, dass H nach der auf die η -Achse aufgetragenen Skala einen solchen Wert besitzt, der gleich ist der Höhe der entsprechenden Klasse mit der Häufigkeit 6.05%.

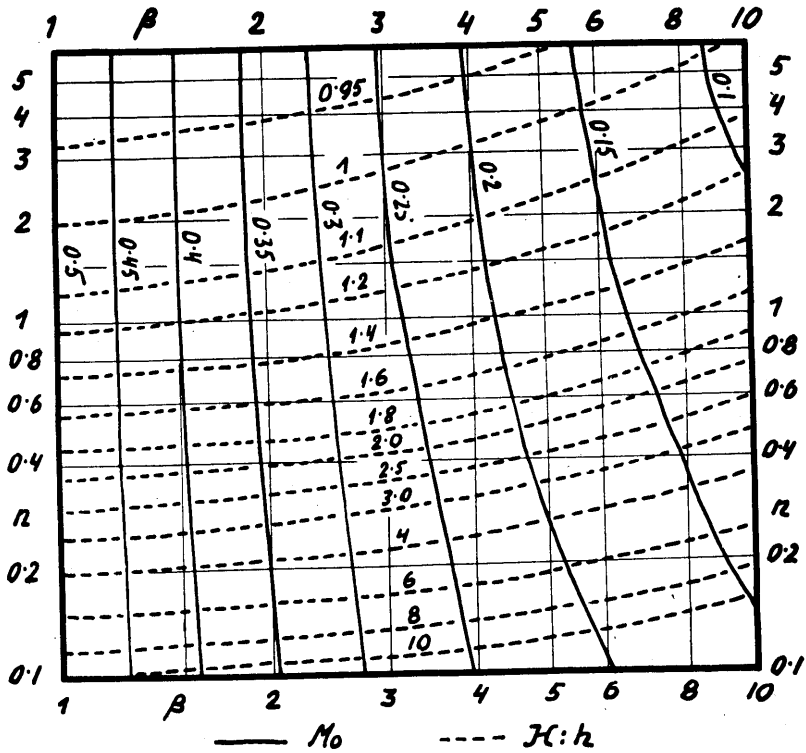


Fig. 21.

Wenn der Kollektivumfang nicht genügend gross ist, werden die bei der Bernoulli'schen oder der Lexis'schen Reihe in jeder Klasse entstandenen Abweichungen störend wirken. Wenn wir dann die Häufigkeiten nach ihren Grössen ordnen, kann es der Fall sein, dass wir den Wert von H^1 grösser erhalten, als er tatsächlich ist, denn es ist sehr wahrscheinlich, dass wir nur Klassen mit positiven Abweichungen genommen haben. Wenn die Häufigkeiten nach beiden Seiten gleichmässig abnehmen, ist die genannte Gefahr nicht so gross, denn dann ist es nicht wahrscheinlich, dass alle Klassen positive Abweichungen haben. Wenn aber bei der Abnahme der Häufigkeiten der Klassen gewisse Schwankungen entstehen, so ist es sehr gefährlich, nur die grösseren Häufigkeiten auszuwählen. Im folgenden ist eine Methode gegeben, deren man sich in solchen Fällen mit Erfolg bedienen kann.

Setzen wir zuerst voraus, dass der Kollektivumfang praktisch unendlich gross ist. Weiter nehmen wir an, dass der 5%-ge

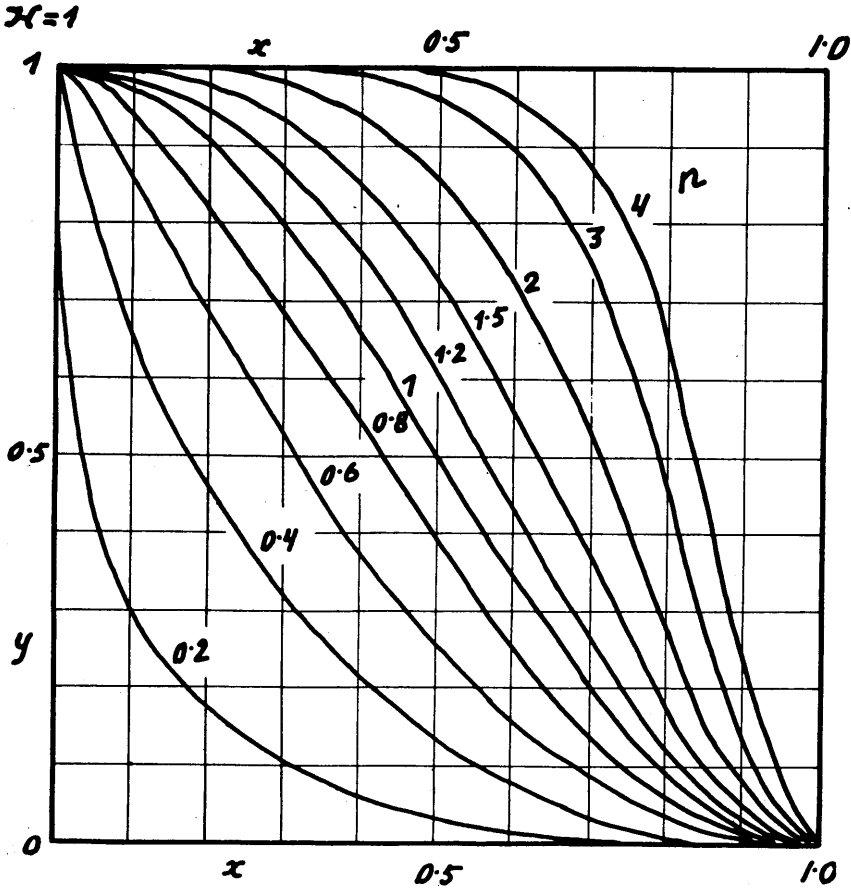


Fig. 22.

Teil schon abgeschnitten ist, wobei die Schnittgerade die Häufigkeitskurve in den Punkten M und N schneidet (Fig. 17). Wenn wir die Strecke zwischen den Projektionen der genannten Punkte von M^1 bis N^1 als eine Klasse betrachten, ist H^1 die der Häufigkeit dieser Klasse entsprechende Höhe, wobei von der relativen Häufigkeit der Klasse schon vorher 5% abgezogen worden sind. Wenn wir eine andere Klasse betrachten, die kleiner oder grösser als M^1N^1 ist, von ihrer relativen Häufigkeit 5% abziehen und dann die mittlere Höhe H^* finden, kann man beweisen, dass immer $H^* < H^1$ ist. Das Gesagte bedeutet, dass wenn wir den Gang der Grösse H^* als Funktion der Klassenbreite darstellen, $H^1 = H^*_{max}$ ist. Dieses kann folgendermassen gezeigt werden.

Wenn die Klassenbreite kleiner ist als MN , z. B. irgendein PQ (siehe Figur), dann ist die oberhalb der Geraden MN liegende Fläche P^1PAQQ^1 kleiner als 5% (wenn die ganze unter der Häufigkeitskurve liegende Fläche 100% beträgt) und wir müssen die Gerade MN nach unten verschieben, bis der 5%-ge Teil abgeschnitten ist. Die neue Höhe H^* ist dann kleiner als H^1 .

Wenn die Klassenbreite grösser ist als MN , z. B. irgendein RS (siehe Figur), dann ist H^* die mittlere Höhe des unter der Geraden MN verbliebenen Teils, was wieder kleiner als H^1 ist, denn die Strecke MN ist kleiner als RS .

Bei empirischen Verteilungen ist eine stetige Veränderung der Klassenbreite nicht möglich, denn die Häufigkeitskurve ist nicht stetig. Wir können aber dann so verfahren, dass wir zuerst die grösste Klasse nehmen, dann zu ihr die grössere unter den danebenstehenden Klassen hinzuaddieren usw. Das Gesagte wird durch folgendes Beispiel erläutert, wobei die früher gegebenen Häufigkeitszahlen verwendet werden.

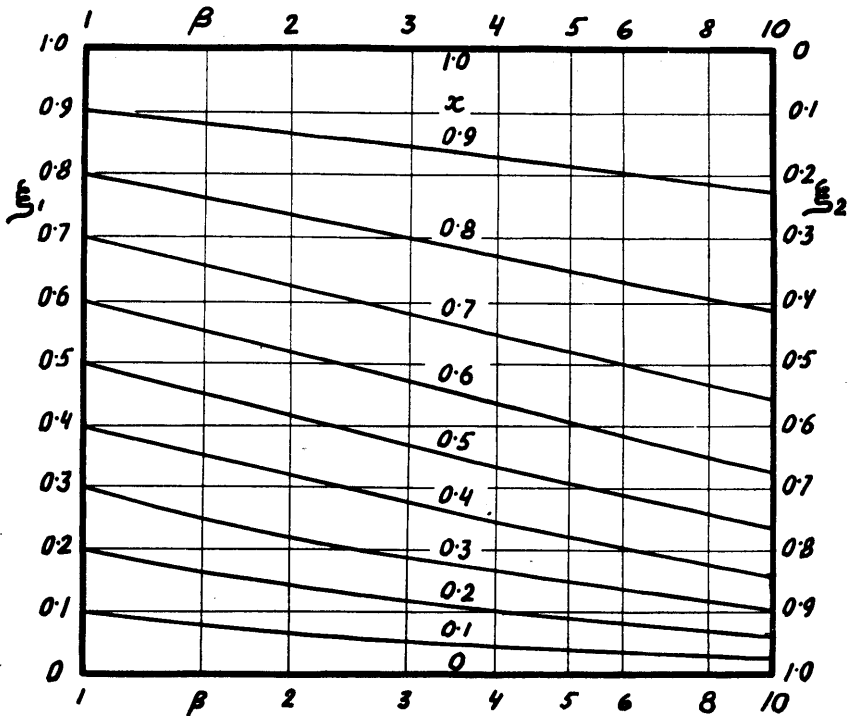


Fig. 23.

Beispiel :

i	1	2	3	4	5	6	7	8
$p_i(\%)$	7.8	7.3	6.9	6.7	6.5	6.1	5.7	5.4
Σp_i	7.8	15.1	22.0	28.7	35.2	41.3	47.0	52.4
$S_i = \Sigma p_i - 5.0$	2.8	10.1	17.0	23.7	30.2	36.3	42.0	47.4
$H^* = \frac{S_i}{i}$	2.80	5.05	5.67	5.92	6.04	6.05	6.00	5.92

Hieraus ersehen wir, dass $H_{max} = 6.05$ ist, was mit dem nach der vorigen Berechnungsmethode erhaltenen Resultate übereinstimmt. Da die letztgegebene Berechnungsmethode beinahe einfacher als die vorher gegebene ist, empfiehlt es sich, von ihr Gebrauch zu machen.

Die folgende Tabelle (Tab. 4) gibt die Werte für die drei Indikatoren bei einigen Wertkomplexen von n und β wieder.

Tab. 4.

$P(\%)-$ Werte.

n	0.1	0.3	0.5	0.7	1.0	1.5	2.0	4.0	6.0
β									
1.0	21.0	24.1	26.9	28.8	30.6	32.3	33.3	34.6	34.8
1.2	22.5	26.9	29.3	31.2	32.8	33.6	34.4	34.8	34.9
1.5	27.5	32.2	34.2	35.0	35.6	35.7	35.6	35.2	35.1
2.0	40.2	39.4	39.0	38.7	38.3	37.7	37.3	36.3	35.5
3.0	53.0	49.2	47.0	45.3	43.2	41.1	39.6	36.6	35.6
5.0	65.0	60.0	55.9	52.2	48.5	44.6	42.3	38.3	35.7
10.0	72.3	66.7	62.9	59.1	54.3	49.1	46.1	40.0	35.8

$M(\%)-$ Werte.

n	0.1	0.3	0.5	0.7	1.0	1.5	2.0	4.0	6.0
β									
1.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
1.2	46.8	47.0	47.3	47.6	47.9	48.4	48.7	49.5	49.8
1.5	42.7	43.0	43.6	44.2	45.1	46.2	47.0	48.9	49.4
2.0	38.1	39.2	40.3	41.2	42.6	44.1	45.6	48.2	49.0
3.0	32.0	33.8	35.3	36.6	38.6	41.0	43.0	46.5	48.0
5.0	26.5	27.6	29.6	31.5	34.1	37.4	40.0	44.9	47.0
10.0	20.0	21.0	23.9	26.0	29.8	33.6	36.6	42.7	45.2

		μ -Werte.								
β	n	0.1	0.3	0.5	0.7	1.0	1.5	2.0	4.0	6.0
1.0		2.35	1.59	1.30	1.13	1.01	0.94	0.90	0.86	0.86
1.2		2.38	1.59	1.30	1.13	1.02	0.94	0.90	0.86	0.86
1.5		2.41	1.61	1.30	1.15	1.03	0.95	0.91	0.86	0.86
2.0		2.46	1.65	1.32	1.17	1.05	0.97	0.92	0.87	0.86
3.0		2.50	1.73	1.38	1.23	1.10	1.00	0.95	0.88	0.86
5.0		2.56	1.91	1.51	1.34	1.19	1.07	1.00	0.91	0.88
10.0		2.53	2.28	1.83	1.59	1.37	1.19	1.09	0.99	0.92

Aus diesen Tabellen ersieht man, dass jeder Indikator von den beiden Grössen β und n abhängig ist. Darum können wir auch nicht auf Grund der gegebenen Grösse nur des einen Indikators

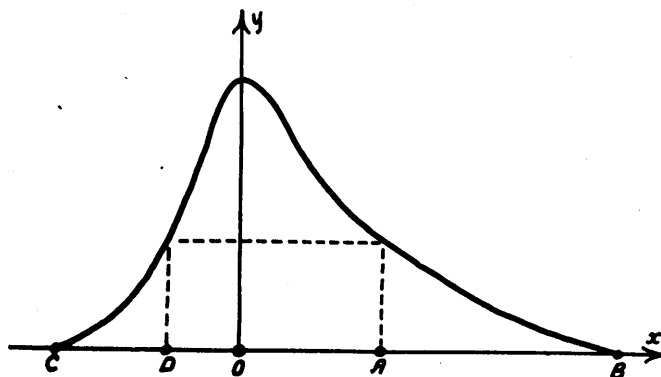


Fig. 24.

β oder n bestimmen; wir brauchen dazu zwei Indikatoren. Als zu diesem Zweck passend können das $P(\%)$ - und μ - oder das $M(\%)$ - und μ -Paar genommen werden (diese zwei Paare wurden unter 28 Paaren gewählt, denn ausser $P(\%)$, $M(\%)$ und μ war noch eine Reihe anderer Indikatoren vorhanden, die jedoch mehr oder weniger ungünstig waren). Diesem entsprechend sind Nomogramme konstruiert worden, welche für die erhaltenen Werte der Indikatoren die gesuchten β und n zu finden sofort ermöglichen (Fig. 18 und 19). Es ist empfehlenswert, die beiden Nomogramme zu benutzen und aus den erhaltenen β - und n -Werten das Mittel zu nehmen, entweder das einfache oder das gewägte. Wenn die beiden Nomogramme verschiedene β - oder n -Werte geben, so bedeutet dieses, dass die Verteilung sehr schlecht durch irgendwelche

Gleichung darstellbar ist, und es können zum Bestimmen der Gleichung auch andere dazwischen liegende β - und n -Werte genommen werden, denn die Güte der Approximation kann ja verschiedenartig definiert werden.

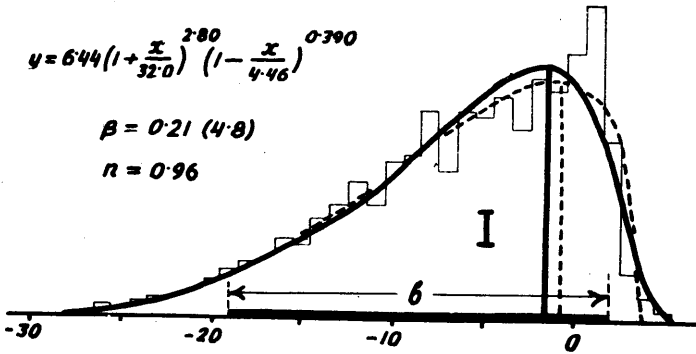


Fig. 25.

XI. Das Zeichnen der Kurve.

Zum Zeichnen der Kurve bedürfen wir der beiden Endpunkte, der Mode und der Länge der maximalen Ordinate H . Zum Bestimmen der Endpunkte ist in Fig. 20 das entsprechende Nomogramm konstruiert worden, welches nach gegebenen β - und n -Werten den Abstand der gesuchten Punkte von den Endpunkten der Basis, s_1 und s_2 , angibt, wobei als Einheit der Zahlen s_1 und s_2 die Länge der Basis gilt.

Das folgende Nomogramm (Fig. 21) gibt analog die Länge der maximalen Ordinate H an, wobei diese als Verhältnis zu der in bezug auf die Basis reduzierten mittleren Höhe h gegeben ist. Ebenfalls gibt dasselbe Nomogramm die Lage der Mode M_0 gerechnet von dem der Mode näher liegenden Endpunkt der Basis (die Einheit der Zahlen M_0 ist die Länge der Basis).

Zuletzt sind zur Bestimmung der anderen Kurvenpunkte Nomogramme angefertigt worden, die es ermöglichen, für jede Abszisse die entsprechende Ordinate zu finden. Da wir es hier mit vier Veränderlichen zu tun haben (β, n, x, y), so ist das Problem der Einfachheit halber in zwei zerlegt worden:

1. das Bestimmen bei gegebenem n und bei symmetrischer Kurve ($\beta = 1$) für jedes x des ihm entsprechenden y und
2. das Bestimmen der Lage desselben x (d. h. mit derselben Ordinate y) bei irgendwelchem β .

Zur Lösung des ersten Teiles ist das Nomogramm Fig. 22 gezeichnet worden, das nichts anderes vorstellt, als eine Schar von symmetrischen Kurven bei verschiedenen n -Werten.

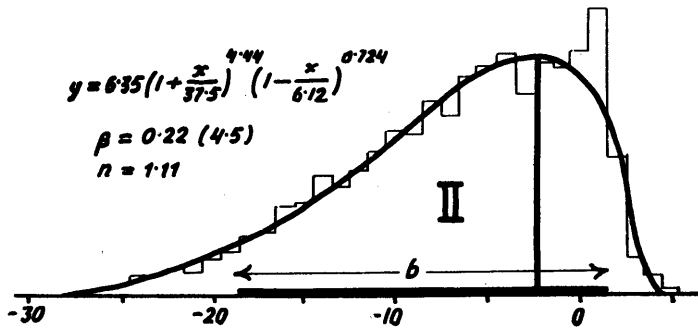


Fig. 26.

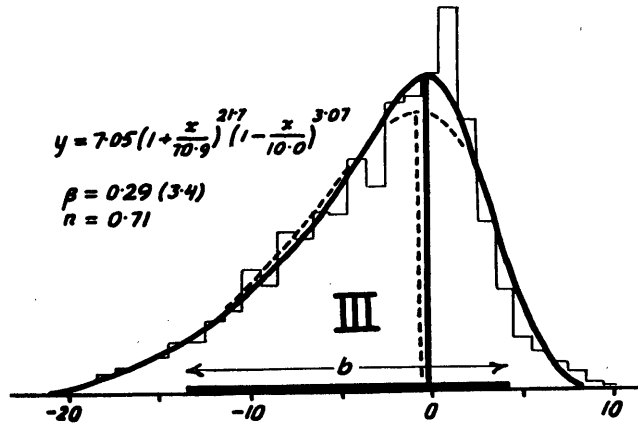


Fig. 27.

Zur Lösung des zweiten Teiles ist ebenso ein Nomogramm konstruiert worden (Fig. 23), mit dessen Hilfe man nach der Abszisse x der symmetrischen Kurve die entsprechende Ab-

sizse der schiefen Kurve bestimmen kann. Um diese Abszisse vom Masstab der Abszissenachse unabhängig zu machen, ist die von der Mode aus genommene Abszissenlänge durch die Länge des entsprechenden Zweiges der Kurve dividiert und mit ξ bezeichnet. Da ξ für die beiden Zweige der Kurve nicht gleich gross ist, sind in dem Nomogramm die Werte von ξ für beide Fälle dargestellt, wobei ξ_1 den Wert für die längere Seite und ξ_2 denjenigen für die kürzere Seite bedeutet. Damit ist: $\xi_1 = \frac{OA}{OB}$ und $\xi_2 = \frac{OD}{OC}$ (Fig. 24).

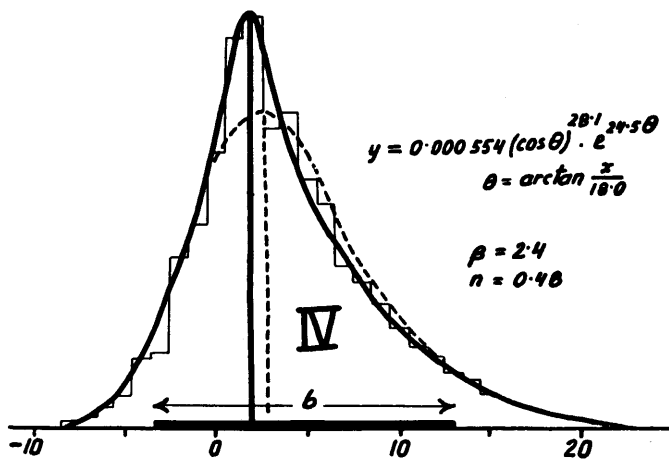


Fig. 28.

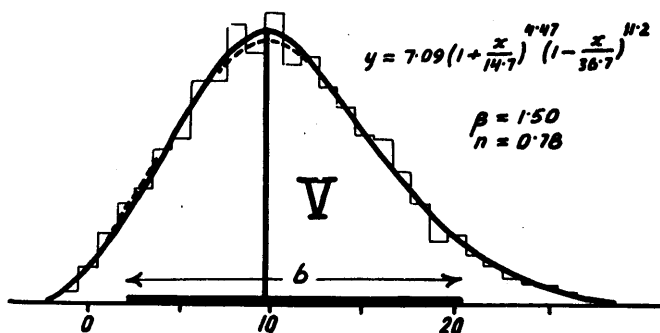


Fig. 29.

XII. Ein Vergleich mit dem Pearson'schen System.

Um die Güte unseres Systems zu beurteilen, ist dieses gleichzeitig mit dem Pearson'schen System bei Untersuchung der Häufigkeitsverteilung der Temperatur in Tartu für alle Monate der Zeitspanne 1866—1935 (incl.) angewandt worden (die Häufigkeitsverteilungen und die ihnen entsprechenden Gleichungen sind von Prof. K. Kirde zusammengestellt worden). In den Figuren

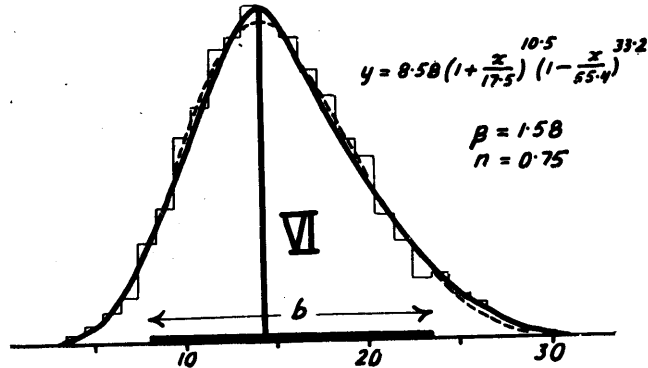


Fig. 30.

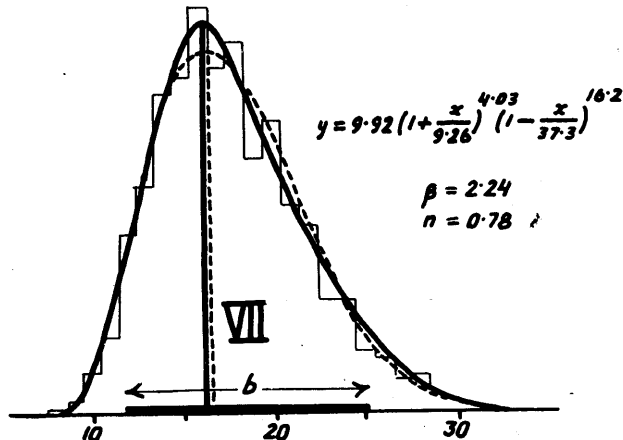


Fig. 31.

(Fig. 25—36) bedeutet die ausgezogene Linie die nach dem von uns vorgeschlagenen System berechnete Häufigkeitskurve und die punktierte die Pearson'sche Kurve. Neben die Kurven sind die

Pearson'sche Gleichung und die Charakteristiken des neuen Systems geschrieben worden. Bei negativer Schiefe ($\beta < 1$) ist in Klammern der reziproke Wert von β gegeben worden, welcher die absolute Grösse der Schiefe wiedergibt.

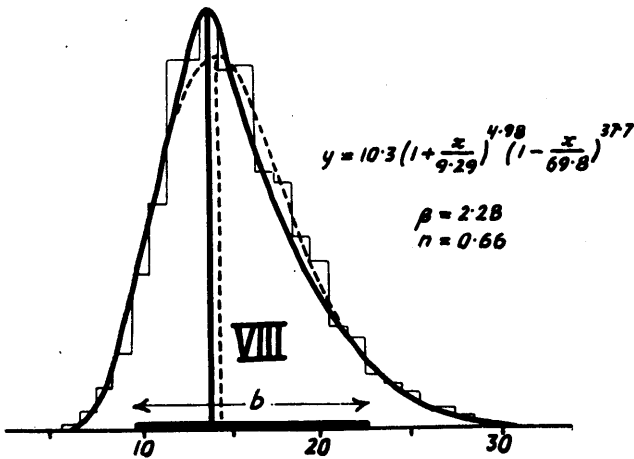


Fig. 32.

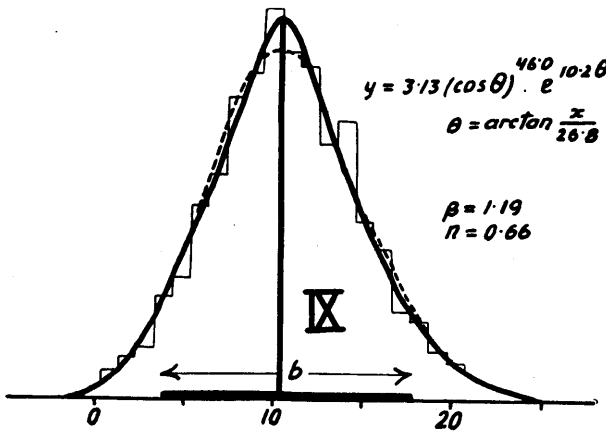


Fig. 33.

Aus den Figuren ersieht man, dass das neue System nicht schlechter als das Pearson'sche ist (mit seinen vielen Kurventypen müsste das Pearson'sche System eine bessere Möglichkeit der Näherung bieten), ja für einige Monate (März, April, November) sogar besser ist. Aber der zu den Berechnungen nötige Zeitauf-

wand und die Arbeitsmenge ist beim neuen System viel geringer. Die Versuche haben gezeigt, dass bei gegebenen Temperaturangaben, wo wir es mit 40 Klassen zu tun haben, bei Anwendung des Pearson'schen Systems (mit Aufzeichnen der Kurve) ein Zeitaufwand von 4—6 Stunden in Betracht kam, während bei Anwendung des neu gegebenen Systems dazu nur 10—15 Minuten erforderlich waren. Dabei ist der Berechnungsgang viel übersichtlicher

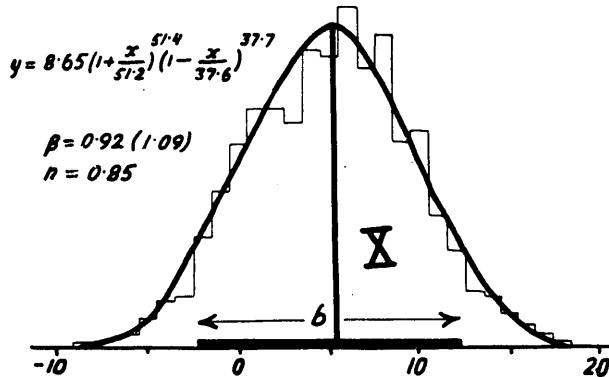


Fig. 34.

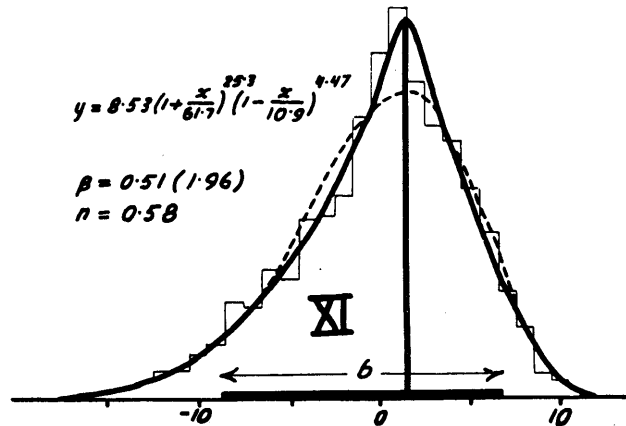


Fig. 35.

und jeder Schritt leicht kontrollierbar. Bei einer genügenden Übung können die Grössen β und n nach Augenmass mit einer Genauigkeit von ca 10% bestimmt werden, so dass das Entstehen grosser Fehler fast unmöglich ist.

Als Beispiel für die Anwendbarkeit des Systems ist die Häufigkeitsverteilung der Flächengrößen der Seen in Estland genommen worden (Fig. 37). Obwohl die Kurve nur bis 23 ha reicht und es auch grössere Seen gibt, sind letztere über grosse Intervalle zerstreut und besitzen eine so kleine Häufigkeit, dass diese im gegebenen linearen Koordinatensystem nicht dargestellt werden kann. Darum eignet sich die Kurve für die Darstellung des reliefartigen Teils der Verteilung, ungeachtet dessen, dass die Momente überhaupt nicht übereinstimmen.

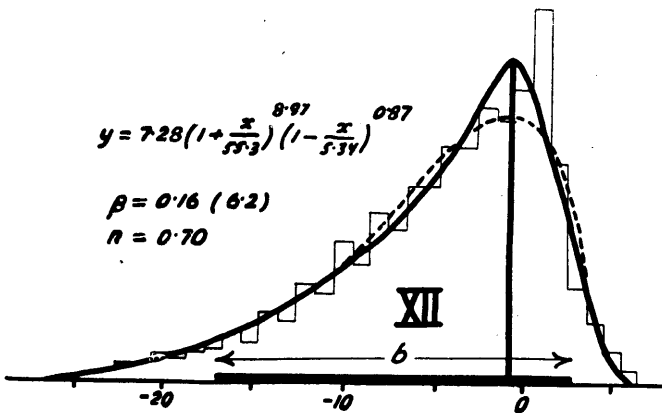


Fig. 36.

Daraus sieht man auch, wie leicht die Eigenschaften der Verteilung aus der Gleichung herauszulesen sind. Die Zahl 2.2 gibt den reziproken Wert der Mode; damit ist $M_0 = 0.45$. Die Gleichung $2.2x = 51$ gibt den rechtsliegenden Endpunkt der Kurve, damit ist $B = 23.2$, und die Gleichung $2.2.51x = 1$ den linksliegenden Punkt, damit ist $c = 0.009$ (praktisch = 0). Die Zahl 51 besagt, dass wir es mit einer sehr grossen Schiefe zu tun haben, denn der rechte Zweig der Kurve ist 51 mal länger als der linke. Der Exponent 0.50 besagt, dass wir es mit einer übernormalen Häufung (bei normaler Häufung ist $n \approx 0.75$) in der Umgebung der Mode zu tun haben. Hierbei sei gesagt, dass wegen der sehr anormalen Verteilung das Pearson'sche System überhaupt keine passende Näherungskurve ergab.

Über die Anwendbarkeit des Charlier'schen Systems muss man sagen, dass in der Umgebung der normalen Verteilung

die Nahrungsfahigkeit des Systems ganz gut ist, dass aber bei genügend schiefen und mit einer anormalen Häufung behafteten Verteilungen das System keine genügende Biegsamkeit

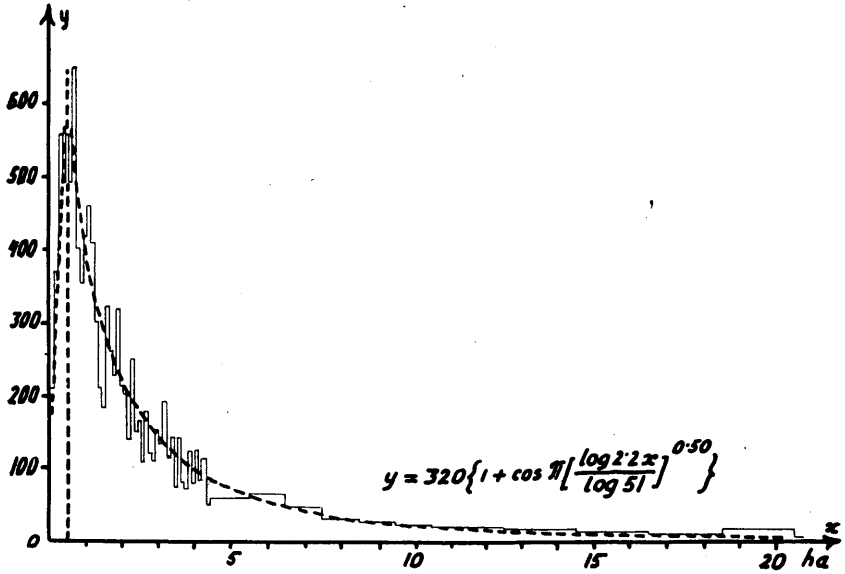


Fig. 37.

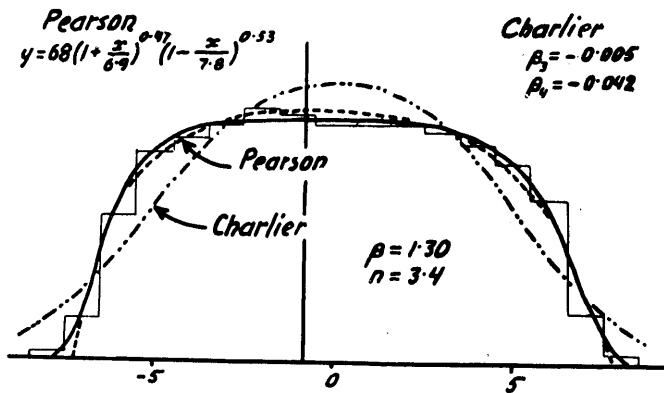


Fig. 38.

besitzt. In Fig. 38 ist eine Verteilung gegeben, welche durch das von uns gegebene System (ununterbrochene Linie) und das Pearson'sche System (punktierter Linie) gut approximiert werden

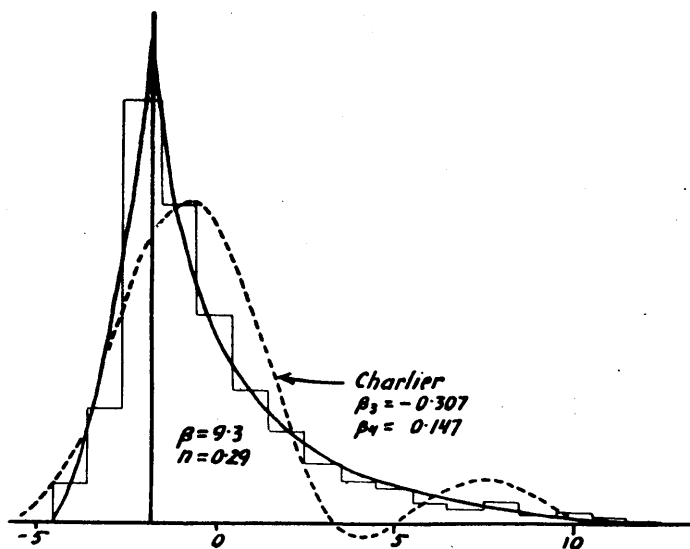


Fig. 39.

kann; die Charlier'sche Kurve (doppelpunktierte Linie) gibt aber den Charakter der Verteilung nicht mit genügender Güte wieder.

In Fig. 39 sind für eine schiefe Verteilung die Näherungskurven des in der vorliegenden Arbeit entwickelten und die des Charlier'schen Systems dargestellt. Aus ihnen ersieht man, dass in manchen Fällen das Charlier'sche System einen wichtigen Nachteil besitzt — hier kommen nämlich negative Häufigkeiten vor. Dieser schwache Punkt im Charlier'schen System kommt häufig zum Vorschein, wenn die Verteilung genügend schief und eine anormale Häufung in der Umgebung der Mode vorhanden ist. Wenn die Schiefe und die Häufung nicht von Bedeutung sind, kommt häufig eine Nebenmode zum Vorschein.

**THE ATOMIC PARAMETERS
OF γ -SILVER-CADMIUM**

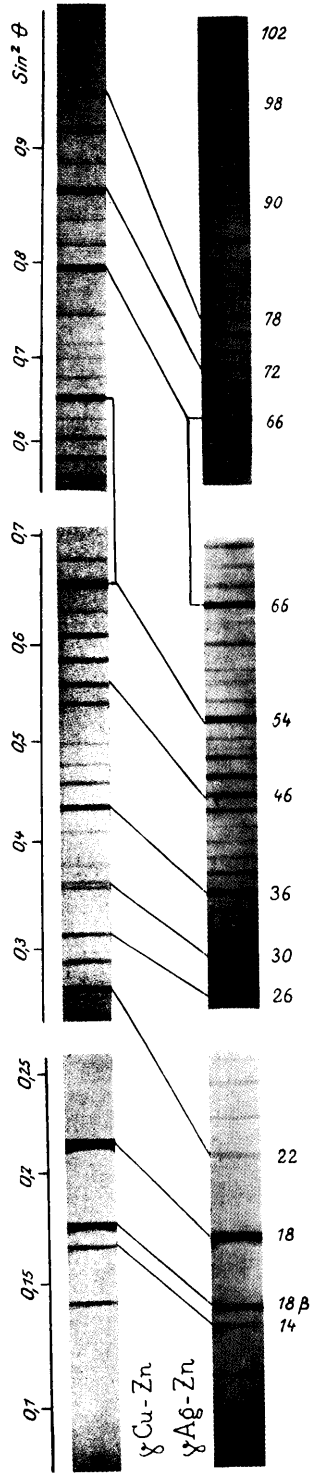
BY

HARALD PERLITZ

AND

ROLF AAVAKIVI

TARTU 1939



The figure shows the close resemblance between powder photographs of γ -brass (upper triple) and γ -Ag-Cd (lower triple). The photographs of γ -brass are by A. Westgren and G. Phragmén, and those of γ -Ag-Cd by H. Ålstrand and A. Westgren. Approximate scale $2/3$ natural size.

Contents: — (1) Introduction. (2) Intensities of reflections. (3) The first approximation. (4) Equations of re-adjustments and the first re-adjustments. (5) Second and third re-adjustments and final parameters. (6) Interatomic distances and distribution of atoms. (7) Summary of results.

1. Introduction. Using the X-ray powder method, G. Natta and M. Freri¹⁾, and H. Ålstrand and A. Westgren²⁾ assigned to γ Ag-Cd the body-centred structure of γ -brass with 52 atoms to the unit cube. A determination of atomic positions in the unit cube was, however, not attempted by them. It is the purpose of the present paper to give the results of an attempt to determine these positions from the data and powder photographs of Ålstrand and Westgren made available to us by Professor A. Westgren.

2. Intensities of reflections. The close resemblance between the powder photographs of γ Ag-Cd and γ -brass reproduced on Plate I, suggests that the distribution of silver and cadmium atoms in the unit cube of γ Ag-Cd is similar to that of copper and zinc atoms in the unit cube of γ -brass. On this assumption and on the fact that the atomic scattering factors for silver and cadmium are nearly equal, as are those for copper and zinc, the structure amplitude of γ Ag-Cd assumes the same form as the structure amplitude of γ -brass, *i. e.*,

¹⁾ Rend. Acad. Lincei (6) 6. 1927. 506—509.

²⁾ Z. anorg. allg. Ch. 175. 1928. 91.

$$\begin{aligned}
 F(hkl) \quad F(hkl) = & 2 \cos 2\pi ha \cdot \cos 2\pi ka \cdot \cos 2\pi la \\
 & + 2 \cos 2\pi hb \cdot \cos 2\pi kb \cdot \cos 2\pi lb + \cos 2\pi hc \\
 & + \cos 2\pi kc + \cos 2\pi lc \\
 & + 2 (\cos 2\pi hd \cdot \cos 2\pi kd \cdot \cos 2\pi le \\
 & + \cos 2\pi hd \cdot \cos 2\pi ke \cdot \cos 2\pi ld \\
 & + \cos 2\pi he \cdot \cos 2\pi kd \cdot \cos 2\pi ld) \\
 & + 2i \{ -\sin 2\pi ha \cdot \sin 2\pi ka \cdot \sin 2\pi la \\
 & + \sin 2\pi hb \cdot \sin 2\pi kb \cdot \sin 2\pi lb \\
 & - \sin 2\pi hd \cdot \sin 2\pi kd \cdot \sin 2\pi le \\
 & - \sin 2\pi hd \cdot \sin 2\pi ke \cdot \sin 2\pi ld \\
 & - \sin 2\pi he \cdot \sin 2\pi kd \cdot \sin 2\pi ld \}^3,
 \end{aligned}$$

a, b, c, d, e a, b, c, d and e being the atomic parameters of four sets of structurally equivalent positions, "A", "B", "C", and "D" containing respectively 8, 8, 12, and 24 atoms. The present task is to utilize the observed intensities in order to deduce such values for atomic parameters that would give the best agreement of the calculated intensities of reflections with the estimated intensities. These values were sought for by a method of successive approximations, the relative intensities being calculated from the formula

$$I, \theta, p \quad I(hkl) = \frac{1 + \cos^2 \theta}{\sin^2 \theta \cdot \cos \theta} \cdot p \cdot F^2(hkl), \quad (1)$$

where θ is the glancing angle and p the number of co-operating planes.

3. The first approximation. As a first approximation it was assumed that the atomic parameters of the silver and the cadmium atoms in γ Ag-Cd are equal to those of the copper and the zinc atoms in γ -brass, namely,

$$a = 0.110, \quad b = 0.172, \quad c = 0.355, \quad d = 0.313, \quad e = 0.036 \quad (2)$$

if expressed as fractional co-ordinates of the unit cube⁴). The intensities of the reflections of the highest orders calculated for these numerical values of atomic parameters from

³) A. J. Bradley and J. Thewlis, Proc. Roy. Soc. London, (A) 112. 1926. 684.

⁴) A. J. Bradley and C. H. Gregory, Phil. Mag. 12. 1931. 154.

formula (1) are listed in column I of Table 1. This table contains the data of all the α_1 -reflections obtained by that precision camera of the focussing type which covers the range of the

Table 1.

Comparison of the calculated and visually estimated intensities of the widest deviated reflections of a powder photograph of γ Ag-Cd of the composition $\text{Ag}_{37.8}\text{Cd}_{62.2}$.

λ	$\sin^2 \theta$	Q^2	hkl	I	I*	I _{est.}
a	0.5450	58	730	20	42	v. w.
a_1	0.5821	62	732 + 651	79	85	w.
β^*	0.6037*	78*	752	18	19	30 v. w.
a_1	0.6041	64	800	6	11	
β^*	0.6195*	80*	840	3	2	405 st.
a_1	0.6203	66	811 + 741 + 554	430	403	
a_1	0.6391	68	820 + 644	60	101	w.
a_1	0.6583	70	653	41	34	w.
a_1	0.6767	72	822 + 660	188	172	m.
a_1	0.6960	74	831 + 750 + 743	40	66	105 w.
β^*	0.6966*	90*	930 + 851 + 754	45	39	
a_1	0.7149	76	662	105	100	w.
a_1	0.7334	78	752	85	88	w.
a_1	0.7525	80	840	15	8	v. w.
β^*	0.7585*	98*	941 + 853 + 770	102	129	w.*
a_1	0.7712	82	901 + 833	79	86	w.
β	0.7895	102	1011 + 772	56	47	72 w.
a_1	0.7898	84	842	12	25	
a_2	0.7936	84	842	6	13	v. w.
a_1	0.8093	86	921 + 761 + 655	65	44	w.
a_2	0.8124	86	921 + 761 + 655	33	22	w.
a_1^*	0.8281*	88*	664	19	24	v. w.*
a_2^*	0.8312*	88*	664	9	12	v. w.*
β	0.8358	108	1022 + 666	71	67	v. w.
a_1	0.8467	90	930 + 851 + 754	266	227	m.
β	0.8824*	114	871 + 855 + 774	260	263	309 w.
a_1	0.8835	94	932 + 763	78	46	
a_2	0.8880	94	932 + 763	40	24	v. w.
a_1^*	0.9030*	96*	844	3	17	abs.*

Continued at the bottom of the next page.

widest deviated reflections, and besides the only α -reflection of this range, and some significant α_2 - and β -reflections. The correspondence of these calculated intensities to the visual estimations listed in the last column, is unsatisfactory. Notable discrepancies of the calculated and estimated intensity ratios are listed in Table 2. These are: —

(1) in case of α_1 -reflections the ratios

$$I(\alpha_1 68):I(\alpha_1 62), I(\alpha_1 68):I(\alpha_1 76), I(\alpha_1 68):I(\alpha_1 78), \\ I(\alpha_1 68):I(\alpha_1 82), \text{ and } I(\alpha_1 70):I(\alpha_1 86); \quad (3)$$

(2) in case of α_2 -reflections the ratios

$$I(\alpha_2 84):I(\alpha_2 88) \text{ and } I(\alpha_2 86):I(\alpha_2 94); \quad (4)$$

(3) and in case of β -reflections the ratios

$$I(\beta 98):I(\beta 120) \text{ and } I(\beta 118):I(\beta 108). \quad (5)$$

Continued from the bottom of the preceding page.

β	0.9136	118	1033 + 961	55	60	v. w.
α_1	0.9222	98	941 + 853 + 770	780	990	v. st.
β	0.9295	120	1042	125	112	v. w.
α_1	0.9410	100	1000 + 860	153	189	w.
α_1	0.9599	102	1011 + 772	590	495	st.

λ spectral line of Fe-K radiation;

$\sin^2 \theta$ for observed glancing angles θ ;

Q^2 sum of squares of indices of the reflections;

hkl indices of reflections;

I intensities calculated with unadjusted parameters;

I^* intensities calculated with thrice re-adjusted parameters;

I_{est} estimated intensities: — v. st. = very strong, st. = strong, m. = medium, w. = weak, v. w. = very weak., abs. = absent.

In computing the intensities of reflections from formula (1), the results obtained for α - and β -reflections were multiplied by 1.5 and 0.25 respectively to account for the intensity ratios $I_\alpha : I_{\alpha_1} : I_\beta = 150 : 100 : 25$.

For the data in the first three, and in the last column, except those marked by asterisks (*), we are obliged to a private communication by Professor A. Westgren of Stockholm. The data marked by asterisks are our additions, verified where necessary by inspection of a powder photograph kindly sent us by Professor A. Westgren.

Table 2.

Comparison of estimated intensity ratios with intensity ratios calculated with unadjusted and successively re-adjusted atomic parameters.

$I_i:I_j$	k	k'	k''	k'''	k_{ij}
$I(a_1 68):I(a_1 62) = w.: w.$	0.76	1.15	1.16	1.19	1.1
$I(a_1 68):I(a_1 76) = w.: w.$	0.57	1.05	0.98	1.01	1.0
$I(a_1 68):I(a_1 78) = w.: w.$	0.71	1.14	1.09	1.15	1.1
$I(a_1 68):I(a_1 82) = w.: w.$	0.76	1.25	1.18	1.18	1.1
$I(a_1 70):I(a_1 86) = w.: w.$	0.63	0.67	0.77	0.78	1.0
$I(a_2 84):I(a_2 88) = vw.: vw.$	0.65	0.85	1.02	1.04	1.1
$I(a_2 86):I(a_2 94) = w.: vw.$	0.83	1.23	0.93	0.95	1.1
$I(\beta 98):I(\beta 120) = w.: vw.$	0.84	1.24	1.12	1.16	1.2
$I(\beta 118):I(\beta 108) = vw.: vw.$	0.78	0.86	0.93	0.90	1.1

k , k' , k'' , and k''' intensity ratios calculated with unadjusted, once, twice, and thrice re-adjusted atomic parameters respectively; k_{ij} estimated intensity ratios.

On the evidence of the visual estimations from Table 1 all these ratios should be equal to or greater than one, whilst according to the calculated data listed in column k of Table 2 these ratios range from 0.57 to 0.84. Therefore it is obvious that the atomic parameters of γ Ag-Cd differ from those of γ -brass, and that re-adjustments in the parameter values stated in (2) must be made.

4. Equations of re-adjustments and the first re-adjustments. To calculate the re-adjustments of the atomic parameters, the expression of intensity as given by formula (1) was expanded into the series

$$I = I_0 + \frac{\partial I_0}{\partial a} \cdot a + \frac{\partial I_0}{\partial b} \cdot \beta + \frac{\partial I_0}{\partial c} \cdot \gamma + \frac{\partial I_0}{\partial d} \cdot \delta + \frac{\partial I_0}{\partial e} \cdot \varepsilon$$

where a , β , γ , δ , and ε are the sought for variations of the atomic parameters a , b , c , d , and e respectively. Next the values of the partial differentials in this series were calculated from the squares of the corresponding structure amplitudes as increments of intensities due to parameter increments $2\pi \cdot \Delta a = 2\pi \cdot \Delta b = 2\pi \cdot \Delta c = 2\pi \cdot \Delta d = 2\pi \cdot \Delta e = +0^\circ.2$, and that for

$a, \beta, \gamma, \delta, \varepsilon$

all the fifteen reflections entering into the nine ratios (3) to (5). Thus nine equations of the type

$$\frac{I_{i_0} + \frac{\partial I_{i_0}}{\partial a} \cdot a + \frac{\partial I_{i_0}}{\partial b} \cdot \beta + \frac{\partial I_{i_0}}{\partial c} \cdot \gamma + \frac{\partial I_{i_0}}{\partial d} \cdot \delta + \frac{\partial I_{i_0}}{\partial e} \cdot \varepsilon}{I_{j_0} + \frac{\partial I_{j_0}}{\partial a} \cdot a + \frac{\partial I_{j_0}}{\partial b} \cdot \beta + \frac{\partial I_{j_0}}{\partial c} \cdot \gamma + \frac{\partial I_{j_0}}{\partial d} \cdot \delta + \frac{\partial I_{j_0}}{\partial e} \cdot \varepsilon} = k_{ij}$$

k_{ij} were arrived at, where k_{ij} is the estimated ratio of intensities. Finally, by a careful comparison of the intensities of the corresponding pairs of reflections from a powder photograph kindly sent us by professor A. Westgren, the numerical values listed in the last column of Table 2 were assigned to the intensity ratios k_{ij} . The nine numerical equations thus established were converted into Gauss's normal equations and solved for the five variations a , β , γ , δ , and ε .

The result, the first re-adjustments,

$$2\pi a_1 = -2^{\circ}.2, \quad 2\pi\beta_1 = +0^{\circ}.8, \quad 2\pi\gamma_1 = +1^{\circ}.4, \quad 2\pi\delta_1 = -1^{\circ}.5,$$

$$\text{and} \quad 2\pi\varepsilon_1 = +1^{\circ}.5,$$

however, turned out to be too great to be related linearly with the square of the structure amplitude.

5. Second and third re-adjustments and final parameters. Therefore, the entire calculation was repeated once over substituting for the parameters of γ -brass, the re-adjusted values: —

$$2\pi a_1 = 37^{\circ}.4, \quad 2\pi\beta_1 = 62^{\circ}.7, \quad 2\pi c_1 = 129^{\circ}.2, \quad 2\pi d_1 = 112^{\circ}.2,$$

$$\text{and} \quad 2\pi\varepsilon_1 = 14^{\circ}.5. \quad (6)$$

This yielded the second set of re-adjustments: —

$$2\pi a_2 = +0^{\circ}.5, \quad 2\pi\beta_2 = +0^{\circ}.2, \quad 2\pi\gamma_2 = -0^{\circ}.2, \quad 2\pi\delta_2 = +0^{\circ}.2,$$

$$\text{and} \quad 2\pi\varepsilon_2 = -0^{\circ}.7; \quad (7)$$

whilst a check-up with the eight last equations leads to the third set: —

$$2\pi a_3 = -0^{\circ}.1, \quad 2\pi\beta_3 = +0^{\circ}.1, \quad 2\pi\gamma_3 = 0^{\circ}.0, \quad 2\pi\delta_3 = 0^{\circ}.0,$$

$$\text{and} \quad 2\pi\varepsilon_3 = +0^{\circ}.2. \quad (8)$$

These once, twice, and thrice re-adjusted parameter values were tested by calculating all the intensity ratios referred to and by

comparing the calculated intensity ratios, k' , k'' , and k''' respectively, with the visually estimated ratios k_i . Table 2, comparing and summarizing the effect of all the consecutive re-adjustments, shows that the correspondence of the consecutively calculated intensity ratios with the visually estimated ratios increases from column to column, *i. e.* with each consecutive re-adjustment. Since the agreement between the observed values in the last column and the calculated values in the last but one column is already sufficiently good, and since an improvement of the agreement is not to be expected by a continuation of the process of consecutive approximations, the thrice re-adjusted parameter values are adopted as the correct atomic parameters of γ Ag-Cd. By the three sets of re-adjustments (6) to (8) the tentatively adopted parameter values (2) are changed into: —

$$2\pi a_3 = 37^{\circ}.0, \quad 2\pi b_3 = 63^{\circ}.0, \quad 2\pi c_3 = 129^{\circ}.0, \quad 2\pi d_3 = 111^{\circ}.4,$$

$$2\pi e_3 = 14^{\circ}.0$$

OR

$$a_3 = 0.105, \quad b_3 = 0.175, \quad c_3 = 0.358, \quad d_3 = 0.309, \quad e_3 = 0.039 \quad (9)$$

respectively. These values inserted into equation (1) yield the calculated intensities listed in column I* of Table 1, which agree sufficiently well with the estimated values of the last column to afford consistent confirmation of the correctness of the parameter values adopted. This is corroborated by Table 3 which compares the intensities of the calculated and visually estimated intensities obtained by those two precision cameras of the focussing type which cover the ranges of the least and the moderately deviated reflections. Table 3 and Table 1 are summed up by Figure 1.

6. Interatomic distances and distribution of atoms. The atomic scattering factors of silver and cadmium are so nearly equal that there are difficulties in distinguishing the positions of silver atoms from those of cadmium by intensity considerations. But some hints on the atomic distribution, nevertheless, may be obtained by considering interatomic distances in, and between the four sets of structurally equivalent positions "A", "B", "C", and "D". The corresponding distances of the closest approach of atoms calculated from the thrice re-adjusted atomic parameters (9) are listed in Table 4, the accu-

Table 3.

Comparison of calculated and visually estimated intensities of the least and the moderately deviated reflections of a powder photograph of γ Ag-Cd of the composition $\text{Ag}_{37.8}\text{Cd}_{62.2}$.

λ	Q^2	hkl	I	$I^*_{\text{est.}}$
a	12	222	138	w.
a	14	321	102	w.
a^*	16*	400	0	abs.*
a	18	411 + 330	2430	} 2466 v. st.
β^*	22*	332	36	
a	20	420	29	v. w.
a	22	332	173	w.
a	24	422	100	w.
a	26	510 + 431	79	v. w.
a	30	521	33	w.
a	32	440	10	v. w.
a	34	530 + 433	34	v. w.
a	36	600 + 442	253	m.
β^*	46*	631	31	} 120 w.
a	88	611 + 532	89	
a^*	40*	620	0	abs.*
a^*	42*	541	1	abs.*
a^*	44*	622	7	abs.*
a	46	631	153	} 161 w.
β^*	56*	642	8	
a	48	444	234	m.
a	50	710 + 550 + 543	173	m.
a	52	640	45	w.
a	54	721 + 633 + 552	843	} 944 v. st.
β^*	66*	811 + 741 + 554	101	
β^*	68*	820 + 644	25	} 66 w.
a	56	642	41	
a	58	730	28	v. w.

λ spectral line of Fe-K radiation;

Q^2 sum of squares of indices of the reflections;

hkl indices of reflections;

I^* intensities calculated with thrice re-adjusted parameters;

Continued at the bottom of the next page.

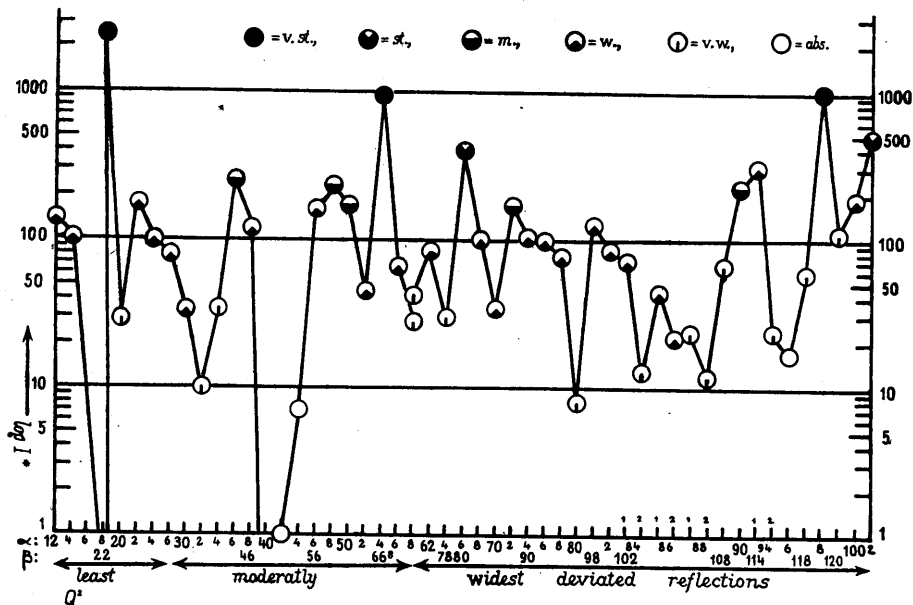


Figure 1.

Comparison of calculated and visually estimated intensities of reflections of a powder photograph of γ Ag-Cd of the composition $\text{Ag}_{37.8} \text{Cd}_{62.2}$.

Logarithms of intensities calculated with thrice re-adjusted parameter values, $\log I^*$, are plotted against sums of squares of indices of reflections, Q^2 , visual estimations being marked by appropriately shadowed circles located at the tops of corresponding ordinates. The figure shows that the calculated values are in agreement with visual estimations

racy of the data being about 0.1 \AA . The closest approaches of neighbouring atoms in the position "A", and "D", namely $A - A = 2.96 \text{ \AA}$, $A - D = 2.95 \text{ \AA}$, and $D - D = 2.99 \text{ \AA}$, differ only

Continued from the preceding page.

I_{est} . estimated intensities: — v. st. = very strong, m = medium, w. = weak, v.w. = very weak, abs. = absent.

In computing the intensities of reflections from formula (1), the results obtained for β -reflections were multiplied by $\frac{1}{6}$ to account for the intensity ratio $I_{\alpha} : I_{\beta} = 150 : 25$.

For the data in the first two, and in the last column, except those marked by asterisks (*), we are obliged to a private communication by Professor A. Westgren. The data marked with asterisks are our additions, checked where necessary with powder photographs kindly sent to us for inspection by Professor A. Westgren.

Table 4.

Closest approaches of different kinds of neighbouring atoms calculated from the finally adopted atomic parameters.

Neighbouring atoms	Distances in Å	Neighbouring atoms	Distances in Å
A—A	2.96	B—D	2.86
A—B	2.96	C—C	2.83
A—C	2.92	C—D	2.88
A—D	2.95	C—D	3.14
B—B	4.93	C—D	3.24
B—C	3.07	D—D	2.99
B—D	2.85		

Closest approach in pure cadmium 2.973 Å;

Closest approach in pure silver 2.882 Å.

slightly from the closest approach of the nearest neighbours in pure cadmium, 2.973 Å; and the closest approach of neighbouring atoms in the position "C", namely C—C=2.83 Å, differs only slightly from the interatomic distance of the nearest neighbours in pure silver, 2.882 Å. There are altogether $8 + 24 = 32$ atoms in the sets "A" and "D", which is the number of cadmium atoms of Ag_5Cd_8 per unit cube; and there are altogether $8 + 12 = 20$ atoms in the sets "B" and "C", which is the number of the silver atoms of Ag_5Cd_8 per unit cube. This suggests that all the silver atoms occupy positions "B" and "C", and all the cadmium atoms positions "A" and "D", resulting in a distribution of atoms homologous to that of the silver and the zinc atoms in Ag_5Zn_8 ⁵⁾.

7. Summary of results. By the re-adjustments of the atomic parameters of γ -brass three successive sets of atomic parameters for γ -Ag-Cd are derived. These sets are tested by comparing the intensities calculated for them with the observed intensities of reflections of γ -Ag-Cd. For the thrice re-adjusted atomic parameters $a = 0.105$, $b = 0.175$, $c = 0.358$, $d = 0.310$, and $e = 0.038$ the agreement between the observed and calculated intensities is sufficiently good to afford confirmation of the correctness of these values. Interatomic distances calculated

⁵⁾ A. J. Bradley and J. Thewlis, Proc. Roy. Soc. London (A) 112.690. 1926.

from the adopted atomic parameters suggest a regular distribution of the silver and the cadmium atoms, the silver atoms occupying positions of "B" atoms and "C" atoms, the cadmium atoms those of "A" atoms and "D" atoms.

The authors express their thanks to Professor A. Westgren for his kindness in making available his and Mr. H. Ålstrand's powder photographs and the data of γ Ag-Cd.

Laboratory of Theoretical Physics.
The University of Tartu, Estonia.

July 1939.

KASSI KEELE FOLIAATPAPILLIDEST

On the foliate papillae in the cat

JUL. TEHVER

KUUE MIKROFOTOGA TEKSTIS

TARTU 1940

Foliaat- ehk lehtpapillideks (sünonüümid: ääreorganid; Mayeri organid) — *papillae foliatae* — nimetatakse keele-suulaekaare (*arcus glossopalatinus*) ees, keele dorsaalse ja lateraalse pinna vahelisel serval, kummalgi (paremal ja vasakul) poolel üksikult leiduvaid pisut promineeruvaid moodustisi, mida läbib erinev arv keele pikitelje suhtes risti või põiki asetatud kraave; viimaste epiteel sisaldab maitsmispungakesi ja kraavide põhja avanevad samal kohal leiduvate seroosnäärmete juhad. Et foliaatpapillide kuju pole ühtlaselt karakterne kõigile liikidele, siis peame kõneldavate organite identifitseerimisel samaaegselt arvestama ka nende asekohta, maitsmispungakeste esinemist neis ja seroosnäärmete leidu nende all. Ainult loendatud tunnuste üheaegne esinemine õigustab uuritava struktuuri identifitseerimist. Teatavate papillide samastamist foliaatpapillidega üksnes kuju ja asekohta alusel ei saa pidada vajalikult usaldatavaks.

Foliaatpapillide esinemisest koduloomil omame enam-vähem üksmeelseid literatuuriandmeid peale kassi. Nagu alljärgnevalt nähtub, ei jõuta viimaks mainitu juures asjaomase literatuuri põhjal foliaatpapillide esinemise või puudumise üle mitte selgele otsusele.

Nähtavasti esmasena väidab kassil lehtpapillide esinemist Gmelin (1892). Asjaomast regiooni kassi keelest mikroskoopilises lõigus uurides märkas ta siin esinevate tavaliste tõlvjate papillide hulgas kahte tugevamalt arenenud näsa, milledest ta väidab: „Diese sitzen mit breiter Basis der Zungenschleimhaut auf und beherbergen in ihrem Innern wohl ausgebildete Lymphfollikel. Zwischen diesen Papillen geht eine unregelmässige Spalte tief in die Mukosa hinein. Das Epithel der Spalte enthält zahlreiche Geschmacksknospen, welche unregelmässig nebeneinander stehen . . .“ Samas mainib ta seroosnäärmete esinemist nende kohal.

Nelisteistkümmend aastat hiljemalt kirjeldab kassi foliaatpapille Csokor (1906) järgnevalt: „Das rudimentär gebildete Mayersche Organ der Katze (Fig. 288) verdient eigentlich den Namen eines Geschmacksorgans nicht, da der wichtigste Teil desselben, nämlich die Geschmacksknospen, fehlt. Es repräsentiert sich als ein schma-

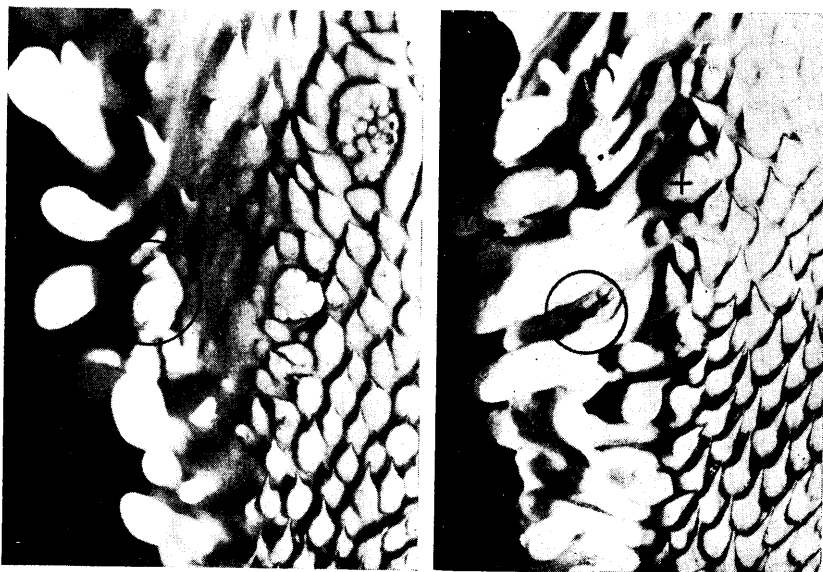
ler, weisser, ziemlich dicker Epithelstreifen, welcher an der Zungenbasis am Seitenrande in der Länge von 1—1,5 cm abgelagert ist. Die Oberfläche dieses Epithelstreifens ist mit langen, keulen- und hakenförmigen Wärcchen bedeckt, und es gestaltet sich demnach der Querschnitt des Organes als ein kammförmiges Gebilde; die Leisten sind in lange Papillen umgewandelt, und im Epithel derselben fehlen die Geschmacksknospen.“ Nagu sellest Ellenberger'i mikroskoopilise anatoomia käsiraamatus leiduvast kirjeldusest ühes asjaomase joonisega nähtub, identifitseerib Csokor lehtpapillidega vastandina Gmelin'ile glosso-palatiinkaare eelset, 1—1,5 cm pikkust ala, mis on kaetud pikkade tõlvjate näsadega, klavaatpapillidega, vaatamata maitsmispungakeste puudumisele neis. Ka Immisch (1908) peab nähtavasti glosso-palatiinkaare ees asetsevaid tõlvjaid kassi keele papille maitsmisnäsadeks, sest oma asjaomases mehhaaniliselt toimivate ehk operaarpapillide kirjelduses ta neid ei maini. Analoogse kujutluse saaksime kassi foliaatpapillidest Ellenberger'i ja Baum'i (1932) koduloomade anatoomia käsiraamatu 365. lk. leiduvast kirjeldusest, milles koera ja teiste koduimetajate lehtpapille iseloomustades väidetakse kassist, et temal esinevat samal kohal grupp muguljate tippudega pikki papille. Sama töö 397. lk. aga eristatakse kassi foliaatpapille teistest naabritest, väites: „unmittelbar neben ihnen (*Papillae foliatae*; T.) findet sich eine Anzahl ziemlich langer, fadenförmiger, weicher Papillen.“ Analoogne väide leidub Martin'i koduloomade anatoomia õpikus (1922). Papillide lähem iseloomustus aga puudub nii Ellenberger'i ja Baum'i käsiraamatus kui ka Martin'i õpperaamatus. Samuti puudub kassi lehtpapillide kirjeldus ka Trautmann'i ja Fiebiger'i histoloogia ja mikroskoopilise anatoomia õpperaamatus (1931); küll aga väidetakse viimases (lk. 142) rudimentsete ja maitsmispungakesi mitte omavate foliaatpapillide esinemist kassil.

Sonntag'i (1923) väitel puuduvad foliaatpapillid (lateraalorganid) paljudel kaslastest (*felis leo*, *f. sylvestris*, *f. caffra*, *f. caracal*, *f. bengalensis*, *f. nebulosa* ja *f. pardalis*), nende hulgas ka kodukassil (*f. domestica*). Möllendorff'i mikroskoopilise anatoomia käsiraamatus kassi foliaatpapillidest ei kõnelda.

Esitatud divergeeruvaist andmeist on meil raske leida küsimuse õiget lahendust, eriti veel seetõttu, et asjaomased kirjeldused pole varustatud adekvaatsete illustratsioonidega; väitest või verbaalset kirjeldusest ei selgu aga mitte alati, millist struktuuri foliaat-

papillina on mõeldud. Seepärast on käesolevalt vaadeldavat küsimust selgitada püütud asjaomase organmaterjali põhjal, kasustades ääreorgani makro- ja mikroskoopiliseks uurimiseks keelesid 15 täiskasvanud ja 10 vastündinud kassilt.

Glosso-palatiinkaare ees asetsev keele serva ala, kust meil foliaatpapille tuleb otsida, kattub kassil ca 1 cm ulatuses umbes kümnekonna, erineva pikkusega sõrmjate, otstest sageli jämenenud papillidega, mida Sonntag (1923) nende kuju tõttu klavaatpapillideks (*papillae clavatae*) nimetab. Kaslastest esinevat



Joon. 1.

Joon. 2.

Joon. 1. Täiskasvanud isaskassi parempoolne foliaatpapill (piiratud mustast sõõrist) ühes ümbrusega. Mikrofoto. Suurendus 7,5 \times .

Lateraalselt piirab promineeruvat ovaalset foliaatpapilli otstest jämenenud sõrmjate tõlvnäsade rida ja mediaalselt papillidevaba keelepind. Pildi paremal küljel näeme tavaliste operaarpapillide hulgas kaht vagunäsa, milledest alumine, jädemeline, esineb siin erandliku moodustisena. Tavalistest oraalsetest vagunäsadest seisavad foliaatpapillid vähe eespool.

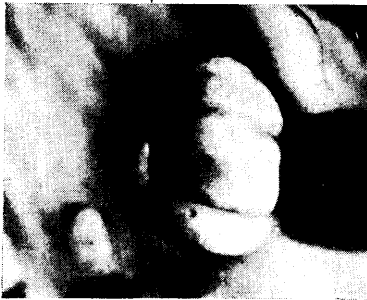
Joon. 2. Täiskasvanud isaskassi parempoolne foliaatpapill (piiratud mustast sõõrist) ühes ümbrusega. Mikrofoto. Suurendus 7,5 \times .

Foliaatpapill esineb siin vaid mügaralistest äärtest piiratud piluna, mis asetseb keskmiste klavaatpapillide vahel. Papillidevaba ala mediaalsel pinnal selles preparaadis puudub. + tähendatud papill, mille epiteel sisaldab maitsepungakesi ja mille all leiduvad seroosnäärmed, kuulub arvata-vasti rudimentsena vagupapillide hulka.

nad viimaks mainitud autori väitel üksnes järgmistel liikidel: *felis domestica*, *f. sylvestris*, *f. caffra* ja *f. caracal*. Joon. 1 ja 2 näeme neid (lineaarselt 7,5 × suurendatult) kahe täiskasvanud kassi keele paremalt küljelt pärinevatena. Oraalselt algavad nad lühemate ning peenematena, suurenedes aboraalselt. Suuremail neist ulatub pikkus kuni 2 mm. Nende reastunud, kuigi mitte korrapäraselt lineaarne paigutus ühes asetsemisega teistele loomadele omases foliaatpapillide regioonis on nähtavasti põhjustanud nende ekslikku samastamist ääre-organiga (Csokor, 1906; Ellenberger & Baum, 1932). Üldiselt erineb kõneldavate klavaat- ehk tõlvpapillide kuju fikseeritud preparaates indiviiditi; lisaks juuresolevail jooniseil demonstreeritud tüüpiliselt tõlvjate (joon. 1) või osaliselt hargnenud ning külgnäsakestega varustatud papillidele (joon. 2) leiame mõnikord eest-taha kokkulitsunud, madalamaid näsasid. Samuti erinev on papillide baas; mõnel juhul algavad papillid ümmara baasiga üksteisest selgesti eraldatuna (joon. 1), teistel juhtudel aga on lamestunud baasid keele pikiteljega risti või põiki paigutatud, üksteisest lõhetaoliste ruumide kaudu eraldatud harjade või liistude kujulised (joon. 2). Teistest keelepäravi keelekeha papillidest on kõneldavatele moodustistele mediaalseteks naabriteks koonilised operaarpapillid; enamatel juhtudel aga ei ulatu nad tihedalt asetatuna mitte klavaatpapillide otsesse naabrusesse, nagu seda näitab joon. 2, vaid klavaatpapillid piirduvad medio-aboraalselt alaga, mis on kas täiesti papillidevaba (joon. 1) või sisaldab neist vaid väheseid. Oraalselt ulatuvad koonilised papillid alati tõlvpapillideni. Mikrolõikusid uurides selgub, et klavaatpapillide epiteel ei sisalda maitsmispungakesi ja et samuti puuduvad siin foliaatpapillidele omased seroosnäärmed ning lümfirakkude kogumid, mille tõttu nende identifitseerimine marginaalorganitega pole paikapidav. Seepärast peame foliaatpapille otsima kassil teistest, võimalikult samas regioonis esinevatest struktuuridest.

Foliaatpapillidega sarnastatavad struktuurid esinevad kassil samuti klavaatpapillide regioonis, — asjaolu, mis nende leidu on mõnel juhul nähtavasti raskendanud. Nagu joon. 1 ja 2 näha, asetsevad nad klavaatpapillide rea keskkohal, reast vähe mediaalselt. Samapoolseid tsirkumvallaatpapille ühendavast sirgest jäävad nad väljapoole ning oraalsetest vagupapillidest natuke ettepoole. Joon. 1 näeme küll erandlikult üht jädemelist vagupapilli foliaatpapilli kohal, kuid loomulikult arenenud oraalset tsirkumvallaatpapilli asekohta näitab samal joonisel paremal-üleval asetsev papill.

Foliaatpapillide mitmene kuju nähtub joon. 1—4. Kord esineb ta ovaalse, mügarpinnalise, klavaatpapillidest eraldunud moodustisena, mida läbivad 1—2 sügavat lõhet (joon. 1 ja 3); viimased on enamasti suunatud eest-väljast taha-sissepoole; selline vagude suund esineb ka teisekujulistel papillidel (joon. 2). Teine vagudest leidub sageli papilli äärel või selle all. Teisena leiame selliseid foliaatpapille, mis on ühe küljega või otsaga liitunud naabruses paikneva klavaatpapilliga (joon. 4), ja lõpuks, üksikutel indiviididel puudu-



Joon. 3.



Joon. 4.

Joon. 3. Vasakpoolne mugulakujuline foliaatpapill täiskasvanud emas kassilt. Mikrofoto. Suurendus 20 \times .

Joon. 4. Epiteelkatteta vasakpoolne foliaatpapill täiskasvanud isakassilt sirutatult. Mikrofoto. Suurendus 20 \times .

Papilli piiravad oraalset ja aboraalselt põikipaigutusega vaod; nende kummagi põhjas nähtuvad tumedamatena 3—4 näärmeava. Propria papillid esinevad üksnes vao servadel, mitte aga vagude põhjas või külgedel. Lateraalset seostub papill tõlvnäsa baasiga. Nii siin kui ka eelnenud joonistes asetseb aboraalne suund üleval ning keele parempoolne suund on joonisel vasakul.

vad foliaatpapillid iseseisvate ehk klavaatpapillidest eraldatavate kõrgenditena nende täieliku ühtesulamise tõttu klavaatpapilli baasiga. Nende asekohta märkijajaks on sel puhul klavaatpapillide vahel asetsevad mügarjate äärttega piiratud vaod ehk kraavid (joon. 2). Tavaliste klavaatpapillide vahel sellised süvendid puuduvad. Kõneldavate vagude arv varieerub indiviiditi, ulatudes 1 kuni 3-ni. Kui arvestada esitatud tunnuseid asekohta ja kuju osas, siis võimaldub kassi foliaatpapillide identifitseerimine juba üksnes pinnavaatlusega. Üldiselt, kuid mitte eranditult, vastab nende kuju kaaskülge omaga. Keelesid, kus foliaatpapillidele vastavad moodustised oleksid ainult ühelgi küljel puudunud, kasustatud uurimismaterjalis ei leidunud.

Foliaatpapillide uurimine mikrolõikudes lubab esitatud iseloomustust täiendada järgneva.

Nagu teistel loomadel, on ka kassi foliaatpapillid gustatoorsed elundid: nende epiteelis esinevad maitsmispungakesed ja nende all paiknevad seroossed näärmed. Näärmete paketi laius ulatub üle 3 mm ja ta paksus vao põhjast mõõdetuna umbes 1,5 mm. Enamik papillialuseist näärmeist paikneb väikeste sagarikkudena lihas-



Joon. 5.



Joon. 6.

Joon. 5. Kassi promineeruva foliaatpapilli ristilõik. Mikrofoto. Suurendus 80 \times .

Vao servade epiteelis leiduvad hulgalised maitsmispungakesed heledamate laikudena. Papilli propria on infiltreerunud lümfotsüütidega ja ta all asetsevatena näeme seroosseid näärmeid.

Joon. 6. Maitsmispungake kassi foliaatpapillist. Mikrofoto. Suurendus 350 \times .

kiudude vahel. Nende vähesed juhad avanevad foliaatpapilli vagude põhja (joon. 4 ja 5). Samal kohal leiduvad üksikud muukoossed sagarikud näivad kuuluvat tavaliste pinnale avanevate keelepära näärmete hulka. Papilli moodustav kude on tihedasti infiltreerunud lümfotsüütidega, mis vähesel määral tungivad ka epiteeli. Papilli kattev epiteel erineb ümbruse epiteelist korrapäratu basaalse piirjoonega; samuti puudub siin naabruses leiduvale epiteelile karakterne jagunemine basaalseks tumedamaks ja pindmiseks heledamaks kihiks. Sarvestunud kiht papillipealsel epiteelil puudub. Ka epiteeli paksus kasvab siin, ulatudes, epiteelsopistised kaasa arvatud, üle 150 μ . Propria papillaarkeha on arenenud

üksnes vaokallastel, mitte aga vaokülgedel. Maitsmispungakesed asetsevad üsna arvukalt vao mõlemal küljel (joon. 5), ulatudes keskmiselt 75μ pikkuses ja 30μ diameetris ovaalsete moodustistena epiteeli basaalsest piirist pinnani (joon. 6).

English Summary.

The literary data concerning the presence or absence of foliate papillae in the cat's tongue are contradictory. Their occurrence is confirmed by Gmelin (1892), Martin (1922) and others and denied by Sonntag (1923). Csokor (1906) describes the clavate papillae of the cat as corresponding to the foliate papillae in other animals. According to Trautmann and Fiebigger (1931) the cat possesses only rudimentary foliate papillae without taste buds in their epithelium.

The present study confirms the presence of foliate papillae in all the cat's tongues (25) investigated. As in other animals they are situated anteriorly to the glosso-palatine arch, on the margin between the dorsal and lateral surfaces of the tongue, bounded laterally by the clavate papillae and medially either by the ordinary operary papillae or by the smooth surface of the tongue. The shape of the foliate papillae in the cat is variable as indicated by figures 1—4. They are mostly found as isolated prominent oval structures with a coarsely granular surface, traversed or bounded by deep fissures (fig. 1 and 3). Less often they appear as medial prolongations of the clavate papillae (fig. 4) or are wholly fused with the latter (fig. 2). In the last case the only reliable feature indicating the site of the foliate papillae is the deep fissure between the adjacent clavate papillae bounded by globular edges. Microscopic investigation reveals numerous taste buds in the epithelium of the fissures (or fossae) of the papillae (fig. 5 and 6), serous glands with the ducts opening into the bottom of the fissures (fig. 5 and 4) under the foliate papillae and the infiltration of their stroma with the lymphocytes.

The finger-like clavate papillae situated on the same level on the margin of the tongue are devoid of taste buds and glands and can therefore not be regarded as gustatory organs.

Explanation of Figures.

Fig. 1. Right foliate papilla (surrounded by a black circle) and the adjacent structures in the adult male cat. Microphoto. Magnified $7,5 \times$.

The prominent oval foliate papilla is bounded laterally by the row of clavate papillae and medially by the smooth surface of the tongue. On the right side of the figure we see between the conical operary papillae two circumvallate papillae, the lower of which is rudimentary and generally missing. As a rule the foliate papillae are situated a little anteriorly to the ordinary circumvallate papillae.

Fig. 2. Right foliate papilla (surrounded by a black circle) and the adjacent structures in the adult male cat. Microphoto. Magnified 7,5 \times .

The foliate papilla is represented here by a deep fissure between the two adjacent clavate papillae, bounded by the globular edges. The medial area devoid of papillae is absent here. The papilla marked by + also possesses taste buds and serous glands and is therefore to be regarded as a rudimentary circumvallate papilla.

Fig. 3. Left foliate papilla from the adult female cat. Microphoto. Magnified 20 \times .

Fig. 4. Left foliate papilla of the adult male cat; freed of epithelium and distended. Microphoto. Magnified 20 \times .

The papilla is bounded orally and aborally by the transversally placed fossae, in the bottom of which the openings of the gland ducts are visible. It is connected laterally with the base of a clavate papilla. Here, as in previous figures, the aboral direction is upwards and the right side of the tongue is facing the left.

Fig. 5. Transverse section of a prominent foliate papilla. Microphoto. Magnified 80 \times .

The epithelium in the fossa contains numerous taste buds. The stroma of the papilla is infiltrated with the lymphocytes; serous glands are situated under the papilla.

Fig. 6. Taste bud from the foliate papilla of the cat. Microphoto. Magnified 350 \times .

Literatur.

1. Csokor, J. 1906. Das Geschmacks- und das Geruchsorgan. Handbuch der vergl. mikroskopischen Anatomie der Haustiere, I. Ellenberger. P. Parey, Berlin. — 2. Ellenberger, W. & Baum, H. 1932. Handbuch der vergl. Anatomie der Haustiere. J. Springer, Berlin. — 3. Gmelin, 1892. Zur Morphologie der Papilla vallata und foliata. Arch. mikr. Anatomie, 40. — 4. Immisch, K. B. 1908. Untersuchungen über die mechanisch wirkenden Papillen der Mundhöhle der Haussäugetiere. Anat. Hefte, 35. — 5. Martin, P. 1922. Lehrbuch der Anatomie der Haustiere, IV, 2. Schickhardt & Ebner, Stuttgart. — 6. Möllendorff, W. 1927. Handbuch der mikroskopischen Anatomie des Menschen, V. 1. J. Springer. Berlin. — 7. Sonntag, Ch. F. 1923. The comparative anatomy of the tongues of the mammals. VIII. Carnivora. Proc. Zool. Soc. London. — 8. Trautmann, A. & Fiebiger, J. 1931. Lehrbuch der Histologie und der vergl. mikroskopischen Anatomie der Haussäugetiere. P. Parey, Berlin.

DAS BINÄRE LEGIERUNGSSYSTEM
Ag-Te

VILLEM KOERN

TARTU 1940

Vorwort.

Der experimentelle Teil der vorliegenden Arbeit ist von mir in mehreren Laboratorien ausgeführt worden, so im besonderen: die orientierenden Untersuchungen (im Jahre 1936) und die thermischen Analysen im Physikalischen Institut der Universität Tartu bei Prof. Dr. H. Perlitz und Prof. Dr. J. Wilip; die Züchtung der Kristalle im Vakuum, das optische Messen der Kristalle und die Präzisionspulveraufnahmen von Ag_2Te im Chemischen Institut der Universität Riga bei Doz. Dr. M. Straumanis; die röntgenographische Durcharbeitung des Systems mit der Pulvermethode, die Laueaufnahmen und die mikroskopische Untersuchung in Stockholm unter Leitung von Prof. Dr. A. Westgren im Metallographischen Institut und in dem Chemischen Laboratorium der Universität; Mikrophotometrierung der Filme im Physikalischen Institut der Technischen Hochschule zu Stockholm bei Prof. Dr. G. Borelius und endlich (1937/38) die Dreh- und Weissenbergaufnahmen, Hochtemperaturpulveraufnahmen und Strukturbestimmungen im Mineralogisch-Petrographischen Institut der Universität Göttingen bei Doz. Dr. F. Laves.

Allen genannten hochverehrten Gelehrten gelte mein bester Dank für das besonders lebenswürdige Entgegenkommen und die Hilfe in wissenschaftlicher wie in materieller Hinsicht, welches mir erst ermöglicht hat, diese experimentell nicht leichte und zudem beträchtliche Mittel erfordernde Untersuchung durchzuführen.

V. Koern.

Einleitung.

Die Angaben über die Legierungen von Silber und Tellur sind in der Literatur noch sehr spärlich. Man begegnet den Verbindungen von Ag-Te auch in der Natur, und zuweilen dabei in ziemlich reiner Form. Eine von diesen, welche nach H. Hess¹ Hessit genannt wird, ist schon seit über hundert Jahren bekannt und Gegenstand zahlreicher kristallographischer Untersuchungen gewesen. Da sich diese Untersuchungen nur auf die äusseren Formen der Kristalle erstreckten, ohne ihre Entstehungsgeschichte zu kennen, haben sie keine realen Resultate ergeben, ausser nebenbei erhaltenen Analysenangaben und Dichtewerten. Ja, selbst die Aussagen über die Kristallformen gehen denkbar weit auseinander. Zu ihrer Illustration sei angeführt, dass z. B. R. Pilz² das Hessit kubisch findet, H. Hess³ — rhomboedrisch, V. Soriano Garces⁴ — monoklin und Fr. Becke⁵ — sogar triklin.

Seiner Zusammensetzung nach ist Hessit Silbertellurid — Ag_2Te , wobei ein Teil von Ag oft durch Au ersetzt ist, sodass ein fast stetiger Übergang von Hessit zum Petzit (Au_2Te) besteht. Dementsprechend betrifft auch die Mehrzahl der Dichtangaben in der Literatur nicht das reine Ag_2Te , und die grossen Schwankungen in den Dichtewerten von 8,071 (G. A. Kenn-gott)⁶ bis 8,565 werden so verständlich (G. Rose)⁷. Ebenso

¹ H. Hess, Pogg. Ann. 28, 407. 1833.

² R. Pilz, Zs. f. prakt. Geol. 22, 373. 1914.

³ H. Hess, Pogg. Ann. 28, 407—411. 1833.

⁴ V. Soriano Garces, Estudio de algunos minerales de Espugla de Francoli. Tarragona 1932, 10.

⁵ Fr. Becke, Tschermaks min. petr. Mitt. 3, 301—314. 1881.

⁶ G. A. Kenn-gott, Sitzb. d. Akad. Wien, 11, 20, 1854.

⁷ G. Rose, Pogg. Ann. 18, 65. 1830.

sind die neueren Angaben schwankend. Nach den Literaturangaben sollen ausser Hessit noch Ag_4Te -Stützit entweder in hexagonaler (V. Goldschmidt und C. Hintze), in rhombischer (A. de Cloiseau)¹ oder monokliner (A. Schrauf)² Form und AgTe -Empressit^{3,4} in unbestimmter Form vorkommen. Diese Mineralien können aber keine Verbindungen darstellen, wie die in der vorliegenden Arbeit gebrachte röntgenographische Kontrolle des thermischen Diagramms zeigt.

Die Verbindungen zwischen Silber und Tellur stellte im Laboratorium auf thermischem Wege als erster J. Margottet⁵ her. Er leitete die Dämpfe von Tellur über das bis zur Rotglut erhitzte Silber und erhielt dabei reguläre gut optisch messbare Oktaeder in der Zusammensetzung Ag_2Te . Ihm folgen mit ihren Versuchen auf thermischem Wege B. Brauner⁶ und auf nassem Wege R. D. Hall und V. Lenher⁷, welche den Tellurwasserstoff durch die ammoniakalische Silbernitratlösung leiteten, und C. A. Tibbals⁸ und A. Bruke, welche die Natriumtelluridlösung mit dem Silbernitrat abkochten.

Das ganze System Ag-Te unterzieht N. Puschin⁹ als erster einer Betrachtung. Er hat die Potentialdifferenz der Zelle $\text{Ag}/\frac{1}{7}\text{nAgNO}_3/\text{Te}_x$ in Abhängigkeit von dem Tellurgehalt der Legierung AgTe_x gemessen. Dabei fand er nur einen Sprung in dem Potentialverlauf bei ca. 33At% Te-Gehalt. Daraus schliesst er auf das Vorhandensein der Verbindung Ag_2Te . Die Annahme, dass im System keine anderen Verbindungen mehr vorkommen, wäre nun auf Grund dieser Messungen unvorsichtig und der Wirklichkeit nicht entsprechend, wie die späteren Untersuchungen zeigen. Thermisch untersucht haben dieses System H. Pé-

¹ A. de Cloiseau: Manuel de Minéralogie. Paris 1893. 2, 312.

² A. Schrauf, Zs. f. Krist. 2, 242. 1878.

³ W. H. Bradley, Amer. Journ. Science, 38, 163. 1914.

⁴ E. J. Dittus, Amer. Journ. Science, 39, 220. 1915.

⁵ J. Margottet, Ann. Sc. de l'Ecole Norm. Supér. II, 8, 253. 1879.

⁶ B. Brauner, Monatsh. 10, 411. 1889.

⁷ R. D. Hall u. V. Lenher, J. Amer. Chem. Soc. 24, 918. 1902.

⁸ C. A. Tibbals, J. Amer. Chem. Soc. 31, 902. 1909.

⁹ N. Puschin, Ber. d. St.-Petersburg. Polyt. Inst. 1906.

Zs. f. anorg. Chem. 56, 7. 1908.

Journ. Russ. chem. Gesell. 1907.

labon¹ im Jahre 1909, G. Pellini und E. Quercigh² 1910 und zuletzt M. Chikashige und I. Saito³ 1916. Pélabon hat bloss den ungefähren Gang der Liquiduskurve bestimmt. Darnach kann man nur auf das Vorhandensein der Verbindung Ag_2Te schliessen. Pellini und Quercigh vervollkommen teilweise die Liquiduskurve. Unbestimmt blieb sie ihnen aber in dem Bereich von 90—66At% Ag. Aus den Haltezeiten in den Erstarrungskurven bestimmten sie mit ziemlicher Genauigkeit die eutektischen Punkte. Dagegen ist ihnen die Bestimmung der Haltezeiten auf der eutektischen Geraden bei 351° C in dem Bereich von 66—50At% Ag völlig misslungen. Neu finden sie noch zwei Haltestellen — bei 412° und 444° C zwischen der Liquiduskurve und 66 At% Ag. Die Bestimmung der Haltezeiten ist hierbei ebenfalls misslungen. Ihre Folgerung aus dem Diagramm, dass ausser der Verbindung Ag_2Te noch eine zweite, und zwar gerade AgTe , existiert, ist unbegründet und unrichtig, wie man aus der vorliegenden Arbeit ersehen kann.

Chikashige und Saito haben bei der Aufstellung des thermischen Diagramms sorgfältiger gearbeitet, und ihr Diagramm entspricht ausser einigen Einzelheiten der Wirklichkeit. Zweifelhaft ist ihre Behauptung, dass die Zusammensetzung der tellurreichen Verbindung gerade Ag_7Te_4 ist, denn ihre Beobachtungen zeigen das nicht direkt. Hat doch die nächste Zusammensetzung Ag_3Te_2 mit noch einfacherem Verhältnis nur 3,6At% Abstand von Ag_7Te_4 , und Chikashige und Saito führten gerade hier ihre Analysen nur in Intervallen von 5 Gewichtsprozenten aus, und das Extrapolieren aus den Haltezeiten ist hier völlig unsicher. Ihre mikroskopischen Beobachtungen aber sind, wie schon M. Hansen⁴ ganz richtig erkannt hat und meine späteren Beobachtungen bestätigen, nicht überzeugend, denn hier kann jedes kleinste Ausserachtlassen der Nebeneinflüsse zu völlig unrealen Schlüssen führen. Nach den obengenannten Autoren bringen das thermische Diagramm für das

¹ H. Pélabon, Ann. Chim. et Phys. (8) 17, 560. 1909.

² G. Pellini u. E. Quercigh, Atti d. Reale Accad. dei Lincei (5) 19II, 415. 1910.

³ M. Chikashige u. I. Saito, Mem. Coll. Kyoto I, 361. 1916.

⁴ M. Hansen, Zweistofflegierungen. Berlin 1936. 66.

System Ag-Te in zusammenfassenden Werken J. W. Mellor¹, in etwas vereinfachter Form, und M. Hansen², welcher leider auf die der Wirklichkeit ziemlich nahekommende Verbindung Ag_7Te_4 verzichtet und das viel tellurreichere Ag_3Te_2 oder sogar, nach irrtümlicher Meinung von Pellini und Quercigh, AgTe vermutet.

Die metallographische Untersuchung des Systems Ag-Te.

Als ich an die Untersuchung dieses Systems herantrat, war mir die Arbeit von Chikashige und Saito noch unbekannt; deswegen fing ich mit der Revision des thermischen Diagramms durch Registrierung der Abkühlungskurven und mikroskopischen Beobachtungen an. Als Ausgangsmaterial wurde dabei benutzt Ag „Kahlbaum pro Analysisi“ in Blechform und Te Marke „Kahlbaum“ in Stangen, somit für diesen Zweck genügend reine Substanzen.

Die Legierungen wurden in 20—25 cm tiefen Quarzröhren mit 12 mm Durchmesser, die die Form eines Tammantiegels hatten, hergestellt. Oben wurden diese Tiegel zum Schutz vor dem Luftwechsel mit einem keramischen Stopfen verschlossen, durch welchen ein ebenfalls mit Quarzschutzrohr versehenes Ni-CrNi-Thermoelement in die Schmelze hineinragt.

Quarz wurde als Tiegelmateriale deswegen gewählt, weil Te mit gewöhnlichem Porzellan Verbindungen eingeht, und weil das noch zweckmässigere Alundum (Al_2O_3) unerschwinglich war. Das Schmelzen selbst wurde in Widerstandsöfen durchgeführt. Die Registrierung der Temperaturen geschah dauernd mit einer halb optischen, halb mechanischen Einrichtung (Fig. 1), auf einem auf einer sich drehenden Trommel befestigten berussten Papier so, dass der Schreibstift mittels einer Schraubenspindel von der Hand immer dem Lichtzeiger des Galvanometers nachgeschoben wurde. Diese in der Handhabung sehr anstrengende Einrichtung gibt in Fällen, wo eine Registrierung ca. 5—30 Minuten dauert, keine schlechteren Resultate als die photographische Registrierung. Bei noch schnellerer Registrierung

¹ J. W. Mellor, A comprehensive treatise on inorg. and theoret. chemistry. Vol. XI, 45. 1931.

² M. Hansen, loc. cit.

(Abkühlung) vermag die Hand den Schreibstift nicht mehr dem Lichtfleck genau nachzuschieben. Bei noch längerem Registrieren ermüden die Augen beim Verfolgen des Lichtflecks so sehr, dass wiederum die Genauigkeit darunter leidet. Einen beträchtlichen Vorzug hat diese kombinierte Registrierungsmethode, welche immer noch die Empfindlichkeit der rein optischen Methode besitzt, insofern als hier die Abkühlungs- resp. Schmelz-

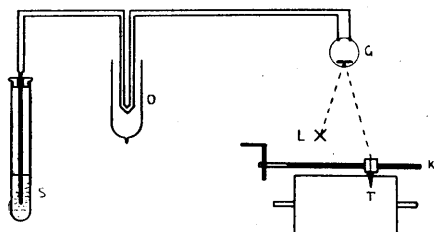


Fig. 1. Einrichtung zur Aufnahme der Abkühlungskurven.

kurven gleich während der Registrierung sichtbar sind und es möglich ist, bei jeder bemerkten Unstimmigkeit sogleich mit der Erhitzung oder Abkühlung ohne irgendwelche Änderungen in der Apparatur von neuem anzufangen; man braucht nicht wie bei der photographischen Registrierung erst abzuwarten, bis alles Papier benutzt und entwickelt ist. Ausserdem kann man hier wegen der sofortigen Sichtbarkeit der aufgenommenen Kurven mehrere von diesen eng nebeneinander aufnehmen, dazwischen auch in genügender Zahl die bei der Registrierung in jedem Fall notwendigen Kalibrierungskurven. Das setzt die Möglichkeit von Kalibrierungsfehlern beträchtlich herab und erleichtert den sicheren Vergleich der einzelnen Kurven. So habe ich z. B. auf einem einzigen Papierstreifen (30 × 90 cm) im ganzen 15 Abkühlungs- u. Erhitzungskurven zusammen mit 6 Kalibrierungskurven aufgenommen. Der Massstab der Kalibrierung war in den meisten Fällen: 1° C — 0,25 mm und 1 Sekunde — 0,25 mm. Die relative Genauigkeit der Temperaturmessung war dabei $\pm 1^{\circ}$ C und die absolute ca. $\pm 3^{\circ}$ C.

Die Registrierungseinrichtung zusammen mit dem Thermoelement wurde wiederholt mit Hilfe der Schmelzpunkte von Sn (Smp. 231,8°), Cd (320,9°), Zn (419,4°), Sb (630,5°) und Ag (960,5°) kalibriert, wobei Sn, Cd, Zn und Ag „Kahlbaum pro Analyti“ und Sb „Kahlbaum für thermometrische Zwecke“ waren.

Die Einwägen in den Tiegel wurden so gemacht, dass die Menge der Schmelze bei jeder Zusammensetzung immer 20 g betrug. Das ermöglichte die Schaffung gleicher äusserer Bedingungen beim Abkühlen und Erwärmen der Legierungen mit verschiedener Zusammensetzung, was Voraussetzung ist, um die Kurven direkt miteinander vergleichen zu können. Der Tiegel mit der Einwaage wurde im elektrischen Ofen so hoch erwärmt, dass der Inhalt flüssig wurde. Zur Erzielung der Homogenität wurde die Schmelze mit dem Thermoelement tüchtig gemischt. Dann folgten mit gleichzeitigen Temperaturzeitkurvenregistrierungen Abkühlung, Erwärmung, wieder Abkühlung usw., und das bei jeder Legierung 4—5 mal, um mögliche Fehler zu vermeiden. Die Temperaturänderungsgeschwindigkeit war dabei 20—50°C pro Minute. Im ganzen wurden auf diese Weise ca. 150 Abkühlungs- u. Erwärmungskurven aufgenommen. Viel Verdruss machte dabei der Umstand, dass die Te-reichen Verbindungen (mit weniger als 65 At% Ag) beim Abkühlen unter 350°—400° C immer den Tiegel und das Thermoelementschutzrohr sprengten — vermutlich wegen der Volumenvergrösserung des Te während der Erstarrung und bei polymorpher Umwandlung der tellurreicheren Verbindung bei 403° C. Darum mussten jedes Mal nach der Unterschreitung der genannten Temperatur Tiegel und Schutzrohr ausgewechselt werden, bevor man von neuem erhitzen durfte. Man könnte zweifeln, ob es bei einer solchen Legierungsherstellung in ziemlich tiefen Röhren, aber ohne Schutzgas — überhaupt möglich ist, die wirkliche Zusammensetzung der Legierungen ohne nachherige Analyse zu kennen, da ja Te gegen Sauerstoff sehr empfindlich ist. Die Versuche haben jedoch gezeigt, dass diese Befürchtung unnötig ist. Etliche Milligramm Sauerstoff, die die in dem verschlossenen Tiegel befindliche Luft erhält, verbindet sich zwar zum Teil mit der Legierung, aber der Zufluss von Aussenluft ist unbedeutend klein. Auch die Wägung zeigte, dass der Gewichtsverlust, was fast nur auf Kosten der Verdampfung von Te geschehen kann, bei 20 g Schmelze nur 10—20 mg betrug. So kann man sagen, dass man bei Anwendung der beschriebenen Anordnung über die Zusammensetzung der Legierungen nach der Einwaage mit einer Genauigkeit von 0,1—0,2% rechnen kann, selbst beim Arbeiten ohne Schutzgas. Das ist aber für den vorliegenden Zweck mehr als ausreichend.

Nach der Durchführung der thermischen Messungen im gan-

zen System Ag-Te in Abständen von 5—10At% der Zusammensetzung und nach dem Vergleich der gefundenen Werte mit der inzwischen eingetroffenen Arbeit von Chikashige und Saito stellte es sich heraus, dass meine Experimente die Bestimmungen der beiden Japaner vollauf bestätigen. Da keine Hoffnung

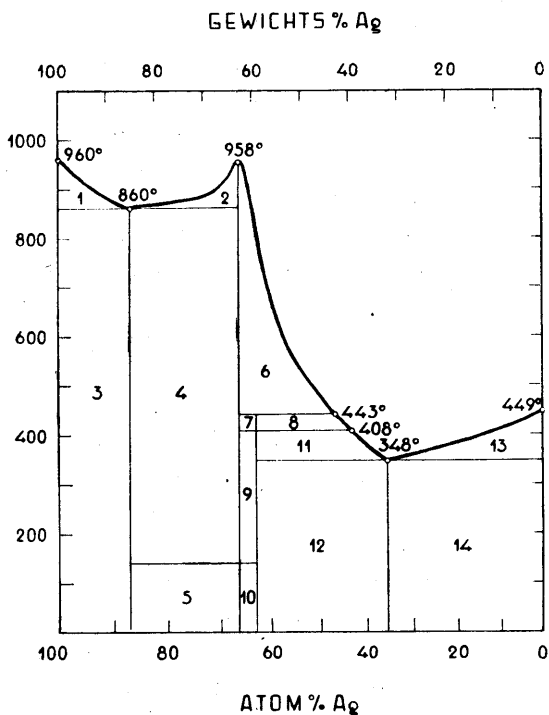


Fig. 2.

- | | |
|--|---|
| 1. Ag + Schmelze. | 8. β -Ag ₁₂ Te ₇ + Schmelze. |
| 2. β -Ag ₂ Te + Schmelze. | 9. β -Ag ₂ Te + α -Ag ₁₂ Te ₇ . |
| 3. Ag + Eutektikum E ₁ . | 10. α -Ag ₂ Te + α -Ag ₁₂ Te ₇ . |
| 4. β -Ag ₂ Te + Eutektikum E ₁ . | 11. α -Ag ₁₂ Te ₇ + Schmelze. |
| 5. α -Ag ₂ Te + Eutektikum E ₁ . | 12. α -Ag ₁₂ Te ₇ + Eutektikum E ₂ . |
| 6. β -Ag ₂ Te + Schmelze. | 13. Te + Schmelze. |
| 7. β -Ag ₂ Te + β -Ag ₁₂ Te ₇ . | 14. Te + Eutektikum E ₂ . |

bestand, mit eventuell noch sorgfältigerer thermischer Analyse die unter Zweifel stehende Zusammensetzung der Te-reicheren Verbindung eindeutig festzulegen, so fand ich es nicht mehr nötig, die Analyse in noch kleineren Schritten und grösseren Legierungsmengen fortzusetzen. So kann man das thermische Diagramm für

das System Ag-Te als endgültig bestimmt betrachten in der Form, wie sie in Fig. 2 dargestellt ist.

Beim Umzeichnen des Diagramms ist vorausseilend und gestützt auf die später gebrachten röntgenographischen und mikroskopischen Beobachtungen die Zusammensetzung der Te-reicheren Verbindung $\text{Ag}_{12}\text{Te}_7$ vermerkt. Ausserdem ist hier für Ag_2Te bei 140°C eine Linie der polymorphen Umwandlung eingezeichnet. Letztere konnten weder die obengenannten Forscher noch ich bemerken, denn der thermische Effekt ist hier viel zu klein. Dass es eine Umwandlung geben muss, war daraus ersichtlich, dass die Kristalle von Ag_2Te (Hessit) äusserlich zwar schön kubisch erscheinen, es aber im inneren Aufbau nicht sind. Das bedeutet, dass die Kristalle bei der Entstehung bei hoher Temperatur wirklich kubisch waren und bei Temperaturerniedrigung eine Umwandlung durchmachen müssen. Den Umwandlungspunkt haben bestimmt: C. T u b a n d t, M. R e i n h o l d und A n n e - L i s e N e u m a n n ¹ für ein thermisch vorbereitetes pulverisiertes Präparat beim Erwärmen bei 141° und beim Abkühlen bei 135°C , und H. B o r c h e r t ² für das natürliche Hessit bei $149,5^\circ\text{C}$.

Die Schlüsse aus der thermischen Analyse werden in vollem Umfang durch die mikroskopischen Beobachtungen, welche ich nicht nur bei den obigen Legierungen, sondern auch später bei allen für röntgenographische Zwecke hergestellten durchgeführt habe, gestützt. Meine Beobachtungen unterscheiden sich hier beträchtlich von denen von C h i k a s h i g e und S a i t o.

Schon die Beigabe von 0,5 At% Te zum Ag bringt in der Legierung dunklere Teilchen von Ag_2Te zum Vorschein. Das bedeutet, dass die Löslichkeit von Tellur in Silber, wenn überhaupt vorhanden, beträchtlich unter 0,5% liegen muss. Beim Übergang zu tellurreicheren Legierungen vermindert sich die Menge des heller aussehenden Ag stetig; an seine Stelle tritt eine dunkler scheinende Verbindung Ag_2Te (Tafel I, 1 u. 2), sodass beim Unterschreiten von 68 At% Ag allein die Verbindung Ag_2Te übriggeblieben und kein Silber mehr im Mikroskop wahrzunehmen ist. Im Bereich von 68—62 At% Ag sind mikroskopische Beobachtungen unmöglich, da Ag_2Te und $\text{Ag}_{12}\text{Te}_7$ unter dem Mikroskop un-

¹ C. T u b a n d t, H. R e i n h o l d u. A. N e u m a n n, Zs. f. Elektrochem. 39, 229. 1933.

² H. B o r c h e r t, N. Jahrbuch f. Min. (A) Beilbd. 69, 465. 1935.

trennbar sind und die Legierungen in diesem Bereich homogen zu sein scheinen, obwohl sie das nicht sind.

In der Legierung mit 60 At% Ag treten aus dem gleichmässig dunkleren Grund die helleren Teilchen des Eutektikums E_2 schon deutlich hervor (Tafel I, 3). Das bedeutet, dass die nächste Verbindung Ag-reicher sein muss als 60 At%, so z. B. $Ag_{12}Te_7$, welche 63,2 At% Ag verlangt. Hier kann man denselben Einwand bringen, welchen Hansen¹ gegen die Arbeit von Chikashige und Saito macht — nämlich, dass die Legierung bei peritektischer Entstehung der neuen Verbindung das Gleichgewicht noch nicht erreicht hat. Dieser Einwand wird aber durch die Tatsache entkräftet, dass die Menge des Eutektikums bei verschiedenen bereiteten Legierungen immer gleichbleibt, und dass sie, soweit die mikroskopischen Beobachtungen die Mengen zu beurteilen erlauben, gerade dem Abstand der Zusammensetzung Ag_3Te_2 von $Ag_{12}Te_7$ entspricht. In der Richtung auf Te hin wächst am Anfang die Menge des Eutektikums E_2 stetig (Tafel I, 4). In dem Bereich von 49—44 At% Ag scheidet sich β - $Ag_{12}Te_7$ primär aus. Das ist auf Fig. 1, Tafel II schön erkennbar, wo dunkle langgestreckte Kristalle in das Eutektikum eingebettet sind. Dass sich die Kristalle bei Zimmertemperatur nicht mehr in ihrem primären Zustand befinden, kann man beim Betrachten im polarisierten Licht sehen — sie erscheinen dann, ungeachtet der Änderung der Polarisationsrichtung, immer gleichmässig dunkel, gegenüber Fig. 2, Tafel II, wo sich die Kristalle noch in der primären Form befinden. Im Bereich von 44—36 At% Ag soll sich α - $Ag_{12}Te_7$ primär ausscheiden. Das ist auf der entsprechenden Aufnahme (Tafel II, 2) ebenfalls gut zu sehen, denn bei dieser in polarisiertem Lichte gemachten Aufnahme ist die verschiedene Helligkeit der Kristallplatten bedingt durch deren zufällige Lagen gegen die Polarisationssebene des Lichtes.

Weiter vermindert sich die Menge des primär ausgeschiedenen α - $Ag_{12}Te_7$, und bei der Konzentration von 35,8 At% Ag (Tafel II, 3) erstarrt die Schmelze als fast gleichmässiges Eutektikum E_2 . Nur einige winzige Kriställchen von $Ag_{12}Te_7$ sind zurückgeblieben. Damit ist bewiesen, dass sich das Eutektikum E_2 zwischen den Konzentrationen 36 und 35 At% Ag befindet. Beim Weiterschreiten in der Richtung zu Te vermehrt sich die Menge

¹ M. Hansen, Zweistofflegierungen. Berlin, 1936. 66.

des helleren Te im Eutektikum stetig, doch kann man bis zu 0,5% Ag herunter zwischen den Te-Kristallen einzelne Eutektikumpartikel wahrnehmen, was bedeutet, dass noch hier die Verbindung $\text{Ag}_{12}\text{Te}_7$ existiert. Daraus folgt, dass die Löslichkeit von Silber in Tellur unter 0,5% sein muss.

Ihrer Farbe nach sind die Verbindungen Ag_2Te und $\text{Ag}_{12}\text{Te}_7$ stahlgrau, dabei ein wenig dunkler als Te. Entsprechend sehen auch die Legierungen meistens gräulich aus. Von 100 bis 90 At% Ag kommt noch die helle Farbe des Silbers zum Vorschein, aber von da an bis zu ca. 20 At% Ag herunter bleibt die Färbung fast völlig gleichmässig, mit einem kaum wahrzunehmenden Maximum der Dunkelheit bei Konzentration von 66 At% Ag, d. i. bei der Verbindung Ag_2Te . Weiter zu Te hin kommt dessen etwas helleres Aussehen ein wenig zum Vorschein.

Die mechanischen Eigenschaften der Legierungen verändern sich nicht gleichmässig beim Übergang vom zähen Silber zum spröden Tellur. Die Legierungen von reinem Silber bis zu 70 At% Ag besitzen noch eine geringfügige Zähigkeit — ein daraus geschnittener „Draht“ lässt sich bei Vorsicht etwas biegen. Hämmern lassen sich jedoch die Legierungen unter 95 At% Ag nicht. Legierungen in diesem Bereich sind in der ganzen Masse gleichmässig dicht und ohne Poren. Sie lassen sich auf der Scheibe leicht polieren. Die polierten Flächen sind gleichmässig und ohne Risse. Die Bruchflächen sind unregelmässig mit Rundungen. Alles Gesagte gilt ebenso für die Verbindung Ag_2Te .

Von Ag_2Te bis zum Tellur hin folgt aber eine rasche, fast sprunghafte Änderung der mechanischen Eigenschaften. Schon bei 65 At% Ag wird die Legierung plötzlich sehr spröde — lässt sich teilweise sogar zwischen den Fingern, sehr leicht aber im Mörser pulverisieren. Diese Eigenschaft bleibt bis zum reinen Tellur. Die Bruchfläche weist bei Legierungen bis zu ca. 50 At% Ag wie früher unregelmässige Rundungen auf, dann aber ist sie bis zum Tellur kristallin — zuerst überwiegen die Kristalle von $\text{Ag}_{12}\text{Te}_7$ und dann die von Te. Entsprechend der Erstarrungsgeschwindigkeit der Schmelze ist sie sehr feinkörnig oder ganz grobkörnig. Das Schleifen ist bei diesen Legierungen schwer — beim Polieren auf der Scheibe brechen sie sofort. Auch das Polieren mit der Hand erfordert grosse Vorsicht. Die Schlifffläche weist bei 65—50 At% Ag unregelmässige Risse auf. Bei tellurreicheren Legierungen fallen diese Risse mit den Grenzen der im

Eutektikum befindlichen Kristalle von $\text{Ag}_{12}\text{Te}_7$ zusammen, und beim Polieren werden letztere oft ausgebrochen. Bei einem geringeren Silbergehalt als 36 At% (primäre Te-Kristalle im Eutektikum) wird die Schlißfläche anscheinend wieder gleichmässig und risslos.

Alle Legierungen von 65 At% Ag bis zum reinen Te sind nicht mehr dicht, sondern weisen mehr oder weniger viele Poren auf.

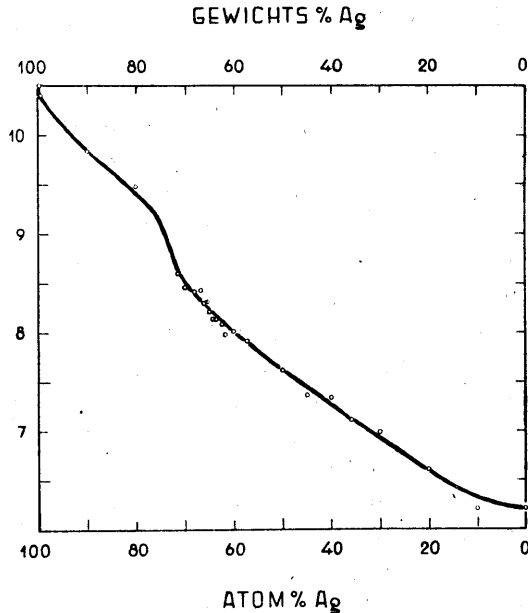


Fig 3. Die spezifischen Gewichte der Ag-Te Legierungen.

Die spezifischen Gewichte der Legierungen bleiben alle unter jenen nach der einfachen Mischungsregel berechneten — vgl. Tabelle 1 und Fig. 3. Das kann aber zum Teil auch nur so den Anschein haben und durch die Porosität bedingt sein. Die Diskrepanz zwischen den berechneten und den gemessenen Werten vergrößert sich plötzlich bei Unterschreitung von 70 At% Ag, und gerade dann fängt auch die Porosität an. Die spezifischen Gewichte sind bestimmt durch Wägungen in Benzol, wobei dessen spezifisches Gewicht 0,8789 bei 20° C und 0,8735 bei 25° C betrug. Da die Legierungen unter verschiedenen Bedingungen hergestellt worden sind, so ist in Tab. 1 in der letzten Spalte die jeweilige

Herstellungsweise angegeben worden, dabei bedeutet: V — im Vakuum geschmolzen ¹, L — an der Luft geschmolzen ² und Ar — geschmolzen im gleichen Apparat, jedoch unter Verwendung von Argon als Schutzgas. Die spezifischen Gewichte sind zwar vierstellig bestimmt worden, aber wegen der Schwankungen infolge der Porosität in der Tabelle nur dreistellig angeführt.

Tabelle 1.

Die spezifischen Gewichte der Legierungen von Ag-Te.

Atom %		d _{20/4}		Atom %		d _{20/4}	
Ag	Te			Ag	Te		
100,0	—	10,50		62,5	37,5	8,08	Ar
99,5	0,5	10,40	Ar	61,7	38,3	7,98	V
90,0	10,0	9,84	L	60,0	40,0	8,02	V
80,0	20,0	9,48	L	57,1	42,9	7,91	V
71,7	28,3	8,60	V	50,0	50,0	7,62	L
70,0	30,0	8,46	L	45,0	55,0	7,36	Ar
68,0	32,0	8,42	V	40,0	60,0	7,34	Ar
66,7	33,3	8,43	V	35,8	64,2	7,11	Ar
66,0	34,0	8,30	V	30,0	70,0	6,99	L
65,5	34,5	8,31	V	20,0	80,0	6,61	L
65,0	35,0	8,22	V	10,0	90,0	6,21	L
64,3	35,7	8,13	V	0,5	99,5	6,23	Ar
63,7	36,3	8,13	V	—	100,0	6,21	Ar

Die röntgenographische Untersuchung des Systems Ag-Te.

Die Potentialbestimmungen von Puschin deuteten auf das Vorhandensein von nur einer Verbindung in dem System Ag-Te hin. Die thermische Analyse und mikroskopische Beobachtungen bringen aber schon zwei Verbindungen zum Vorschein und dabei jede noch in zwei Modifikationen. Eine endgültige Entscheidung und die wirkliche Zusammensetzung der Verbindungen kann hier nur die röntgenographische Kontrolle ergeben.

¹ Siehe: Herstellung der Präparate für die röntgenographischen Analysen.

² Siehe: Legierungen für die thermischen Analysen.

Als Ausgangsmaterial für diese Kontrolle wurde das gleiche Ag und Te benutzt, das bei der thermischen Analyse Verwendung gefunden hatte. Die Legierungen wurden in zugeschmolzenen luftleeren Quarzröhren hergestellt. Diese Herstellungsweise war die einzige, die es gestattete, bei den erforderlichen langen Schmelz- und Abkühlungszeiten die notwendige Genauigkeit der Zusammensetzung zu erhalten. So wurden die Legierungen in Intervallen von 0,5—10 At% hergestellt, entsprechend dem ihnen zukommenden Platz im thermischen Diagramm. Um eine vollständige Mischung der Komponenten zu erhalten, wurde beim Schmelzen über 1000° C erhitzt; sowohl der Schmelzpunkt der schwerer schmelzbaren Verbindung wie auch der der Komponenten lag unter dieser Temperatur; und die Schmelzen wurden tüchtig geschüttelt (zusammen mit dem zum Schmelzen benutzten Ofen).

Die erste Serie von Legierungen wurde langsam — im Laufe von zwei Tagen — bis auf Zimmertemperatur abgekühlt. Die erhaltenen Reguli wurden in einem Achatmörser oder einige silberreiche (über 65 At% Ag) mit Hilfe einer Feile pulverisiert. Dieses Pulver wurde in luftleeren Glasröhren eingeschmolzen und, zur Beseitigung der beim Zerkleinern etwa entstandenen Deformationen und Spannungen, während 24 Stunden einer Temperatur von 300° C ausgesetzt und danach wieder langsam — mit einer Geschwindigkeit von 10° C/St — abgekühlt. Von allen so erhaltenen Pulvern wurden Aufnahmen gemacht. Nach früheren Vorversuchen in Tartu war es klar, dass ein schlechtes Reflexionsvermögen und sehr linienreiche Röntgendiagramme zu erwarten waren. Deshalb wurden für die Aufnahmen Kameras gewählt, die in solchen Fällen die besten Resultate ermöglichen — die Phragmén'schen¹ fokussierenden Kameras, bei denen der ganze Glanzwinkelbereich von 90° auf drei Kameras verteilt ist, die in bezug auf die Dispersion normalen Rundkameras mit folgenden Diametern entsprechen: 32 cm für den inneren, 20 cm für den mittleren, 15 cm für den äusseren Bereich.

Bei der Verwendung eines von G. Hägg² konstruierten Ionenrohrs für Cr_K-Strahlung bei 10mA und 25kV erforderten die Expositionen trotz äusserster „Lichtstärke“ der benutzten Kameras dennoch 10—75 Stunden.

¹ A. Westgren, Transact. Amer. Inst. of Mining and Met. Engineers, New-York Meeting, Febr. 1931.

² G. Hägg, Rev. Sc. Instr. 5, 117. 1934.

Die so erhaltenen Diagramme sind alle sehr linienreich, und man kann sie in sieben Gruppen einteilen, wie das in Tabelle 2 geschehen ist. Je ein Diagramm aus jeder Gruppe ist auf Tafel III abgebildet, und zwar aus reproduktionstechnischen Gründen nur die zur mittleren Kamera gehörigen Teile derselben.

Diese Diagramme beweisen, dass es im System Ag-Te bei Zimmertemperatur ($20^{\circ} \pm 3^{\circ} \text{C}$) zwei und nur zwei Verbindungen gibt. Die Zusammensetzung der ersteren (I) von ihnen ist Ag_2Te mit einer Genauigkeit von $\pm 1 \text{ At\%}$, denn schon bei Zugabe oder Abnahme von $1,5 \text{ At\% Ag}$ werden die Linien des Silbers resp. der tellurreicheren Verbindung, die weiterhin als Verbindung II bezeichnet wird, sichtbar.

Tabelle 2.

Einteilung der Pulverdiagramme gemäss der Zusammensetzung der Legierungen.

Atom % Ag	Vorhandene Linien
100 — ?	nur Ag
90,0 — 68,0	Ag und Verbindung I
66,7 — 65,5	nur Verbindung I
65,0 — 64,3	Verbindungen I und II
63,6 — 50,0	nur Verbindung II
50,0 — 10,0	Verbindung II und Te
10,0 — 0	nur Te

Zur Bestimmung der Zusammensetzung der Verbindung II fehlen in diesen Diagrammen derartige augenscheinliche Merkmale. Auf der Seite von Ag ist zwar die Grenze des Erscheinens dieser Verbindung gut feststellbar und scharf — man braucht ja die Silbermenge nur um 2 At\% zu vermindern, um von einem Diagramm, das bloss die Linien der Verbindung I enthält, über eines mit beiden Verbindungen zu einem Diagramm zu gelangen, das nur Linien der Verbindung II aufweist. Dagegen bleiben auf der Seite von Te die Linien der Verbindung II bis zu 50 At\% Ag allein sichtbar, d. i. in einem Bereich von ca. 14 At\% , bevor auch die Linien von Te deutlich zum Vorschein kommen. Der Übergang ist dabei sehr allmählich. In diesem weiten Bereich liegt eine ganze Reihe von einfachen Atomverhältnissen zwischen

den Ag- und Te-Mengen, z. B. 7:4, 12:7, 3:2, 4:3 usw. Wenn man aber die Plötzlichkeit des Erscheinens von Linien der Verbindung II auf der Seite des Silbers ins Auge fasst, so kann man von diesen nur das Verhältnis 7:4 oder das dem sehr nahe 12:7 als alleinwahrscheinliches annehmen. Wenn man dagegen annahme, die Verbindung II wäre z. B. Ag_3Te_2 , welche 60 At% Ag voraussetzt, so bleibt unerklärbar, warum bei einer Legierung mit dem Atomverhältnis 7:4 resp. 12:7, d. h. mit 63,6, resp. 63,2 At% Ag, welche Zusammensetzung doch fast genau die Mitte von Ag_2Te und Ag_3Te_2 hält, keine einzige Linie der Verbindung I mehr zum Vorschein kommt, obwohl die Mengen der beiden Verbindungen da fast gleich sein sollten.

Umhüllungerscheinungen, die Puschin¹ nach einigen Forschern das Auffinden der Verbindung II bei Potentialmessungen unmöglich machten, können auf das Aussehen der Röntgendiagramme keinen störenden Einfluss ausüben, denn die Umhüllungsschichten können bei ihrer Düntheit im äussersten Fall die aus dem Kerninneren kommenden Interferenzstrahlen etwas abschwächen, in keinem Fall jedoch völlig absorbieren. Den unanfechtbaren Beweis, ob in Wirklichkeit die Verbindung Ag_7Te_4 oder die sehr naheliegende $\text{Ag}_{12}\text{Te}_7$ vorliegt, kann nur die vollständige Strukturbestimmung dieser Verbindung liefern.

Bemerkenswert bei diesen Röntgendiagrammen ist, dass in Fällen, wo zwei Phasen gleichzeitig existieren, keine messbaren Linienverschiebungen gegenüber den Diagrammen der reinen Phasen auftreten. Daraus kann man folgern, dass die Phasen keine merkliche Löslichkeit ineinander besitzen, denn nur in einem solchen Falle können die Gitterkonstanten der Phasen konstant bleiben, weil die Atomvolumina von Ag und Te beträchtlich voneinander abweichen.

Schon mit der Röntgenanalyse dieser ersten Serie von Legierungen ist die in der Literatur oft vertretene Ansicht, als ob es noch die Verbindung Ag_4Te (Stützit) und AgTe (Empressit) gäbe, umgestossen. Natürlich will ich damit nicht die Existenz der Mineralien Stützit und Empressit ableugnen, sondern nur behaupten, dass diese Mineralien keine rein binären Verbindungen darstellen, sondern dass ihre Zusammensetzung $a\text{Ag} + b\text{Ag}_2\text{Te}$

¹ N. Puschin, Zs. f. anorg. Chem. 56, 7. 1908; vgl. M. Hansen, Zweistofflegierungen. 67.

resp. $a\text{Ag}_{12}\text{Te}_7 + b\text{Te}$ ist oder noch wahrscheinlicher, dass sie ternäre Legierungen sind mit Au als dritter Komponente.

Interessant ist es ferner, dass in Übereinstimmung mit meinen röntgenographischen Daten auch in der Natur keine tellurreichen Ag-Verbindungen, z. B. AgTe_2 , gefunden worden sind, da Au mit Te die Verbindung AuTe_2 (Calaverit u. Krennerit¹) eingeht. Als Grund dafür kann der grössere Elektronenreichtum der Au-Atome angesehen werden.

Man kann fragen, ob die Temperaturbehandlung bei der Herstellung der Legierungen wirklich ausreichend gewesen ist, um bis zum stabilen Endprodukt zu gelangen. Um die Möglichkeit des Vorkommens instabiler Zwischenprodukte zu erklären und dann vermelden zu können, wurden in dem Bereiche 70—50 At% Ag noch mehrere Serien von Legierungen in derselben Weise wie die erste hergestellt und verschiedenen sehr wirkungsvollen Temperaturbehandlungen unterworfen. Dabei wurde besondere Sorgfalt verwandt auf die Temperaturbehandlung von Legierungen der atomaren Zusammensetzung 2:1, 7:4, 3:2, 4:3 und 1:1 sowie auf die Temperaturbehandlung in der Umgebung der Erstarrungs-, peritektischen und Umwandlungstemperaturen. Aus diesen Legierungen wurden Pulver und Röntgenaufnahmen in genau derselben Weise hergestellt wie bei der ersten Serie, wobei natürlich das Tempern der Pulver unterlassen wurde. Interesse besitzen nur die beiden äussersten Serien, d. h. die, wo die Schmelzen der kürzesten und der längsten Temperaturbeeinflussung unterworfen worden sind. Die kürzeste Temperaturbehandlung, d. i. die schnellste Abkühlung wurde erreicht durch das Abschrecken in Eiswasser. Zu diesem Zweck wurde das Quarzröhrchen mit der flüssigen Schmelze aus dem Ofen bei 1000° C direkt ins Eiswasser geworfen. Solche abgeschreckten Präparate zeigten im Vergleich zu denen der ersten Serie (die in zwei Tagen langsam abgekühlt wurden) röntgenographisch wenig Verschiedenheiten, bis kleine Unterschiede in der Intensität der einzelnen Linien, die ja nicht durch die Unterschiede in den Strukturen bedingt sind, sondern durch die Unterschiede der Korngrösse, was seinerseits die Gestaltung der freien Aussenflächen der Kriställchen beim Zerpulvern beeinflusst. Es steht also fest,

¹ G. Tunnel & C. J. Ksanda, Journ. Washington, Acad. Sc. 26, 507. 1936. Dies., Amer. Miner. 21, N 12/2. 1936.

dass bei 66—49 At% Ag Gehalt aus der Schmelze und aus festem Ag_2Te die peritektische Bildung von $\beta\text{-Ag}_{12}\text{Te}_7$ bei ca. 440°C sehr schnell vonstatten geht und auch bei der Abschreckung kein ungebundenes Ag_2Te übrigbleibt.

Auf der anderen Seite zeigten die Aufnahmen der sehr langsam abgekühlten Legierungen auch keine Unterschiede in den Intensitäten der Linien. Die langsamste Abkühlung von 1000° bis 20°C erforderte ca. 1000 Stunden, wobei der Durchgang durch die Erstarrungs-, peritektischen und Umwandlungspunkte (ca. 15° vorher bis 15° nachher) mit einer Geschwindigkeit von $0,1^\circ\text{C}/\text{Stunde}$ erfolgte, sonst aber mit ca. 10°C pro Stunde.

Auf allen von diesen ungetemperten Pulvern gemachten Röntgenaufnahmen sind die Linien infolge der beim Zerpulvern entstandenen Spannungen und Deformationen ein wenig verbreitert, was bei einem Silbergehalt unter 65 At% Ag zwar nur kaum merkbar, bei einem Silbergehalt über 65 At% Ag aber schon beträchtlich ist. Bei letzteren lässt schon ein kurzes Tempern (20 Min.) bei 300°C die Unschärfe verschwinden, d. i. die Rekristallisation erfolgt schon bei dieser niedrigen Temperatur. Es wurden auch Versuche gemacht, mit dem Tempern bis zu 600°C zu gehen, bei welcher Temperatur Ag_2Te schon anfängt sich teilweise zu zersetzen. Das war nur möglich, wenn man dem Metallpulver etwas schwerschmelzendes Glaspulver beimengte, da andernfalls schon bei 310°C die zu rekristallisierenden Pulverkörnchen an den Berührungsstellen zusammenwachsen. Röntgenographisch zeigten diese rekristallisierten Präparate, ausser in der Linienschärfe, keine Unterschiede von den unrekristallisierten. Die Struktur war somit durch den Rekristallisationsprozess nicht beeinflusst worden.

Unter dem Mikroskop erscheinen die abgeschreckten und die langsam abgekühlten Legierungen verschieden, erstens natürlich in der Korngrösse — wenn diese sich bei den abgeschreckten in einer Grösse von $0,01\text{—}0,1\text{ mm}$ hält, steigt sie bei den abgekühlten bis zu einigen Millimetern an. Aber es kommen auch andersartige Verschiedenheiten vor, die mit den röntgenographischen Angaben scheinbar schon nicht mehr in vollem Einklang stehen wollen. So „scheidet“ in den Legierungen mit 70 und 68 At% Ag bei genügend langsamem Erstarren ein Teil des Ag aus, und der ganze obere Teil des Regulus scheint mikroskopisch völlig homogen zu sein und auch röntgenographisch nur aus Ag_2Te zu be-

stehen, da im Diagramm die Ag-Linien völlig fehlen. Dagegen kann man in den abgeschreckten Legierungen im Mikroskop im ganzen Regulus Ag-Teilchen in der Grösse von einigen Hundertstel Millimeter wahrnehmen (Tafel II, 4), und auf den entsprechenden Röntgendiagrammen kommen die Ag-Linien deutlich zum Vorschein. Andererseits aber verschiebt sich die scheinbare Homogenitätsgrenze auf der Te-Seite, die sich bei den abgeschreckten Legierungen bei 62 At% Ag befindet, bei langsamem Abkühlen herunter bis auf 60, ja sogar bis 57 At% Ag. Auf den Röntgendiagrammen sind dagegen keinerlei Unterschiede zu bemerken, bringen doch die Pulveraufnahmen nicht den Nachweis so kleiner Te-Mengen neben $\text{Ag}_{12}\text{Te}_7$, wie Ag-Mengen neben Ag_2Te , denn Te mit seiner hexagonalen Struktur gibt keine so intensiven Reflexe wie das kubische Ag, und das ist die Hauptursache, weswegen schon ein Überschuss von 1,5 At% Ag — d. h. ca. 4 Gewichts % Ag in der Mischung — Ag-Linien zum Vorschein bringt, wogegen wenigstens 10 At% Te-Überschuss, d. h. ca. 16 Gewichts % Te, in der Mischung nötig sind, um Te-Linien neben denen von $\text{Ag}_{12}\text{Te}_7$ erscheinen zu lassen. Natürlich bleibt hier noch die Möglichkeit, dass der „verborgene“ Te-Bereich in Wirklichkeit gar nicht so gross ist, sondern dass sich das Te unter bestimmten Bedingungen teilweise in $\alpha\text{-Ag}_{12}\text{Te}_7$ löst. Die Realität dieser Möglichkeit wird aber von der Tatsache in Abrede gestellt, dass sich die Gitterkonstanten von $\text{Ag}_{12}\text{Te}_7$ bei Austausch der kleineren Silberatome durch die grösseren Telluratome nicht verändern.

$\alpha\text{-Ag}_2\text{Te}$.

Die kristallographischen Daten in der Literatur über $\alpha\text{-Ag}_2\text{Te}$ oder richtiger über dessen in der Natur vorkommende Varietät — das Hessit — sind, wie wir früher gesehen haben, so widersprechend, dass man daraus keinen Anhaltspunkt für die Strukturbestimmungen finden kann. Hessit ist in alle Kristallsysteme eingeordnet worden — vom kubischen bis zum triklinen.

Theoretische Erwägungen über die zu erwartende Struktur, ausgehend von der Elektronenverteilung und den Atomradien,

bringt M. L. Huggins¹. Infolge der seinerzeit noch ungenügenden Kenntnis der Atomradien nimmt er für Ag — 1,60 Å und für Te — 1,23 Å an² und kommt nach diesen irrtümlichen Werten zu dem Schluss, dass die einzig mögliche Struktur die Fluoritstruktur ist.

Mit der experimentellen Bestimmung der Struktur von α -Ag₂Te haben, wie ich gehört habe, mehrere Laboratorien begonnen, haben aber nach den orientierenden Versuchen wieder davon Abstand genommen, da sehr wenig Aussicht auf Erfolg bestand. Über seine Versuche in dieser Richtung veröffentlicht L. Ramsdell³ einige Zeilen, wo er meint, die Struktur könnte orthorhombisch sein. Ausführlicher beschreibt seine Versuche L. Tokody⁴, welcher mit Cu_k- und Fe_k-Strahlung Dreh- und Pulveraufnahmen gemacht und dabei zusammen 34 messbare Reflexe erhalten hat. Aus ihnen errechnet er die monokline Gitterzelle mit: $a = 5,98$, $b = 6,31$, $c = 5,56$ Å, $\beta = 75^{\circ} 02'$ und $n = 3$. Zwei Jahre später behauptet er aber auf Grund desselben Beobachtungsmaterials, dass die richtige Gitterzelle sei⁵: $a = 6,57$, $b = 6,14$, $c = 6,10$, $\beta = 61^{\circ} 15'$ und $n = 3$. Wenn man die in seiner ersten Veröffentlichung gebrachten $\sin^2\theta$ Werte, deren Genauigkeit er nur bis ± 6 auf dritter Stelle angibt, näher betrachtet, so wird es klar, dass diese Angaben bei einer so verwickelten Struktur wie der vorliegenden weder eine reale Indizierung noch eine Strukturbestimmung überhaupt zulassen.

Die Pulveraufnahmen, die ich von den in der früher beschriebenen Weise hergestellten Präparaten mit gewöhnlichen Rundkameras und mit Straumanisschen Präzisionskameras⁶ mit Cu_k-Strahlung und zuletzt mit Phragménischen fokussierenden Kameras mit Cr_k-Strahlung gemacht habe, waren alle sehr linienreich. So waren sogar auf den mit langwelliger Cr-Strahlung gemachten Diagrammen über 100 messbare Linien vorhanden (Vgl. Tab. 3.). Die eindeutige Indizierung dieser linienreichen Diagramme, ohne sogar das Kristallsystem zu kennen, war sowohl

¹ M. L. Huggins, Phys. Rev. II. 21, 211. 1923.

² M. L. Huggins, Phys. Rev. II. 21, 205. 1923.

³ L. S. Ramsdell, Amer. Miner. 10, 289. 1925.

⁴ L. Tokody, Zs. f. Krist. (A) 82, 154. 1932.

⁵ L. Tokody, Zs. f. Krist. (A) 89, 416. 1934.

⁶ M. Straumanis & A. Jeviš, Zs. f. Phys. 98, 461. 1936.

graphisch wie auch numerisch nach der Rungeschen¹ Methode unmöglich. Für die Rungesche Methode reicht die Genauigkeit der Glanzwinkelmessungen nicht aus, denn diese kann man bei den vorhandenen Legierungen nur bis zu ± 1 bis ± 5 Einheiten der vierten Stelle für $\sin^2\vartheta$ Werte erlangen. Die Anwendung dieser Methode setzt aber die Kenntnis der um eine ganze Größenordnung genaueren $\sin^2\vartheta$ Werte voraus, um so mehr, als die ersten sichtbaren Reflexe nicht in der ersten Ordnung von den Flächen ($h00$) herkommen, sondern von einer höheren Ordnung sind, oder sogar von den Flächen (hkl) sind. Die Straumanische Präzisionsmethode, die bei guten Präparaten wirklich die hier geforderte Genauigkeit zu erreichen ermöglicht, ist ebenfalls unbrauchbar, da es nicht möglich ist, aus Ag_2Te überhaupt ein solches Pulverpräparat zu bekommen, dessen Kriställchen genügend spannungs- und deformationsfrei sind, um die nötigen scharfen Linien zu erhalten. Das ist dadurch bedingt, dass es bisher nicht gelungen ist, $\alpha\text{-Ag}_2\text{Te}$ primär herzustellen, sondern immer nur $\beta\text{-Ag}_2\text{Te}$; und bei der Umwandlung in $\alpha\text{-Ag}_2\text{Te}$ bei ca. 140°C entstehen infolge von grossen Umlagerungen im Kristallgitter Deformationen bei den neu wachsenden $\alpha\text{-Ag}_2\text{Te}$ -Kriställchen, und die niedere Temperatur lässt ein Verschwinden dieser Deformationen durch Rekristallisation nicht mehr zu. Die Verbreiterung der Linien ist infolge von inneren Spannungen und Deformationen so gross, dass beim Arbeiten mit Cu-Strahlung bei Rundkameras im Bereiche von $\vartheta > 70^\circ$, wo die Zahl der Linien schon sehr hoch ist, keine Auflösung der einzelnen Linien mehr möglich ist. Etwas hilft hier die Benutzung von längerwelliger Strahlung.

Die genaue Ausmessung der Filme wird durch die starke Grundschwärzung, die von der Fluoreszenzstrahlung des Te herührt, erschwert. Die mittlere Wellenlänge der Te L-Serie ist, wie bekannt, $3,29\text{ \AA}$, und somit erregt die Cr_k -Strahlung mit ihrer Wellenlänge $2,29\text{ \AA}$ noch genügend die erstere; die L-Serie aber wird von der in der Kamera befindlichen Luft nur teilweise absorbiert.

Da sich die Pulverdiagramme sonst nicht indizieren lassen, bleibt nur übrig zu versuchen, Einkristalle aus der Verbindung

¹ C. R u n g e, Phys. Zs. 18, 509. 1917.

zu erlangen, um aus deren Messung auf optischem und röntgenographischem Wege der Lösung der Frage allmählich näherzukommen. Im vorliegenden Fall sind die Aussichten auf Erbeutung von Einkristallen sehr fraglich, liegt doch die Umwandlungstemperatur von Ag_2Te unbequem niedrig — bei 140°C , sodass man bei der thermischen Herstellung der Legierung immer die β -Modifikation bekommt. Bei der Temperatursenkung gibt es aber keine Mittel, den Umwandlungsprozess so zu leiten, dass dabei genügend grosse und voneinander trennbare Einkristalle entstehen. Die sog. „nassen Methoden“ zur Herstellung der Verbindung durch die Reaktion zwischen den Ag und Te enthaltenden Lösungen, wie das z. B. Hall und Lenher¹, Tibbals² und Bruke³ getan haben, geben zwar wegen der niedrigen Temperatur das primäre α - Ag_2Te , jedoch in einer Form, die selbst bei Pulvermethoden für die röntgenographische Untersuchung unbrauchbar ist.

Was im Laboratorium unerreichbar ist, kann aber der Natur während der grossen geologischen Zeitspannen gelingen. Ag_2Te kommt in der Natur, wie wir früher sahen, an vielen Stellen z. B. in Sibirien, Rumänien, Kanada in genügend reiner Form unter dem Namen Hessit vor, oft als äusserlich schöne Einkristalle. Hier darf man hoffen, dass wenigstens ein Teil davon primär in α -Modifikation entstanden oder in den ungeheuren Zeitspannen zu deren Einkristallen ausgewachsen ist. Deswegen wurden von der mineralogischen Spezialfirma Dr. Krantz in Bonn zwei Hessitkristalle, die nach Angabe der Firma aus Botes in Rumänien stammten, bezogen. Die Aussenflächen der Kristalle, deren Grösse ca. $3 \times 5 \times 15$ resp. $4 \times 6 \times 8$ mm³ betrug, waren nicht optisch reflektierend noch rein ausgebildet. Deshalb war die optische Formenmessung undurchführbar. Doch erinnerten die Kristalle stark an monokline Prismen. Aus diesen Kristallen vorsichtig orientiert ausgeschnittene Stückchen gaben bei Drehaufnahme statt diskreter Punkte völlig stetige Pulverlinien, was zeigt, dass diese Kristalle aus lauter ungeordneten Mikrokriställchen bestehen.

¹ R. D. Hall & V. Lenher, Journ. Amer. Chem. Soc. 24, 918. 1902.

² C. A. Tibbals, Bull. Univ. Wisconsin, 274, 1909.

³ A. Bruke, Rec. Trav. Chim. Pays-Pas, 45, 471. 1924.

Das natürliche Hessit half so zu einer Strukturbestimmung nicht weiter. Doch bewiesen die Pulveraufnahmen von aus den Kristallen ausgeschnittenen „Drähten“ und von aus den Kristallen hergestellten Pulvern, die mittels der Straumanisschen und der Phragménischen Methode hergestellt wurden, die völlige strukturelle Identität des Hessits mit der auf thermischem Wege hergestellten Verbindung Ag_2Te . Die Diagramme beider fallen in den Linienlagen wie in ihren Intensitäten völlig zusammen.

Künstlich α - Ag_2Te -Einkristalle zu züchten, ist unmöglich, doch gelingt es, diese in der β -Modifikation zu erhalten. Für die α -Modifikation darf man hoffen, dass die α -Kristalle bei der polymorphen Umwandlung nicht beliebig entstehen, sondern dass sie in bestimmten rationalen Lagen zu den ursprünglichen β -Kristallen liegen. Wenn die primären Kristalle dabei nicht zu gross sind, kann es vorkommen, dass die Zahl dieser Lagen klein bleibt, bestenfalls vielleicht nur zwei oder drei. Ein solcher Komplex von in bestimmter Lage zueinander stehenden Kristallen kann bei den röntgenographischen Untersuchungen zuweilen mit Erfolg den reinen Einkristall vertreten. In diesem Fall sind die Röntgendiagramme natürlich kompliziert und bestehen aus der Überlagerung von den den einzelnen Lagen entsprechenden einfachen Diagrammen. Wenn aber die einzelnen Lagen genügend rationell zueinander stehen, kann es gelingen, die erhaltenen Diagramme in ihre Komponenten für die einzelnen Lagen zu zerlegen.

Die Verbindungen von Silber mit Tellur stellte als erster Margottet¹ dar. Zu diesem Zweck leitete er Te-Dämpfe über das bis zur Rotglut erhitzte Ag. Als Resultat erhielt er meistens zusammengewachsene, aber leicht trennbare Oktaeder mit den Flächenwinkeln $109^{\circ}28' \pm 1'$. Ihre Zusammensetzung war: 62,13 Gewichtsteile Ag und 36,80 Gewichtsteile Te, was der Verbindung Ag_2Te sehr nahekommt. Analog, aber mit vervollständigter Apparatur² und quantitativ sehr genau (bis 0,001%) stellte Hönigschmid³ dieselbe Verbindung zwecks Atomge-

¹ J. Margottet, Ann. scient. de l'Ecole Norm. Supér. II. 8, 247. 1879.

² O. Hönigschmid u. R. Sachtleben, Zs. f. anorg. Chem. 195, 221. 1931.

³ O. Hönigschmid, Zs. f. anorg. Chem. 214, 281. 1933.

wichtsbestimmung des Te her. Das Ergebnis waren wiederum gut ausgebildete Oktaeder.

Ich fing mit der Kristallzucht nach der Hönigschmid'schen Methode an, mit dem zweckentsprechenden Unterschied — nur gut ausgebildete Kristalle zu erhalten und nicht alles Ag quantitativ in Ag_2Te zu verwandeln, — dass ich eine etwas umgeänderte Apparatur benutzte. Um den Kristallwachstum von Anfang an zu verfolgen und danach richtig leiten zu können, musste die ganze Apparatur mitsamt den erforderlichen elektrischen Öfen aus einem durchsichtigen Material hergestellt werden, wozu sich nur Quarzglas eignete. Da Wägungen der Produkte nicht nötig waren, wurde das Reaktionsrohr unzerlegbar

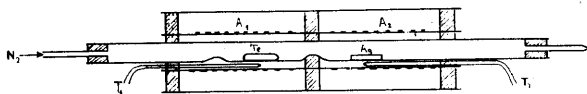


Fig. 4. Einrichtung zur Kristallzucht unter dem Schutzgas.

gewählt, und die ganze Apparatur erhielt die auf Fig. 4 dargestellte Gestalt. Das Reaktionsrohr (9 mm Φ , 30 cm lang) erhielt zwei Einschnürungen zum Festhalten des flüssigen Te, während Ag und die entstehenden Kristalle in festem Zustand bleiben und deswegen der Festhaltungsmassnahmen nicht bedürfen. Die elektrischen Öfen A_1 und A_2 sind aus $0,1 \times 1,0$ mm Chromnickeldraht auf eine gemeinsame Quarzglasröhre von 15 cm Länge, 15 mm Φ gewickelt, wobei der zwischen je zwei Windungen gelassene Zwischenraum von 2 mm das Betrachten der Reaktion im Rohrinnern ermöglicht. Als Aussendeckung der Öfen dient ein Rohr aus Supremaxglas von 40 mm Durchmesser. Das Ganze wird durch Asbestringe zusammengehalten und in zwei Hälften geteilt. Zur Verfolgung der Temperaturen sind in die unmittelbare Nähe von Ag und Te zwischen den Öfen und dem Reaktionsrohr zwei Thermoelemente Te_1 und Te_2 eingeführt.

Nachdem die kompakten, je einige Gramm wiegenden Ag- und Te-Stückchen in das Reaktionsrohr eingeführt und dieses mit gereinigtem und getrocknetem Stickstoff aus einer Stahlflasche gefüllt war, wurden die Öfen soweit erhitzt, dass sich Te bei 450° — 470° (flüssig) und Ag bei 500° — 550° C befanden. Die erforderliche Heizstromstärke bei der benutzten Einrichtung war 0,8—1,2 Amp. Wenn dann der Stickstoffstrom mit einer

Stärke von 0,2—0,5 l pro Stunde durch das Reaktionsrohr durchgeleitet wurde, trug dieser den langsam entstehenden Tellurdampf zum Silber, an dessen Oberfläche dann oktaedrische Kristalle zu wachsen anfangen. Zur regelmässigen Bildung dieser Kristalle ist die richtige Einstellung der Temperaturen und des Stickstoffstromes sehr massgebend. Bei zu schnellem Wachsen der Kristalle (höhere Temperaturen und stärkerer N_2 -Strom) bleiben diese nicht getrennt, sondern wachsen meistens mit den Spitzen bis zu zehn Stück zusammen, und die Aussenflächen entwickeln sich nicht glatt, sondern stufenförmig. Unter den obengenannten Bedingungen bedeckte sich die ganze Oberfläche des Silberstückes ($0,5 \text{ cm}^2$) in 24 Stunden mit Kriställ-

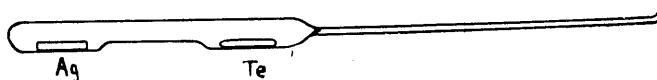


Fig. 5. Einrichtung zur Kristallzüchtung im Hochvakuum.

chen. Darunter befanden sich aber nur drei oder vier solche, die eine zweckentsprechende Grösse ($0,3$ — 1 mm) hatten, bei denen alle Flächen richtig ausgebildet waren, und die mit den anderen Kristallen oder dem Silberstück leicht trennbar nur an einer Ecke zusammengewachsen waren.

Bevor man die Kristalle sich abkühlen liess, schaltete man die Heizung des Ofens A_1 aus, sodass Te erstarrte und damit dessen Dampfbildung beendet wurde. Die Temperatur des Ofens A_2 wurde dagegen noch um 10 — 20° erhöht, und 2—6 Stunden so gehalten, um den Kristallen die Möglichkeit zu geben, sich zu homogenisieren, denn die Oberflächen können gleich nach Beendigung der Tellurierung etwas mit Te übersättigt sein, und es braucht einige Zeit, damit die Kristalle durch Ag-Zunahme völlig gleichmässig werden. Die Bildung der Verbindung $Ag_{12}Te_7$ braucht man dabei nicht zu befürchten, denn die Temperatur liegt ja mehr als 100° über deren Existenzgrenze. Auch kann kein Te-Überschuss in den Kristallen, die noch die geringste Bindung mit Ag haben, bleiben, denn Te hat bei dieser Temperatur eine grosse Affinität zu Ag, und die Wanderungsgeschwindigkeit der Ag-Atome ^{1, 2} ist ebenfalls gross.

¹ G. v. Hevesy, Zs. f. Elektrochem. 34, 463. 1928.

² G. v. Hevesy u. W. Seith, Zs. f. anorg. Chem. 180, 150. 1929.

Eine solche Kristallzüchtungsmethode ist, wenn sie den Wachstumsverlauf auch leicht verfolgen und regulieren lässt, dennoch wegen der Notwendigkeit des Schutzgases (z. B. N_2) umständlich. Da Te bei höheren Temperaturen gegen Sauerstoff sehr empfindlich ist, muss das Schutzgas sehr sorgfältig gereinigt und getrocknet werden, um die flüssige Te-Oberfläche auch während vieler Stunden metallisch rein zu erhalten. Deshalb wurde, um Kristalle im Vakuum zu züchten, eine einfachere Methode ausgearbeitet, die keine speziellen Einrichtungen erforderte. Ag und Te wurden in eine Röhre aus schwerschmelzendem Glas eingeführt, die die auf Fig. 5 gezeigte Form hat. Die Masse des Rohres waren: 8—20 mm im Durchmesser und 8—15 cm in der Länge. Das Rohr wurde mittels einer Diffusionspumpe unter Berücksichtigung aller Regeln der Vakuumtechnik soweit wie möglich evakuiert und dann abgeschmolzen. Bei meinen Versuchen zeigte ein Kontrollvakuummeter vor dem Abschmelzen ein Vakuum von unter 0,001 mmHg an.

Ein solches Rohr kann man jetzt in jeden gewöhnlichen röhrenförmigen horizontalen Laboratoriumsofen von passender Grösse so einführen, dass das Ende mit Te dem Aussenende und das mit Ag der Mitte des Ofens zugewendet ist. Bei den röhrenförmigen Öfen sinkt die Temperatur immer zu den Enden hin, und so kann man durch mehr oder weniger tiefes Einführen des Rohres in den Ofen immer eine solche Stellung finden, wo die Temperaturen gleichzeitig für Ag und Te passend sind. Natürlich muss die Temperaturverteilung im Ofen bei verschiedenen Heizstromstärken vorher bestimmt sein. Um die Einführung des Kristallisationsrohres in die richtige Stellung und die nachherige Verschiebung zu erleichtern, empfiehlt es sich, dessen Te-seitiges Ende ausserhalb der Abschmelzstelle zusammenzulassen und zu einem ca. 2 bis 3 mm dicken und 15 cm langen Glasstab als Handhabe auszuziehen. Erst eine solche Handhabe ermöglicht die einfache und leichte Benutzung von gewöhnlichen Laboratoriumsofen. Da die Widerstandsöfen keiner ständigen Aufsicht bedürfen, ist es möglich, den Kristallisationsverlauf sehr langsam zu wählen — z. B. 100 oder noch mehr Stunden, was seinerseits die Entstehung von regelmässiger ausgewachsenen Kristallen begünstigt. Um gegen Ende der Kristallisation die weitere Entwicklung von Tellurdämpfen zu unterbinden, braucht man nur das Kristallisationsrohr bis zum Ofenende zu schieben, wo Te

erstarret, und zugleich den Heizstrom etwas zu vergrössern, um die Kristalle endgültig zu homogenisieren. Hier kann man zwar das Kristallwachstum nicht mehr mit dem Auge verfolgen, aber bei der genauen und leichten Reproduzierbarkeit der Bedingungen — es fehlt ja das fliessende Schutzgas — kann man stattdessen mehr Vorversuche anstellen und doch bessere Resultate mit weniger Mühe und Materialvergeudung erreichen.

Wenn man das Kristallisieren irgendeiner anderen Verbindung durchführen will, oder wenn aus irgendeinem anderen Grund die direkte Verfolgung des Kristallisationsprozesses wünschenswert erscheint, dann kann man natürlich bei dünneren Kristallisationsröhren den gleichen durchsichtigen zweiteiligen Quarzofen, welcher beim Arbeiten mit dem Schutzgas in Gebrauch war, gebrauchen. Die Brauchbarkeit des durchsichtigen Ofens reicht jedoch nur bis zu ca. 700° C, da bei noch höheren Temperaturen das Leuchten der Heizwicklung die genaue Betrachtung des Ofeninneren sowieso verhindert.

Ihrem Äusseren nach differierten die im Stickstoff gezüchteten Kristalle fast gar nicht von denen im Hochvakuum gezüchteten. Strukturell erwiesen sie sich nach den röntgenographischen Aufnahmen als völlig identisch mit der Legierung in der atomaren Zusammensetzung 2:1 und dem Hessonit. Das Material für die Röntgenaufnahmen wurde unter dem Mikroskop sorgfältig ausgesucht, wobei nur gute, mit scharfen Kanten ausgebildete Kristalle zur Verwendung gelangten. Diese wurden im Achatmörser zerkleinert und aus diesem Pulver vor, wie auch nach der Rekristallisation, Aufnahmen gemacht.

Da die Ag_2Te -Kristalle nicht genügend spröde sind, um im Mörser gut zerkleinert werden zu können, galt es, so kleine Kristalle zu züchten, dass diese selbst ein genügend feines Pulver ausmachten. Zu diesem Zweck wurde in das Kristallisationsrohr, dessen untere Seite diesmal platt gedrückt war, statt eines massiven Silberstücks eine hauchdünne Schicht feinen Silberpulvers eingeführt in der Hoffnung, dass aus jedem Silberkörnchen ein Kriställchen auswächst. Diese Methode führte aber zu keinem Ergebnis. Wenn man die Tellurierung bis zu Ende geführt und dann das überschüssige Tellur durch Erhitzen bei 600° C hat ausdestillieren lassen (hier gibt es ja kein freies Silber mehr, welches den Te-Überschuss binden könnte), so wächst

die Mehrzahl der feinen Kriställchen immer zu grösseren (einige Zehntel Millimeter) Stückchen zusammen.

Die ausgewählten, äusserlich schön oktaedrischen Kristalle, die vermutlich aus einfach orientierten α -Mikrokriställchen bestehen, zeigen auf den Laueaufnahmen kubische Symmetrie $O_h - m\bar{3}m$. Bei der Aufnahme für Tafel IV, 1 war die Primärstrahlrichtung senkrecht zur Würfelfläche, d. h. $\{100\}$. Hier kann man die vierzählige Symmetrieachse deutlich sehen. Bei der Aufnahme für Tafel IV, 2 war die Primärstrahlrichtung $[110]$. Diese Aufnahme zeigt auch tatsächlich eine zweizählige Symmetrieachse. Dasselbe Bild erhält man immer, einerlei welche von den Kubuskanten resp. Flächen man zur Aufnahmeausrichtung wählt. Diese höchste kubische Symmetrie kann aber auch nur vorgetäuscht sein, wenn die den Oktaeder bildenden Mikrokristalle selbst gar nicht kubisch sind, sondern tetraedrisch oder orthorhombisch, und wenn deren Kanten parallel zu den Primärkubuskanten stehen. Dabei müssen die Richtungen der c -Achsen statistisch auf alle drei Achsenrichtungen des Primärkubus verteilt sein. In einem solchen Fall gibt die Überlagerung von Symmetriebildern $D_{4h} - 4/m\bar{m}m$ oder auch $V_h - m\bar{m}m$ nach Drehung immer um 90° dasselbe Lauebild $O_h - m\bar{3}m$ wie ein einziges wirklich kubisches Kristall. Da auf den Lauebildern keine zufällig gelagerten Reflexe zu sehen sind, ist die Behauptung, dass wenigstens die ausschlaggebende Mehrzahl der Mikrokristalle mit ihren c -Achsen parallel zu den Primärkubuskanten orientiert ist, berechtigt.

Auf den Drehkristallaufnahmen (Tafel IV, 3) sind die Punkte lang ausgezogen — das bedeutet: die Mikrokristalle liegen nicht genau parallel zu den Kubuskanten, sondern ihre Richtungen schwanken bis zu 1° um diese. Die Schichtlinien bei der Drehung um die primäre Kubuskante $[100]$ zerfallen in Triplets, sodass zugleich faktisch drei Schichtliniensysteme vorhanden sind. Aus diesen berechnet sich die Identitätsperiode für jedes System zu: $J_a = 13,0 \text{ \AA}$, $J_b = 12,7 \text{ \AA}$ und $J_c = 12,2 \text{ \AA}$. Alle mit einer Genauigkeit von nur $\pm 0,4 \text{ \AA}$, denn die ausgezogenen Punkte erlauben keine genaue Messung ihrer Lagen. Es scheint, dass man es wirklich mit orthorhombischen Kristallen, die sich von den kubischen nicht viel unterscheiden, zu tun hat. Wegen der viel zu geringen Genauigkeit der gefundenen Gitterkonstanten-

Tabelle 3.

 α -Ag₂Te.C_K-Strahlung. ϑ = Glanzwinkel.

Nr.	sin ² ϑ	I	Nr.	sin ² ϑ	I	Nr.	sin ² ϑ	I
Innere Kamera:			37	0.2926	st	62	0.5770	sss
			38	3160	s	63	5862	sss
1	0.0884	sss	39	3206	m	64	6050	sss
2	0939	sss	40	3250	sss	65	6109	sss
3	0971	sss	41	3292	ss	{67	6275	st
4	1036	ss	42	3439	s	{68	6291	m
5	1076	ss	43	3469	sss	69	6354	ss
6	1141	ss	44	3536	m	{70	6414	ss
7	1170	ss	45	3639	ss	{71	6425	sss
8	1200	sss	46	3719	sss	{72	6508	ss
9	1214	s	47	3808	s	{73	6530	sss
10	1302	st	48	3866	sss	{74	6588	sss
11	1329	sss	49	3912	ss	{75	6615	sss
12	1404	s	50	3972	s	{76	6645	ss
13	1455	s	51	4180	st	{77	6669	sss
14	1470	st	52	4252	sss	{78	6718	m
15	1577	sst	53	4368	ss	{79	6738	s
16	1604	ss	54	4584	m	{80	6771	st
17	1699	st	55	5126	m	{81	6794	s
18	1803	m	56	5223	m	{82	7287	m
19	1889	sss	57	5265	s	{83	7307	s
20	2013	ss	58	5357	s	{84	7662	m
21	2054	m	59	5410	sss	{85	7684	s
22	2148	ss	60	5572	sss	{86	7725	m
23	2183	ss	61	5625	s	{87	7750	s
24	2186	s	62	5774	ss	{88	7980	m
25	2270	s	63	5860	ss	{89	8003	s
26	2317	ss	64	6052	ss	90	8032	sss
27	2370	s	65	6112	sss	{91	8323	ss
29	2414	s	66	6188	ss	92	8347	sss
30	2432	m	67/8	6290	st	{93	8400	m
31	2482	sst	69	6360	ss	{94	8428	m
32	2591	st	70/1	6420	ss	{95	8537	s
33	2605	m	72	6505	sss	{96	8564	ss
			74	6590	ss	{97	8663	sss
Mittlere Kamera:			75	6620	ss	{98	8684	sss
28	0.2393	ss	76/7	6663	ss	99	8898	sss
30	2436	st	78/9	6728	m	{100	9296	m
31	2486	sst	80/1	6785	st	{101	9126	s
33	2606	ssst	Äussere Kamera:			102	9356	sss
34	2747	st	60	0.5568	sss	103	9529	sss
35	2802	s	61	5622	s			
36	2869	sst						

werte reichen diese nicht zur Auswertung der Pulverdiagramme aus.

Auf den Weissenbergaufnahmen sind die Punkte noch mehr ausgezogen, was bei der ungenauen Orientierung zu erwarten ist.

Deswegen kann man diese selbst in die Teildiagramme nach den Orientierungsrichtungen der Mikrokristalle nicht mehr zerlegen. Soviel kann man jedoch herauslesen, dass man es mit orthogonalen Kristallen zu tun hat, was uns in der Annahme von orthorhombischen Kristallen nochmals bestärkt.

Die Pulverdiagramme, die bisher unindiziert geblieben und deren Messungsergebnisse in Tabelle 3 zusammengefasst sind, sind von mir im Chemischen Laboratorium der Stockholmer Hochschule mit den P h r a g m é n s c h e n ¹ fokussierenden Kame-
 ras gemacht worden. Die Kameras waren mit NaCl bei Benutzung von Fe_k und Ni_k-Strahlung kalibriert, wobei als Kubuskante für NaCl $a = 5,6284 \text{ \AA}$ und die Wellenlängen für Ni: $a_1 = 1,6545 \text{ \AA}$, $a_2 = 1,6584 \text{ \AA}$, $\beta = 1,4970 \text{ \AA}$; für Fe: $a_1 = 1,9323 \text{ \AA}$, $a_2 = 1,9365 \text{ \AA}$ angenommen wurden. Alle Aufnahmen sind mit Cr_k-Strahlung ($\bar{a} = 2,2863$, $a_1 = 2,2850$, $a_2 = 2,2889$ und $\beta = 2,0806 \text{ \AA}$) bei 10 mA und 25 kV mit 6—75-stündigen Expositionen gemacht. Die Daten sind Mittelwerte aus je zehn Filmen, die von verschiedenen Legierungen gemacht worden sind. Für jeden Bereich sind drei verschiedene Kameras benutzt worden. Die Genauigkeit von $\sin^2\vartheta$ ist $\pm 0,0001—0,0004$. Die den a_1 - und a_2 -Linien gehörenden Werte sind mit Klammern zusammengefasst.

β -Ag₂Te.

Die β -Modifikation ist vorhanden in dem Temperaturbereich von 140° bis 958° C, d. h. bis zum Schmelzpunkt. Bei der thermischen Herstellung der Verbindung Ag₂Te scheidet sich die β -Modifikation primär aus. Da bei der Abkühlung unter den Umwandlungspunkt die äussere Form der Kristalle, ungeachtet der inneren Umlagerungen unverändert bleibt, ist es leicht, aus den optischen Messungen der äusseren Formen die Kristallklasse zu bestimmen. Sie erweist sich als kubisch, was schon M a r g o t t e t ² bemerkt hat. Bei den von mir gemäss der bei der

¹ A. Westgren, Transact. Amer. Inst. of Mining and Met. Engin. New-York Meeting, Febr. 1931.

² J. Margottet, loc. cit.

α -Modifikation beschriebenen Weise gezüchteten Kristallen ist die Hauptform $\{111\}$. Nur selten sind die Kubusflächen $\{100\}$ vorhanden, aber auch dann bleiben die Oktaederflächen immer der Grösse nach in dem Übergewicht. Die Kristalle wachsen mit den Flächen $\{100\}$ aneinander und bilden dann oft lange, gezähnte „Säulen“.

Die Struktur dieser Hochtemperaturmodifikation ist von P. Rahlfs¹ in Göttingen bestimmt worden. (Ich spreche von β -Modifikation, entgegen der Rahlfs'schen Bezeichnungsweise, um diese Bezeichnungsweise mit der bei $\text{Ag}_{12}\text{Te}_7$ in Einklang zu bringen, denn es gibt leider bisher für die Reihenfolge der Modifikationen keine einheitliche Bezeichnungsweise.) Rahlfs findet für die Hochtemperaturmodifikation eine flächenzentriert kubische Gitterzelle mit $a = 6,572 \pm 0,010 \text{ \AA}$ und $n = 4$. Da er mit Cu_K -Strahlung nur 6 messbare Reflexe erhalten hat, wobei der äusserste von diesen nur bei $\vartheta = 37,5^\circ$ liegt, reichen seine Daten zur endgültigen Festlegung der Atomlagen eigentlich nicht aus, obwohl er Vorschläge dazu gemacht hat. Auch kann man aus seiner Arbeit nicht ersehen, ob seine Präparate aus reinem Ag_2Te bestanden haben, oder einen bedeutenden Te-Überschuss enthielten, was man nach der Beschreibung der Herstellungsweise der Verbindung vermuten kann, denn wenn man auf Ag-Pulver Te-Dämpfe einwirken lässt, kann man in der ganzen Masse eine reine Verbindung nur dann erhalten, wenn man Ag zuerst mit Te übersättigt und danach dessen Überschuss im Hochvakuum bei $500\text{--}600^\circ \text{ C}$ abdestilliert.

Ich versuchte, von der Verbindung, die schon die genaue Zusammensetzung hatte, bei 250° C bessere Pulveraufnahmen zu machen, als Rahlfs das gelungen war, musste mich aber aus Mangel an einer eigens für diesen Zweck abgestimmten Temperatorkamera mit ebenso mangelhaften Filmen begnügen. Die Westgrensche² Hochtemperaturkamera mit direkter Heizung, welche ich in Tartu gebaut habe, und welche für drahtförmige Präparate bestimmt ist, liess von Ag_2Te überhaupt keine Röntgenaufnahmen bei höherer Temperatur machen, denn die aus Ag_2Te durch Aussägen oder durch Einsaugen der Schmelze in

¹ P. Rahlfs, Zs. f. phys. Chem. (B) 31, 179—184. 1936.

² A. Westgren u. G. Phragmén, Zs. f. phys. Chem. 102, 1. 1922.

Quarzkapillaren hergestellten Drähte krümmten sich infolge der bei Temperaturerhöhung eintretenden Umkristallisierung und zerbrachen. Ebenso war die mir in Göttingen zur Verfügung stehende Siemenssche¹ Vakuumkamera mit indirekter Heizung für drahtförmige Präparate konstruiert und brachte von meinen Präparaten nur unbrauchbare Filme.

Versuche, die β -Modifikation durch Abschrecken auch bei niederen Temperaturen aufzubewahren, sind erfolglos — selbst die von 1000° C in Eiswasser abgeschreckte Legierung gab bei Zimmertemperatur immer Röntgendiagramme der α -Modifikation.

α -Ag₁₂Te₇.

Die Niedertemperaturmodifikation von Ag₁₂Te₇ ist beständig unter 408° C, und α -Ag₁₂Te₇ enthalten alle Ag-Te Legierungen mit 66—0 At% Ag-Gehalt, ob zusammen mit Ag₂Te, in reiner Form (bei 63,2 At% Ag), oder zusammen mit Te. Die als Legierung in der früher beschriebenen Weise hergestellte Verbindung gab, ebenso wie Ag₂Te, sehr linienreiche Pulverdiagramme; mit Cr_k-Strahlung konnte man weit über 100 messbare Linien erhalten. Die direkte Indizierung dieser Diagramme gelang nicht, da es sich herausstellte, dass sie jedenfalls nicht einem kubischen Kristall angehören.

Einkristalle direkt aus der Schmelze mit dem Atomverhältnis 12:7 zu züchten, ist nicht möglich, da die Verbindung peritektisch durch Reaktion zwischen dem festen Ag₂Te und der flüssigen Schmelze entsteht. Aus dem thermischen Diagramm wissen wir, dass in dem Bereich mit 44—36 At% Ag-Gehalt aus der Schmelze primär α -Ag₁₂Te₇ auskristallisiert. Es scheint, als ob man die Schmelze mit der obengenannten Zusammensetzung nur so weit abzukühlen braucht, bis die Kristallisation beginnt; dann lässt man die Kristalle bis zur gewünschten Grösse wachsen und zieht sie aus dem flüssigen Eutektikum heraus. In Wirklichkeit ist das aber nicht ausführbar. Man muss die Schmelze vollständig erstarren lassen, und erst dann kann man

¹ R. Berthold u. H. Böhm, Metallwirtsch. II, 567. 1932.

die Kristalle aus dem Regulus herausbekommen. Das sollte am besten auf chemischem Wege erfolgen, um jegliche innere Spannungen zu vermeiden. Dazu braucht man aber ein Lösungsmittel für Te, das auf die Verbindung $\text{Ag}_{12}\text{Te}_7$ nicht einwirken darf. Als Lösungsmittel für Te kommt nur siedendes HNO_3 oder dessen Mischung mit HCl in Betracht. Beide aber lösen die Verbindung ebenso gut wie das reine Te. Als einzige Möglichkeit bleibt die mechanische Trennung. Diese muss aber sehr sorgfältig vorgenommen werden, um die Spannungen und Deformationen in engen Grenzen zu halten. Hier hilft die grosse Sprödigkeit der Legierung und die leichte Spaltbarkeit der Kristalle in einer Richtung. Wenn man die Schmelze genügend schnell — mindestens 10^0 C pro Sekunde — von nur einer Seite abkühlt, bekommt man ein Regulus, welches im Eutektikum 0,01—0,1 mm dicke und bis 2 mm breite, fast gleichgerichtete Einkristallblättchen enthält (vgl. Tafel II, 2), die man mechanisch, ohne sie viel zu deformieren, ausbrechen kann. Wenn die Abkühlung langsamer erfolgt, werden die $\text{Ag}_{12}\text{Te}_7$ -Blättchen grösser — ich habe solche bis 1,0 mm Dicke und 8 mm Breite erhalten —, aber diese sind dann nicht mehr Einkristalle, sondern bilden einen Komplex mit den Basen in den verschiedenen Richtungen zusammengewachsener kleinerer Kriställchen, wie man auf den Schliften unter dem Polarisationsmikroskop feststellen kann.

Die strukturelle Identität dieser Blättchen mit der Legierung $\text{Ag}_{12}\text{Te}_7$ wurde bestimmt, indem unter dem Mikroskop eine genügende Anzahl reiner Blättchen ausgesucht, diese pulverisiert und von dem Pulver Röntgenaufnahmen gemacht wurden. Diese Aufnahmen waren völlig identisch mit denen von $\text{Ag}_{12}\text{Te}_7$.

Die blättchenförmigen α - $\text{Ag}_{12}\text{Te}_7$ -Kriställchen besitzen nur zwei parallele, optisch reflektierende Flächen — Spaltflächen —, und deswegen können sie in der Röntgenkamera optisch nur in einer Richtung justiert werden. Drehkristallaufnahmen in dieser Richtung, d. h. mit der Drehachse senkrecht zur Spaltfläche, ergeben eine Identitätsperiode von 8,34 Å. Die Weissenbergaufnahmen um dieselbe Drehachse vom Äquator, von der ersten und zweiten Schichtlinie zeigten eine hexagonale Symmetrie und ergaben in der Richtung der α -Achse, die somit in der Blattebene liegt, eine Identitätsperiode von 13,5 Å. Systematische Auslöschungen der Reflexe waren auf den Diagrammen nicht vorhanden.

Die Justierung der Blättchen mit der a -Achse als Drehachse war nur röntgenographisch nach der Näherungsmethode von Kr at ky¹ möglich, da mir die Justierungseinrichtung nach der Laueschen Methode, welche ein beträchtlich schnelleres Arbeiten ermöglicht, damals fehlte. Drehaufnahmen um die a -Achse geben im Einklang mit den obenerwähnten Weissenbergaufnahmen eine Identitätsperiode von 13,43 Å.

Aus den Weissenbergdiagrammen um die a - und c -Achse kann man für die Kristalle von $\text{Ag}_{12}\text{Te}_7$ die Lauesymmetrie $D_{6h} - 6/mmm$ herauslesen. Auf Grund der bekannten Symmetrie und der Näherungswerte für die Gitterkonstanten kann man jetzt die Pulverdiagramme schon fehlerlos indizieren, wenn man in fraglichen Fällen noch die Intensitäten der Reflexe auf den Weissenbergdiagrammen zu Hilfe nimmt. Weiter setzt dann der normale Gang der Gitterkonstanten- und Atomlagebestimmung ein.

In Tabelle 4 sind die Messergebnisse der Pulverdiagramme für die Niedertemperaturphase von $\text{Ag}_{12}\text{Te}_7$ zusammengefasst. Diese Diagramme sind mit denselben Einrichtungen wie die für Ag_2Te benutzte in der Röntgenabteilung des Chemischen Laboratoriums der Stockholmer Hochschule aufgenommen. Alle Aufnahmen machte ich mit Cr_k -Strahlung bei 10 mA und 25 kV mit Expositionen von 9—45 Stunden. Die $\sin^2 \theta$ Werte sowie die geschätzten Intensitäten sind die Mittelwerte von je sechs Filmen, welche je von einer anderen Legierung gemacht wurden. Für den inneren Bereich wurde eine Kamera, für den mittleren zwei und für den äusseren drei Kameras benutzt. Gemessen wurden die Filme mit der Glasskala. Zur Kontrolle der geschätzten Intensitäten ist je ein Film für jeden Bereich, welcher der Legierung Nr. 45 gehört, mit dem selbstregistrierenden Mikrophotometer von Kipp und Zonen photometriert worden, und die gefundenen Intensitätswerte wurden in der vorletzten Spalte von Tabelle 4 eingeordnet.

Die Gitterkonstanten sind aus den letzten zehn Linien (Nr.Nr. 143, 144, 147, 148, 152, 153, 154, 155, 156, 157), bei welchen keine Kollisionen stattfinden, nach der gewöhnlichen Ausgleichsrechnung berechnet worden, wozu die Sinuse der Glanzwinkel in der Form

$$\sin^2 \theta = A(h^2 + k^2 + hk) + C \cdot l^2$$

¹ O. Kr at ky u. G. Kr e b s, Zs. f. Krist. (A) 95, 253. 1936.

Tabelle 4.

 α -Ag₁₂Te₇Cr_k-Strahlung.

Nr.	hkl	sin ² ϑ		λ	Intensität		Δ
		Gemessen	Berechnet		Gesch.	Fotom.	
I n n e r e K a m e r a							
1	112	0.1010	0.1022	α	m	13	+12
2	301	1041	1053	α	s	12	+12
3	221	1100	1112	β	} sss	8	
4	202		1118				
5	220	1148	1159	α	m	20	+11
6	112	—	1166	β	—	2	
7	310	1247	1256	α	sss	5	+ 9
8	221	1330	1342	α	s	20	+12
9	003	—	1364	β	—	3	
10	212	1396	1408	α	st	55	+12
11	311	1427	1439	α	s	23	+12
12	400	1538	1546	α	} s	28	
13	222		1566				
14	302	—	1601	α	—	2	
15	312	1636	1646	β	} m	36	
16	003		1647				
17	321	1660	1672	β	m	40	+12
18	103	—	1744	α	—	3	
19	320	1827	1836	α	ss	12	+ 9
20	402	1882	1886	β	} ssst	86	
21	222		1891				
22	231	1928	1924	β	} sss	11	
23	113		1937				
24	312	1978	1988	α	sst	100	+10
25	500	—	2000	β	—	5	
26	321	2012	2019	α	st	78	+ 7
27	303	2080	2084	β	ss	9	+ 4
28	322	2122	2126	β	ss	5	+ 4
29	330	2156	2160	β	ss	14	+ 4
30	402	2278	2278	α	} m	56	
31	412		1286				
32	331	2316	2312	β	} m	53	
33	213		2323				
34	500	2411	2415	α	} m	57	
35	004		2425				
36	303	2512	2516	α	s	38	+ 4
37	322	2562	2568	α	s	18	+ 6
38	501	—	2598	α	—	2	
39	502	2600	2606	β	} m	25	
40	330		2609				
M i t t l e r e K a m e r a							
34	500	0.2414	0.2415	α	} m	34	
35	004		2425				
36	303	2514	2516	α	s	14	+ 2
37	322	2567	2568	α	s	25	+ 1
39	502	2606	2606	β	} m	29	
40	330		2609				

Nr.	hkl	sin ² θ		λ	Intensität		A
		Gemessen	Berechnet		Gesch.	Fotom.	
41	511	—	0.2632	β	—	3	
42	412	2755	2761	α	sst	99	+6
43	331	2798	2792	α	sst	59	-6
44	600	}	2880	β	}	—	5
45	323		2883	β			
46	004	2930	2928	α	st	68	-2
47	214	—	2985	β	—	6	
48	512	—	3086	β	—	4	
49	502	3145	3147	α	s	24	+2
50	511	3178	3178	α	s	21	0
51	600	}	3478	α	}	m	43
52	323		3483	α			
53	214	3605	3604	α	s	33	-1
54	413	3672	3676	α	sss	16	+4
55	512	3725	3727	α	s	32	+3
56	440	—	3841	β	—	4	
57	521	3952	3951	α	sss	12	-1
58	503	4065	4062	α	sss	11	-3
59	314	4186	4184	α	sss	13	-2
60	334	4587	4585	β	sss	8	-2
61	440	4637	4638	α	s	29	+1
62	{ 700	}	4735	}	}	16	-1
	530						
63	541	—	5032	β	—	4	
64	604	}	5305	β	}	8	
65	325		5311	5309			
68	{ 702	}	5459	}	}	5	+1
	532						
70	415	—	5470	β	—	7	
71 ²	334	5534	5536	α	s	38	+2
81	630	6080	6080	α_1	s	27	-4
82	631	6263	6263	α_1	ss	9	0
83 ⁵	604	}	6409	α	}	100	
84 ⁶	325		6406	6410			
87	434	6494	6495	α_1	ss	17	+1
89	434	—	6517	α_2	—	3	
91	415	6594	6596	α_1	ss	28	+2
92	415	—	6619	α_2	—	4	

Ä u s s e r e K a m e r a

64	604	}	0.5310	}	}	s	—	
65	325							
66	523	}	5417	}	}	s	3	-2
67	523							
68	{ 702	}	5458	}	}	s	20	+2
	532							
69	{ 702	}	—	}	}	s	25	-2
	532							
71	334	5532	5530	α_1	m	25	-2	
72	334	5547	5550	α_2	s	31	+3	
73	424	}	5633	}	}	ss	31	0
74	424							
75	711	}	5692	}	}	ss	16	-2
76	711							
			5684	α_1				
			5703	α_2				

Nr.	hkl	sin ² ϑ		λ	Intensität		I
		Gemessen	Berechnet		Gesch.	Fotom.	
77	315	} 0.5836	0.5824	α_1	} sss	7	-4
78	315		5844	α_2		24	-3
79	713	} 5927	5924	β	} ss	26	-4
80	335		5953	β		26	+2
81	630	} 6078	6080	α_1	} s	26	0
82	630		6101	α_2		100	
83	604	} 6405	6399	α_1	} st	23	
84	325		6403	α_1		37	-1
85	604	} 6424	6420	α_2	} s	88	
86	325		6425	α_2		36	
87	434	} 6492	6495	α_1	} ss	24	
88	316		6496	β		24	
89	434	} —	6517	α_2	} ss	37	-1
90	624		6585	β		88	
91	415	} 6594	6596	α_1	} ss	37	-1
92	415		6619	α_2		88	
93	416	} —	7136	β	} s	37	-1
94	713		7147	α_1		88	
95	713	} 7176	7170	α_2	} st	36	
96	335		7175	α_1		36	
97	722	} 7203	7197	α_1	} s	—	
98	335		7200	α_2		23	-2
99	722	} 7228	7221	α_2	} sss	17	-4
100	811		7228	α_1		27	-1
101	216	} 7258	7256	α_1	} ss	17	-4
102	216		7284	α_2		27	-1
103	543	} 7533	7532	α_1	} ss	35	
104	543		7557	α_2		11	
105	444	} 7564	7557	α_1	} ss	11	
106	515		7561	α_1		16	-1
107	444	} 7586	7583	α_2	} ss	9	-1
108	515		7587	α_2		19	
109	704	} 7654	7653	α_1	} s	16	-1
	534		7679	α_2		9	-1
110	704	} 7680	7679	α_2	} ss	19	
	534		7709	β		19	
111	705	} 7718	7709	β	} ss	19	
	535		7725	α_1		19	
112	633	} 7742	7738	α_1	} s	11	
113	226		7751	α_2		11	
114	633	} 7770	7761	β	} ss	20	0
115	830		7764	α_2		25	+1
116	226	} 7807	7807	α_1	} ss	11	
117	731		7831	α_2		20	0
118	731	} 7834	7835	α_1	} ss	25	+1
119	316		7863	α_2		11	-2
120	316	} 7968	7861	α_2	} sss	41	
121	516		7936	β		41	
122	624	} 7945	7943	α_1	} ss	22	
123	552		7969	α_1		22	
124	624	} 7995	7970	α_2	} m	22	
125	552		7996	α_2		s	+1

Nr.	hkl	sin ² θ		λ	Intensität		d
		Gemessen	Berechnet		Gesch.	Fotom.	
126	605	—	0.8044	α_1	}	—	18
127	742	—	8047	β			
128	642	—	8065	α_1	}	s	44
129	605	—	8071	α_2			
130	416	8606	8607	α_1	}	ss	28
131	416	8639	8636	α_2			
132	813	8687	8690	α_1	}	sss	8
133	544	8815	8811	α_1			
134	822	} 8844	8838	α_1	}	ss	4
135	544		8841	α_2			
136	822	8869	8868	α_2	}	sss	8
137	553	8886	8883	α_1			
138	553	8912	8913	α_2	}	sss	19
139	740	8973	8975	α_1			
140	634	} 9001	9004	α_1	}	s	35
141	740		9006	α_2			
142	634	9032	9035	α_2	}	ss	12
143	804	9099	9101	α_1			
144	804	9129	9132	α_2	}	ss	10
145	336	9187	9186	α_1			
146	336	9213	9217	α_2	}	ss	7
147	{705 535}	} 9300	9298	α_1			
148	{705 535}			} 9330	9329	α_2	}
149	830	9358	9361			α_1	
150	724	} 9383	9390	α_2			
151	830		9393	9393	α_2	}	ss
152	516	9570	9572	α_1	}		
153	516	9600	9603	α_2			
154	742	9703	9706	α_1	}	m	79
155	742	9739	9739	α_2			
156	823	9754	9751	α_1	}	s	—
157	823	9788	9784	α_2			

geschrieben wurden, wobei $A = 1/3 \cdot \lambda^2/a^2$ und $C = 1/4 \cdot \lambda^2/c^2$.
So wurden die Werte gefunden:

$$a = 13.429 \text{ \AA}, \quad c = 8.4508 \text{ \AA}, \quad c/a = 0,6293.$$

Daraus ergibt sich der Inhalt der Gitterzelle zu $V = 1320 \text{ \AA}^3$. Um die Zahl der Atome in der Zelle zu bestimmen, muss man das spezifische Gewicht möglichst genau kennen. Aus Fig. 3, wo die nach der hydrostatischen Wägung für die massiven Reguli gefundenen Werte für das spezifische Gewicht eingetragen sind, findet man für $\text{Ag}_{12}\text{Te}_7$ den Wert $d = 8,15$. Da aber die Legierungen teilweise porös waren, muss man diesen Wert als etwas zu klein ansehen. Um den Einfluss der Poren auf das spezifische

Gewicht möglichst zu eliminieren, wurden die Messungen an der Legierung mit 63,6 At% Ag wiederholt und diesmal nicht mehr an dem massiven Regulus, sondern dieser wurde schrittweise immer mehr und mehr zerkleinert. Infolge der dabei immer grösseren Beseitigung der Poren fing das spezifische Gewicht an zu steigen, bis bei schon ziemlich fein zerpulvertem Material der Wert $d = 8,231$ erreicht wurde, welcher auch bei noch stärkerem Pulverisieren nicht mehr überschritten wurde. Damit kann man den Wert $d = 8,23 \pm 0,01$ für das spezifische Gewicht der Verbindung II (s. Tabelle 2) als endgültig annehmen. Da die aus den röntgenographischen Daten berechneten Werte für das spezifische Gewicht oft um einige Prozent grösser sind als

Tabelle 5.

Nr.	Zahl d. Atome		At% Ag	Erforderliches Gewicht	
	Ag	Te		d. Zelle	Spez.
1	35	22	61,4	10862	8,23
2	36	22	62,2	11040	8,36
3	36	21	63,2	10830	8,21
4	37	21	63,8	11008	8,32

die experimentell bestimmten und man noch nicht genau weiss, ob die Verbindung II gerade 63,6 At% Ag enthält oder ein bisschen weniger, so nehmen wir, um völlig sicher zu sein, dass keine Möglichkeit ausser acht gelassen wird, als Grenzen für das spezifische Gewicht bei der Atomzahlberechnung zuerst $d = 8,2 - 8,4$ an. Damit muss das Gewicht der Gitterzelle im Intervall $10800 - 11100 \times 10^{-24}$ g sein. Das Atomgewicht von Ag ist 107,88 — somit wiegt ein Silberatom $178,00 \times 10^{-24}$ g; entsprechende Werte für Te sind 127,61 und $210,56 \times 10^{-24}$ g. Nach thermischen, mikroskopischen und röntgenographischen Untersuchungen steht es fest, dass das Atomzahlverhältnis von Ag zu Te in den Grenzen 61:39 bis 65:35 sein muss. Wenn man noch in Betracht zieht, dass die Zahl der Atome nur ganzzahlige Werte annehmen kann, so bleiben mit den oben angenommenen Grenzwerten für die Verbindung II nur vier in Tabelle 5 angeführte Kombinationen zwischen Ag und Te übrig. Die erste davon können wir noch ruhig beiseitelassen, denn würde die Verbindung

II wirklich $\text{Ag}_{35}\text{Te}_{22}$ sein, so hätte die Legierung mit 63,6 At% Ag aus ca. 6 Teilen $\text{Ag}_{35}\text{Te}_{22}$ und 4 Teilen Ag_2Te bestehen müssen, und somit hätten die Röntgendiagramme von dieser Legierung die Linien beider Verbindungen enthalten, was aber keineswegs der Fall ist. Auch die zweite Kombination können wir als sehr unwahrscheinlich fortlassen, denn sie erfordert ein von dem experimentellen zu viel abweichendes spezifisches Gewicht. Somit bleiben nur die Kombinationen mit $36 \text{ Ag} + 21 \text{ Te}$ und $37 \text{ Ag} + 21 \text{ Te}$ übrig, zwischen welchen die experimentellen Angaben keine sichere Entscheidung zu machen mehr gestatten. Aber von den Möglichkeiten zur Unterbringung der Atome in dem von der Zellengestalt vorgeschriebenen Raum ausgehend, muss man jedenfalls erstere Kombination bevorzugen.

Aus allen diesen Gründen schliesse ich, dass die Zusammensetzung der Verbindung II gerade $\text{Ag}_{12}\text{Te}_7$ ist, und dass in der Gitterzelle drei solche Moleküle vorhanden sind.

Eine Verbindung Ag_7Te_4 , welche Chikashige und Saito vermuteten, und welche nach der prozentualen Zusammensetzung sehr nahe an $\text{Ag}_{12}\text{Te}_7$ herankommt, kann nicht bestehen, denn wenn die Zahl der Moleküle Ag_7Te_4 in der Gitterzelle $n = 5$ wäre, so würde das spezifische Gewicht $d = 7,91$ erfordern; wenn man aber $n = 6$ annimmt, so verlangt das $d = 9,49$, und diese beiden Werte werden von dem experimentellen Material negiert.

In der hexagonalen Gitterzelle mit $a = 13,429 \text{ \AA}$ und $c = 8,4508 \text{ \AA}$ hat man damit 36 Ag und 21 Te-Atome unterzubringen. Die Weissenbergaufnahmen haben erwiesen, dass man es hier mit der Lauesymmetrie $D_{6h}^1 - 6/mmm$ zu tun hat. Diese Symmetrie befriedigen fünf Raumgruppen: $D_{6h}^1 - C6/mmm$, $D_6^1 - C62$, $C_{6v}^1 - C6mm$, $D_{3h}^1 - C6m2$, und $D_{3h}^3 - H6m2$. Von diesen besitzen die drei letzteren nicht genügend viele Plätze zur Unterbringung von 57 Atomen und scheiden deswegen aus. Es bleiben somit $D_{6h}^1 - C6/mmm$ mit 120 und $D_6^1 - C62$ mit 60 möglichen Lagen für die vorhandenen 57 Atome, also eine sehr grosse Anzahl von Unterbringungsmöglichkeiten. Wie es damit wirklich steht, kann man nur feststellen, wenn man für jede Möglichkeit einzeln die Intensitäten der Reflexe berechnet und mit den in Tabelle 4 gebrachten gemessenen Intensitäten vergleicht. Das erfordert aber eine ungeheure Rechenarbeit, da bei jeder Unter-

bringungsmöglichkeit auch die Lagen mit den Parametern vorkommen. Man kann als Richtlinie für diese Versuche, wenn man die äussere Form der Kristalle, die Spaltbarkeit, die Form der Einheitszelle und die Analogien ins Auge fasst, feststellen, dass mit Sicherheit ein Schichtengitter zu erwarten ist.

β -Ag₁₂Te₇

Für die Existenz der Hochtemperaturmodifikation von Ag₁₂Te₇ gab es bisher keinen direkten Beweis. Auf das Vorhandensein dieser Phase kann man nur aus den Haltezeiten im thermischen Diagramm schliessen. Darnach muss diese Phase entweder zusammen mit Te, allein (63,2 At% Ag), oder zusammen mit β -Ag₂Te im Konzentrationsbereich 45—66 At% Ag bei den Temperaturen zwischen 408—443° C vorkommen. Einen Beweis für das tatsächliche Vorhandensein dieser Phase zu bringen, indem man ihre Struktur bestimmt, ist sehr schwer. Die β -Phase bis zu Zimmertemperatur zu bewahren, ist unmöglich, wie die Pulverdiagramme von den abgeschreckten Legierungen beweisen. Im Gegensatz zu Ag₂Te kann man hier selbst die äussere Form der Kristalle in der β -Phase nicht bestimmen, da die Entstehung der Verbindung peritektisch erfolgt, wobei sich keine freien Kristalloberflächen ausbilden können. Das Erhalten von Röntgenpulverdiagrammen ist sehr erschwert. Der Temperaturbereich für die Beständigkeit der Phase ist klein — nur 35° C. Wenn man hier noch die möglichen Abweichungen in Betracht zieht, ist es im besten Falle nötig, die wirkliche Temperatur der Präparate im Laufe von sehr langen Expositionszeiten bis $\pm 10^\circ$ C genau einzustellen und konstant halten zu können. Die hohe Temperatur schreibt die Verwendung von Vakuumkammeras vor, was einerseits die Erreichung der richtigen Temperatur erschwert und andererseits erfordert, dass das Präparat in zugeschmolzenen Glasröhren geschützt wird, da sonst besonders an der Aussenseite des Präparats ein Teil des Te verdampfen und so Ag₂Te übrigbleiben würde. Die Mark-Röhrchen aus Lindemanglas, die unter normalen Bedingungen geeignet sind, die Präparate zu schützen, sind hier nicht mehr verwendbar, da sie bei den erforderlichen Temperaturen schon erweichen. Man muss

Schutzröhrchen aus schwerer schmelzbarem Glas und etwas dickwandiger herstellen. Das macht aber die sowieso schon ungünstigen Expositionsbedingungen noch schlechter — wegen der Absorption steigen die Expositionszeiten, und die allgemeine Streustrahlung steigt bis zu einem solchen Betrag an, dass nur die stärksten Reflexe sichtbare Linien auf dem Film hervorrufen können.

Zur Verfügung stand eine Siemenssche Vakuumkamera, welche bis 10 Aufnahmen auf einem Film nebeneinander zu machen gestattet, ohne dass die Kamera geöffnet zu werden braucht. Als Präparate dienten Pulver und Stäbchen aus $\text{Ag}_{12}\text{Te}_7$, die in Röhrchen (0,5—1,0 mm) aus schwerschmelzendem Glas eingeschmolzen waren. Trotz der bis zu 25 Stunden dauernden Expositionen mit Cu_K -Strahlung bei 10 mA 35 kV in verschiedenen Temperaturen erhielt man keine brauchbaren Filme, doch kann man sehen, dass bei einer Temperaturerhöhung bis auf 420° C neue Linien im Diagramm erscheinen. Leider sind diese so unregelmässig und von so starker Grundschwärzung überlagert, dass sie keine Messung zulassen und man aus ihnen deshalb keine Schlüsse auf die Struktur der β -Phase ziehen kann. Es ist jedoch mit diesen Aufnahmen bewiesen, dass die Verbindung $\text{Ag}_{12}\text{Te}_7$ bei Erhöhung der Temperatur bis auf 420° C ihre Struktur ändert, d. h. dass $\beta\text{-Ag}_{12}\text{Te}_7$ vorhanden ist.

Genauere Angaben würden sich nur mit technisch viel mehr vervollkommenen Temperaturkameras erreichen lassen.

Zusammenfassung.

Das Ag-Te-System wurde thermisch, mikroskopisch und röntgenographisch untersucht. Dabei ergab sich:

1. die endgültige Form des thermischen Diagramms;
2. dass es im System nur zwei Verbindungen gibt, jede in zwei Modifikationen;
3. dass die Zusammensetzung der Verbindungen Ag_2Te und $\text{Ag}_{12}\text{Te}_7$ ist;
4. dass das $\alpha\text{-Ag}_2\text{Te}$ (niedertemp. Modif.) wahrscheinlich orthorhombisch ist, mit $a = 13,0 \text{ \AA}$; $b = 12,7 \text{ \AA}$; $c = 12,2 \text{ \AA}$;
5. dass das $\alpha\text{-Ag}_{12}\text{Te}_7$ eine hexagonale Gitterzelle besitzt, mit $a = 13,429 \text{ \AA}$, $c = 8,4508 \text{ \AA}$ und $n = 3$. Die 57 Atome sind in der Raumgruppe $D_{6h}^1 - C6/mmm$ oder $D_6^1 - C62$ untergebracht.

Tartu (Estland).

Laboratorium für theoretische
Physik und Physikalisches Institut
der Universität, Mai 1939.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Vorwort.	3
1. Einleitung.	4
2. Die metallographische Untersuchung des Systems Ag-Te.	7
3. Die röntgenographische Untersuchung des Systems Ag-Te.	15
4. α -Ag ₂ Te.	21
5. β -Ag ₂ Te.	32
6. α -Ag ₁₂ Te ₇	34
7. β -Ag ₁₂ Te ₇	43
8. Zusammenfassung.	45



Fig. 1. 90 At% Ag. Vergr. 75×.



Fig. 2. 70 At% Ag. Vergr. 75×.

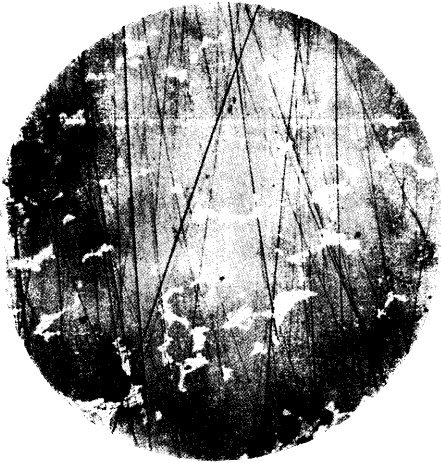


Fig. 3. 60 At% Ag. Vergr. 75×.

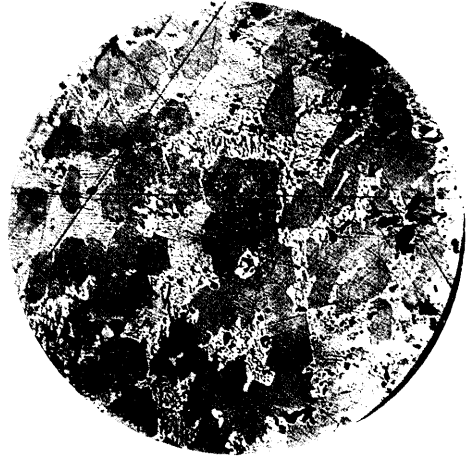


Fig. 4. 50 At% Ag. Vergr. 75×.

Tafel II.



Fig. 1. 45 At% Ag. Vergr. 75 \times .



Fig. 2. 40 At% Ag. Vergr. 75 \times .



Fig. 3. 35,8 At% Ag. Vergr. 75 \times .

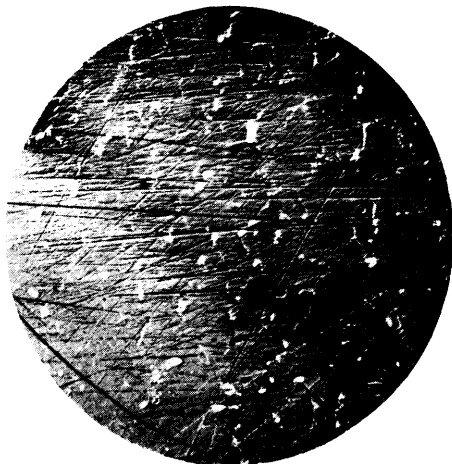
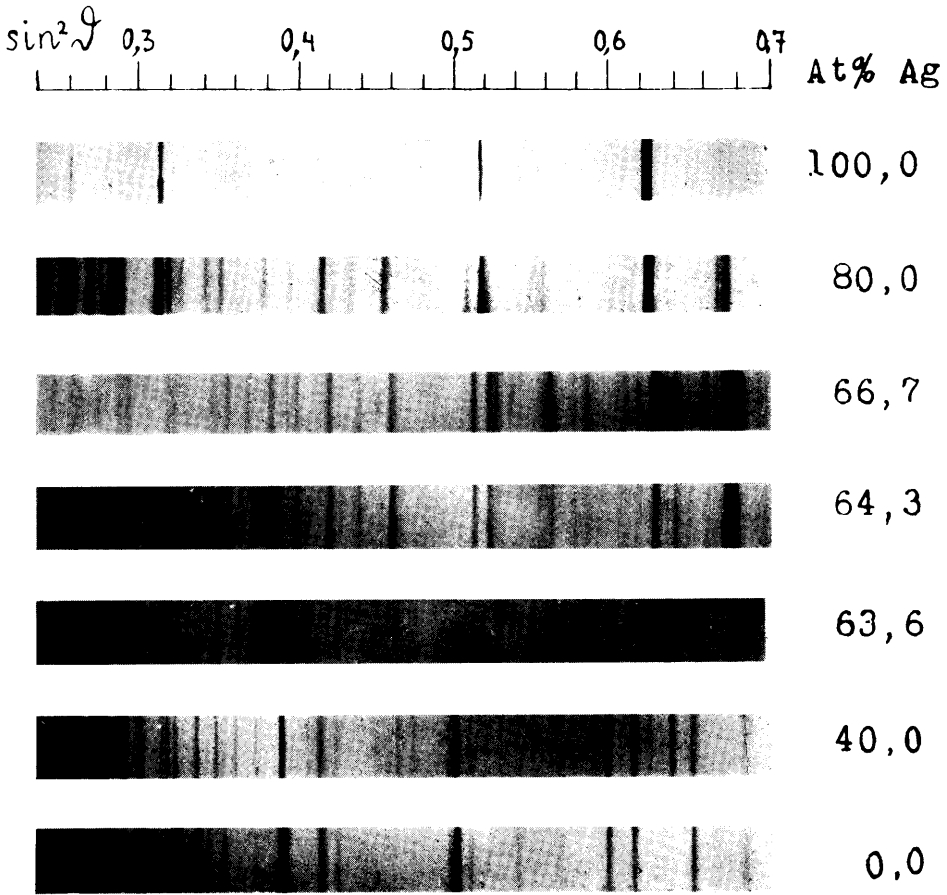


Fig. 4. 68 At% Ag. Vergr. 75 \times .
Abgeschreckt.

Tafel III.



Tafel III. Pulverdiagramme von Ag-Te Legierungen. Mittlere Kamera.
 Cr_k -Strahlung.

Tafel IV.

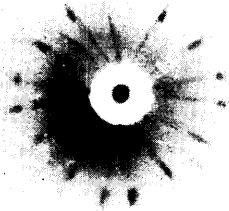


Fig. 1. Lauediagramm von α -Ag₂Te um die [100]-Richtung.

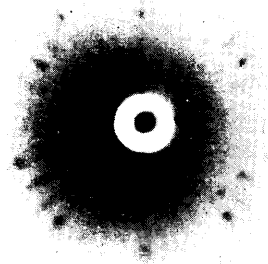


Fig. 2. Lauediagramm von α -Ag₂Te um die [110]-Richtung.

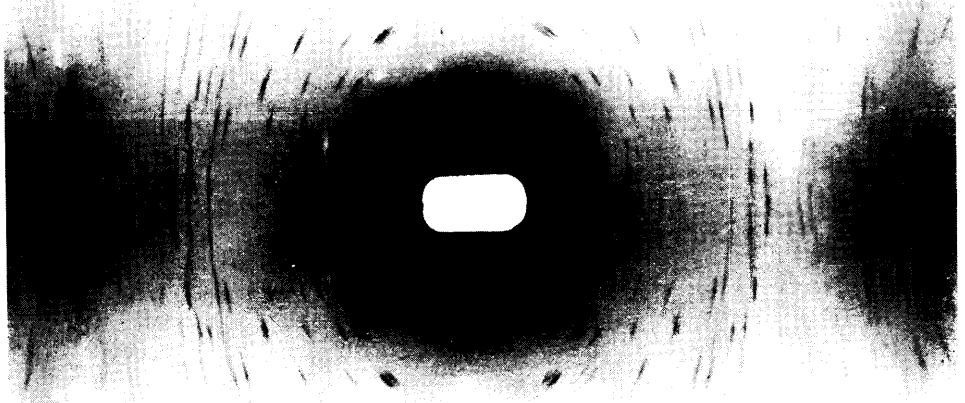


Fig. 3. Drehdiagramm von α -Ag₂Te um die [100]-Richtung.
Cu_K-Strahlung. R = 28,8 mm.

**ÜBER DIE EISEN- UND ALUMINIUM-
BESTIMMUNGEN NACH
DER BENZOATMETHODE**

VON

A. PARIS

TARTU 1940

I. M. Kolthoff veröffentlichte im Jahre 1934 in Zusammenarbeit mit V. A. Stenger u. B. Moskovitz¹⁾ eine neue Bestimmungs- und Trennungsmethode für Eisen, Aluminium und Chrom in Gegenwart zweiwertiger Kationen.

Arbeitsgang.

Zur schwach essigsauen Ferrichlorid- resp. Aluminiumchlorid-haltigen Lösung wird Ammoniumbenzoat zugefügt, wobei sich sogleich ein voluminöser Niederschlag bildet; zur quantitativen Fällung ist ein 5-Minuten-langes Kochen erforderlich. Cr^{+++} — Ionen mit $\text{C}_6\text{H}_5\text{COONH}_4$ geben erst in der Wärme einen Niederschlag, und 20 Minuten Kochen sind zur quantitativen Fällung derselben notwendig. Die Niederschläge von Fe und Cr sind besonders leicht zu filtrieren; Al etwas schwerer, doch benötigt auch letzteres knapp die Hälfte der Zeit zur Filtration wie der entsprechende Acetatniederschlag.

Da diese Methode im Vergleich zum alten Acetatverfahren eine erhebliche Zeitersparnis in Aussicht stellt, wurde sie einer eingehenden Prüfung unterworfen zwecks Feststellung ihrer Anwendbarkeit für ein exaktes quantitatives Arbeiten.

Wir benutzen folgende Lösungen:

a) 37,957 g $\text{Fe}(\text{NH}_4)(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ (Schering-Kahlbaum z. A.) unter Zusatz von 10 g konz. H_2SO_4 in 1 Liter Lösung.

b) 34,658 g $\text{Al}(\text{NH}_4)(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ (Schering-Kahlbaum z. A.) in 1 Liter Lösung.

c) Fällungsreagenz: 100 g $\text{C}_6\text{H}_5\text{COONH}_4$ (E. Merck) in 1 Liter Lösung.

d) Waschflüssigkeit: 100 ccm Fällungsreagenz unter Zusatz von 20 ccm Eisessig in 1 Liter Lösung.

e) Lösungen von $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (Schering-Kahlbaum z. A.), $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (Schering-Kahlbaum reinst nickelfrei), $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (Schering-Kahlbaum kobaltfrei) und $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (Schering-Kahlbaum z. A.).

1) J. Am. Chem. Soc. 56, 812 (1934).

Tabelle I.

Bestimmung des Fe-Gehaltes in der $\text{Fe}(\text{NH}_4)(\text{SO}_4)_2$ -Lösung.

Berechnet: 0,1099 g Fe/25 ccm.

Analyse Nr.	Permanganometrisch	Gewichtsanalytisch; gefällt mit NH_4OH		Bemerkungen
	g Fe in 25 ccm	g Fe_2O_3	g Fe	
1	0,1101	(0,1544)	(0,1080)	} gewöhnliche Filter
2	0,1105	(0,1552)	(0,1085)	
3	0,1107	0,1576	0,1103	} aschenfreie Filter
4	0,1103	0,1571	0,1098	
5	—	0,1578	0,1104	
6	—	0,1575	0,1102	
Mittel	0,1104		0,1102	

Als gefundener Mittelwert wurde 0,1103 g Fe in 25 ccm angenommen; die Ergebnisse der Gewichtsanalysen 1 und 2 zogen wir nicht in Rechnung, da bei der Benutzung nichtaschenfreier Filter wegen häufiger Nichtübereinstimmung des tatsächlichen Aschengewichtes der Filter mit dem angegebenen Gewicht Zusatzfehler möglich sind.

Fällung der Fe^{\dots} mit $\text{C}_6\text{H}_5\text{COONH}_4$. Die Arbeitsvorschriften in der oben zitierten Abhandlung versuchten wir möglichst genau einzuhalten.

25 ccm $\text{Fe}(\text{NH}_4)(\text{SO}_4)_2$ -Lös. wurden auf 100 ccm verdünnt, mit NH_3 so weit neutralisiert, bis der anfänglich sich bildende Niederschlag nur langsam wieder in Lösung ging; weiter wurde zugefügt: 1 g NH_4Cl + 1 ccm Eisessig und darauf, unter häufiger Umrührung, langsam 20 ccm Fällungsreagenz; das Gemisch erwärmten wir bis zum Aufkochen, was etwa 10 Min. in Anspruch nahm, und unterhielten ein schwaches Sieden im Laufe von 5 Minuten, wobei die Lösung von Zeit zu Zeit umgerührt wurde; der Niederschlag wurde durch ein aschenfreies Filter heiss filtriert, 10—20-mal mit insgesamt 100—125 ccm Waschflüssigkeit gewaschen und weiter behandelt, wie es bei der Bestimmung des Fe als Fe_2O_3 üblich ist. Das erste Filtrat und die Waschflüssigkeiten zeigten nach Einengen mit NH_4CNS schwachrosa Färbung.

Wie aus der Tabelle II zu ersehen, sind diese Analysenergebnisse sehr befriedigend. Zur Methodik sei noch folgendes erwähnt:

1. Der Niederschlag ist recht voluminös, was bei der Wahl der Grösse der Filter zu berücksichtigen ist.

2. Es ist zu empfehlen, grossporige Filter zu benutzen, da die Filtration sonst recht viel Zeit in Anspruch nimmt.

Tabelle II.

Bestimmung des Fe-Gehaltes in der $\text{Fe}(\text{NH}_4)(\text{SO}_4)_2$ -Lösung nach der Benzoatmethode.

Mittelwert aus Tab. I: 0,1103 g Fe in 25 ccm.

Analyse Nr.	gefunden in 25 ccm		Differenz vom Mittelwert	
	g Fe_2O_3	g Fe	mg	%
1	0,1577	0,1104	+ 0,1	+ 0,09
2	0,1576	0,1103	0	0
3	0,1574	0,1101	- 0,2	- 0,18
4	0,1576	0,1103	0	0
5	0,1574	0,1101	- 0,2	- 0,18
6	0,1576	0,1103	0	0
Mittel		0,1103	- 0,05	- 0,05

3. Die beim Abkühlen der Waschflüssigkeit auskristallisierende Benzoesäure erschwert das verlustfreie Überführen des Niederschlages auf das Filter.

4. Es sollten nur aschenfreie Filter benutzt werden, da gewöhnliche Filter wegen schwankenden Aschengehaltes Zusatzfehlerquellen ergeben.

Tabelle III.

Eisenbestimmung nach der Benzoatmethode in Gegenwart von Mn.

Analyse Nr.	genommen		erhalten		Differenz	
	g Fe	g Mn	g Fe_2O_3	g Fe	mg	%
7	0,1103	0,0273	0,1580	0,1105	+ 0,2	+ 0,18
8	"	"	0,1576	0,1103	0	0
Mittel				0,1104	+ 0,1	+ 0,09
9	0,1103	0,0546	0,1581	0,1106	+ 0,3	+ 0,3
10	"	"	0,1586	0,1109	+ 0,6	+ 0,5
Mittel				0,1108	+ 0,5	+ 0,4
11	0,1103	0,1092	0,1590	0,1112	+ 0,9	+ 0,8
12	"	"	0,1589	0,1111	+ 0,8	+ 0,7
Mittel				0,1112	+ 0,9	+ 0,8
13	0,1103	0,2731	0,1592	0,1114	+ 1,1	+ 1,0
14	"	"	0,1594	0,1115	+ 1,2	+ 1,1
Mittel				0,1115	+ 1,2	+ 1,1
15	0,1103	0,5461	0,1605	0,1122	+ 1,9	+ 1,7
16	"	"	0,1602	0,1120	+ 1,7	+ 1,5
Mittel				0,1121	+ 1,8	+ 1,6

Diese Tabelle zeigt, dass bei Gegenwart von Mn^{2+} nach der Benzoatmethode mit dem Eisen gewisse Mn -Mengen mitgerissen werden, die bei einem Gewichtsverhältnis $Fe:Mn$ ca. 1:5 sogar einen Fehler von +1,6 % (auf das Eisen bezogen) erreichen.

Tabelle IV.

Eisenbestimmungen nach der Benzoatmethode in Gegenwart von Co^{2+} , Ni^{2+} und Zn^{2+} .

Analyse Nr.	genommen				erhalten		Differenz	
	g Fe	g Co	g Ni	g Zn	g Fe_2O_3	g Fe	mg	%
17	0,1103	0,1119			0,1579	0,1104	+ 0,1	+ 0,1
18	"	0,5596			0,1589	0,1111	+ 0,8	+ 0,7
19	"		0,1191		0,1579	0,1104	+ 0,1	+ 0,1
20	"		0,5953		0,1583	0,1108	+ 0,5	+ 0,5
21	"		0,5953		0,1584	0,1108	+ 0,5	+ 0,5
22	"			0,1107	0,1585	0,1109	+ 0,6	+ 0,5
23	"			0,1107	0,1589	0,1111	+ 0,8	+ 0,7
24	"			0,5536	0,1610	0,1126	+ 2,3	+ 2,1
25	"			0,5536	0,1625	0,1136	+ 3,3	+ 3,0
26	"			0,5536	0,1638	0,1146	+ 4,3	+ 3,9
27	"			0,5536	0,1625	0,1136	+ 3,3	+ 3,0

Die Zahlen in Tab. IV sagen aus, dass Trennungen der Fe^{3+} nach der Benzoatmethode von Co^{2+} , Ni^{2+} und Zn^{2+} in Fällen, wo das Gewichtsverhältnis Eisen: zweiwertigen Kationen etwa 1:1 ist, durch einmalige Fällung ausführbar sind; beim Ansteigen der Konzentrationen der zweiwertigen Kationen wachsen auch die mitgerissenen Mengen dieser Kationen mehr und mehr. In diesen Fällen muss man den Niederschlag in Salzsäure lösen und die Fällung wiederholen, besonders bei Anwesenheit von Zn^{2+} .

Fällung der Al^{3+} mit $C_6H_5COONH_4$. Was die Bestimmung und Trennung des Aluminiums von den zweiwertigen Kationen betrifft, so herrschen auch hier sehr ähnliche Verhältnisse. In der Tabelle V haben wir nur diejenigen Analysenergebnisse angeführt, bei denen das Gewichtsverhältnis Aluminium: zweiwertigen Kationen etwa 1:5 ist.

Einfluss einiger Zusätze auf die Eisenfällung mit $C_6H_5COONH_4$. Es ist bekannt, dass bei vielen Fällungsreaktionen die mitgerissenen Mengen von verschiedenen Ionen auf Adsorptionerscheinungen zurückzuführen sind. Die Adsorbierbar-

Tabelle V.

Aluminiumbestimmungen nach der Benzoatmethode
in Gegenwart von Mn·; Co·; Ni· und Zn·.

Analyse Nr.	genommen					erhalten		Differenz		
	g Al	g Mn	g Co	g Ni	g Zn	g Al ₂ O ₃	g Al	Al, Mittel	mg	%
28	0,0515	0,2728				0,0983	0,0520			
29	"	"				0,0980	0,0519	0,0520	+ 0,5	+ 1,0
30	"	"	0,2798			0,0980	0,0519			
31	"	"	"			0,0981	0,0519	0,0519	+ 0,4	+ 0,8
32	"	"	"	0,2977		0,0992	0,0525			
33	"	"	"	"		0,0987	0,0522	0,0524	+ 0,9	+ 1,7
34	"	"	"	"	0,2768	0,1002	0,0530			
35	"	"	"	"	"	0,1001	0,0530	0,0530	+ 1,5	+ 2,9

keit der Ionen ist aber sehr verschieden. Im allgemeinen adsorbieren die organischen Ionen in grösseren Mengen als die anorganischen. Man muss deshalb vermuten, dass durch Zufügen von Elektrolyten mit geeigneten organischen Kationen die mitgerissenen Mengen von zweiwertigen Kationen auch bei Eisen- und Aluminiumbestimmungen vermindert werden können. In dieser Hinsicht haben wir eine Anzahl von Bestimmungen durchgeführt. Als organische Elektrolyte haben wir Pyridin (ca. 20 % Lösung), Pyridinhydrochlorid (ca. 25 % Lösung) und Anilinacetat (Anilin: Eisessig im Gewichtsverhältnis 9,3:6,0) benutzt. In der folgenden Tabelle sind einige Analysenergebnisse angeführt.

Die Zahlen aus Tabelle VI lassen erkennen, dass es möglich ist, bei der Eisenbestimmung in Gegenwart von Mn die Abweichung vom wahren Wert durch entsprechende Zusätze herabzusetzen; dabei muss aber betont werden, dass in einigen Fällen die benutzten Zusätze ($C_5H_5N \cdot HCl + C_6H_5NH_2 \cdot CH_3COOH$) die Ausfällung des Eisens bei Anwesenheit der zweiwertigen Kationen ungünstig beeinflussen, wie aus der Analyse Nr. 42 zu ersehen ist. Das günstigste Ergebnis wurde bei den Analysen Nr. 43 und 44 erzielt.

Tabelle VI.

Einfluss einiger Zusätze auf die Eisenbestimmung nach der Benzoatmethode in Abwesenheit und in Gegenwart von Mn.

Analyse Nr.	genommen		Zusätze			Erhalten		Differenz	
	Fe g	Mn g	$C_5H_5N \cdot HCl$ ca. 25 % ccm	C_5H_5N ca. 20 % ccm	$C_6H_5NH_2 \cdot$ CH_3COOH ccm	Fe_2O_3 g	Fe g	Fe mg	Fe %
36	0,1103		15			0,1574	0,1101	-0,2	-0,2
37	"	0,5456	15			0,1593	0,1114	+1,1	+1,0
38	"	"	30			0,1581	0,1106	+0,3	+0,3
39	"	"	"			0,1592	0,1114	+1,1	+1,0
40	"	"	—		2	0,1575	0,1102	-0,1	-0,1
41	"	"	—		2	0,1573	0,1100	-0,3	-0,3
42	0,1103		30		1	0,1570	0,1098	-0,5	-0,5
43	"	0,5456	30		1	0,1576	0,1103	0	0
44	"	"	"		"	0,1577	0,1104	+0,1	+0,1
45	0,1103		15	2	2	0,1575	0,1102	-0,1	-0,1
46	"	0,5456	"	"	"	0,1586	0,1109	+0,6	+0,5
47	0,1103		15	4	2	0,1575	0,1102	-0,1	-0,1
48	"	0,5456	"	"	"	0,1591	0,1113	+1,0	+0,9
49	0,1103		20	2	2	0,1571	0,1098	-0,5	-0,5
50	"	0,5456	"	"	"	0,1584	0,1108	+0,5	+0,5

Zusammenfassung.

1. Die Bestimmung des Eisens und Aluminiums gelingt schnell und genau nach der Benzoatmethode.
2. Die Trennung des Eisens und Aluminiums von Mangan, Kobalt und Nickel kann nach der Benzoatmethode ziemlich befriedigend ausgeführt werden, wenn die Mengen dieser Kationen gegenüber denjenigen des Eisens und Aluminiums nicht überwiegen. Bei grösseren Mengen von zweiwertigen Kationen ist aber eine wiederholte Fällung erforderlich. Durch geeignete Zusätze ist es möglich, bessere Ergebnisse zu erhalten.
3. Die Trennung des Eisens und Aluminiums von Zink ist weniger befriedigend. Bei exakten Analysen ist mit einer wiederholten Fällung zu rechnen.

Herrn V. Pedak bin ich für seine Hilfe bei der Ausführung von Analysen zu bestem Dank verpflichtet.

Tartu

Chemisches Institut der Universität,
Laboratorium für anorganische Chemie.

FÜTOTSÖNOLOOGIA PÕHIKÜSIMUSI

AUGUST VAGA

WITH A SUMMARY:
ON SOME FUNDAMENTAL PROBLEMS IN PHYTOCENOLOGY

TARTU 1940

I. Koolkonnad taimetsioloogias.

Taimetsioloogia ehk fütotsönoloogia on botaanika haru, kus seni on uurijate vahel kõige vähem üksmeelt saavutatud. Mitte ainult eri maade teadlased, vaid tihti ka sama maa õpetlased ei leia ühist keelt samade nähtuste uurimisel ja kirjeldamisel. Lahkuminev terminoloogia või erineva sisu andmine samadele terminitele ja erinev töömetoodika raskendavad üksteise mõistmist.

Niisuguse seisukorra põhjus peitub fütotsönoloogia kui iseseisva teaduseharu nooruses. E. R ü b e l (1920 p. 578) ja G. E. D u R i e t z (1921 p. 37) loevad taimetsioloogia rajajaks A. v. H u m b o l d t'i ta 1805. a. ilmunud tööga: „Essai sur la géographie des plantes“. See teaduseharu oleks seega veidi üle 130 aasta vana. A. P. Š e n n i k o v (1938) leiab, et Humboldt pani aluse ainult botaanilisele geograafiale ja ühes A. G r i s e b a c h'iga töötas välja eluvormide mõiste ja süsteemi, tsönoosi olemuse avastajaks oli aga Ch. Darwin. Nii lüheneks fütotsönoloogia iga veelgi. Ka V. E. S h e l f o r d (1932 p. 105) ütleb, et see teaduseharu on ainult nelikümmend aastat vana. Sellega ühtib hästi ka J. B r a u n - B l a n q u e t' meetodi alusel töötajate seisukoht. Asudes üldise kokkuvõtte koostamisele kõigist senikirjeldatud ühiskondadest (taimeühiskondade prodromus), võeti üheks printsii-biks, et bibliograafilistes uurimustes tuleb laskuda kuni 1900. aastani ja ainult erandjuhtudel, kui on tegemist assotsiatsioonide küllaldaselt selge kirjeldusega, arvestada ka varemaid töid (B r a u n - B l a n q u e t 1933 p. 2).

Kuid ainult teaduse noorusega pole siiski võimalik kõike fütotsönoloogia väljakujunematust seletada. On teisi noori teaduseharusid, milledele on võõrad need raskused, mida leiame fütotsönoloogial. Näiteks võib moodne taimefüsioloogia end vaevalt küll lugeda vanaks teaduseks. Peale nooruse tuleb arvestada ka teaduse objekti iseärasust. Neiks konkreetseiks objektideks, millega taimefüsioloogia oma eksperimente teeb, on taimindiividid.

Ka taimesüsteematika uurib konkreetseid taimindiiviide. Liikide, perekondade ja teiste taksonoomiliste ühikute mõisted saadakse nende konkreetsete objektide võrdlemise tulemusena. Fütotsönooloogias on vastavaks objektiks konkreetne tsönoos, see, mida on nimetatud assotsiatsiooni-indiviidiks, üksik-kogumikuks või lihtsalt kogumikuks. Teistes botaanikaharudes juhtub vaid erandina, näit. vegetatiivselt paljunevate taimede puhul, et on raskusi selle kindlakstegemisega, mida tuleb lugeda üheks taimindiividiks. Neilgi juhtudel ei takista need raskused edasist tööd; mättaid moodustavate kõrreliste või tarnade süstematiseerimisel ei ole tähtis, et mätas oleks tingimata jagatud üksikindiividideks. Fütotsönooloogias aga algavad lahkkelid juba sellega, mida lugeda looduses esinevaks konkreetseks uurimisobjektiks ja kuidas teda ära tunda: kas on põhiobjektideks väikesed taimekooslused või suured, mõnikord ruutkilomeetritega või koguni sadade ja tuhandete ruutkilomeetritega mõõdetavad vegetatsiooniosad, kas iseloomustab taimekooslust ühe (või mõne) liigi massiline esinemine (dominantsus) või näeme kooslustes iseloomulikke liikide kombinatsioone. Sellest, et fütotsönooloogial puudub niisugune üldiselt ja ühteviisi mõistetud põhiobjekt, nagu seda muudel botaanikaharudel on taimindiividid, järgnevad kõik teised lahkuminekul fütotsönooloogide vahel: erinevad töömeetodid, erinev fütotsönooloogiliste ühikute (assotsiatsioonide, sotsiatsioonide, unioonide jne.) defineerimine ja nende süstematiseerimine.

Oleme harjunud eraldama või vähemalt otsima taimesotsioloogilisi koolkondi, et saada selgemat ülevaadet vaadete ja arusaamiste kaosest selles teaduseharus. Aastal 1921 loendab Du Rietz järgmised kahel viimasel aastakümnel teetsenud koolkonnad: 1) Montpellier' koolkond, 2) Zürichi k., 3) Warming'i k., 4) Raunkiaer'i k., 5) Ameerika koolkonnad (a. Ganong'i k., b. Cowles'i k., c. Clements'i k. ja d. Gleason'i k.), 6) Inglise k., 7) Uus-Meremaa k., 8) Soome k. ja 9) Upsala (Rootsi) koolkond. Lisaks neile koolkondadele kõneleb Du Rietz veel taimesotsioloogilistest suundadest: Kesk-Euroopas Drude suunast ja P. Graebner'i suunast ning Põhja-Ameerikas Nichols'i suunast.

Et see täielik olla tahtev koolkondade ja suundade loend ei maini vene taimesotsioloogiat, oleneb muidugi sellest, et vene uurijate tööd olid kirjutatud Du Rietz'le arusaamatus vene keeles. Ajal, mille kohta käib ülemaltoodud Du Rietz' loend, võis Nõukogude-Venes š e n n i k o v'i (1937 p. 63) järgi eraldada neli

koolkonda: 1) Sukatšev'i koolkond, 2) Paczoski k., 3) Jelenkin'i ja Ramenski k., 4) Alehhiin'i k. Varemalt töötas Venemaal V. V. Alehhiin'i (1932-a) järgi kolm stepiuurijate koolkonda: 1) Kaasani koolkond (Koržinski, Gordjagin, Keller), 2) Harkovi k. (Taliev), 3) Tomski k. (Krõlov). Esimene neist olevat praegugi edasi arenemas ja tema keskpunkt olevat nihkunud Voroneži. Siia peame lisandama veel metsatsõnooside uurijate koolkonna — Morozov'i k., millest kujunes praegune Sukatšev'i (Leningradi) koolkond. Selline koolkondade hulk kõneleb meile selget keelt vaadete ühtluse puudumisest fütotsönoloogias.

Rohkem ülevaatliku koolkondade jaotuse annab V. N. S u k a t š e v (vaata: D i s k u s s i o o n 1934-b), eraldades neli tähtsat koolkonda: 1) ameerika-inglise k., 2) šveitsi k., 3) rootsi k., 4) vene k. Viieandana mainib ta veel kujunemisel olevat eesti koolkonda T. Lippmaa juhatusel. Märgime, et siin nimetatud šveitsi koolkonda on hüütud enamasti šveitsi-prantsuse ehk Zürich-Montpellier' koolkonnaks.

Sukatšev möönab, et selline üldistav jaotus kõiki lahkarvamisi ei väljenda. Ühtlase ameerika-inglise koolkonna asemel kõneleb ta sealsamas inglise ja ameerika koolkonnast eraldi ning tunnistab peale selle neil erisuundade olemasolu. Ka vene koolkonna kohta teeb ta märkuse, et see sisaldab rohkearvulisi erinevaid voolusid.

Uusima ülevaate fütotsönoloogilistest koolkondadest annab H. G a m s (1939-b), leides, et Zürich-Montpellier' koolkonnast ei saa praegu enam kõnelda, sest Zürichis töötavad nüüd kõrvuti kolm erinevat koolkonda: 1) Koch'i k., mis traditsioonidest kinni pidades jätkab koostööd Braun-Blanquet'ga, 2) Lüdi k. ning 3) Däniker'i ja Schmid'i k. Praeguse aja neli suurt koolkonda on Gams'i järgi järgmised: 1) inglise-ameerika k. (Tansley, Clements), 2) prantsuse k. (Braun-Blanquet) ehk täpsemalt prantsuse-lääneslaavi k., sest Braun-Blanquet' meetodi alusel töötavad ka poola ja tšehhi taimetsotsioloogid, 3) põhja- ja alpi-maade k., mida Gams loeb tekkinuks alpide (Kerner'i ja Schröter'i) koolkonna ja fennoskandia (Norrlin-Hult'i ja Sernander'i) koolkonna sünteesist ja mille esindajaiks ta peab Du Rietz'd, Lippmaad ning ennast, 4) vene k. Väiksemad koolkonnad peale nende on: 1) taani k., 2) itaalia k., 3) jaapani k.

Peame tunnistama, et ka see katse, kõik vaadete erinevused seitsme koolkonna vahel ära jagada, on ligikaudne ja kaunis vägi-valdne. Vene koolkonna kohta möönab ka G a m s ise (1939-b p.

133), et see on tekkinud paljudest, tänapäevgi veel väga erinevatest vooludest. Ühtlast vene koolkonda pole seega olemas. Vaadeldes küsimust metsatsünooside uurimise seisukohast tunnistab S. J. Sokolov (1938 p. 45) praegu Nõukogude-Venes kolme koolkonna olemasolu. Need on: 1) Leningradi (Sukatšev'i) k., 2) Moskva (Alehhin'i) k., mille ühe erineva haru esindajaks on veel N. J. Katz, 3) Ukraina k. Seegi jaotus ei hõlma kõiki Nõukogude-Venes esindatud vaatepunkte. Mainime näiteks, et erinevalt Sukatšev'ist kellele on fütotsönoloogiliseks põhiühikuks assotsiatsioon, ja Alehhin'ist, kellele on vastavaks ühikuks sotsiatsioon, loeb P. N. Ovtšinnikov (vaata: Diskussioon 1934-b p. 20) põhiühikuks sünuusi.

Sedasama, mis vene koolkonna kohta, võime ütelda ka inglise-ameerika koolkonna kohta. Kui H. A. Gleason (vaata Just 1939 p. 181) tunnistab, et ta kunagi ei ole suutnud aru saada, mida Clements mõistab assotsiatsiooni all, ja kui H. S. Conard (vaata Just 1939 p. 90) ütleb, et ta kunagi ei ole tarvitanud suktsessiooni mõistet, siis on meil vaevalt õigust kõnelda ühtlasest inglise-ameerika koolkonnast.

Oma ülevaateis ei arvesta Sukatšev ja Gams sugugi saksa fütotsönolooge, kuigi Gams konstateerib, et pärast Braun-Blanquet' „Pflanzensoziologie“ ilmumist (1928) algas Saksamaal hoogus tõus taimeühiskondade uurimises. Täiesti vaikides minnakse mööda ka Hispaaniast; ometi töötatakse sealgi sel alal, ja J. Pavillard (1935-a p. 3) nimetab E. Huguet de Villar'i teost „Geobotanica“ (Barcelona 1929) väga originaalseks ning mitmes suhtes tähelepandavaks. Ka võime kahelda, kui võrd õige on Austria fütotsönoloogia mittemainimine; on ju ka austerlased (Fr. Vierhapper, R. Scharfetter) sel alal loonud vägagi arvestatavat.

Õigustamatult optimistlik on Gams (1939-a p. 210), arvates, et praegu seisnevad erinevused koolkondade vahel „palju vähemal määral uurimismetoodikas ja biotsünooside piiritlemises kui nende nimetamises ja rühmitamises“. Kui vähe see arvamine põhjendatud on, selgub juba selle koolkonna töödest, kuhu Gams ennast loeb. Nii leiab Gams ise, et Lippmaa Galeobdolon-Asperula-Asarum'i unioon polegi üks unioon, vaid moodustab kompleksi osalt geofüütsete, osalt hemikrüptofüütsete unioonide tugevasti väesustunud fragmentidest; selle vastu on aga R. Lindquist'i (1938) unioonid, mis püstitatud vastavalt Du Rietz' seisukohta-

dele, Gams'i arvates liiga kitsasti piiriteldud. Näeme seega täiesti vastupidist Gams'i väitele: tsünoosid on küll nimetatud ühte viisi, nende piiritlemist toimetab aga iga uurija omaviisi.

Kõigest sellest saame järeldada ainult seda, et praegugi on täiel määral maksev W. L ü d i (1928 p. 29) otsus: „Nii palju kui uurijaid, nii palju on ka erinevaid arvamusi (kui jätta kõrvale päris koolitööd) ja vastupidiseid käsitusi kõigis tähtsais punktides.“ Mis puutub aga nn. koolitöösse, siis sageli töötavad alga- ja uurijad, koolkonna õpilased, ainult nii kaua vastava koolkonna meetodite ja mõistete alusel, kuni nad on sõltuvuses koolkonna juhust. Saavutavad nad kord iseseisva töötamise, mõtlemise ja mõtete avaldamise vabaduse ning võimaluse, siis näeme neil peagi erinevate vaadete kujunemist. Just sel teel ongi toimunud Zürichi koolkonna lagunemine kolmeks. Ühes W. W a n g e r i n'iga (1925 p. 3) võime selle tõttu küll koolkondadest kõnelda jutumärkides.

Kõige eelneva järgi pole võimalik üksmeelt fütotsönoloogias kuigi optimistlikult hinnata. Teisest küljest aga kasvab nende uurijate arv, kes ei lepi sellega, et fütotsönoloogiat loetakse kord ökoloogia, kord ökoloogilise taimegeograafia või taimegeograafilise ökoloogia osaks, vaid väidavad, et see on täiesti iseseisev loodusteaduse haru. See teeb arusaadavaks püüded selles iseseisvas teaduseharus ükskord ometi kord luua, ühtlustada uurimismeetodid, mõisted ja terminoloogia.

Väga suuri lootusi ühtluse saavutamise läbiviimiseks on pandud rahvusvahelistele botaanikakongressidele. II kongressil (Viinis 1905) valiti 11-liikmeline komisjon, kes pidi „taimegeograafiliste uurimiste ühtlastele rööbastele juhtimiseks otsima abinõusid ja teid, mis põhjenuksid täpsel loodusevaatlemisel ja tõsi- asjade selgel tõlgendamisel“. Komisjoni töö tulemusena esitasid selle sekretärid C. h. F l a h a u l t ja C. S c h r ö t e r (1910) järgnevale kongressile Brüsselis 1910 oma kuulsad aruanded ja ettepanekud fütogeograafilise nomenklatuuri kohta. Et siiski see ega ka järgmised kongressid pole suutnud ühtlust luua, on arusaadav. Nomenklatuuri suhtes on võimalik otsuseid teha alles siis, kui ei ole lahkavamisi nende mõistete sisu kohta, millede jaoks nomenklatuur luuakse. Mõistete sisuline piiritlemine on aga teaduslik küsimus. Ühtegi teaduslikku küsimust, ühtegi tõde või tõekspidamist ei saa õigeks või ebaõigeks tunnistada häälteenamuse abil. Teaduslikkude tõdede otsustamine kongressidel häälteenamusega tähendab teaduse surma. Viga, mis sellega tehtaks, oleks sama,

muidugi palju suuremates proportsioonides, kui viga, mille teevad need koolkondade juhid, kes selle asemel, et oma õpilastes arendada iseseisvat otsustamisvõimet, püüavad neile peale suruda iseendi töökspidamisi. Ükski tõeline teadusemees ei saa omaks võtta töökspidamisi ainuüksi sellepärast, et need on saanud häälteenamuse mõnel kongressil. Nii on kõik sellelaadilised otsused juba ette surmale pühendatud, ja kui kongress sel teel loodab midagi läbi viia, siis on ta endale võtnud ülesanded, mis tema võimeid kahtlematult ületavad.

Liialdatud lootusi viimasele kongressile (Amsterdavis 1935) pani näiteks J. P a v i l l a r d (1935-b), lootes, et kongress ainsaks fütotsönoloogiliseks põhiühikuks tunnistab assotsiatsiooni Braun-Blanquet' mõttes. Et seda kongressil ei tehtud, näitab, et kongressi võimete piirides siiski teadlik oldi.

Hoopis ekslik oleks aga arvamine, et rahvusvahelistel kongressidel pole üldse tähtsust ühiste arusaamiste leidmiseks ja koolkondade üksteisele lähendamiseks. See tähtsus on väga suur, sest esijoones ei ole (vähemalt ei peaks olema) kongress mitte hääletamisasutiseks, vaid kohaks, kus on võimalik oma vaateid teistele tutvustada ja otsesest allikast tutvuda teiste vaadetega. Isiklik kontakt erinevate vaadete esindajate vahel võimaldab selgusele jõuda küsimustes, mis teiste seisukohtades näisid arusaamatuina, ja võimaldab selgitada neid seisukohti, mis meie vaateist olid teistele arusaamatud. Kongresside puhul korraldatavad ekskursioonid võimaldavad demonstreerida oma meetodite nii tõelisi kui ka oletatavaid paremusi. Just seda külge kongresside tööst peame kõrgesti hindama ja tunnistama, et iga kongress selles mõttes ikkagi midagi on andnud, olgu tema hääletamise tulemused ükskõik missugused.

Sama tähtsus, nagu rahvusvahelistel kongressidel, on ka kitsamas ulatuses korraldatavail diskussioonidel ja kongressidel, mis on pühendatud selliste põhimõtteliste küsimuste sõelumiseks. Mainime Nõukogude-Venes enne Amsterdami kongressi korraldatud diskussioone, millede eesmärgiks oli oma maa õpetlaste vaadete selgitamine enne rahvusvahelise kongressi ette minemist. Kitsama osavõtjate ringiga — ainult Leningradi õpetlastega — piirdus Nõukogude-Vene Teaduste Akadeemia Geobotaanilise Osakonna poolt korraldatud koosolek 31. XII 1933, kus š e n n i k o v esines ettekandega: „Mis on geobotaanika?“ Diskussioon selle ettekande kohta korraldati 7. I 1934 (vaata š e n n i k o v 1934-a, 1934-b ja

Matvejev 1934). Osavõtjatega muudest Nõukogude-Vene osadest oli sõnavõttuderohke diskussioon 13. ja 14. I 1934 teemal: „Nõukogude ökoloogia põhialused ja arenemisteed“. Sissejuhataivate ettekannetega esinesid siin B. Keller ja D. Kaškarov (vaata Diskussioon 1934-a). Samalaadiline oli ka diskussioon 23. III 1934 teemal: „Mis on fütotsönoos?“ Aluseks sellele diskussioonile oli V. Sukatšev'i ettekanne (vaata Diskussioon 1934-b).

Laiemaulatuseline oli Cold Spring Harbor'i Bioloogilaboratooriumi poolt (New Yorki ligidal) korraldatud „Conference on Plant and Animal Communities“ 29. VIII kuni 2. IX 1938 (Jus 1939). Viimase puhul oli eriti meeldiv, et siin ei püütudki teha mingeid otsuseid, vaid taheti ainult ülevaadet saada uusimatest vooludest füto- ja zootsönoloogias; seejuures oli eesmärgiks silda ehitada Ameerika ja Euroopa uurijate kui ka füto- ja zootsöoloogide vahele. Ei ole kahtlust, et see „Conference“ aitas Ameerika ja Euroopa tsönoloogia lähendamisele või vähemalt vastastikusele arusaamisele palju kaasa, kuigi Euroopat esindas ainult üks füto-tsönoloog — T. Lippmaa Eestist ja ainult üks zootsönoloog — N. Tinbergen Taanist.

Oleks siiski vähe ainult sellistelt kongressidelt, konverentsidelt ja diskussioonidelt oodata ühtluse toomist meie teaduseharusse. Oluline tähtsus jääb ikka kirjutistele, millede selgitavad autorid oma arvamisi ja tõekspidamisi vaieldavate küsimuste üle. Kui kõige selle tagajärjena näeme koolkondade lagunemist, siis pole põhjust kurvastuda. See näitab, et koolkondade kivilinenud seisukohad ei suuda uurijaid enam rahuldada. Tekkivast näilisest kaosest hakkavad siis pikkamööda ükshaaval välja kristalliseeruma tõesed, mis juba püsivalt meie teaduse aluseks jäävad. Kui aga iga koolkond kangekaelselt kord võetud seisukohtadest tahab kinni pidada, siis ei saavutata ühtlust kunagi.

Käesoleva kirjutise ülesandeks on fütotsönoloogia mõningate olulisimate põhiküsimuste kriitiline revideerimine, et selgitada, missugused seisukohad tuleks kõrvale heita, missugused võiksid püsima jääda ja mis suunas võiks meie teaduse edasist arenemist kujutella. Ehk aitab ta sellega natukenegi kaasa põhitõdede välja-kristalliseerumisprotsessile!

R. Hesse (1924 p. 141), arvestades loomade elutingimusi, jagab meie maakera eluruumi kolmeks: 1) meri, 2) siseveed, 3) maismaa. „Igaüks neist esitab erilisi, ainult talle omaseid nõud-

missi temas esinevate loomade suhtes ja on selle tõttu teistest põhiliselt erinev.“ Seda jaotust võime maksvaks lugeda ka taimede suhtes. Järgnevates arutlustes on silmas peetud ainult maismaa ühiskondi.

II. Ühiskondade olemus.

A. Ühiskond kui kompleks-organism.

Kõige kaugemale minev looduseühiskondade olemuse seletus esineb õpetuses, et ühiskondi tuleb pidada terviklikeks, keerulise ehitusega organismideks. Juba varemalt, näit. S. A. Forbes'il (1887), võib leida arvamisi, et ühiskonnad mõnes suhtes sarnanevad üksikorganismidega. Aga alles Clements (1905) rajab oma käsituse vegetatsioonist sellele alusele ja tuletab sellest nii oma õpetuse suktessioonidest kui ka vegetatsiooniühikute süsteemi. Kõigis järgnevais töis tuleb Clements ikka selle mõtte juurde tagasi, seda täiendades ja täpsustades.

Vegetatsiooni põhiühikuks on Clements'ile formatsioon. Seda loebki ta organismiks. Olgu siin toodud formatsiooni kui organismi iseloomustus (1916-a p. 124—125).

„Vegetatsiooniühik, kliimaks-formatsioon, on orgaaniline entiteet. Formatsioon tärkab, kasvab, valmib ja sureb nagu organism... Edasi, iga kliimaks-formatsioon on võimeline iseennast uuesti tekitama, korrates olulistes joontes täpselt enda arenemise astmed. Formatsiooni elukäik on keeruline, kuid kindla-kujuline protsess; ta on oma peajoontes võrreldav taimindiiviidi elukäiguga. Kliimaks-formatsioon on täiskasvanud organism, täiesti väljaarenenud ühiskond, mille suhtes kõik alg- ja vahepealsed staadiumid on ainult üksikud arenemisastmed. Suktsessioon on formatsiooni reprodutseerimise protsess ja selle reproduttiivse protsessi lõpptulemuseks on täiskasvanud vorm; kõrvalekaldumist sellest võib vegetatsioonis olla niisama vähe kui individuaalse taime puhul.“

Et eraldada seda organismi individuaal-organismist, s. o. organismist selles mõttes, nagu seda harilikult mõistetakse, nimetab ta seda kompleks-organismiks.

Organismide fülogeeniat, nagu seda kirjeldab ka W. B. McDougall (1935), peame kujutlema järgmiselt: esimesed maa-

kerale ilmuvad organismid on ainuraksed; nende ühinemisel tekivad hulkraksed organismid, moodustades teise astme organismide arenemiskäigus; sellega ei jää aga arenemiskäik seisma, vaid teise astme organismid (ja ka meie ajani säilinud ainuraksed) ühinevad uuteks kolmanda astme organismideks — ühiskondadeks.

Seda pilti kordab J. E. B o o d i n (1925), kelle arvates aste ainurakse organismi juurest hulkrakse organismini ei ole suurem kui hulkrakse organismi juurest sotsiaalse organismini: ühiskond on uus tase, uus kreatiivne adaptatsioon; ta ei ole lihtne hulkraksete organismide kogu, agregaat, samuti kui hulkraksed organismid ei ole ainuraksete agregatsioonid.

S h e l f o r d (1931) võrdleb formatsiooni amöboidse organismiga; assotsiatsioonid, milledest formatsioon koosneb, vastaksid entoplasmale, kuna seriaalsed ühiskonnad oleksid võrreldavad ektoplasmaga.

Nendest, kes sellesse teoriasse on suhtunud arvustavalt ja ei leia selle õige olevat, arvab C l e m e n t s (1929 p. 314), et nad küllaldaselt ei tunne eostaimi taimede hulgas ja selgrootuid loomade hulgas ning puudulikult tunnevad mitmeaastaste taimede paljunemisviise. J. P h i l l i p s ' i (1935 p. 497) järgi olevat Clements ütelnud, et „kui tema kriitikud oleksid olnud esimese metazooni või metafüüdi tekkimise juures nende ainurakseist esivanemaist, siis nad oleksid eitanud, et need üldse on organismid, sest nad on ju erinevad.“

Neist Clements'i ja tema vaadete pooldajate väljendistest selgub vaieldamatult, et kui Clements nimetab formatsiooni organismiks, siis pole tegemist lihtsa piltliku võrdlusega ega üksikute analoogsete joonte otsimisega organismi ja ühiskonna vahel; siin on uus teooria, mis tahab organismi mõistele anda niisuguse sisu, et selle alla kuuluksid ka ühiskonnad.

See õpetus leiab pooldajaid peamiselt Ameerikas. Kuid seal ei puudu tal ka vastaseid. Mainime neist H. A. G l e a s o n ' i t. Gleason arvab, et kõik analoogiad organismi ja vegetatsiooniühiku vahel on ikka enam näilised kui reaalsed ja ei tõuse kunagi homoloogiate tasemeni (refereeritud P h i l l i p s ' i 1935 p. 494 järgi). Ka W. S. C o o p e r (1926 p. 401) leiab, et „paralleelide tõmbamine vegetatsiooni ja organismi vahel on lubatud kui piltlik võrdlus; kui oluline aluskivi süsteemile on ta aga täiesti õigustamata“. Samuti asub G. D. F u l l e r (1918 p. 386) vaatel, et siin on tegemist analoogiaga, mitte homoloogiaga.

Prof. J. Phillips Johannesburgist (Lõuna-Aafrikas) asub alguses (1931 p. 23) seisukohale, et „Clements'i vaade ühiskonnale kui kompleks-organismile ei ole filosoofiliselt küll täiesti õige, kuid sel on kindel praktiline väärtus“. „Kaheldamatult koon- dab ta tähelepanu — ja selline tähelepanu koondamine on oluline teaduse edasiviimiseks — kõige elusa tähtsusele ja funktsioonile selles orgaanilises entiteedis, ühiskonnas. — Taimekoosluse mõju asukohale on füüsikaliselt enam kui üksikute taimede mõjude summa; biotilise ühiskonna mõju on enam kui teda koostavate taimede ja loomade mõjude ja koaktatsioonide summa. See midagi enamat avaldub *inter alia* ühises varjuheitmises, temperatuuri ja transpiratsiooni suuruse muutmises, mullastiku mõjustamises ja taimede ning loomade endi vahekordades. Biotiline ühiskond toimib mitmes suhtes kompleks-organismina — oma tekkimises, kasvamises, arenemises, ühises asukoha mõjustamises, ühises reageerimises asukohateguritele ja oma paljunemises“ (op. cit. p. 20).

Hiljemini ühineb Phillips (1935) Clements'i vaadetega täies ulatuses ja muutub ägedaimaks uue teooria kaitsjaks: „Olen lõplikult läinud kaugemale: olen vastu võtnud biotilise ühiskonna kui kompleks-organismi, nii siis ühinedes täiesti Clements'i mõis- tega“ (l. c. p. 497). „Biotiline ühiskond on kompleks-organism.“ „Ta toimib selliselt, et õigustab vaate endale, mitte ainult kui orga- nismi sarnasele moodustisele, vaid kui teatud laadi organismile“ (l. c. p. 496). „Biotiline ühiskond on organism: kõrgem kompleks- organism; see mõiste on fundamentaalse tähtsusega sügavalt olu- liste protsesside — suktsessiooni, arenemise ja dünaamilise tasa- kaalu saavutamise — loomulikuks käsitamiseks ja klassifitseeri- miseks“ (l. c. p. 504).

Nende vaadete vastu vaidlejaist arvab Phillips, et nad vaid- levad „analoogia kasulikkuse vastu teaduses“ (1935 p. 493). Ülemaltoodud tsitaatidest on aga selge, et Phillips ei piirdu ühis- konna ja organismi analogiseerimisega, vaid on jõudnud nende identiftseerimiseni. Siit ei saa järeldada muud, kui et Phillips endale selget aru ei anna, kus lõpeb analoogia ja kust algab homo- loogia.

Kindlat vahet analoogia ja homoloogia vahel teeb inglane A. G. Tansley (1920). Ta väidab, et kui ühiskondi on kasulik vaadelda orgaaniliste tervikutena ja kui neid teatud piirini võib võrrelda organismiga, siis ei tohi järeldada, et nad on organismid.

„Sellest, et vegetatsioonihikuid võib olla kasulik käsitada kui orgaanilisi entiteete, ei tohi järeldada, et võrdlus organismidega, mis võib teatava piirini õigustatud olla, õigustaks meid vegetatsioonihiku olemuse ja arenemise seletamisel argumenteerida, lähtudes päris organismi olemusest ja arenemisest“ (1920 p. 122). Seepärast teeb Tansley ka ettepaneku „kompleks-organismi“ nimetuse asemel tarvitada väljendit „quasi-organism“.

Viimase ettepaneku kohta arvab Phillips, et Tansley soovib uut nimetust „vist sellepärast, et ta mõtleb selle rohkem kohase olevat etümoloogiliselt“ (1935 p. 495). See sunnib Tansley'd kompleks-organismi mõiste tagasitõrjumiseks veel kord sõna võtma (1935).

Clements ise nõustub Tansley ettepanekuga kui ajutise kompromissiga niikauaks, „kuni arusaamine organismi erinevatest põhitüüpidest pääseb üldisele kehtivusele“ (1929 p. 314).

Selgesõnaliselt astuvad kompleks-organismi mõiste vastu välja Euroopa mandri fütotsönoloogid. J. Braun-Blanquet (1928 p. 271) nimetab kliimaks-ühiskonna kõrvutamist organismiga, mis sünnib, kasvab, valmib ja sureb, fantaasiarikkaks võrdluseks. Kibedaima arvustuse on aga kirjutanud H. Gams (1918 p. 457): „Tõepoolest, üliilus muinasjutt, mis tema leiutaja fantaasiale kõigiti au teeb! Kui aga kaalutleme, et Clements ei käsita seda mitte muinasjutuna, vaid ehitab sellele terve oma süsteemi, nii et see ühes selle legendiga püsib ja langeb, siis selgub, et see on midagi nii koledat, mida võime kõrvuti asetada kõige tooremate materialistlikkude ja vitalistlikkude eksoöpetustega.“

Suktsessioonide võrdlus elusolendi arenemiskäiguga lonkab väga tugevasti. Uudismaa asustamist võime rahulikult võrrelda organismi ontogeneeniaga, mitte aga vegetatsiooni muutumist. Elutingimuste muutumisega läheb üks biotsünoos üle teiseks vastavaks, kuid nagu ainuraksed on ta potentsiaalselt suurematu, s. t. ta sureb ainult vägivaldset surma. Igast arenemisastmest võib elutingimuste vastavate muutumiste tõttu kujuneda mingi teine biotsünoos. Kus leiame midagi sarnast orgaanilisel indiviidil?“

Vene tuntuimad fütotsönoloogid heidavad kõrvale igasuguse võrdluse tsünoosi ja organismi vahel. S. J. Sokolov'i (1937 p. 21) järgi pidavat ainult metsateadlastel Vössotski'l ja Koževnikov'il esinema metsa identiftseerimine organismiga. Märgive ka, et Alehin'il (1925-a p. 73) leidub lause: „Mets

— see on organism, see on fütosotsioloogiline ühik.“ Ka teises samal aastal ilmunud töös (1925-b p. 24) nimetab Alehhin assotsiatsiooni organismiks. Hiljemini loobub ta sellest vaatest täielikult.

Üllatav on aga Du Rietz'l, kes suhtub Clements'i teooriatesse väga kriitiliselt, leida ühiskonna nimetamist kompleks-organismiks (1936 p. 580). Seda võime seletada vist küll Du Rietz' sooviga koolkondade vahel iga hinna eest mingisugustki kompromissi saavutada.

Enne kui asume seisukoha võtmisele nende lahkarvamiste kohta, peame veel märkima, et kompleks-organismi mõistet kaitses võrdlevad Clements ja Phillips looduseühiskondi inimühiskondadega. Inimühiskonda loevad nad aga organismiks. Selle seisukoha aluseks on, et juba sotsioloogia looja A. Comte võrdles inimühiskonda organismiga. Eriti tähtsad on aga H. Spencer'i tööd, mida ka Clements (1929 p. 314) soovitab lugeda. Spencer'it loetakse sotsioloogias nn. orgaanilise koolkonna rajajaks, kes kõik oma õpetuse rajab inimühiskonna sarnasusele organismiga.

Meil ei ole tarvidust hakata analüüsima (inim-) sotsioloogia koolkondade seisukohti, sest mis maksab inimühiskonna kohta, seda ei saa üle kanda looduseühiskondadele. Inimühiskond on ühe liigi ühiskond, kusjuures see liik kõigist teistest oluliselt erineb mõistuse arenemisega. Seepärast pole inimühiskonnal vähimatki sarnasust Clements'i kompleks-organismiga, milleks on formatioon. Pealegi leitakse sotsioloogide poolt (J. Madisson 1936 p. 962), et orgaaniline (Spencer'i) koolkond olevat 20. sajandi algusel oma meetodilise nõrkuse tõttu kokku varisenud ning praegu valitsevat sotsioloogias teised voolud. Vist on õige, et ka inimühiskonna kõrvutamisel organismiga saab tegemist olla ainult piltliku võrdlusega, nõnda kui see oli ka selle võrdluse esmakordse tarvitamise puhul aastal 494 e. Kr. Rooma konsuli Menenius Agrippa poolt mässavatele plebeidele jutustatud valmis kehaliikmete mässust kõhu vastu.

Huvitav on aga tähelepanu juhtida vähetuntud tõsiasjale, et vene kirjanik L. Tolstoi juba aastal 1886, vaieldes vastu Comte'i ja Spencer'i vaadetele, ette näeb, et inimühiskonna identifitseerimine organismiga välja viib ka looduseühiskondade organismideks lugemiseni. Olgu siin tsiteeritud vastav koht Tolstoi tööst.

„Meie nimetame nii elevanti kui ka bakterit organismiks ainult sellepärast, et analoogia põhjal oletame neil olendeil samasugust aistingu või tunnetuse keskustust, nagu seda teame endil olevat; inim-ühiskondadel ja inimkonnal see oluline tunnus puudub, ja sellepärast, kuipalju me muid ühiseid tunnuseid inimkonnal ja organismil ka ei leiaks, on ilma selle olulise tunnuseeta inimkonna tunnistamine organismiks ekslik.“

Edasi refereerib Tolstoi nelja tunnust, millede poolst H. Spencer'i järgi ühiskonnad sarnanevad organismidega, ja jätkab siis:

„Teie toote neli sarnasuse tunnust; pärast võtate erinevuse tunnused, mis (teie arvates) on ainult näilised, ja järeldate, et inimühiskondi võib vaadelda kui organisme. Kuid see on ju viljatu dialektika mäng ja muud mitte midagi. Samasugusel alusel võib organismi tunnuste alla tuua kõik, mida tahate. Võtan esimese asja, mis mulle pähe tuli: olgu selleks mets, kuidas teda külvatakse ja kuidas ta suureks kasvab.“ Tolstoi näitab nüüd, et metsa kohta võib rakendada kõiki neid põhjendusi, mida Spencer toob inimkonna kohta, ja kirjutab edasi:

„Olles näidanud, et selle teooria järgi võite samasuguse õigusega vaadelda metsa kui organismi, arvate teie, et olete neile tõestanud nende määrangu ekslikkuse, — mitte sugugi.“

See definitsioon, mille nad annavad organismile, on nii ebapäpne ja venitatav, et selle definitsiooni alla võidakse tuua, mida tahetakse.

Jah, ütlevad nad, ka metsa võib vaadelda kui organismi...

Teie ütlete siis, kui nii, siis ka selle metsa linde, putukaid ja rohttaimi võib samuti ühes puudega vaadelda kui üht organismi.

Nad nõustuvad sellegagi.“

Et asuda seisukoha võtmisele kompleks-organismi probleemi kohta, tuleb meil kõigepealt lahendada järgmised küsimused: 1) mis on organismi olulised tunnused? 2) kas neid tunnuseid on leida taime-, looma- ja inimühiskondadel? 3) kas on mõeldavad ja kas looduses üldse esinevad kompleks-organismid, s. o. kõrgema astme organismid, mis on tekkinud hulkraksete organismide ühinemisest?

Esimesele küsimusele vastuse leidmiseks on Clements juhatanud õige tee: tuleb õieti kujutella, kuidas tekkisid esimesed hulkraksed organismid. Et selleks on tarvis tunda alamaid taimi ja loomi, selles on jällegi Clements'il õigus.

Ainuraksete organismide ühinemise esimesi astmeid leiame nii algloomade hõimkonnas kui ka mitmes eostaimede hõimkonnas (*Schizophyta*, *Monadophyta*, *Conjugatophyta*, *Bacillariophyta*, *Euthallophyta*). Seks ühinemismvormiks on raku ühistik, tsönoobium, mis koosneb üksteise juures või üksteise küljes olevatest samasuguse ehitusega ja ka füsioloogiliselt samaväärsetest rakkudest. Tsönoobium ei ole veel hulkrakne organism. Nelja *Scenedesmus*'e raku, mis reana koos asuvad, ei saa lugeda üheks neljarakseks organismiks, — seda polegi teinud ükski loodusteadlane. Hulkraksed organismid pole veel ka *Gonium pectorale*, *Coelastrum proboscideum*, *Pediastrum granulatum*, *Dinobryon sertularia*, *Codonosiga botrytis*, *Colacium arbuscula* jt.

Kuidas sellisest tsönoobiumist ehk nagu teda ka nimetatakse, rakukolooniast ehk rakkudeperekonnast järgmine samm viib hulkrakse organismini, seda näitab *Volvox*. Siin on rakud koos, mitte ainult ruumiliselt, vaid on seotud ka füsioloogiliselt, moodustades ühtlase füsioloogilise terviku. Seda peamegi lugema organismi oluliseks tunnuseks. Kui iga rakk oma elutegevuses ei ole enam täiesti iseseisev, vaid oleneb ka teistest rakkudest, siis saab võimalikuks tööjaotus rakkude vahel, mis nii iseloomulik on hulkraksetele organismidele.

Et *Volvox*'i rakud füsioloogiliselt ühtlase terviku moodustavad, see avaldub viburite kooskõlastatud liikumises ja rakkude simultaanses pooldumises. Tööjaotus on viinud erinevate rakkude — vegetatiivsete rakkude, partenogoniidide, munarakkude ja anteriidide — kujunemisele. Ka võime *Volvox*'il eraldada kaht poolust.

Hulkrakse organismi tunnused — füsioloogiline tervik rakkudevahelise tööjaotusega — on *Volvox*'il, võrreldes kõrgemate organismidega, kaunis nõrgalt, primitiivselt esitatud. Võib-olla olid need veel nõrgemini väljendatud esimestel *Volvox*'i-laadistel väljasurnud hulkraksetel organismidel. Sellepärast, kui kujutleksime endid olevat esimeste hulkraksete organismide tekkimise juures, nagu soovitab Clements, siis me tõenäoliselt vist küll keelduksime neid sellisteks pidamast. Põhjus oleks aga sootuks vastupidine sellele, mida oletab Clements. Mitte sellepärast, et uus organism liiga palju erineb senistest, ei keelduks me teda uueks kõrgema astme organismiks pidamast, vaid sellepärast, et ta on liiga sarnane senistega. Peaksime teda samasuguseks tsönoobiumiks, nagu seda on tema eelkäijad. Meil puuduks võimalus siin

esimest korda nähtavale tulevate iseärasuste tähtsuse hindamiseks, sest puuduvad kõrgemad hulkraksed, mis näitaksid, kuhu nende omaduste järkjärguline täienemine välja viib.

Ei ole tarvis organismi defineerida antropomorfistlikult, nagu seda teeb L. Tolstoi kui mitteloodusteadlane. Loodusteaduse seisukohast on organism füsioloogiline tervik. Inim-, taime- ja loomaühiskonna liikmed ei ole seotud üheks füsioloogiliseks tervikuks, — ühiskond ei ole organism.

Hulkrakne organism tekib ühest rakust, mille pooldumisproduktid üksteisest lahku ei lähe, vaid seotuks jäävad ja korduvate pooldumiste tagajärjel viimati moodustavad paljudest rakkudest koosneva terviku. Nõnda kujutleme hulkraksete organismide tekkimist fülogeneetilisel, seda näeme ka nende ontogeneetilisel arenemisel: kõik hulkraksed arenevad ühest rakust — eosest, või sugutatud munarakust. Selles, kõige üldisemas mõttes, on E. Haeckel'i biogeneetiline põhiseadus kindlasti õige.

Sootuks erinev sellest arenemiskäigust on ühiskonna tekkimiskäik. Ühiskonna liikmed ei ole ühe organismi järglased, nad ei moodusta ühe esivanema paljunemisproduktide üksteisega seotuks jäämise tagajärjel tekkinud ühtlast kompleksi. Mõne fütotsönoosi arenemise algstaadiumil võime küll leida mõne liigi puhtaid või peaaegu puhtaid kogumikke, mis võivad tekkinud olla ühe esiasuniku seemneist; nende vahel puudub aga selline side, nagu seda on rakkude vahel organismis. Selle tagajärg ongi, et siia saavad sisse tungida teised liigid, ja lõppeks viib liikidevaheline võistlus väljakujunenud ühiskonna moodustumisele, mida iseloomustab liikide normaalne dispersioon. Väljakujunenud tsönoos koosneb seega organismidest, millede vahel võivad sugulussidemed puududa; need organismid võivad kuuluda erinevatesse liikidesse, perekondadesse jne., koguni erinevatesse hõimkondadesse. Suguluse puudumine üksikute liikmete vahel on seda suurem, mida laiemas mõttes me tsönoosi mõistame; kõige suurem on see muidugi biotilises ühiskonnas, mille moodustamisest võivad osa võtta kõigi taimeriigi ja loomariigi hõimkondade esindajad.

Nii on tsönoos ka tekkelt sootuks erineva olemusega kui organism. Vastandina ühe raku järglaste füsioloogiliselt seotud kompleksile, mida on hulkrakne organism, on tsönoos erineva algupäraga organismide kogu, mis mitmesuguste tegurite (ajalooliste, juhuslikkude jt.) tõttu on samale asukohale sattunud ja

siin koos püsivad selle tagajärjel, et asukoha tingimused neile vastavad, ning sellises indiviidide ja liikide arvulises vahekorras, mis kujuneb omavahelise võistluse tagajärjel.

Küsimusele, kas looduses pole leida organismide ühinemist üheks füsioloogiliseks tervikuks, mida võiksime nimetada kolmanda astme organismiks või kompleks-organismiks, leiame vastuse, vaadeldes koloniaalseid vorme hüdralaadsete ja sammalloomadete hõimkondadest.

Juba homomorfsed hüdralaadsete kolooniad, mis koosnevad samasuguse ehitusega ja talitusega indiviididest, on enam kui lihtne koloonia. Indiviidid on siin seotud tsönosargi kaudu ning see võimaldab niihästi ärrituste kui ka toidu edasikandmist. Seepärast ollakse üksmeelsel arvamisel, et kolooniaks nimetamine on siin ebatäpne. Õige nimetus sellistele „kolooniatele“ on k ä n n i s, kormus.

Polümorfse kännise kohta ei saa olla teist arvamist, kui et see on füsioloogiliselt üks tervik. Indiviidid, kelledest ta koosneb, on kujult ja talituselt niivõrd diferentseerunud, et nende iseseisvusest peaaegu midagi pole säilinud ja nende olemasolu on võimalik ainult terviku osana. Kõrgeima astme saavutab see arenemissuund sifonofooridel, kellede kännises leidub äärmiselt erinevaid indiviide: ujukellukesi, katikuid, õgipolüüpe, kombikuid, suguloomikuid jt. Tervet sellist kännist ei saa aga vaadelda teisiti kui üht kõrgema astme individualiteeti.

Hüdralaadsete kännis tekib pungumise teel ühest üksikpolüübist. Seega on kännise tekkimine täiesti analoogne hulkrakse organismi tekkimisega ühest rakust. Seepärast võime sellist kännist täie õigusega nimetada kompleks-organismiks.

Kompleks-organismi mõiste, mis on õigel kohal, kui teda tarvitame sifonofoori kohta, osutub täiesti vastuvõetamatuks, kui teda tahetakse rakendada ühiskonna kohta. Arenemisrida — ainurakne organism → hulkrakne organism → kompleks-organism — on õige, selle viimast lüli aga ei esinda ühiskonnad, vaid loomade kännised.

Taimeriigist on raskem leida vorme, mis vastaksid sifonofooride kännisele ja mida peaksime pidama kompleks-organismideks. Teatava piirini võib nendega võrrelda taimi, mis annavad juurevõsusid või mis moodustavad mättaid ja torte külgvõsundite abil paljunemise tõttu. Nendega sarnanevad ühe taimeliigi

peaaegu puhtad kogumikud, mis tekivad enamasti vegetatiivse paljunemise teel, näit. *Elymus arenarius*'e, *Scirpus maritimus*'e, *Scirpus Tabernaemontani*, *Phragmites communis*'e jt. kogumikud. Selliseid kogumikke loeb aga Lippmaa (1931-a p. 6—7; 1931-b p. 118) vegetatsioonihüükiks; seda on nad ka Gams'ile ja Du Rietz'le, kes kõiki ühe liigi kogumikke, olenemata nende tekkest, peavad tsünoosideks. Nii näib, et olemegi jõudnud tsünoosideni, mida peaks pidama kompleks-organismideks. Võib olla, et Clements just sellesarnaseid juhtusid silmas peab, oma kriitikutele ette heites taimede paljunemisviiside mittetundmist.

Sellele arvamisele tuleb aga vastu väita, et kompleks-organismiks ei nimeta Clements mitte selliseid väikesi vegetatsioonihüükid, vaid väga suurt põhihüükut — formatsiooni. Clements'i formatsioon koosneb aga suurest hulgast väikestest vegetatsioonihüükutest, nende seas ka ülalnimetatud ühe liigi kooslustest. Kui need ühe liigi kooslused on kompleks-organismid, siis ei saa seda enam olla Clements'i formatsioon.

Ühtlasi peame silmas, et mitte iga kord, kui esineb taimede vegetatiivne paljunemine ja paljunemisproduktid jäävad seotuks, pole võimalik tekkinud kompleksi kõrvutada sifonofoori kännisega. Juhtudel, kus taime maapealsed osad tekivad kas monopodiaalsest või sümpodiaalsest risoomist, on need maapealsed osad morfoloogiliselt külgvõsud ja kogu kompleks seega üks individuaalorganism. Juhtudel aga, kus kompleks võiks olla võrreldav sifonofooriga, näit. *Carex caespitosa* mätas, *Corylus avellana* juurevõsudest tekkinud kompleks jne., on selle osade vahel vaevalt nii tihedat sõltuvust, mis viiks tööjaotusele. Võime seepärast kahelda, kas neis kompleksides on juba astunud samm, mis vastaks sammule tsünoobiumist *Volvox*'i-sarnase lihtsa hulkrakse organismini.

Kui loeme eitavalt otsustatuks küsimuse, kas ühiskonnad on organismid, siis jääb järele küsimus, kas on lubatud ühiskondade võrdlemine organismidega.

Objektide ja nähtuste võrdlemine üksteisega on tähtsamaid menetlusi tõdede otsimisel. Võrdlemise tulemuseks võib olla kolmesugune otsus: 1) võime leida, et võrreldavail esemeil täiesti puudub igasugune sarnasus, 2) võime neil leida analoogseid omadusi ja 3) võime tulla otsusele, et võrreldavad objektid või nähtused on täielikud homoloogid. Eksitus, mis on tehtud ühiskondade võrdlemisel organismiga, seisneb selles, et leides neil sarna-

nevid omadusi, on hakatud neid pidama homoloogideks. Et aga ühiskond ja organism ei ole homoloogid, siis põhjeneb kõik sarnasus nende vahel ainult analoogsetel omadustel. Seega suundub küsimus sellele, kas analoogiatele rajatud võrdlustel on mingit tähtsust teaduses.

Kõigil sellelaadseil võrdlusil on ainult üks tähtsus: nad võimaldavad meil paremini mõista autorite mõttekäiku. Kas see mõttekäik on aga õige, seda ei järgne võrdlusest; see on juba sisuline küsimus, mida tuleb lahendada iga käsiteldava probleemi suhtes eraldi. Näiteks võrdleb Cooper (1926 p. 397—399) suktessioonide käiku veevooluga suures jõgikonnas. See on analoogiavõrdlus, nagu seda tunnistab ta autor ja nagu see on iseendastki mõistetav. Kui vegetatsiooniuhikute võrdlust organismiga võtta ka niisuguse analoogiavõrdlusena, mitte aga mõlema objekti homologiseerimisena, nagu seda kahjuks teeb Clements ja tema poolajad, siis ei ole põhjust sedagi võrdlust lubamatuks tunnistada.

Clements'i võrdlus tõstab esile kaks vegetatsiooni omadust — suktessioonide esinemise ja uuendumisvõime: „Samuti kui puu läbi teeb idandi ja noore puu astme ning kasvab, kuni saab täiskasvanuks, nii ka formatsioon tärkab, kasvab, valmib ja sureb. Peale selle on formatsioon, just nagu taim, võimeline ennast reprodutseerima, nagu seda näeme pärast metsapõlemist, pärast paljaksraiet või pärast mingit muud katastroofi vegetatsiooniga“ (Weaver and Clements 1929 p. 43—44). Suktsessioonide küsimus kõigi neist tehtavate järeldustega on keeruline küsimus ja seda vaatleme hiljemini eraldi; vegetatsiooni uuendumise võrdlemise kohta organismi reprodutseerimisega võime aga lühidalt märkida, et see võrdlus ei ole päris õnnelik. Tabavam võiks juba olla selle võrdlemine regeneratsiooniga.

Koos kompleks-organismi küsimuse lahendamisega on kohane seisukohta võtta ka superorganismi mõiste kohta. Selle nimetuse annab A. E. Emerson (1939) ühiskondlike putukate — mesilaste, sipelgate, termiitide — kooslustele. Harilikult nimetatakse neid ühiselu vorme putukate riikideks; P. Deegener (1917, 1918) annab neile nimetused: heteromorfne gūnopeedium (mesilased, sipelgad) ja polümorfne patrogūnopeedium (termiidid). On selge, et siingi ei ole tegemist organismiga, sest iga üksik koosluse liige on individuaalne organism ega ole teistega seotud. Teised organismi tunnused — tööjaotuse esinemine ja põlvenemine samadest vanematest — ilma esimese tunnusetä ei ole üksi küllaldased,

et võiksime kõnelda organismist. Emerson möönab, et sarnasus organismiga põhjeneb analoogiail, ja kaitseb analoogia tähtsust nagu Phillips'ki. „Mida on homoloogia geneetikule, seda on analoogia ökoloogile. On tarvis mõista analoogiat, et avastada homoloogiat, ja ümberpöörduvalt“ (Emerson 1939 p. 199—200). Kahjuks ei näi aga ka Emerson endale aru andvat, et superorganismi mõiste loomisega ja putukate, koosluste ning organismide vahel kaugeleulatuvate sarnasuste otsimisega on ta jõudnud analoogia ebakohasele kasutamisele teaduses. Et superorganismi mõiste soodustab valekujutluste tekkimist, siis ei saa tema loomist tunnistada põhjendatuks.

B. Ühiskond kui sümbioos.

Taimeühiskondade olemust on püütud seletada ka kui sümbioosinähtust. Et seda teha, selleks on tarvis sümbioosi mõistele anda lai sisu, nii et selle alla saaks kanda kõik juhud, mil organismid ei esine üksikult, vaid seotult või ligistikku. V. A. Wagner (1912) loeb sümbioosi mõiste alla: 1) kommensalisminähtusi (näit. väikeste vähkide kinnitumine meduuside külge, et kasutada meduuside toidujäänuseid, ilma seejuures meduuse kahjustamata, kõrvaharkide ja lepatriinude hoidumine ämblikkude pesade ligidal ämblikkude toidujäänuste omastamiseks, seebrade seltsimine jaanalindudega jt.), 2) mutualisminähtusi (näit. vetikate ja seente kooselu samblikes, ainuraksete vetikate esinemine hüdrade ja aktiiniate õontes, sipelgate kooselu taimedega, erakvähi kooselu aktiiniaga jt.) ja 3) parasitisminähtusi.

Sümbioosi oluliseks tunnuseks loeb Wagner, et sümbioos kujuneb erinevate morfoloogiliste liigitunnustega loomade vahel. Selles tuleb anda talle õigus, sest sama liigi isendite ühinemine, kui need isendid üksteisega seotuks jäävad, annab koloniaalseid vorme ja känniseid; pole aga isendid omavahel seotud, siis saame loomade karjad ja parved ehk jõugud või muud nendelaadilised kooslused, mida sümbioosinähtusteks ei loeta. Rakendades sümbioosi mõistet taimeühiskondade kohta, satub Wagner vastuollu isendadega, sest taimeühiskondi võtab ta väga kitsalt, mõistes nende all ainult sama liigi indiviidide kogumikke. Vastuolust ülesaamiseks tunnistab Wagner, et on olemas sümbioosivorme, mis ei mahu ülemaltoodud sümbioosikategooriate alla. Näiteks ei ole kaguvaablased, kes oma munad munevad liblikate röövikutesse, mitte para-

siidid ega ka kiskjad, vaid siin on tegemist spetsiaalse sümbioosivormiga, mis oma iseloomult on ligidane parasitismile.

Eriliseks sümbioosijuhuks selgete parasitismitunnustega loeb Wagner ka nn. ühiskondlikkude putukate — herilaste, mesilaste, sipelgate — kooslusi. Taimeriigis vastavad neile taimeühiskonnad, nagu neid mõistab Wagner; seepärast tulebki Wagner'i arvates ka taimeühiskondi lugeda sümbioosinähtuseks.

Kuigi kõik indiviidid ühes ühiskondlikkude putukate koosluses võivad olla arenenud sama emaputuka munadest, ei luba Wagner sellist putukate kooslust lugeda pereks, sest „loomariigis ei leia me kuskil säärast peret, mille liikmed erineksid üksteisest rohkem, kui isaloomad erinevad emaloomadest; ühiskondlikkude putukate koosluse moodustavad aga vähemalt kolm indiviidide rühma: isad, emad ja töölised, kusjuures viimased kogu oma elu kestel morfoloogiliselt ja psüühiliselt erinevad isaloomadest ja emaloomadest niivõrd, et kui me ei teaks nende ontogeneeniat, siis võiksime neid täie õigusega lugeda süstemaatiliselt teise perekonda või sugukonda või koguni teise seltsi. Sellest asjaolust ainuüksi jätkuks küllaldaselt järelduse tegemiseks, et nn. ühiskondlikkude putukate kooslustel pole midagi ühist perega“ (op. cit. p. 1075—76).

Sellele lisaks leiab Wagner veelgi tunnuseid, mis ei luba sipelgapesa või mesilasteperet lugeda pereks. Need oleksid: 1) morfoloogilised erinevused tööloomade ehituses kutsutakse esile toidurežiimi iseärasustega; see on aga tähtis faktor, mis mõningail tingimustel võib esile kutsuda uute liikide tekkimise; 2) esilekutsutud morfoloogilised iseärasused kahjustavad tööloomade individuaalset arenemist ja asetavad nad alluvus-seisukorda nende indiviidide suhtes, kes saavad paremat toitu.

Ei saa nõustuda, et Wagner'i väited oleksid küllaldaselt veenvad. Ühiskondlikkude putukate kooslusi moodustavad sama liigi indiviidid, seega ei hõlma neid üldine sümbioosi definitsioon. Nagu nägime, saab ta küsimusest üle nii, et loeb tööputukaid isas- ja emasloomadest niivõrd erinevaiks, et neid võib vaadelda kui teise liigi indiviide. „Selle osa vahel, mida etendavad mõned sipelg-indiviidide rühmad nende koosluses, ja osa vahel, mida etendavad teised nendega sümbioosis elutsevad putukad, näiteks lehetäid, bioloogilist vahet oluliselt ei ole“ (l. c. p. 1076). Sama taimeliigi indiviidide koosluse puhul langeb ära seegi argument. Seepärast

ongi Wagner sunnitud tunnistama, et siin on tegemist teistest erineva sümbioosivormiga.

Oma arutlustes ei arvesta Wagner üht olulist, võiksime ütelda kõige põhjanevamat pere tunnust: ta liikmete põlvnemist samadest vanematest. See tunnus ühiskondlikkude putukate kooslustel on aga olemas. Kui aga Wagner leiab, et siin on tunnuseid, mis mujal loomariigis kuskil ei esine, siis oleks loomulik järeldada, et siin on tegemist erilisel väljakujunenud perevormiga. Et sümbioos võib anda erilisi, üldise definitsiooni alla mitte mahtuvaid vorme, seda loeb Wagner võimalikuks. Miks ei taha ta tunnustada, et samuti võib pere ka loomariigis anda erinevaid vorme? Viimane vaateviis näib olevat palju loomulikum.

Kui sama taimeliigi indiviidide kooslus on tekkinud ühe taime seemneist, ükskõik kas ühe või mitme põlvkonna kestes, siis võime seda kooslust teatava piirini võrrelda perega. Nii võime, muidugi jälle teatavas piiratud mõttes, selliseid taimedekooslusi kõrvutada ühiskondlikkude putukate kooslustega. Kummalgi juhul pole aga küllaldast alust kõnelda sümbioosist.

Kõige laiema sisu sümbioosi mõistele annab W. B. M c D o u - g a l l (1935), defineerides seda kui igasugust kahe või suurema arvu erinevatesse liikidesse kuuluvate organismide koosesinemist. Kõik siia kuuluvad juhud jagab ta kaheks rühmaks: 1) disjunktiivne sümbioos, kus organismid ei ole teineteisega alatiselt vahetus kontaktis, ja 2) konjunktiivne sümbioos, kus organismid on vahetus kontaktis kogu aeg, mil nende vahel on sümbiootilised suhted. Kumbki rühm jaguneb veel kaheks: a) sotsiaalseks sümbioosiks ja b) toitumissümbioosiks. Toitumissümbioos võib mõlemal juhul olla kas antagonistlik või vastastikune. Nii eraldab McDougall kokku kuus sümbioosiliiki.

Sümbioos kitsamas mõttes, nagu seda harilikult mõistetakse, vastab McDougall'i konjunktiivsele vastastikusele toitumissümbioosile. Selle näitena mainib ta mügarbakterite kooselu liblikõieliste juurtega ja *Rubiaceae* sugukonda kuuluvate troopiliste taimede (*Pavetta*) lehtedega, endotroofset mükoriisat ja samblikke. Konjunktiivse antagonistliku sümbioosi alla loeb McDougall parasitisminähtused, kuna konjunktiivset sotsiaalset sümbioosi esitaks liaanide, ronitaimede ja epifüütide kooselu nendele toeks või aluseks olevate taimedega.

Disjunktiivne vastastikune toitumissümbioos esineb McDougall'i järgi õistaimede ja neid tolmutavate putukate vahel. Dis-

junktiivne antagonistlik toitumissümbioos hõlmab kõik juhud, mil taimed on loomadele toiduks. Kui näiteks kari rohtu sööb või kui putukad taimelehti söövad jne., siis oleks tegemist seda liiki sümbioosiga. Siia kuuluvad ka juhud, mil — ümberpöörduvalt — loomad (putukad) on toiduks taimedele (nn. lihasööjad taimed). Ülejäänud viimase sümbioosiliigi, disjunktiivse sotsiaalse sümbioosi alla kuuluksidki McDougall'i järgi looduseühiskonnad.

Sellest ülevaatest on selge, et McDougall sugugi ei taha ütelda, nagu oleks tsönoosidel mingit sugulust või palju ühiseid tunnuseid sümbioosiga kitsamas, harilikus mõttes. McDougall tahab anda ainult üldise süsteemi kõigist juhtudest, mil organismid esinevad koos või ligistikku. Sel puhul on tarvis ka üldist nimetust kõigile neile juhtudele. Selliseks nimetuseks arvabki ta „sümbioosi“ kohase olevat.

Võime kahelda, kas see nimetuse valik on õnnelik. Vist oleks parem olnud, kui McDougall'il oleks õnnestunud leida mõni uus või neutraalsem nimetus. Uue sisu andmine mõistele, mis juba ammu on pääsenud üldisele tarvitusele teises, oma sisult kindlasti piiratud ulatuses, toob endaga ikka kaasa segadusi ja võõritamõistmisi.

Küsitav on koguni, kas üldse on tarvis niisugust koosinesimis-nähtuste süsteemi. Vetikate ja seente vahekorral samblikus puudub igasugune sarnasus näit. pärna ja vahtra vahekorraga lehtmetsas. Kui need sootuks erinevad nähtused siiski mingisse ühisesse süsteemi kokku suruda, siis on selge, et saab tegemist olla kunstliku süsteemiga, millel pole teaduslikku väärtust. Selline süsteem võiks õigustatud olla ainult sel juhul, kui tal oleks mingi praktiline väärtus. Käesoleval korral puudub aga seegi täielikult. Nii jõuame otsusele, et õigem ning otstarbekohasem on tarvitada sümbioosi mõistet ta kitsas tähenduses, mille andis selle mõiste looja A. de B a r y, aga mitte püüda teda laiendada igasugustele koosinesimis-nähtustele.

Vegetatsioonihikute paigutamine laialt mõistetud sümbioosinähtuste alla ei aita tegelikult sugugi nende ühikute olemust mõista. See järgneb ka sellest, et McDougall ei lepi ainult ühiskondade lugemisega sümbioosiks, vaid peab neid ka organismideks. Siin ilmneb selgesti kummagi mõiste ebakohane tarvitamine. Kui oletaksime, et ühiskonnad on kompleks-organismid ja samal ajal ka sümbioos, siis võiksime sama õigusega nimetada

hulkakseid organisme rakkude sümbioosiks, mis aga ei ole kooskõlas sümbioosi mõistega.

Et McDougall oma käsituses organismi olulisi tunnuseid ei arvesta, selgub ka sellest, et küüest sümbioosiliigist loeb ta organismideks ainult selle liigi esindajaid, kus side koosluse komponentide vahel on kõige lõdvem. Kui ta oleks kõneldud kompleks-organismist selle sümbioosiliigi puhul, kus side on kõige tihedam, s. o. konjunktiivse vastastikuse toitumissümbioosi puhul, tähendab sümbioosi puhul kõige kitsamas mõttes, siis oleks sarnasus organismiga olnud vähemalt näilinegi. Klassifitseerides samblikke, liigitades neid liikideks, perekondadeks, sugukondadeks jne. tuginemegi eeldusele, et samblikud on iseseisvad, teiste taimedega samaväärsed organismid. See on muidugi rahvapärane kujutus samblikest ja pärineb botaanikas sellest ajast, mil samblikkude ehitust ja ökoloogiat veel ei tuntud. Moodne taimesüsteemaatika, klassifitseerides samblikke koos seentega ja iseseisvat samblikkude klassi mitte tunnustades, on sellest kujutlusest lõplikult loobunud. Kui aga mingisuguses sümbioosiliigis tahetak näha organismi, siis leiaksime kõige rohkem sarnasust organismiga ainult sellises koosluses, nagu seda esindavad samblikud. Võibolla tuleks siia lugeda ka need parasitismi (konjunktiivse antagonistliku toitumissümbioosi) juhud, kus on tegemist kindla spetsialisatsiooniga ja pideva kooseluga parasiidi ja peremehe vahel. Kui samblikes näha helotismi, siis lähenevad need mõlemad juhud tunduvalt.

Muidugi, nagu öeldud, oleks neilgi juhtudel sarnasus organismiga ainult näiline, sest teatava piirini võime siin konstateerida ainult ühte organismi tunnust — tihedat sidet ta komponentide vahel. Kõneldes neil juhtudel organismist, eksiksime sellega, et me ei arvesta teist olulist tunnust — komponentide tekimist samast esivanemast. McDougall aga ei arvesta ühtegi neist tunnuseist.

Nagu McDougall, nii mõistab sümbiootilisi vahekordi laialt ka L. G. Ramenski (1938 p. 281), tehes vahet kolme liigi vahel: 1) parasitism, 2) päris sümbioos ja 3) tsönobioos. Vegetatsiooniühikud kuuluksid viimase liigi alla. Nagu sellest näha, on siingi tegemist katsega, erinevaid nähtusi siduda üheks süsteemiks.

Palju vastuvõetavam on E. Warming'i (1896 p. 106) seisukoht, kes taimeühiskonna liikmete vahel näeb kommensa-

lismi-vahekordi. Ka A. K. Cajander (1922 p. 5) defineerib taimeühiskonda kui kommensaaliumi. Warming tunnistab, et ta tarvitab kommensalismi mõistet veidi teissuguses tähenduses kui selle mõiste looja Van Beneden. Selle sõnaga ei taha ta ütelda muud kui ainult seda, et mullastik ja õhk on ühiseks toidullikaks vastava ühiskonna taimedele. Sellega võib täiesti ühineda, küsitav on aga, kas on tarvidust, säärase lihtsa tõsiasi konsta- teerimiseks laenata mõistet, mis on loodud spetsiaalsete vahekordade tähistamiseks loomariigis.

Braun-Blanquet eraldab taimeriigi kooselu-nähtustes kaks peavormi: 1. sõltuvussuhted ja 2. kommensaalsuhted. Esimese alla kuuluvad: ühekülgne parasitism, vastastikune parasitism, epifüüdid, huumusetaimed, liaanid ja kaitset nõudvad taimed. „Sõltuvussuhted etendavad taimeühiskondades küll tähtsat, siiski mitte otsustavat osa. Pigemini see langeb osaks teisele ühiselu-vormile, kommensalismile... Taimede kooselu põhineb sõltuvussuhteile ja kommensalismile“ (Braun-Blanquet 1928 p. 6—7). See vaade, mis ei püüa taimeühiskondi viia eranditult ühe alla spetsiaalsete vahekordade kategooriatest, vaid kõiki neid vorme eraldab taimeühiskonna sees, viib meid kõige lähemale taimeühiskondade õige olemuse mõistmisele.

C. Ühiskond kui asukohatingimustele vastav isendite kogu.

Kõigist vaateist taimeühiskonna olemusele tuleb õigeks pidada seda, mis ühiskonnas näeb teatud ala asustavat isendite kogu. Teatud hulk organisme saab kasvada samal alal selle tõttu, et neil on ühised nõudmised ökoloogiliste tingimuste suhtes. Et on olemas erinevate tingimustega asukohti, see on olulisimaks eelduseks, mis võimaldab erineva koosseisuga isenditekogude — ühiskondade — olemasolu. Üheks ühiskonnaks ei seo organisme mitte nende süstemaatiline kuuluvus, vaid nende ökoloogia. Sellest järgneb, et ühte ühiskonda võivad kuuluda erinevate mestide esindajad; üheks võimaluseks teiste seas on ka see, kui ühiskond koosneb ainult ühe liigi indiviididest. Ühiskonna struktuur, erinevatesse mestidesse kuuluvate isendite arv ning paigutus kujuneb nende vahel toimuva võistluse tagajärjel. Ühiskondade liikmeiks saavad olla ainult nende liikide esindajad, mida sisaldab vastava piirkonna floora.

Selle vaate järgi ei puudu ühiskonna liikmete vahel vastas-

tikused suhted. Need avalduvad kõigepealt omavahelises võistluses toidu, ruumi ja õhu pärast, teisest küljest aga vastastikuses kasutamises, näit. varjulembeste taimede kasvamise puhul teiste taimede all. Aga niihästi omavahelistes suhetes kui asukohta füüsikalise-keemilistele tingimustele reageerimisel toimib iga liige iseseisvalt. Side ja suhted ühiskonna liikmete vahel on seega sootuks teist laadi kui organismis tema osade vahel. Olles omalaadi tervik, erineb ühiskond oma olemuselt organismist kui tervikust täielikult.

Kui kõneleme liikmete iseseisvusest ühiskonnas, siis ei tule arvata, nagu ei võiks ühiskonna liikmeiks olla ka taimed, mis on alatises sõltuvuses teistest ja ei ole võimelised täiesti iseseisvalt eksisteerima. Ka parasiidid, poolparasiidid, liaanid jt. ei ole taimed, mida peaksime otsima ainult väljaspool ühiskondi. Teatavatel tingimustel, näit. troopikamaal, võivad nad moodustada koguni eriühiskondi — parasiitide, epifüütide, liaanide jne. ühiskondi. Parasiit ei ole iseseisev oma peremehe suhtes, aga kaks või rohkem parasiiti, nugides samal peremehel, on iseseisvad teineteise suhtes ning võivad omavahel võistelda, samuti nagu pinnases juurduvad autotroofsed taimed isekeskis. Parasiitism, samuti kui teised tihedama kooselu vormid, on esijoones liikide autökoloogiat puudutav nähtus.

Küsimuses, kas ühiskond kui tervik on midagi enamat kui teda moodustavate komponentide summa, võime leida diametraalselt vastupidiseid arvamisi. Ühelt poolt, nagu juba üleval (p. 12) tsiteeritud, arvab Phillips (1931 p. 20), et „taimeühiskonna mõju asukohale on füüsikaliselt enam kui teda koostavate taimede ja loomade mõjude ning koaktsioonide summa. See midagi enamat avaldub *inter alia* ühises varjuheitmises, temperatuuri ja transpiratsiooni suuruse muutmises, pinnase mõjustamises ja taimede ning loomade endi vahekordades.“ Selle vastu väidab Zavadski, et „mitte midagi peale mõnda ühiskonda, näit. *Piceetum vacciniosum*’it moodustavate liikide summeeritud mõju välisele miljööle... ei toimu“ (Diskussioon 1934-b p. 38).

Näib, nagu ei saaks ühiskonna kui terviku omadusi tõesti mitte kujutella ainult ta komponentide omaduste summana. Ent sedasama näeme ka mõne eluta terviku juures. Kividest laotud sein mõjub ka miljööle, heites varju, segades tuule vaba liikumist jne. Need mõjustused aga ei näi samuti olevat lihtne üksikivide vastavate mõjustuste summa. Tegelikult on mõlemal juhul

siiski õigus Zavadski'l. See oleneb sellest, et need suurused, mis mõlemal juhul summeeruvad, ei ole kõik ühesugused lihtsad skalaarsed suurused. Näiteks tuul, omades kiirust ja peale selle veel suunda, on vektoriaalne suurus. Igapäevases elus summadest kõneldes kujutleme summat kui skalaarsete suuruste summat, mida aga kõik ühiskonna liikmete poolt mõjustatavad suurused ei ole. Nii peame siiski ühiskonna kui terviku omadusi pidama tema komponentide vastavate omaduste summaks.

Taimeühiskondi ehk vegetatsiooniühikuid iseloomustab kõigepealt nende liigiline koostis. Vegetatsiooniühikuid eraldades ongi meil esimeseks ülesandeks nende floristilise koostise selgitamine. Ühikule nime andes lähtume ikka seda ühikut iseloomustavatest liikidest. Seega on vegetatsiooniühik esmajoonel floristiline ühik.

Teisest küljest aga saab selline ühik püsida ainult selle tõttu, et ta asupaigas valitsevad ökoloogilised tingimused, mis vastavad selle ühiku kõigi komponentide nõudeile. Nii on vegetatsiooniühik ka ökoloogiline ühik.

Iga ühik võtab enda alla aga teatava pindala. Me määrame ta minimaalruumi, s. o. vähimat pindala suurust, mis on tarviline, et ühik saaks täiesti välja kujuneda. Küllaldaselt suure kaardimõõdu puhul võime vegetatsiooniühikuid kujutada kaardil. Sellest järgneb, et vegetatsiooniühik on ühtlasi topograafiline ühik.

Nii siis on õieti äratuntud vegetatsiooniühik samal ajal floristiline, ökoloogiline ja topograafiline ühik.

See lihtne ja näiliselt endastmõistetav väide nõuab siiski lähemat selgitust, sest just vegetatsiooni põhiühiku suhtes puudub ikka veel üksmeel ja püstitatud ühikuid tõlgendatakse mitmeti. Flahault' ja Schröter'i poolt (1910) III rahvusvahelisele botaanikakongressile Brüsselis esitatud vegetatsiooni-põhiühiku — assotsiatsiooni — definitsioon kõlab järgmiselt: „Assotsiatsioon on kindla floristilise koostisega, ühtlaste asukohatingimustega ja ühtlase füsiognoomiaga taimeühiskond. Ta on sünökoloogia põhiühik.“ Braun-Blanquet' meetodi alusel töötajaile on assotsiatsioon sellises määrangus praegugi põhiühikuks. Selle ühiku kohta ütlevad tema definitsiooni autorid ise (op. c. p. 24), et assotsiatsioon on ökoloogiline ja floristiline, aga mitte topograafiline ühik. Teisel arvamusel on Gams (1918) ja Lippmaa (1934 p. 101), kellede järgi on Flahault' ja Schröter'i assotsiatsioon topograafiline, aga mitte ökoloogiline ühik. F. Lenoble (1926) väidab aga,

et assotsiatsioon ei ole floristiline ühik ja et sellele definitsioonile vastavat floristilist ühikut ei saa üldse olla. Nii siis ei ole ühtegi omadust, mille kohta ei oleks esitatud vastupidiseid arvamisi.

Miks Flahault ja Schröter ei pea oma assotsiatsiooni topograafiliseks ühikuks, seda põhjendavad nad järgmiselt (op. c. p. 8): „... peaaegu alati sisaldab assotsiatsioon seespool oma piire võõraid elemente, nii näit. kaljurahnud metsas, veest välja ulatuvad kaljud järves. Need on saartena esinevad teiste assotsiatsioonide osad, võõralaadilised, edaafiliselt teisiti tingitud sisuosad. Seepärast ei tohi neid moodustavaid liike lugeda selle assotsiatsiooni juurde, mille keskel nad esinevad.“ Need näited ei kõnele aga selle vastu, et assotsiatsioon on topograafiline ühik. Kui joonistaksime kaardi niisugusest assotsiatsioonist, mille keskel on saartena muid vegetatsioonihikuid, siis peame kaardile ka nende saarte piirjooned kandma; nii alles oleme saanud õige pildi meie assotsiatsiooni pindalast. Toodud näited seega vaid hoiatavad meid assotsiatsiooni topograafiat pealiskaudselt võtmast. Samuti nagu mõni kõrgendik jääb kõrgendikuks (ja ühtlasi topograafiliseks ühikuks), kuigi ta tipus võib olla lohk (negatiivne pinnamoodustis), nii jääb ka assotsiatsioon, kui teatavat pindala enda alla võttev ühik, topograafiliseks ühikuks, sellest hoolimata, et võõrad moodustised tema pindalast tükke välja lõikavad.

Ökoloogilisteks ühikuteks ei taha Gams pidada Flahault' ja Schröter'i assotsiatsioon sellepärast, et need ei vasta nõudeile, mida ta üles seab oma ökoloogilistele ühikutele — sünuusidele. Gams (ja tema järel Lippmaa) nõuab, et ökoloogilised ühikud peavad ökoloogiliste tingimuste suhtes olema võimalikult ühtlased, homogeensed. Kõige suuremal määral homogeensed on muidugi sama liigi indiviidide kogumikud. Need moodustavadki Gams'i 1. astme sünuusi. Ühikuid, millede iseseisvad komponendid kuuluvad erinevatesse liikidesse, on aga sama eluvormiga ja sama aspektidejärjestusega, nimetab Gams 2. astme sünuusideks. Peale nende eraldab Gams veel 3. astme sünuuse, millede iseseisvad komponendid on erinevate eluvormidega ja aspektidejärjestusega, aga tihedate korrelatsioonide tõttu seotud üheks ökoloogiliseks tervikuks ühtlasel asukohal (1918 p. 428). Flahault' ja Schröter'i assotsiatsioonide hulka kuuluvad aga ka sellised mitmerindelised kooslused, nagu seda on metsaühiskonnad. Et need koosnevad erinevate eluvormidega taimedest, siis võiksid nad kõrvutatavad olla Gams'i 3. astme sünuusidega. Gams leiab aga, et nad ei ole 3. astme

sünuusid, sest rinnete vahel puudub tihe korrelatsioon. „Kuna ühest küljest sama rohurinde sünuus võib leiduda erinevate puurinde sünuuside all, on väga erinevad rohurinde sünuusid sama puurindesünuusi all võimalikud“ (op. c. p. 451). Edasi toob Gams omist ja Lämmermayr'i uurimustest näiteid, et taimed, mis kasvavad tiheda metsa all ja mida oleme harjunud pidama tüüpilisteks metsataimedeks, võivad kasvada ka kaljukoopais, seega täiesti ilma puurindeta. Gams järeldab sellest: „Vaevalt on võimalik tuua rabavamat tõestust, et puude mõju aluskasvule seisneb peaaegu eranditult füüsikaliste tingimuste muutmises, nii et metsad järelikult pole ökoloogilised, vaid ainult topograafilised ühikud“ (op. c. p. 452). Ka niidud, sood ja rabad on Gams'i arvates enamasti topograafilised ühikud.

Ei ole põhjust mitte nõustuda, et lihtsa koosseisuga ja homogeensete asukohatingimustega väikeste vegetatsiooniyhikute eraldamine on põhjendatud. See ei tähenda aga omaks võtmist, et keerulisema koostisega mitmerindelised vegetatsiooniyhikud ei ole ökoloogiliselt tingitud. Gams kriipsutab alla, et ühikud, mida ta nimetab topograafilisteks, koosnevad ökoloogilistest ühikutest. Et aga need ökoloogilised ühikud on seotud üheks tervikuks, sellel on oma põhjused. Neid leiamegi rinnete vastastikusel mõjustamises; sageli loob üks rinne alles tingimused, mis teise rinde (või teiste rinnete) olemasolu võimalikuks teevad. Et metsa alumiste rinnete taimed võivad esineda koopais, on väga huvitav fakt. Seda võime vaadelda kui looduse poolt korraldatud eksperimenti, mis aitab selgitada, milles avaldub ülemise rinde tähtsus alumiste suhtes. Füüsikaliste tingimuste muutmine, mida Gams sellest eksperimendist konstateerib, tähendabki uute ökoloogiliste tingimuste loomist alumiste rinnete jaoks. Tihedat sõltuvust rinnete vahel konstateerib ka Lippmaa: „Galeobdolon-Asperula-Asarum'i unioon osutab nii sügavaleminevat kohastumist teda kaitseva puurindega, et tema kujunemine ainult sellise suvehälja puurinde all mõeldav on, millest järgneb, et ta juba tertsiaaris sellisega seotud pidi olema“ (1938-a p. 138—139).

Nii on põhjused, mis väikesi üherindelisi ühiskondi mitmerindeliseks tervikuks seovad, ökoloogilist laadi, ja seepärast oleme õigustatud ka mitmerindelisi vegetatsiooniyhikuid ökoloogilisteks ühikuteks nimetama. Seda otsust ei kõiguta asjaolu, et ülemiste rinnete sõltuvus alumistest ei ole nii suur kui alumistel ülemistest. Ka see, et on olemas „eurütsönoosseid“ ja „stenotsönoosseid“

sünuuse, samuti kui „eurüsünuusseid“ ja „stenosünuusseid“ liike (G a m s 1918 p. 455), ei muuda asja. Eurütsünoossed sünuusid ei tee iseloomuliku koostisega mitmerindeliste tsünooside esinemist võimatuks, samuti kui eurüsünuusid liigid ei tee seda sünuuside suhtes. Eurütsünoossete sünuuside tähtsust ei tule meil seepärast ülehinnata.

Endastmõistetavalt on mitmerindelised vegetatsiooniühikud nii oma koostiselt kui neis valitsevatelt ökoloogilistelt tingimustelt väga keerukad. Et neid õieti mõista, ongi kasulik nende liigestamine lihtsamaiks, ühtlasemaiks, kergemini uuritavaiks osadeks. Väiksemate üherindeliste ühikute eraldamine on seega täiesti õigustatud, ei ole aga õige, kui tahaksime ainult neid lugeda ökoloogilisteks ühikuteks.

Lugedes iga loomulikku vegetatsiooniühikut ökoloogiliseks ühikuks, peame veel selgitama, mis mõttes on võimalik kõnelda ühiskonna ökoloogiast. Z a v a d s k i püstitab küsimuse: „Kas mõiste — tsünoosi ökoloogia — on õige?“ ja vastab: „Ei. Sellepärast et ökoloogia uurib olelemistingimusi nende mõju suhtes organismile, aga mitte tsünoosile...“ „Ökoloogilisi suhteid tsünoosi ja miljöö vahel ei ole ja neid kujutella saame ainult, kui oletame, et tsönoloogilised vahekorrad liikide vahel sarnanevad vahekordadega organismi sisemuses...“ (D i s k u s s i o o n 1934-b p. 38) „Ainult metafoorselt on võimalik kõnelda vastastikuseist suhteist tsünoosi kui terviku ja miljöö vahel“ (op. c. p. 39).

Näib, nagu oleks Zavadski'l õigus, sest ökoloogiliste tingimuste muutumisele reageerib vegetatsiooniühikus iga liik (või koguni iga indiviid) iseseisvalt ja omamoodi ning erilist koosluse ökoloogiat just nagu polekski olemas. Seega peaks võimalik olema ainult autökoloogiline uurimine, kuna sünökoloogiale ei jääks enam mingit sisu. Et me aga siiski võime kõnelda tsünoosi ökoloogiast ja see pole mitte ainult metafoor, seda on selgesti näidanud L i p p m a a, kasutades ka graafilist kujutamiseviisi (1931-a p. 4 ja 1939 p. 111).

Igal taimeliigil on iga ökoloogilise teguri suhtes teatav amplituud, mille piirides see tegur võib kõikuda. Kui teatav hulk taimeliike mõnel kohal koos kasvab, siis näitab see, et selles kohas valitsevad tingimused, mis ei lähe ühegi siin kasvava liigi amplituudide piiRIDest väljapoole. Iga liigi amplituudid erinevad aga teiste liikide amplituudidest. Seepärast mõjub mõne teguri muutumine igale liigile erinevalt: ühtedele võib ta tähendada

lähennemist amplituudi piiridele, seega tingimuste halvemaks muutumist ja piiri ületamisel koguni kasvamise võimatuks tegemist, teistele aga võib ta tähendada lähennemist optimumile, seega liigi esinemise soodustamist. Et teatav liikide kombinatsioon püsiks, võivad ökoloogiliste tegurite kõikumised toimuda palju kitsamates piirides kui iga liigi kohta eraldi. Nii saab arusaadavaks varemini tuntud tõsiasi, et taimekooslus on paremaks indikaatoriks asukoha tingimustele kui üksikud liigid. Taimekoosluse ökoloogia all mõistamegi neid piire, milledes võivad ökoloogilised tegurid kõikuda, ilma et kooslust iseloomustavad liigid välja langeksid ja seega koosluse esinemine võimatuks saaks.

Võime täiesti ühineda Du Rietz'ga (1921 p. 246), kes sünekoloogia eesmärki järgmiselt formuleerib: „Sünekoloogilise uurimise eesmärk peab loomulikult see olema, et iga ökoloogilise teguri kohta võiksime anda piirväärtused, millede vahel vastav tegur teatud assotsiatsioonis varieerub.“

N. K a t z arvab, et ühtlaste asukohatingimuste toonitamisega Flahault' ja Schröter'i assotsiatsiooni definitsioonis on tahetud ütelda, nagu ei peaks assotsiatsioonil esinema mingeid asukohatingimuste kõikumisi. „See kujutus tuleb asendada teisega, nimelt, et assotsiatsiooni iseloomustab teatav asukohatingimuste amplituud, või teiste sõnadega, assotsiatsioon evib teatud ökoloogilist amplituudi“ (1930 p. 325). Näib, et siin on tegemist sissemurdmisega lahtisest uksest, sest vist mitte Flahault ja Schröter ega ka teised, kes nende definitsiooniga on ühinenud, ei mõista ühtlasi asukohatingimusi nii, nagu neist arvab Katz. Tähtis on aga, et nõudes ühtlaste asukohatingimuste mainimise kõrvaldamist assotsiatsiooni definitsioonist, kõneleb Katz siiski assotsiatsiooni ökoloogiast, tunnistab seega assotsiatsiooni ökoloogiliseks ühikuks.

Küsimus, kas vegetatsiooniühik on topograafiline ja ökoloogiline ühik, puudutab iga konkreetset kogumikku, ühiskonna „indiviidi“. Kui aga Lenoble (1926) ei tunnista, et assotsiatsioon on floristiline ühik, siis peab ta silmas selle mõiste teist külge. Assotsiatsioon Flahault' ja Schröter'i mõttes on üldmõiste, mis saadakse konkreetsete kogumikkude, „assotsiatsiooni-indiviidide“ võrdlemisel. Kogumikud, mis oma floristilise koostise, asukohatingimuste ja füsiognoomia poolest sarnanevad, ühendatakse abstraktseks vegetatsiooniühikuks — assotsiatsiooniks ehk kogumikkude-tüübiks. Lenoble leiab aga, et „arvatavasti ei leidu kahtegi asukohta ega kahtegi vegetatsiooni kogumikku, mis

oleksid identsed, eriti kui arvestada muutuvat biotiliste ja ajalooliste tegurite kaasamängu, mis ebamäärasust veelgi suurendab“ (op. c. p. 889). „Ei ole ühtegi assotsiatsiooni, mille koostis oleks praktiliselt konstantne ruumis ja ajas“ (op. c. 891). „Assotsiatsioon, öeldakse, modifitseerub vastavalt asukohale. Hea küll, kuid see viib meid arusaamisele, et on olemas ainult „assotsiatsiooni-indiviidid“, mis omavahel liiga palju erinevad selleks, et neid võiks lugeda üheks fütosotsioloogiliseks liigiks kindla floristilise koostisega“ (op. c. p. 884). Oma väidete tõestamiseks toob Lenoble näiteid assotsiatsioonidest, mis asuvad nii ühtlastes tingimustes kui vähegi mõeldav (lubjakivikaljud, turbarabad). Ta näitab, et erinevus sama assotsiatsiooni kogumikkude koostise vahel võib seisneda mitte ainult kõrvaliste liikide, vaid koguni assotsiatsiooni iseloomustavate ühiste karakterliikide puudumises.

Samasuguseid vaateid väljendab ka Gleason (1939), nimetades iga kogumikku „individuaalseks fenomeniks“ (op. c. p. 107). „Ei ole täpset sama vegetatsiooni kordumist teises kohas. On ainult ligikaudne kordumine“ (op. c. p. 105). „Asukohatingimused varieeruvad pidevalt ajas ja ruumis; asukoht valib kõigist käepärast olevatest immigrantidest need liigid, mis moodustavad praeguse vegetatsiooni, ja selle tagajärjena varieerub vegetatsioon pidevalt ajas ja ruumis“ (op. c. p. 103). Et assotsiatsiooni mõiste on loodud, tuleb Gleason'i arvates seletada sellega, et assotsiatsioonide uurimist on toimetatud piiratud aladel. „Mõnel väikesel alal asukohatingimuste varieerumine, olulistes joontes kordudes mitmes kohas, loob mõned hästi eraldatud asukohatüübid, milledest igaüht iseloomustab sarnane vegetatsioon. Andestatavalt teeme sellest piiratud ulatusega tõsiasi järelduse, et assotsiatsioonitüübid on kindlad. Aga niipea kui me oma tähelepanekuid laiendame suurematele aladele, hakkame aru saama, et iga üksik ühiskond on ainult tilluke osa lõpmatust ja alatimuutuvast vegetatsioonikaleidoskoobist, osa, mis on piiratud oma kestuses, mitte kunagi teist korda esinev, välja arvatud ta praegune vahetu naabrus, ja siingi ainult kui kokkulangevus, mis vaevalt kunagi kordub“ (op. c. p. 106).

Nõukogude-Venes esindab sarnanevaid seisukohti R a m e n s k i (1924), kes leiab, et „tsönooside asetamine rubriikidesse (tüübid, formatsioonid, assotsiatsioonid) on täiesti viljatu ajaviitmine“. Iga üksik konkreetne kogumik „esineb mittekorduva individualiteedina“, sest ökoloogiline sõltuvus on samaaegne sõl-

tuvus paljudest ökoloogilistest faktoritest, iga taimeliik aga reageerib omaviisi iga faktori kõikumisele. Siit järgneb piiramatu hulk taimede grupeerumise võimalusi looduses. „Püsivad pole mitte taimede rühmitused, vaid seadused, millede järgi toimub taimede koondumine. Uurida tulebki neid seadusi.“

Eitades floristilisel alusel eraldatavate assotsiatsioonide esinemist looduses, loevad Lenoble ja Gleason vegetatsiooni põhiühikuks suurema ühiku — formatsiooni (bioomi). Selle kõrval peab Gleason võimalikuks sünuuside ja unioonide eraldamise, defineerides neid kui taimede gruppe, millede füsioloogilised nõuded on niivõrd sarnased, et neid sama asukoht regulaarselt välja valib, nii et nad järelikult regulaarselt koos kasvavad.

Kõigis neis väiteis on palju tõtt. On õige, et ükski kogumik oma koostiselt täpselt ei sarnane teisega ja et selliseid üksteisest suuremal või vähemal määral erinevaid kogumikke on looduses lõpmata palju. Tõsi on ka, et mõne üksiku kogumiku võrdlemine piiratud alal ei ole küllaldane tüüpide püstitamiseks ja et lõplikuks vegetatsiooniühikute eraldamiseks on tarvis neid jälgida kogu nende areaali ulatuses. Täiesti ühel meelel Ramenski'ga oleme ka selles, et on tarvis avastada seadused, millede järgi toimub vegetatsiooniühikute kujunemine. Õigeks ei saa aga pidada seda järeldust, mille teevad tsiteeritud autorid.

Kõigepealt, kui tahame orienteeruda lõpmatus konkreetsete kogumikkude hulgas ja uurida nende kujunemise seadusi, siis peame ülevaate saamiseks neid kogumikke kuidagi rühmitama. Võrreldes neid omavahel näemegi, et nii oma koostiselt kui ka asukohatingimusilt erinevad ühed kogumikud teistest täielikult; on aga ka kogumikke, millel saame konstateerida sarnasust; lõppeks leiame aga ka kogumikke, mis evides väikesi erinevusi, omavahel siiski väga palju sarnanevad, sisaldades palju ühiseid liike ja kasvades väga sarnanevates asukohatingimustes. Kui nüüd need väga palju sarnanevad kogumikud ühendame üheks tüübiks, siis on meil täeline õigus seda ühikut nimetada floristiliseks, sest sarnanev floristiline koostis on olulisimaks tunnuseks tema eraldamisel. Et sama vegetatsiooniühiku kogumikud peaksid olema täpselt sarnased ja ei tohiks ka pisisasjus üksteisest erineda, selle väljalugemine assotsiatsiooni definitsioonist pole vist õigustatud. Kui aga see definitsioon siiski võiks väärarvamisi põhjustada, siis oleks õigem selle asemel, et hakata eitama looduses esinevat tõsiasja (sarnanevate kogumikkude

olemasolu), katsuda täpsemalt sõnastada seda tõsiasja konstateerivat definitsiooni.

Kui suur peaks olema sarnasus ja kui kaugele tohivad minna erinevused kogumikkude vahel, et ikka võiksime kõnelda samast vegetatsioonihühikust, see on küsimus, mida ei saa lahendada teoreetiliselt, apriorselt, vaid mille õige vastus selgub alles iga vegetatsioonihühiku põhjaliku uurimise tulemusena. Just selle küsimuse lahendamiseks on vegetatsioonihühikute jälgimine suurte aladel, võimaluse korral koguni nende koguareala ulatuses, oluline tähtsusega.

Huvitav on siin puudutada Katz'i seisukohti, kes leiab, et samuti, nagu ei saa kõnelda assotsiatsiooni ühtlastest asukohatingimustest, nii pole ka võimalik assotsiatsioonilt nõuda kindlat floristilist koostist. Tema arvates „on praktiliselt peaaegu võimatu saada mõne assotsiatsiooni täielikku liikide nimestikku“ (Katz 1930 p. 326). Võrreldes sama assotsiatsiooni analüüse kahelt rabalt, kusjuures ühelt oli võetud 119 ja teiselt 61 prooviruutu (à 1 m²), leidis ta neil ühiseid liike ainult 68%. Katz järeldab, et assotsiatsiooni tundmiseks ei olegi vajadust selle liikide täieliku nimestiku järele, sest assotsiatsioon on küllaldaselt iseloomustatud domineerivate liikide kaudu (Katz 1930 p. 330, 1933 p. 152). Katz'i assotsiatsioonid on väga väikesed ühikud ja domineerivaid liike on neis kõigest üks või kaks igas rindes. Ometi ei leia Katz, et teistel liikidel pole mingit tähtsust. Oma assotsiatsioonid grupeerib ta homologseiks ridadeks, arvestades nende floristilist koostist (ja ökoloogilist sarnasust). „Assotsiatsioonide asukoht homologsetes ridades annab meile kujutluse nende floristilistest omadustest ja ökoloogiast“ (Katz 1929 p. 158). Nii siis, tunnistades teiste hulgast tähtsaimaks ühe või kaks liiki, tuleb siiski arvestada ka teisi liike, ja sellepärast, ka Katz'i seisukohtadest lähtudes, ei saa me teisi, kui peame assotsiatsiooni tunnistama floristiliseks ühikuks.

Nende arutluste lõpptulemusena konstateerime mitte ainult seda, et õieti eraldatud vegetatsioonihühikud on samal ajal floristilised, ökoloogilised ja topograafilised ühikud, vaid ka seda, et neile nõudmisile vastavad ka mõned ühikud, mida osa autoreid sellisteks ei loe. G a m s (1918) on loonud kaks vegetatsioonihühikute süsteemi: sünusiloolilise — ökoloogilistest ühikutest ja biotsöoloogilise — topograafilistest ühikutest. Mõlema süsteemi ühikuid loeb ta ühte viisi õigustatuiks. Selle ühikute jaotuse peame

lugema otstarbetuks. Kõigepealt, osa ühikuid, mida Gams peab topograafilisteks, on tegelikult ka ökoloogilised ühikud, nagu ülemal põhjendatud. Teiseks, kui tõesti koostaksime ühikuid ainult mingi üksiku tunnuse alusel, siis saaksime kunstlikud ühikud, millel ei ole tähtsust vegetatsioonis valitsevate seadusepäraste uurimiseks.

Ühikute jaotuse ökoloogilisteks ja topograafilisteks Gams'i mõttes on vastuvõetamatuks tunnistanud ka Wangerin (1922 p. 581).

III. Fütotsönoloogilised ühikud.

A. Fütotsönoloogilise põhiühiku küsimus.

Et vegetatsiooniühik ei ole organism, s. t. teistest omasugustest selgesti eraldatav individuaalsus, füsioloogiline tervik, siis on arusaadav, et vastavalt vaatepunktile, mida me vegetatsiooni uurimisel silmas peame, on võimalik looduses eraldada ühikuid, mis erinevad nii oma suuruselt kui ka iseloomult. Suuremate alade kirjeldamisel on tarvilik neid ühikuid klassifitseerida. Iga klassifikatsioon eeldab aga, et on olemas põhiühik, mis on aluseks klassifikatsioonile. Tarvidust sellise põhiühiku järele tuntakse fütotsönoloogias ammu, rahvusvahelisele kokkuleppele tema suhtes pole aga veel jõutud.

Du Rietz (1936 p. 583) arvab, et fütotsönoloogias on võimalikud mitu põhiühikut. Ühe põhiühiku tarvilikkust rõhutab aga Pavillard (1935-b): „Mulle näib, et ühe põhiühiku tarvilikkust pole võimalik tõsiselt eitada; kõigile eksperimentaalsetele teadustele on ühe põhiühiku omamine olulisimaks tingimuseks, mis võimaldab selgust ja täpsust uuritavate objektide võrdlemisel ja subordineerimisel“ (op. cit. p. 2). „Või kui mõnes teaduseharus vaieldamatult peaks võimalik olema mitut laadi ühikute esinemine, siis minu arvates tuleks alaliste arusaamatuste ärahoidmiseks ainult ühte neist üldise kokkuleppe põhjal käsitleda kui põhiühikut“ (op. cit. p. 6).

Pavillard leiab, et selliseks põhiühikuks tuleb tunnistada assotsiatsioon, nagu seda praegu mõistab Braun-Blanquet. Suureks eksimuseks peab Pavillard seda, et juba enam kui 30 aasta eest Flahault, kellel oli tol ajal piiramatu autoriteet, II rahvusvahelisel botaanikakongressil (Viinis 1905) seda otsust läbi

ei surunud. Selle otsuse vastuvõtmist lootis Pavillard V botaanikakongressil Amsterdamis 1935. Seda aga ei tehtud, mistõttu Pavillard üldse keeldus läbirääkimistest osa võtmast.

Muidugi hindas Pavillard ekslikult botaanikakongressi ülesannet. Kui ühine arusaamine puudub, siis ei saa seda luua ükski häälteenamus kongressil. Eeltingimuseks kokkuleppele jõudmisel on aga see, et oleksid selged need põhjused, milledest olenevad lahkarvamised.

D. M. de Vries (1939 p. 487) näeb põhjust uurijate erinevates temperamentides. „Ei ole sugugi imestatav, et realistlik põhjamaalane, kes ettevaatlikult ja kainelt asub tegelikult olemasoleva, käesoleval korral antud taimkatte alusele, laseb end Braun-Blanquet' meetodist võluda vähem kergesti kui enam intuiitiivne ja subjektiivne lõunamaalane.“ Teine põhjus, mida peale de Vries'i eriti arvestavad näit. H. S. Conard (1939) ja H. Gaus sen (1933), peitub uuritava vegetatsiooni iseloomus. Põhjamaade loodus on liikidevaene; üksikud liigid pääsevad domineerima suurtel aladel; see annabki Du Rietz'le aluse vegetatsiooniühikute eraldamiseks dominantsuse alusel. Kesk-Euroopa ja Alpide rikkalik taimestik sunnib aga vegetatsiooniühikutes nägema liikide kombinatsioone ja neid eraldama karakterliikide alusel, nagu seda teeb Braun-Blanquet. Et Ameerika fütotsönooloogias suksessioonid suurt osa etendavad, oleneb sellest, et Cowles toimetas oma uurimisi Michigani järve liivaluiteil, kus on suksessioonid hästi silmatorkavad. Clements aga alustas oma tööd Nebraska preeriatel, ja sellega on seletatav, et ta põhiühikuks valis suure ühiku — formatsiooni. „Preeria on nii avar, kogukad rohhtaimed nii hõredalt ja silmatorkavalt levinud, isoleeritud ühe- ja mitmeaastased kõrrelised nii hajusad, et peaaegu võimatuks saab kogumikkude eraldamine ja assotsiatsioonide piiristamine“ (Conard 1939 p. 7).

Niisamuti pidavat assotsiatsiooni mõiste mittepiisavaks osutama, kui katsuda teda rakendada troopikametsas. „Et aru saada assotsiatsiooni mõiste piiratud tähtsusest, mõeldagu ekvatoriaalsele metsale... Moodsal assotsiatsiooni mõistel on teatud huvi vaese flooraga ja laiade aladega asukohtade suhtes; aga kui arvestada kogu maakera, siis on see teise järgu tähtsusega mõiste, mis ei vääri olla ega ka kunagi saa olla geobotaanika tuumaks (Gaus sen 1933 p. 118 ja 122).“

Seega oleksid senised põhiühikud ja meetodid kohased ainult

aladele, millel nad on välja töötatud, ja ühtegi neist ei saaks tunnistada ainuõigeks. Selles mõttes on õigus Du Rietz'l, kes peab õigustatuks mitut põhiühikut. See ei peaks aga tähendama, et tuleb üldse loobuda ühise keele otsimisest ja meetodite arendamisest, mis oleksid rakendatavad kogu maakera vegetatsiooni ulatuses. Uute meetodite väljatöötamine ja nende rakendamise katsetamine erinevais vegetatsioones nõuab kahtlemata veel palju aega. Sellest järgneb, et praegu on alles vara mõelda ühe põhiühiku fikseerimisele ja kõigile uurijaile selle sunduslikuks tegemisele. Hoopis selle vastu, tuleb soodustada katsetamist, uute ideede ja meetodite otsimist. Üheks selliseks uueks meetodiks, mis järjest uusi pooldajaid leiab, on Gams'i, Du Rietz' ja Lippma poolt rajatud üherindeliste ühikute meetod. Oma üldist rakendatavust peab see meetod alles veel tõestama; silumist nõuavad ka veel lahkuminekul meetodi loojate endi vahel. Paljud selle meetodi tugevad küljed on aga ilmsed juba praegugi.

Järgnevalt vaatleme, missugused üherindelised ühikud võiksid pretendeerida üldisele tunnustamisele ja missugune on nende suhe mitmerindeliste kooslustega.

B. Sünuus ja rinne.

Gams (1918) leiab, et vanimad fütotsönoloogias tarvitatud ühikute nimetused — formatsioon ja assotsiatsioon — on kõige halvemat laadi *nomina confusa*, sest neid on tarvitatud väga erinevate mõistete kohta. Seepärast nõuab ta nende nimetuste täielikku kõrvalheitmist. Omalt poolt lõi Gams uue nimetuse — sünuus — ökoloogiliste ühikute jaoks, nõnda kui tema neid mõistab. Selle uue nimetuse saatus sarnaneb aga suurel määral formatsiooni ja assotsiatsiooni saatusega: ta on leidnud laialdast tarvitamist, kuid sellest hoolimata, et Gams täpselt defineeris ja selgitas, mida tuleb selle nimetuse all mõista, tarvatakse teda erinevates tähendustes. Võime eraldada neli tähtsat viisi selle sõna tarvitamises:

- 1) sünuus on üldine nimetus kõigi üherindeliste vegetatsiooniühikute jaoks,
- 2) sünuus on sünonüüm rindega,
- 3) sünuus on mitmerindelise ühiku ruumiliselt (ja ajaliselt) eraldatud ühtlase ökoloogiaga struktuurne osa,

4) sünuus on mitmerindelise ühiku ühtlase ökoloogiaga, mitte aga ruumiliselt eraldatud struktuurne osa.

Sünuusi kui üldnimetuse kõigi üherindeliste ühikute jaoks võttis tarvitusele Du Rietz (1930). Nii andis ta sellele mõistele palju laiemat sisu kui Gams. Kuna Gams eraldas ainult kolme astme sünuuse, lõi Du Rietz terve sünusioloogilise süsteemi kõige väiksemaist ühikuist alates kuni kõige suuremateni. Need ühikud on: sotsioon, konsotsioon, assotsioon, föderioon, subformioon, formioon ja panformioon. Kokkuleppel Gams'iga annab ta konsotsioonile, assotsioonile ja föderioonile hiljemini (1936) uued nimed: „society“, unioon ja föderatsioon. Kõrgemaile ühikuile (subformioon, formioon, panformioon), mida keegi peale Du Rietz' ei tarvita, jätab ta esialgu endised nimetused; kõige väiksema (sotsiooni) heidab ta aga üldse kõrvale, tunnistades selle lihtsalt „society“ variandiks.

Et mõnelt poolt peetakse sünuusi lihtsaks sünonüümiks rindegaga, ka selleks on põhjust andnud Du Rietz. Oma mitmerindelise põhiühiku eraldab Du Rietz nimelt dominantsuse põhjal kõigis rindeis; igasse rindesse satub seega üks lihtsa struktuuriga ja ökoloogiliselt ühtlane ühik (või selle osa) ning nii saavadki rinne ja sünuus identseiks mõisteiks. Sünuusi selles mõttes mõistab näiteks St. A. Cain (1936).

Kõik need Euroopa fütotsönoloogid, kes mitmerindeliste ühikute osi iseseisvaiks ühikuiks ei loe, tarvitavad sünuusi nimetust nende osade jaoks. Tansley soovib selleks nimetust „stratum“ (rinne) (vaata Just 1939 p. 144). Mida tuleb mõista aga nende osade all, mis sünuusi nimetust väärivad, selle kohta ei ole neil ühist kriteeriumi; nii tulebki, et seda nimetust tarvitatakse väga erinevate taimekoosluste kohta.

Rübel (1933 p. 1055) defineerib sünuusi nõnda: „Sünuus on puhtökoloogiline ühiskond sama eluvormiga liikidest. Tal on ühtlased ökoloogilised nõudmised. Üherindelised assotsiatsioonid langevad sünuusiga ühte. Samblikkude kiht või vetikate kiht kivil on sünuus ja samal ajal assotsiatsioon. Niipea aga kui assotsiatsioon on mitmerindeline, koosneb ta mitmest sünuusist. On olemas sünuuse, mis võivad esineda kord iseseisvate assotsiatsioonidena, kord sõltuvate sünuusidena.“

Sukašev (1935 p. 14) iseloomustab sünuusi nii: „Fütotsünoos, ühendades endas kõik antud territooriumiosal olevad taimed, nii kõrgemad kui alamad, koosneb omakorda sünuusi-

dest, millede all tuleb mõista fütotsönoosi elustiku osi, mis ökoloogiliselt ja fütotsönoloogiliselt on eraldatud ruumis või ajas. Nii kuuluvad sünuuside alla rinded, mida eraldame taimede või nende maapealsete ja maasiseste tegevate osade asetuse alusel ja mis teistest erinevad oma aastaajalise arenemisega; edasi samblad ja samblikud puutüvedel jne... Nii siis, sünuusi vaatleme ainult kui fütotsönoosi struktuurset osa. Sünuusid võivad olla kord laiema, kord kitsama ulatusega. Näiteks, lugedes omaette sünuusideks fütotsönoosi osi, mis erinevad teistest oma aastaajalise arenemisega, võime nende piirides eraldada rindelisi sünuuse jne.“ Sellest iseloomustusest on selge, kui mitmes mõttes tarvitab Sukatšev sünuusi mõistet. Veidi varemalt (1929 p. 302) annab ta sünuusile rohkem piiratud sisu: „Aastaajalisi aspekte ei loe ma ometi sünuuside juurde. Sünuusid võivad olla ainult aspekti osad.“ Märkima peame aga, et ta sünuusi all siiski mõistab ühtlast taimederühmitust, mis on morfoloogiliselt teistest sama fütotsönoosi osadest selgesti eraldatud.

Teisiti võtab sünuusi mõistet Alehhin (1935-a p. 24): „Sünuus on ökoloogiline mõiste, mis looduses võib rindega kokku langeda (männi rinne männikus = sünuus), võib aga ka mitte kokku langeda (rinne määnd + tamm sisaldab kaks sünuusi — ühe männist, teise tammest); samuti võib rindelisis ajas sünuusiga ühte langeda (näiteks tulbid stepis), võib aga ka mitte ühte langeda (näit. aspekt *Carex humilis* + *Hyacinthus leucophaeus* koosneb efemeeride sünuusist — hüatsint — ja muru moodustavate taimede sünuusist — tarn); edasi võib sünuus ühendada taimi, mis kuuluvad erinevaise morfoloogilisesse rindeisse (näit. stepis võivad sama ökoloogiaga liigid esineda erinevais rindeis, näiteks *Myosotis silvatica* ja *Senecio campester*). Kõige parem on sünuusi defineerida nii: sünuus on enam või vähem iseseisev fütotsönoosi sees esinev taimede grupp, mida iseloomustab suurem või väiksem eluvormide sarnasuses avalduv ökoloogiline homogeensus, enamail juhtudel kuulumine samasse rindesse ruumis ja ajas, arenemiserütmi sarnasus jne.“

Iseloomulik selles sünuusi mõiste piiritlemises Alehhin'i poolt on just see, et ta ei vaatle sünuusi kui morfoloogilist tervikut: määnd ja tamm moodustavad läbisegi kasvades morfoloogiliselt ühe terviku, ühe taimede rühma, Alehhin'i järgi on siin aga siiski kaks sünuusi. Sünuusi tunnuseist kriipsutab Alehhin eriti alla ühtlast arenemiserütmi; seepärast loeb ta ka sama elu-

vormiga taimed erinevatesse sünuusidesse: „Sünuuside eraldamine nõuab vastavate liikide kõigi ökoloogiliste iseärasuste tähelepanelikku uurimist, sest isegi välimuselt täiesti sarnaseid eluvorme tuleb tihti lugeda erinevate sünuuside juurde; näiteks on vaevalt võimalik kõnelda selliste suurte murumoodustavate *Stipa*'de sünuusist, nagu *Stipa Joannis*, *S. stenophylla*, *S. capitata*, sest nende arenemisrütmid on küllaltki erinevad“ (Alehhin 1935-b p. 162—163).

Sellest kõigest järgneb, et sünuuside eraldamine Alehhin'i mõttes on kaunis raske ülesanne. Alehhin tunnistab ise, et Streletski stepp (Kurski kubermangus) „koosneb tervest reast esialgu mitteküllaldaselt äratuntud sünuusidest, mis üksteisest väga keerukalt läbi põimuvad“ (op. cit. p. 162). Nende sünuuside äratundmine on võimalik pikaajaliste statsionaarsete uurimiste tulemusena.

Tansley leiab, et üherinde-ühiskonnad on relatiivselt sõltumatud ja mõnikord täiesti sõltumatud. „Nimetus sünuus on väga kasulik homogeense või relatiivselt homogeense eluvormiga ühiskondadele, mis kasvavad kitsalt piiritletud elutingimustes, ja kui sellised ühiskonnad iseloomustavad erinevaid rindeid mõnes suuremas mitmerindelises ühiskonnas, siis näib nimetus „rindeline sünuus“ täiesti vastav ja kõige vahenditumalt arusaadav olevat“ (Tansley 1939 p. 516).

Clements ei tarvita üldse sünuusi nimetust. Vastavaile ühikuile andis ta varemalt nimeks „layer society“ ja „aspect society“. Hiljemini lõi Clements (1936 p. 276) uued nimetused: sotsiatsioon, lamiatsioon, sootsies ja laamies.

Asudes seisukoha võtmisele, kas ja missuguses mõttes sünuusi mõistet tarvitada, peame küll sünuusi Alehhin'i mõttes kõrvale heitma. Ökoloogilise homogeensuse nõudmises sünuusi moodustavatelt liikidelt läheb Alehhin liiale. Kui ta näit. *Stipa* liike, mis on sama eluvormiga, üheks sünuusiks ei loe, vaid iga liigi omaette sünuusi laseb moodustada, siis saab küsitavaks, kas üldse on võimalikud sellised sünuusid, mis koosnevad mitmest liigist. Liikide kõigi ökoloogiliste iseärasuste tähelepanelik uurimine, mida nõuab Alehhin, peaks kahtlemata näitama, et igal liigil on mõni iseärasus, millega ta teistest erineb. Nii saaksime sünuuse niisama palju, kui liike. Lisaks sellele ei nõua Alehhin, et sünuus peaks esinema teistest taimedest ruumiliselt eraldunud koguna, vaid ka teiste hulgas laialipillatud taimi loeb ta

sünuusiks. Nii kaob aga sünuusi kui vegetatsioonihiku (ükskõik kas iseseisva või teistest oleneva) mõiste üldse ära. Järele jääb ainult üksikute liikide ökoloogia uurimine.

Ei saa eitada üksikute liikide ökoloogia uurimise tähtsust. Vähe sellest, ühes K a t z'iga (1935 p. 46) võime koguni tunnistada, et õige tee iga tsönoosi mõistmiseks ongi teda moodustavate liikide ökoloogia uurimine. Teisest küljest aga aitab õieti eraldatud vegetatsioonihikute uurimine oluliselt kaasa üksikute liikide ökoloogia mõistmiseks. Nii peab üks uurimissuund teist täiendama ja toetama, aga mitte teist surmama, nagu see juhtub, kui omaks võtame sünuusi mõiste Alehhi'n'i mõttes.

Fütotsönoloogia ja liikide autökoloogia uurimise suhteid on õieti valgustanud T a n s l e y, kes kirjutab järgmiselt (1923 p. 27—28):

„„Ideaalne“ uurimismeetod oleks uurida iga liiki eraldi, kuni me peenusteni tunneme tema elukäiku, viise, millede abil ja kui kaugele ta võib levida, tema käitumist erinevates kliimatilistes ja edaafilistes tingimustes; alles siis, kui oleme omandanud kõik need teadmised, peaksime asuma liiki kui sellist uurima, nagu ta esineb ühiskondades koos teiste liikidega.

See ideaalne meetod on aga mittekasutatav. Et nii täielikule mõne liigi ökoloogia mõistmisele teatava piirini ligineda, see nõuaks paljude aastate vaatlusi ja eksperimenteerimisi, mis oleksid pühendatud ainult sellele ühele liigile; ent tõsiasi on, et seni veel ühegi liigi suhtes nii kaugele pole jõutud. On väga soovitatav, et need, kel on aega, võimalust ja kalduvust selliseiks detaileiks ja puhtalt autökoloogilisteks uurimisteks, neid ette võtaksid ja läbi viiksid. Selliste tööde tulemused asetaksid meid palju parematesse tingimustesse, kui oleme praegu, probleemide lahendamisel, mis kerkivad mitmekesiste ühiskondade puhul. Sellelaadiline hoolikas ja põhjalik uurimine on ökoloogias ülimal määral vajaline.

Esiialgu aga ei pruugi ega või me taimeühiskondade uurimisega nii kaua oodata, kuni selliseid töid tehakse. On palju küsimusi, mida saame ühiskondade kohta lahendada, enne kui evime neid moodustavate liikide autökoloogia kohta selliseid põhjalikke teadmisi. Tõeliselt on ühiskondade uurimine parimaid teid, mis meile näitab, missuguseid olulisi probleeme esitab iga üksik liik, millest see ühiskond koosneb. Taimeühiskonna uurimine

viib meid paratamatult ikka tagasi üksiku liigi juurde ja me saame varakult aru, kui vähe me tast teame.“

Olles kõrvale heitnud sünuusi mõiste Alehhiin'i mõttes ja asudes valima ülejäänud seisukohtade vahel, konstateerime kõigepealt seda, milles kõik uurijad üksmeelel on: 1) ökoloogiliselt homogeensed, selgesti eraldatavad taimede kooslused, mida nimeatakse sünuusideks, on looduses vaieldamatult olemas, 2) nende uurimine vegetatsiooni mõistmiseks on väga tähtis. Lahkarvamised on ainult selles, kas vegetatsiooni uurimisel tohib lähtuda neist, s. o. käsitada neid kui omaette tervikuid, või peab lähtuma suuremaid ühikuist ja käsitama sünuuse kui nende iseseisvusetuid osi. See on aga suurel määral otstarbekohasuse küsimus, kus otsus oleneb sellest, kummal juhul on võimalik keerulise struktuuriga (mitmerindelise) vegetatsiooni paremini kirjeldada.

Kui eelmises peatükis väitsime, et üherindeliste ühikute meetodil on mõningaid paremusi, siis ilmneb see käesolevas küsimuses. Vegetatsiooni põhiühikuks keerulise (mitmerindelise) ühiku valimine juhib pea-tähelepanu sellele ühikule endale ja toob endaga kaasa vähema tähelepanu pööramise tema osadele. Sellega jääb puudulikuks ka mitmerindelise koosluse kui terviku mõistmine. See ilmneb selgesti Sukatšev'i ülemaltsiteeritud seisukohtades, kes lepib nentimisega, et on võimalik eraldada mitmesuguse ulatusega sünuuse, ei anna nende uurimiseks ja klassifitseerimiseks aga mingisuguseid juhiseid. Teisiti aga on lugu, kui lähtume sünuusidest kui iseseisvatest uurimisobjektidest. Sel puhul pole võimalik leppimine konstateerimisega, et nende ulatus võib olla mitmesugune, vaid ollakse sunnitud eraldama suuremaid ja väiksemaid ühikuid, neid täpsemalt defineerima, nende ökoloogiat, struktuuri ja levimist täpsemalt uurima. Ja kui nii on läbi uuritud kõik väiksemad ühikud, mis sisalduvad ühes keerulise koostisega vegetatsiooniühikus, siis võime küll tunnistada, et selle keerulise ühiku mõistmiseks on tehtud kõik mõeldavad eeltööd. Võtame lõppeks arvesse ka sünuusi nimetuse autori Gams'i enda praegust seisukohta, siis võime teha lõppotsuse: 1) nimetus sünuus on loodud ühikute jaoks, mida nende autor peab iseseisvateks; 2) neil ühikul on omad nimetused: „society“, unioon jne., mispärast sünuus saab olla üldiseks üherindelise ühikuid tähistavaks nimetuseks, 3) selle

sõna tarvitamine mitmerindeliste ühikute täpsemalt defineerimata osade kohta pole otstarbekohane.

Kõneldes üherindelistest ühikutest on tarvis täpsemalt piiritleta, mida mõistame üherindelisuse all. Rinded tekivad taimede erineva kõrguse tõttu ja kõige paremini nähtavad on nad metsaühiskondades. Samuti aga nagu taimede maapealsete osade kohta, kõneldakse rindelisusest ka taimede maa- ja veesiseste osade suhtes. Kui võtame ainult maapealsed rinded ühiskonnas, kus nad on selgesti eraldatavad (metsas), siis näeme, et siingi puudub fütotsönoloogide vahel üksmeel rinnete piiritlemises. Enamasti (Rübel 1933 p. 1055, Braun-Blanquet 1928 p. 37, Pavillard 1935-a p. 10, Tansley 1923 p. 36—37, Du Rietz 1921 p. 134 ja 1930 p. 388—390, Sukatšev 1928 p. 135) eraldatakse neli rinnet: 1) puurinne, 2) põõsarinne, 3) rohurinne, 4) sambla- ehk mullarinne. Vastavalt vegetatsioonile võidakse neid rindeid veel omakorda jagada. Braun-Blanquet ja Du Rietz on üksmeel, et näit. troopikametsas võib puurinne jaguneda alumiseks, keskmiseks ja ülemiseks puurindeks. Põõsarinde suhtes selline üksmeel puudub: Du Rietz' arvates põõsarinnet enam jagada ei saa, Braun-Blanquet aga leiab, et siin on võimalik jaotus alumiseks ja ülemiseks põõsarindeks. Ramenski (1938 p. 278—279) eraldab viis rinnet: 1) puurinne, 2) põõsarinne, 3) rohu ja kääbuspõõsaste rinne, 4) mullarinne (rosetid, lamavad liigid) ja 5) sammalde, samblikkude ning vetikate rinne. Lippmaa (1933 p. 19) eraldab kuus rinnet: 1) metsarinne, 2) põõsarinne, 3) võsarinne, 4) rohurinne, 5) samblarinne ja 6) pinnarinne ehk kooriksamblikkude ja aerofilsete vetikate rinne. Hult (1881) eraldab seitse rinnet: 1) mullarinne, 2) madalam põllurinne, 3) keskmine põllurinne, 4) ülemine põllurinne, 5) võsastikurinne, 6) madalam metsarinne, 7) kõrgem metsarinne. Ka Alehhin (1926 p. 4) eraldab seitse rinnet.

Niidu-, raba- ja sooühiskondades eraldatakse enamasti kolm rinnet. Aga ka siin on võimalik suurema rinnete arvu eraldamine. Näiteks Alehhin ja Uranov (1933 p. 45—47) leiavad, et Streletski stepis esineb vähemalt kuus rinnet; neist alumine on samblarinne, teised viis — rohurinded. Mainitud autorid tunnistavad aga, et nende rinnete eraldamine on raske. „Siin on väikesele alale koondunud väga suur hulk liike, millel on erinev suurus, erinev väline struktuur, erinev ökoloogia; kõik

nad annavad keerulisi kombinatsioone, mida suurendab veel see, et suurest eksemplaride arvust öitsevad harilikult vähesed, kuna teised on ainult vegetatiivses olekus. Nii satub sama liik erinevaise rindeisse, seda enam, et vegetatiivse arenemise aste võib olla suurem või väiksem. Rindelisuse keerulisus ja rinnete eraldamise raskus olenevad veel sellest, et see rindelisus pole püsiv, nagu okasmetsades ja rabades; stepis muutub ta kõik aeg käsi-käes sellega, et ühed liigid ära öitsedes ja oma vegetatsiooni lõpetades langevad teiste vahelt välja, teised aga vastupidi jõuavad oma arenemise tipule. Seepärast nõuab rindelisuse selgitamine steppides sama ala mitmekordset külastamist.“

Niisama keeruline on A. V. Koževnikov'i (1936 p. 203—204) järgi ka luhaühiskondade rinnete eraldamine. „Taimede kõrgus on kõige muutlikumaid tunnuseid ja seepärast peab selleks, et otsustada, millisesse rindesse mõnd taimeliiki lugeda, käepärast olema massiline materjal.“ Koževnikov valis Moskva ligidal Jausa jõe luhal 25 taimeliiki ja mõõtis kõrgust neli korda suve jooksul sajalt eksemplaril igast liigist. Selle materjali põhjal eraldab ta kuus rinnet (kõik rohurinded), tunnistas, et piirid nende vahel on väga relatiivsed.

Mitmeelt poolt, eriti toonitavad seda Nõukogude-Vene õpetlased, nõutakse, et tuleb vahet teha ebarinde ja pärisrinde vahel. Ramenski (1938 p. 278—279) selgitab seda vahet järgmiselt: „Ebarinne on üldine mõiste — horisont, mille moodustavad mistahes taimede, niihästi täiesti arenenud taimede kui ka noorte ja rõhutute, niihästi viljakandvate kui ka viljatute võsud. Rinde all kitsamas mõttes ehk pärisrinde all tuleb mõista püsivat horisonti, mille moodustavad kuigi ehk rõhutud, kuid siiski lõplikult väljaarenenud taimed, mis enam pikemaks ei kasva, samal ajal aga on võimelised antud tingimustes paljunema (kas seemnete kaudu või vegetatiivselt). Ebarinnetel on ebapüsiv ajutine iseloom; nad moodustuvad kas noortest edasikasvavatest taimedest või rõhutud ja paljunemisvõime kaotanud taimedest.“ Ramenski püstitab veelgi ühe nõudmise rinnete suhtes: „Selge väljakujunenud rinne moodustub ainult sel puhul, kui vastava kõrgusega taimed seisavad küllaldaselt tihedasti, nii et nad üksteist varjutavad ja üksteist mõjustavad sirguma ühele ühtlasele tasemele. Seda ühist taset näeme kõigis kindistes kogumikkudes, niihästi puude kui ka rohttaimede kogumikkudes (metsad, luhad, põllud, samblaühiskonnad). Seal, kus

pole seda kinnisust ja mõjustamist ühisele tasemele kasvamiseks, tuleb kõnelda ebatäielikust või ebaselgest rindelisusest, liikide lihtsast erikõrgusest“ (op. cit. p. 278).

Vahet ebarinnete ja pärisrinnete vahel teeb G. P. Biallovicz (1936 p. 31—32) ka kultuurfütotsünoosides. „Ebarinde iga võib olla äärmiselt erinev — mõnest päevast (näit. umbrohtude ebarinne, mis ilmub mõni aeg pärast põllukultuuri umbrohust puhastamist ja mõne päeva järel likvideerub, kas selle tõttu, et sirgub kultuurtaime ebarindeni või hävib järgneva väljakitkumise tõttu) kuni paljude aastateni. Igal juhul, nii mitmeaastase kui üheaastase kultuuri arenemise jooksul võib toimuda korduv uute ebarinnete ilmumine ja nende kadumine või transformatsioon (osa liikide hävimise tõttu või ebarinnete liitumise tõttu). Seepärast ei anna taimede lugemine selle või teise ebarinde juurde veel kujutlust nende taimede tähtsusest antud kultuurfütotsünoosis. Niisiis, kõrvuti ebarinnetega tuleb eraldada pärisrindeid.“ Pärisrinne aga on Biallovicz'i definitsiooni järgi staatiline mõiste, „mis esineb täieliku abstraktsioonina, sest pärisrinnet leidub looduses fütotsünoosi reaalselt eraldatud osana ainult neil juhtudel, kui ta tervikuna läheb mõne ebarinde sisse.“

Biallovicz jagab ebarinded 1) ökoloogiliselt aktiivseiks ehk ökaktiivseiks, 2) ökoloogiliselt ükskõikseiks ehk ökinaktiivseiks, 3) vabadeks ja 4) kaetuiks. Pärisrinded jagunevad Biallovicz'i järgi 1) ratsionaalseiks ja 2) ebaratsionaalseiks. „Ratsionaalsed pärisrinded koosnevad taimedest, millede kasvamine vastava kõrguseni (antud kultuuri arenemise aja kestusel) on taimekasvatuse seisukohast soovitatav. Ebaratsionaalsete pärisrinnete alla kuuluvad taimed, mis võivad nendeni jõuda, kui jätame kultuurfütotsünoosi iseenda hooleks otsekohe pärast tema loomist.“

Sukatšev (1928 p. 186) leiab, et on olemas taimi, mida ei saa lugeda ühegi rinde juurde, näit. liaanid, samblikud puude tüvedel jne. Need moodustavad Sukatšev'i järgi väljaspool rindelisust oleva taimestiku.

Sellest ülevaatest selgub, et rinde mõiste kaugeltki pole täiesti kindel ja et temagi suhtes on väga erinevaid seisukohti. Kuidas on neil tingimusil võimalik rinne võtta aluseks fütotsünooloogiliste ühikute eraldamisel? Tegelikult on nii, et nn. üherindeliste ühikute eraldamisel aluseks pole mitte rinne, vaid

eluvorm. Et lihtsamail juhtudel eluvorm rindega kokku langeb, see andis ainult põhjuse nimetuse „üherindeühik“ tekkimiseks, kuna tegelikuks aluseks ikkagi on eluvorm. Nii ütleb Lippmaa (1934 p. 97, 98), et tema üherindeühingus „valitseb teatav eluvorm või kaks lähedalseisvat eluvormi“. Sedasama korrad ta ka hiljemini (1938-a p. 1): „Üherindeühingu liigid kuuluvad ühte või kahte ligidalseisvasse eluvormi (Raunkiaer'i mõttes).“ „Tegelikult baseeruvad unioonid ikka eluvormidel“ (op. cit. p. 7). Eespool-tsiteeritud Gams'i sünuuside definitsioonist on selge, et nende eraldamise aluseks on eluvorm. Vähem selge on see Du Rietz' sünuuside kohta, kes neid lihtsalt identifitseerib rinnetega.

Et üherindeühikud tegelikult baseeruvad eluvormil, seda on õieti aru saanud ka ägedaim üherindeühikute vastane Pavillard (1935-b p. 4). See annab Pavillard'ile ka põhjuse üherindeühikute mittevastuvõtavaiks tunnistamiseks. Et eluvorm ei saa olla aluseks vegetatsiooniühikute eraldamisel, seda loeb Pavillard tõestatuks juba Tansley ja Moss'i poolt (1910 p. 16—18). Mainitud autorite arvustus puudutab formatsiooni mõistet Warming'i mõttes, mille Flahault ja Schröter II rahvusvahelisele botaanikakongressile (Brüsselis 1910) ette panid üldiseks vastuvõtmiseks. Warming'i definitsioon on järgmine: „Formatsioon on taimeühiskond liikidest, mis kuuluvad teatud eluvormidesse ja millede ühine esinemine on tingitud asukoha teatud välistest (edaaifilistest ja kliimatilistest) tingimustest, milledega nad on kohastunud (Warming and Vahl 1909 p. 140).“ Tansley ja Moss näitavad aga, et formatsiooni aluseks ei saa samal ajal olla eluvorm ja asukohatingimused, sest see viib ebakonsekventsusteni: Warming nimetab näiteks okasmetsa kord formatsiooniks, mida võib jagada subformatsioonideks, kord jällegi, nähtavasti põhjusel, et okasmets võib kasvada erinevates asukohatingimustes, leiab ta, et okasmets moodustab terve rea formatsioone, mida võib ühendada ökoloogiliseks klassiks.

Vastandina Pavillard'ile arvame, et see arvustus sugugi ei puuduta üherindelisi ühikuid Gams'i, Du Rietz' ja Lippmaa mõttes. Ülemaltoodud definitsioonist on selge, et Warming'i formatsioon on midagi muud kui meie üherindeühikud. Veel selgem on see Flahault' ja Schröter'i poolt (1910 p. 26) redigeeritud sõnastusest, mis ütleb formatsiooni kohta: „Ta

koosneb assotsiatsioonidest, mis on oma floristilise koostise poolest erinevad, aga esijoones oma asukohatingimuste poolest, teiseks oma eluvormide poolest sarnanevad.“ Formatsioon Warming'i mõttes on seega erineva floristilise koostisega, aga sama füsiognoomiaga ühikuid hõlmav suur teoreetiline klassifikatsioonihik. Sääraseid ühikuid nimetab Gams isotsoonoosideks. Meie üherindeühikud on esijoones aga floristilised ühikud. Et nende eraldamise aluseks eluvormi võtmine viiks mingisugusteni ebakonsekventsusteni, seda ei ole seni veel keegi näidanud.

Ühikute eraldamise eluvormide alusel võime seega küll õigustatuks pidada. Lihtsuse mõttes nimetame neid aga edasi üherindeühikuiks.

C. Ühing ja unioon.

Ülemal mainisime juba Gams'i ja Du Rietz' kokkulepet, nimetada vähimat üherindelise ühikut „society'ks“ (vaata Du Rietz 1936 p. 585), saksa keeles „Verein“, rootsi keeles „societet“. „Society“ oleks seesama ühik, mida Du Rietz varemalt nimetas konsotsiooniks. Selle kokkuleppega on ühinenud ka Lippmaa (1938-a p. 6) ja „society“ eestikeelseks vasteks valinud sõna „ühing“ (Lippmaa 1938-b p. 53). Juba varemini kinnitas Lippmaa (1934 p. 101), et „autori ühing vastab ulatuselt täielikult Du Rietz' „konsotsiooni“ mõistele“. Tegelikult on Du Rietz' „society“ ja Lippmaa „society“ ehk ühing ometi sootuks erinevad mõisted.

Du Rietz (1930-a p. 334) defineerib konsotsiooni, mille ta nüüd on nimetanud society'ks, järgmiselt: „Konsotsioon on sünuus oluliselt homogeense liigilise koosseisuga, s. t. vähemalt ühe või mitme konstantse dominandiga.“ Sellest definitsioonist selgub, et Du Rietz rajab oma üherindelise põhiühiku, samuti kui mitmerindelisegi konstantsetele liikidele. Lippmaa eraldab oma ühingud aga karakterliikide alusel. Oma töös (1938-a p. 150) ühe üherindelise koosluse üldareali kohta konstateerib ta selle uurimise tulemusena uuesti, et „ühingute eraldamisel ja iseloomustamisel, samuti nende areali määramisel, tõeliselt tähtsad on karakterliigid“. Seega ei vasta Du Rietz' ja Lippmaa põhiühikud, kui erinevail aluseil loodud mõisted, oma ulatuselt kaugeltki teineteisele. Du Rietz' ühik on enamasti palju väiksem Lippmaa omast.

Arvamine, et mõlemal juhul on tegemist identsete mõistetega, näib põhjendavat sellel, et kumbki oma ühiku eraldamisel

arvestab dominantsust. Kuid see, milleks nad liikide dominantsust kasutavad, on kummalgi erinev. Kui kuskil esineb näiteks vegetatsioonilaik, milles domineerib *Anemone nemorosa*, siis Lippmaa ei lepi konstateerimisega, et on tegemist *Anemone nemorosa* ühinguga. Ta võrdleb seda laiku teiste laikudega, millel on sarnane floristiline koostis, ka nende laikudega, kus *Anemone nemorosa* ei domineeri, kus aga liigiline koostis ja asukohatingimused on peajoontes vastavad. Nõnda jõuab ta suurema ühiku — uniooni või selle faatsiese — juurde, mis talle tõeliselt põhiühikuks ongi. Laigud, kus üks või teine liik domineerib, on selle uniooni või tema faatsiese teisendid. Niisiis kasutab Lippmaa dominantsust ainult selleks, et eraldada sama uniooni või faatsiese teisendeid. Kuigi Lippmaa neid teisendeid nimetab ühinguks ja kuigi need on tegelikult uurimisobjektiks piiratud maa-alal töötavale uurijale, ei loe ta neid niivõrd iseseisvaks ühikuks, et neile oleks tarvis anda iseseisvaid nimesusi. Lippmaa järgi tuleb neid nimetada kui uniooni või selle faatsiese variante. Unioone iseloomustavad aga kõigi teisendite võrdlemisel saadud karakterliigid. Üksikkogumikkude analüüside tegemiseks, millede alusel seda võrdlemist toimetatakse, kasutab ta suuri ruute; näiteks *Galeobdolon* — *Asperula* — *Asarum*'i uniooni ja teiste hemikrüptofüütide ning geofüütide unioonide puhul on ruudu suurus 20 m² (1935), varemalt, kui ta neid kooslusi analüüsis koos puurindega, koguni 100 m².

Sootuks teisiti läheneb aga Du Rietz oma „society“ mõistele. Temale on laik, kus mõni liik domineerib, täiesti iseseisvaks ühikuks. Domineerivad liigid ongi selle ühiku konstantideks. Neid laike analüüsib ta väikeste (1—4 m²) ruutude abil ja tuletab neist konstantsuse seadused (1921), mis tema taimeotsioloogilisi ühikuid iseloomustavad.

Seesugused laigud mõne domineeriva liigiga ongi näiteks Lindquist'i (1938) „society'd“.

Oma seisukohta sellise „society“-mõistele lähenemise viisi kohta väljendab Lippmaa (1938-a p. 147) järgmiselt: „Autor asub vaatepunktis, et mitte iga vegetatsioonilaiku, kus mõni liik esineb dominandina, ei või ilma pikemata käsitleda kui iseseisvat varianti (ühingut), vaid tuleb arvestada selle erineva vegetatsiooni kogu floristilist koostist ja seda erinevat koostist tingivaid asukohategureid.“ Nende sõnadega on Lippmaa selgesti iseloomustanud oma ja Du Rietz' vaatepunktide lahku-

minekut ja sellega ka, kuigi ehk kaudselt, tunnistanud, et tema ja Du Rietz' „society“ mõiste siiski ei ole identsed.

Üksikutel juhtudel võib Lippmaa variant Du Rietz' „society'ga“ küll kattuda. Vaatame näiteks Lippmaa analüüsi nr. 1 Abruka saarelt (1934, tabel 8). Praeguse terminoloogia järgi cleks see *Galeobdolon—Asperula—Asarum*'i uniooni baltokassuubilise faatsiese *Asperula*-variant ehk lühidalt *Asperula*-ühing. Kahtlemata nimetaks ka Du Rietz seda *Asperula*-„society'ks“, sest ainsaks liigiks, mis on saanud üldhinnangu 4, on *Asperula odorata*. Teistest liikidest on ainult *Dryopteris filix-mas* saanud hinnangu 3, ning *Aegopodium podagraria* ja *Oxalis acetosella* — hinnangu 2. Seega on *Asperula odorata* siin vaieldamatult domineeriv liik. Sellevastu ei leiaks Du Rietz eelmisega vist mitte midagi ühist analüüsil nr. 13, kus *Asperula odorata* puudub, kõrgeimad üldhinnangud — 3 ja 2 — on saanud aga *Rubus saxatilis*, *Fragaria vesca*, *Lactuca muralis* ja *Calamagrostis arundinacea*, mis täielikult puuduvad analüüsis nr. 1. Arvatavasti otsiks Du Rietz siin koha, kus *Rubus saxatilis* tihedamalt koos kasvab, teeks analüüsi 1 m² suuruse ruuduga ja saaks iseseisva *Rubus saxatilis*'e „society“. Ei ole võimatu, et sellest analüüsiruudust juhuslikult välja jäävad ainukesed analüüsi nr. 13 kohalikud (baltokassuubilise faatsiese) karakterliigid *Lamium galeobdolon* ja *Stellaria holostea*, mis 100-ruutmeetrilises analüüsiruudus on saanud üldhinnangu 1. Et aga *Rubus saxatilis* ei ole kõnesoleva faatsiese karakterliik, siis selle oletatava Du Rietz' analüüsi põhjal ei saaks vist keegi *Rubus saxatilis*'e „society't“ lugeda selle faatsiese liikmeks.

Jääb veel võrrelda, kuivõrd Du Rietz' unioon vastab Lippmaa uniooni mõistele. Uniooniks on Du Rietz ümbernimetanud oma endise assotsiooni, mida ta (1930-a p. 336) järgmiselt defineerib: „Assotsioon on ühest või mitmest konsotsioonist koosnev stabiilne sünuus, mida valitseb üksteise suhtes tugeva sotsioloogilise afinsusega liikide rühm. Siiski ei pruugi ükski neist liikidest läbi kogu assotsiooni levinud olla.“ Du Rietz' unioon põhjeneb seega liikide sotsioloogilisel afinsusel ehk sugulusel. Viimasele mõistele annab ta aga järgmise määrangu: „Sotsioloogiline afinsus on kahe või mitme taime-liigi kalduvus üksteisega segapopulatsioon moodustada. Liigid, mis suhteliselt sagedasti üksteisega segi kasvavad, on tugeva sotsioloogilise sugulusega, liigid, mis seda suhteliselt harva tee-

vad, on nõrga sugulusega, ning liigid, mis seda ei tee, on täiesti ilma sotsioloogilise suguluseta (op. cit. p. 301).“ Tugeva sotsioloogilise sugulusega liikide näitena mainib ta mändi ja kuuske.

Sotsioloogilise suguluse mõiste on mõnelt poolt kaunis tugeva arvustuse osaliseks saanud. Selle kohta olgu tsiteeritud Alehhiin'i ja Sukatšev'i arvamused. Alehhiin (1935-a p. 26) kirjutab: „Ebaõige on fütotsönoosi (samuti ka üksikute taksoonoomiliste ühikute) määrangusse erilise taimede „füotsioloogilise suguluse“ mõiste toomine. Viimast defineeritakse kui kahe taime kalduvust kooskasvamisele. Fütotsönooloogilise suguluse määrang sel kujul ei ole küllalt kindlapiirdeline ja pealegi sunnib tunnustama suguluse esinemist liikide vahel, mis, kui fütotsönoosi ehitusosad, on oluliselt just vastandlikud. Heaks näiteks selles suhtes võivad olla kasvõi mänd ja kuusk, mida Du Rietz toob afinsuse illustreerimiseks. Need kaks puud on, nagu teada, antipoodid oma bioloogilistelt omadustelt ja erinevad teineteisest teravasti ka fütotsönooloogiliselt — oma osalt tsönoosi kujundamisel, mõjult ühiskonna ehitusele jne.“

Sukatšev (1935 p. 18) arvab: „Du Rietz' ettepanekut, tarvitada väljendit „sotsioloogiline sugulus“, peame tunnistama väga ebaõnnestunuks. Kõigepealt peame sugulust taimede vahel mõistma ainult fülogeneetilises mõttes. Käesoleval korral on juttu kahe või mitme liigi võimest kasvada koos, mis muidugi oleneb mitte mingisugusest udusest sugulusest, vaid teatud ökoloogilistest omadustest. Seda enam, et sageda kooskasvamise põhjusi tuleb iga kord analüüsida eraldi, sest nad võivad olla väga erinevad. Võtame kasvõi näitena toodud männi ja kuuse, mis Du Rietz' arvates evivad tugevat „sugulust“. Tegelikult aga erinevad need liigid ökoloogilistelt omadustelt väga tugevasti; kui nad koos kasvavad, siis püüab kuusk mändi välja tõrjuda ja nende sage kooskasvamine on tagajärg inimese vahelesegamisest metsa elusse. Seepärast just männi ja kuuse suhtes mingisugusest „sotsioloogilisest sugulusest“ rääkida ei saa.“

Selle küsimuse kohta seisukohta võttes võime ehk küll möönda, et kuusk ja mänd ei ole sotsioloogilise suguluse illustreerimise kõige paremad näited. Sisuliselt aga Du Rietz siiski nii palju süüdi ei ole, nagu arvavad Alehhiin ja Sukatšev. On ju vaieldamatu, et teatud taimeliigid looduses tõesti koos

kasvavad ja korduvaid kombinatsioone moodustavad. Kui selliseid korduvaid liikide kombinatsioone, mida me taimesotsioloogilisteks ühikuteks nimetame, ei oleks, siis poleks ka mingisugune taimesotsioloogia ehk fütotsönoloogia võimalik. Du Rietz'le võib ainult seda ette heita, et ta konstateerib seda nähtust vaid puht väliselt, selle põhjust aga oma assotsiooni ehk uniooni määrangus ei arvesta. „Sotsioloogiline sugulus“ on ainult nähtuse piltlik nimetus, mitte aga selle nähtuse põhjust väljendav nimetus. Taimede kooskasvamine oleneb loomulikult peale muude põhjuste kõigepealt sellest, et neil taimedel on ühised nõudmised ökoloogiliste tingimuste suhtes. Taimed, mis vastavad teatud asukohatingimustele ja ikka korduvad kohtadel, kus need tingimused esinevad, ongi neil kohtadel võimaliku taimekoosluse karakterliigid. Seega ei ole Du Rietz' unioon Lippmaa unioonist sisuliselt sugugi kauge. Ühtelangevus oleks täieline, kui Du Rietz tunnistaks, et sotsioloogilise sugulusega liikide all tuleb mõista sedasama, mida mõistetakse karakterliikide all. Kui ta seda ka tegelikul rakendamisel silmas peaks, siis võimaldaks see vältida ebaõnnelikkude näidete toomist ja teeks ka poleemika „sotsioloogilise suguluse“ nimetuse kohta üleliigseks. Võib-olla oleks siis ka ainult väike samm selleni, et konsotsioone ehk ühinguid mõista samuti, nagu mõistab Lippmaa oma ühinguid ehk unioonide või nende faatsiaste variante.

Ameeriklaste Clements'i, MacDougall'i jt. „society“ mõiste erineb mõne olulise joonega Du Rietz' ja Lippmaa vastavast mõistest. Kõigepealt ei loe ameeriklased oma „society“t“ iseseisvaks ühikuks, vaid mitmerindelise koosluse iseseisvuse tuks osaks. Teiseks, nende „society“ võib esineda ainult alumistes rinetes. Kui ülemiste rinnete all mõni liik hulgi esineb, siis see ongi ameeriklaste „society“, ja seda liiki nimetavad nad subdominandiks. Kõrgeimas rindes, näit. metsaühiskondade puhul puurindes, valitsev liik on aga dominant, ja selle järgi nimetavad nad kogu mitmerindelise koosluse, ning „society“te“ eraldamine kõrgeimas rindes pole nende vaatepunktist võimalik. Sellevastu eraldavad Du Rietz ja Lippmaa oma ühinguid kõigis rindeis ja ei tee ülemisest rindest erandit. Kõigest ülemalloodust järgneb, et kui üherindeliste koosluste eraldamist õigeaks ja tarvilikuks pidada, siis jääb ainult valida, kas tarvitada põhiühikuid — ühing (society) ja unioon — Du Rietz' või Lipp-

m a a poolt neile antud sisulise tähendusega. Kahtlemata langeb valik L i p p m a a uniooni ja ühingu kui paremini põhjendatud mõistete kasuks.

D. Sotsiatsioon, konsotsiatsioon ja assotsiatsioon.

Üherinde-ühikute vastaste poolt sagedamini ettetoodav väide on, nagu ei tunnustaks see meetod mitmerindeliste ühikute terviklust. See on muidugi eksimus. Et mitmerindelised kooslused, kuigi struktuurilt keerulised ja ökoloogiliselt heterogeensed, siiski on omalaadi floristilised, topograafilised ja ökoloogilised tervikud, oleme juba eespool põhjendanud. Üherindeliste ühikute meetod tahab anda aga õige tee nende keeruliste ühikute mõistmiseks. Põhiühikuiks mitmerindeliste koosluste jaoks pretendeerivad sotsiatsioon ja assotsiatsioon.

Sotsiatsiooni kui põhiühiku mitmerindeliste koosluste jaoks võttis tarvitusele Du R i e t z, andes talle järgmise definitsiooni (1930-a p. 307): „Sotsiatsioon on stabiilne fütotsünoos oluliselt homogeense liigilise koostisega, s. t. vähemalt konstantsete dominantidega igas rindes.“ Nagu iga mõistet, nii ka seda tõlgendavad teised uurijad omamoodi. R ü b e l (1933 p. 1062) ütleb: „Sotsiatsioonid on väikesed osäühikonnad assotsiatsiooni sees, mida mitmelt poolt on nimetatud elementaarassotsiatsioonideks ehk mikroassotsiatsioonideks. Nad vastavad varieteetidele või pisiliikidele mestide süstemaatikas.“ A l e h h i n (1935-a p. 27) teeb kaks parandust Du R i e t z' definitsioonile. Kõigepealt heidab ta kõrvale stabiilsuse nõudmise ja teiseks leiab üleliigse olevat kõnelda dominantide konstantsusest. Teine moskvallane K a t z nimetab selliste muudatustega definitsioonile vastavat ühikut assotsiatsiooniks ja ka Š e n n i k o v (1937 p. 89) leiab, et Alehhin'i sotsiatsioon vastab ulatuselt assotsiatsioonile, nõnda kui seda mõistavad Leningradi fütotsünooloogid. R. N o r d h a g e n (1936) võtab sotsiatsiooni Du R i e t z' mõttes vastu ilma muudatusteta. VI rahvusvahelise botaanikakongressi (Amsterdamis 1935) otsuse põhjal tulebki sotsiatsiooni nimetust tarvitada ainult selles mõttes.

L i p p m a a piirdub ainult möödamineva märkusega, et sotsiatsioonid põhjenevad ühingutel, assotsiatsioonid aga unioonidel. Kuidas tuleb mõista tema ühingu vastu vastava mitmerin-

delise koosluse ulatust, seda ei hakka ta pikemalt põhjendama, sest tema uurimisobjektideks on üherindelised ühikud.

Nagu nägime, vastab Du Rietz' „society“ ainult erandjuhtudel Lippmaa ühingule, enamasti on ta Lippmaa omast väiksem. Järelikult on ka Du Rietz' üherindelitest ühikutest koosnev mitmerindeliline ühik väiksem Lippmaa vastavast ühikust. Tegelikult aga ei koosnegi Du Rietz' sotsiatsioon tema „society'test“, vaid veel väiksemaid ühikuist — sotsiooni-dest. Sotsiooni mõisteni viib Du Rietz' poolt sotsiatsiooni definitsioonis püstitatud nõue, et kõik rinded peavad olema homogeenised; s. t. peavad sisaldama konstantseid dominante. Erinevaise rindeisse kuuluvad taimed evivad aga erinevat eluvormi, millest järgneb, et vegetatsiooni laigud, kus mõni liik domineerib, erinevais rindeis oma piiridelt vaevalt ühte langevad. Du Rietz' sotsiatsioon on niisugune teoreetiline vertikaalne väljalõige, mille ulatuses kõik rinded sellist homogeenisust osutavad. Erandjuhtudel võib sellisesse sotsiatsiooni mõnes rindes sattuda terve „society“, mis siis vastab sotsioonile, nimelt kõige väiksem, kuna teiste rinnete suurematest „society'test“ peame kujutlema nii suuri väljalõikeid, mis projektsioonis selle väikese „society'ga“ kattuvad. Need väljalõiked teistes rinnetes ongi sotsioonid. Võtame Du Rietz' poolt (1930-a) näitena toodud *Pinus silvestris* — *Vaccinium myrtillus* — *Cladonia alpestris*'e sotsiatsiooni. Kui *Cladonia alpestris*'e laik on väikesim ning tast *Pinus silvestris*'e ja *Vaccinium myrtillus*'e kogumikud igast küljest üle ulatuvad, siis satub *Cladonia alpestris*'e „society“ tervelt sotsiatsiooni, teistest tulevad ainult tema kohal olevad väljalõiked — sotsioonid. Kui aga *Vaccinium myrtillus*'e kogumik igast küljest üle *Cladonia alpestris*'e laigu ei ulatu, vaid teda näiteks ainult poolest saadik katab, siis satub kolmerindelisse sotsiatsiooni sambliku-ühingust ainult pool, ning sotsiatsioonis ei ole ühtegi tervet „society't“.

Sotsioonide kohta ütleb Du Rietz ise, et „vaevalt küll maksaks nende eraldamise vaeva enda peale võtta, kui nad ei tekiks kõrvalproduktidena sotsiatsioonialüüsi puhul“ (1930-a p. 335). Nõndasamuti võime kahelda, kas on õige mitmerindeliste koosluste põhiühikuks lugeda sellist, mis muust ei koosnegi kui ainult kõrvalproduktidest.

Et sotsioonid pole mingid loomulikud ühikud, siis tahab Du Rietz selle mõiste nüüd (1936 p. 585) hoopis kõrvale heita,

kirjutades: „Minu vanu „sotsioone“ on parem vaadelda ainult kui variante neist „society’test“, kuhu nad kuuluvad.“ See märkus ei too aga mingit parandust sotsiatsiooni mõistesse, mis jääb endiseks. Nii jäävad endiselt „kõrvalproduktideks“ ka sotsiatsiooni rinded, ükskõik kuidas neid nimetada. Juba varemalt (1930-a p. 335) leidis Du Rietz, et sotsioonid on enamasti „vastava konsotsiooni täiesti tähtsuseta variandid“. Tegelikult aga on paljudel juhtudel raske neid isegi sellisteks tunnistada. Männipuud *Cladonia alpestris*’e laigu kohal ja *Cladonia sylvatica* laigu kohal erinevad vaevalt nii palju, et neid saaks pidada erinevateks variantideks.

Sellele otsusele tuleme ka Soome metsateadlaste uurimuste põhjal Soome metsatüüpide kohta (Y. Ilvessalo 1920-a, 1920-b). Soomlased leiavad, et puidu hulk, mida toodab puurinne, vastab metsatüübile; iga metsatüübi ulatuses on võimalik iga puuliigi kohta koostada tabelid, mis näitavad puidu produktsiooni; metsatüübi ulatuses on puud seega püsivate omadustega. Metsatüüp on aga suur ühik ja temas on võimalik eraldada palju sotsiatsioone. Kõigi nende sotsiatsioonide puurinne on seega samasuguste omadustega ja puudub alus variantide eraldamiseks. Peamine omadus, mis selliseid variante, kus nad olemas on, võiks iseloomustada, on erinev vitaalsus. Ühtlane puidu produktsioon metsatüübi ulatuses näitab aga, et just puude vitaalsuses on kõikumised minimaalsed.

Et sotsiatsioonid Du Rietz’ mõttes on kunstlikud väljalõiked, näitab ka see, et rikkalikuma flooraga vegetatsioonis võib selliste sotsiatsioonide arv väga suur olla. Cain (1939 p. 165—166) toob näite viierindelisest Põhja-Ameerika metsast, mille kõige ülemises rindes domineerib *Picea rubens*. Alumistest rinnetest võib igähes neli liiki domineerima pääseda, seega on igas rindes võimalik neli „society’t“ Du Rietz’ mõttes. Need oleksid:

Alumises puurindes

1. *Abies Fraseri* society,
2. *Betula allegheniensis*’e society,
3. *Sorbus americana* society,
4. *Prunus pennsylvanica* society.

Pöösarindes

1. *Rhododendron carolinianum*’i society,
2. *Rhododendron catawbiense* society,

3. *Hugeria erythrocarpa* society,
4. *Menziesia pilosa* society.

Rohurindes

1. *Oxalis montana* society,
2. *Dryopteris dilatata* society,
3. *Aster acuminatus*'e society,
4. *Clintonia borealis*'e society.

Mullarindes

1. *Hylocomium splendens*'i society,
2. *Rhytidiadelphus triquetrus*'e society,
3. *Polytrichum ohioense* society,
4. *Cladonia squamosa* society.

Kõik need ühingud ühes kõige ülemise *Picea rubens*'i rindega võivad anda 256 kombinatsiooni, seega 256 sotsiatsiooni (Cain nimetab neid Katz'i eeskujul assotsiatsioonideks). Igauht neist tuleks nimetada viieosalise nimetusega: *Picea* — *Abies* — *Rhododendron carolinianum* — *Oxalis* — *Hylocomium*'i sotsiatsioon, *Picea* — *Abies* — *Rhododendron carolinianum* — *Oxalis* — *Rhytidiadelphus*'e sotsiatsioon jne. Kui me aga välja ei otsi ainult neid kogumikke, kus kõige ülemises rindes on ainult üks dominant, siis suureneb sotsiatsioonide arv veelgi. Juhul kui ka kõige ülemine rinne sisaldab neli liiki, mis paiguti võivad ükshaaval domineerima pääseda, tõuseb sotsiatsioonide arv 1024-le. Üherinde-ühikute meetodile on ette heidetud, et see pulveriseerib vegetatsiooni suureks hulgaks väga väikesteks ühikuteks (Pavillard 1935-b). Karakterliikide alusel eraldatavate uniioonide (Lippmaa mõttes) kohta seda etteheidet ei saa mingil kombel kehtivaks tunnistada. Küll on see aga õige selliste mitmerindeliste sotsiatsioonide kohta.

Nii jõuame lõppotsusele, et sotsiatsiooni Du Rietz' mõttes, kui kunstlikku ja ebapraktilist ühikut, ei saa tunnistada mitmerindelise vegetatsiooni põhiühikuks.

Vaatleme nüüd, missuguse mitmerindelise ühiku saame, kui lähtume ühingust Lippmaa mõttes. Sel puhul tuleb aluseks võtta üks ühing, mis on antud mitmerindelises koosluses tähtsaim, ning sellega ühte lugeda temaga pealekuti olevad teiste rinnete ühingud. *Galeobdolon* — *Asperula* — *Asarum*'i uniooni baltokas-suubilise faatsiese mõne teisendi, näit. *Aegopodium podagraria*

ühingu puhul koosneks mitmerindelise ühik *Ulmus* — *Acer* — *Tilia* ühingust, *Corylus avellana* üh., *Ribes alpinum* — *Lonicera xylosteum*'i üh., *Aegopodium podagraria* üh., *Rhytidiadelphus triquetrus*'e üh. ja *Eurhynchium striatum*'i ühingust, milledele juurde tulevad muidugi veel epifüütsed sammalde ja samblikkude ühingud. Lühidalt, mitmerindelised ühikud oleksid need kooslused, mida Lippmaa kujutab 1935. a. töös 17. joonisel vertikaalsete tulpadena. Need on loomulikud ühikud, millede vastu on raske midagi ütelda ja mis kõlgile peaksid vastuvõetavad olema. Nad pole aga sugugi identsed sotsioonidest koosnevate Du Rietz' sotsiatsioonidega. Neid ühikuid võime nimetada konsotsiatsioonideks, sest nad sarnanevad väga suurel määral konsotsiatsioonidega, nagu neid mõistavad teised autorid.

Selle mõiste looja Clements ning temaga teised ameeriklased ja inglased nimetavad konsotsiatsiooniks mitmerindelise ühikut, mida iseloomustab ühe liigi domineerimine valitsevas rindes. Metsaühiskondades on valitsevaks rindeks puurinne, mille järele nad siis konsotsiatsioonid eraldavad. Näiteks tammemetsad, kus domineerivaks liigiks puurindes on ainult tamm, moodustavad ühe konsotsiatsiooni, pöögimetsad — teise konsotsiatsiooni. Koos annavad need kaks konsotsiatsiooni ühe assotsiatsiooni — tamme-pöogi assotsiatsiooni.

Konsotsiatsiooni mõiste on omaks võtnud ka Rübél (1933 p. 47), kellele on konsotsiatsioonid „assotsiatsioonide osad, mis väga sarnasele floristilisele koostisele vaatamata erinevad ühe ülevohava dominandi poolest“. Nagu teada, on šveitsi-prantsuse koolkonna assotsiatsiooni mõiste palju kitsam inglise-ameerika assotsiatsiooni mõistest. Nii on ka Rübél'i konsotsiatsioon palju väiksem ühik, sest Rübél nõuab konsotsiatsioonidelt väga sarnast floristilist koostist, kuna ameeriklased ja inglased konsotsiatsioonide eraldamisel üldse ei arvesta metsa aluskasvu otsustava tegurina.

Du Rietz (1930-a p. 311) defineerib konsotsiatsiooni nõnda: „Konsotsiatsioon on stabiilne fütotsönoos, mis ühes rindes evib sotsiatsioonidele omast homogeensust (seega on oluliselt homogeense liigilise koostisega, s. t. konstantsete dominantidega), kuna teised rinded võivad olla täiesti heterogeensed. Kui pole teisiti üteldud, siis on homogeenne rinne kõige ülemine.“ Sellest definitsioonist nähtub, et konsotsiatsiooni mõistetakse siin üldiselt nii, nagu seda teevad ameeriklased ja inglased.

Meie mitmerindeline ühik erineb teiste autorite konsotsiatsioonist sellega, et tema aluseks pole mitte domineeriv liik, vaid üks ühing tähtsaimas rindes.

Olgu veel märgitud, et on asjata teiste rinnete heterogeensust nii tugevasti toonitada, nagu seda teeb Du Rietz. *Ulmus* — *Acer* — *Tilia* ühingus (Lippmaa 1934, 1935) on kolm kohalikku karakterliiki. Analüüsides nr. 6, 7, 8, 10 (1934) ja nr. 1, 3, 4 (1935) domineerib neist *Tilia*, analüüsides nr. 3 (1934) ja nr. 2, 3 (1935) domineerib *Ulmus*; analüüsis nr. 9 (1934) on sama üldhinnang *Acer*'il ja *Ulmus*'el, analüüsis nr. 5 (1935) *Tilia*'l ja *Ulmus*'el. See ei peaks aga õigustama seda ühingat heterogeenseks nimetada. Nõndasama kui samblarindes reeglipäraselt esineb kaks ühingat (*Rhytidiadelphus triquetrus*'e üh. ja *Eurhynchium striatum*'i üh.), siis on seda veel vähe, et kõnelda samblarinde heterogeensusest.

Missugust rinnet konsotsiatsiooni eraldamisel aluseks võtta, see nõuab iga kord eraldi otsustamist. Kui kõige ülemine rinne on hästi välja arenenud, siis on tema mõju teistele rinnetele kõige suurem, ja kahtlemata peame teda tunnistama tähtsaimaks ning konsotsiatsioonine eraldama tema ühingute alusel. Põhimõtteliselt on seega õigus Clements'il ja teistel, kes metsa konsotsiatsioonine eraldavad puurinde alusel. Siiski tuleb suureks teeneks Du Rietz' konsotsiatsiooni definitsioonile lugeda seda, et siin on ette nähtud võimalus ka mõnele teisele rindele baseerumiseks. Õigusega juhib Du Rietz tähelepanu rabaühiskondade uurijatele, kes ühikute eraldamisel lähtuvad *Sphagnum*'i ühinguist, aga mitte rohu- või võsarinde ühikuist. On ju rabade vegetatsioonile rabasammal kõige olulisem taim, mille puudumisel raba ei olekski. Enamasti on ka rabades ülemised rinded kidurad.

Aga ka metsaühiskondades võib mõnikord kasulik olla lähtuda näit. rohurindest. Puud on teistest taimedest suuremad, kuid liikide arv, vähemalt meie vegetatsioonis, võrreldes rohurinde taimeliikidega väike. Seetõttu hakkavad kõikuvused nende dispersioonis meile kergemini silma. See toob aga kaasa hädaohu neid kõikuvusi kõrgemalt hinnata, neid ühiskondade eraldamisel tähtsamaks pidada, kui nad tõepoolest on. Eriti maksab öeldu neil juhtudel, kui puurinde loomulik koostis on inimese poolt rikutud, näit. teatud liikide väljaraiumise teel. Väheha majandusliku tähtsusega rohurinnet inimene sel määral ei mõjusta ja mõne liigi väljalangemine puurindest ei muuda öko-

loogilisi tingimusi rohurindes sel ulatusel, et siin tekiksid uued ühiskonnad. Nii jääbki rohurinde-ühik, kuigi ehk mõne uue teisei kujul, püsima, kui temale vastava puurindeühiku indikaator, ja hoiatab erinevustele puurindes liiga suurt tähtsust andmast.

Põhjalikud muutused toimuvad muidugi ka rohurinde-ühiskondades, kui puurinnet mõjustada liiga tugevasti. Näiteks paljaksraie puhul tekivad rohurindes uued ühiskonnad ja algab uus suksessioonide seeria. Et metsarinne pärast paljaksraiet endises koosseisus regenereeruks, see nõuab pikemat aega. Loomuliku uuenduse puhul võib seejuures ka mõni puuliik, mis teistega võrreldult osutub vähem võistlusvõimeliseks, välja langeda. „Alusvegetatsioon selle vastu omandab praktiliselt vaadatuna oma täieliku tasakaalu väga ruttu, nagu kogemused näitavad, vähemalt 60—70 aasta jooksul. Neil tingimustel on võimatu kultuuri poolt tugevasti mõjustatud aladel metsavegetatsiooni liigestamisel baseeruda puurinde koostisele... Kui metsavegetatsiooni absoluutset iseloomustajat, on võimalik puurinde koostist vaadelda ainult vahelesegamise täielikul puudumisel“ (P. Palmgren 1928 p. 11).

Seega võiksime üldreegli formuleerida järgmiselt: Mitmerindeliste ühikute eraldamisel tuleb lähtuda rindest, mis on kõige vähem kannatanud inimesepoolse vahelesegamise all, mille ühinged on kõige selgemini välja kujunenud ja karakterliikide poolest rikkamad.

Et metsaühiskondade eraldamisel võib rohurinne tähtis olla, selle nõrga arenemise puhul aga sambla- või samblikurinne, see arvanagemine on aluseks C a j a n d e r'ile (1909, 1921, 1925, 1926, 1927) tema metsatüüpide loomisel. D u R i e t z (1930-a p. 312) loeb sellepärast Cajander'i metsatüüpe väga lähedasteks oma „Feldschichtkonsoziation'idele“. K a G a m s (1933 p. 4) leiab, et metsatüübid, põhjenedu nad puurindel või rohurindel, on konsotsiatsioonid.

Kui peetakse tarviliseks definitsiooni konsotsiatsioonile, nõnda kui teda siin on mõistetud, siis võiksime seda teha järgmiselt: Konsotsiatsioon on mitmerindeline fütotsönoos, mille täielikumalt väljakujunenud rinde moodustab üks ühing (s. t. uniooni faatsiese teisend).

Nagu üherinde-ühiskondade põhiühikuks pole mitte ühing, vaid unioon, nii ka mitmerindelise vegetatsiooni põhiühikuks pole

ühingule vastav konsotsiatsioon, vaid unioonile vastav assotsiatsioon. Samuti kui unioon, moodustab ka assotsiatsioon oma koguareala piirides rea faatsiesi, ja nende faatsieste kohapealsed teisendid ongi konsotsiatsioonid. Assotsiatsiooni rindeiks on unioonid. Seejuures ei pruugi assotsiatsiooni iga rinne koosneda ainult ühest unioonist. L i p p m a a (1938-a) leiab näiteks, et *Galeobdolon* — *Asperula* — *Asarum*'i uniooni all olev samblarinne esineb mitme varjulembese samblaunioonina. Vastavat puurinnet aga loeb ta üheks uniooniks, nimetades seda *Fagus* — *Tilia* — *Quercus*'e uniooniks.

Sellisel mõistetuna on assotsiatsioon kaunis suur ühik. Seda võrd kui D u R i e t z' unioon vastab L i p p m a a unioonile, langevad ka nende assotsiatsioonid ulatuselt ühte. Kaunis hästi ühtib sellega ka ameeriklaste assotsiatsioon. Vahe esineb ainult selles, et ameeriklastele alati otsust andev on valitsev rinne, metsakoosluste puhul seega puurinne, mistõttu omandavad nende assotsiatsioonid mõnikord veidi erineva ulatuse. Šveitsi-prantsuse ja Leningradi koolkonna assotsiatsioonid aga on sageli väiksemad ja lähenevad mõnikord rohkem konsotsiatsioonidele. Nii loeb näiteks E. S c h m i d (1936) *Quercus* — *Tilia* — *Acer*'i metsa üheks ja *Fagus* — *Abies*'e metsa teiseks vegetatsioonivööks. Mõlemad võod koos vastavad umbkaudu sellele, mida vastavalt meie definitsioonile tuleks nimetada *Fagus* — *Tilia* — *Quercus* — *Galeobdolon* — *Asperula* — *Asarum*'i assotsiatsiooniks. Vegetatsioonivöö Schmid'i mõttes on aga kõrgem klassifikatsiooniühik, mis koosneb mitmest assotsiatsioonist Braun-Blanquet' mõttes.

Võib ju kahelda, kas sellisel tuletatud mitmerindelisel põhiühikut on õige nimetada assotsiatsiooniks, sest VI rahvusvahelise botaanikakongressi (Amsterdamis 1935) otsuse põhjal tuleks „nimetust assotsiatsioon tarvitada vegetatsioonühikute märkimiseks, mis baseeruvad peamiselt karakter- ja diferentsiaal-liikidel Zürich-Montpellier' fütosotsioloogide mõttes, või vähemalt sama ulatusega ühikute jaoks“ (tsiteeritud P a v i l l a r d'i järgi, 1935-b p. 7). Meie assotsiatsiooni (samuti kui uniooni) eraldamine toimub karakterliikide alusel; selles mõttes ei ole siin vasturääkivust Amsterdamis kongressi otsusele. Kui aga peaks oluliseks loetama seda, et ta ulatus on enamasti suurem Braun-Blanquet' ja tema pooldajate assotsiatsioonidest, siis ei võiks midagi olla uue nimetuse loomise vastu. Esialgu aga jääme assotsiatsiooni nime-tuse juurde.

E. Põhiühikute rakendatavus troopikametsas.

Võib vist küll tõestatuks lugeda, et üherindeliste ühikute meetod on heade tagajärgedega rakendatav paraskliima vegetatsioonis. Tahab ta pretendeerida aga üldisele tunnustamisele, siis peab teda võimalik olema kasutada kõikjal, ka sellises meie vegetatsioonist oma lopsakusega nii erinevas taimkonnas, nagu seda esindab troopiline vihmamets. Fütotsönoloogilisest seisukohast on vihmametsa tähtsamaiks iseärasusiks kõigepealt äärmine liikiderohkus puurindes, Warming'i (1896 p. 341) järgi kuni 400 liiki kolmel ruutmiilil. Teiseks — „sama liigi indiviidide seltsiva esinemise puudumine“ (op. cit. p. 341); „üksikute liikide kogumikud kuuluvad troopilises metsavegetatsioonis suurimate harulduste hulka“ (op. cit. p. 349). Kolmandaks — epifüütide ja liaanide rohusus, saprofüütide (*Burmanniaceae* ja *Pyrolaceae*) ja juureparasiitide (*Rafflesiaceae* ja *Balanophoraceae*) rikkalik esinemine. Gaussen'il võib õigus olla, et neis tingimuses osutub Braun-Blanquet' meetod puudulikuks. Tõepoolest, kuidas sellises vegetatsioonis leida analüüsiruutu, mis samal ajal sobiks kõigi eluvormidega taimedele. Näib usutavana, et siin on tõesti raske leida kaht analüüsiruutu, mis oleksid samal määral võrreldavad, nagu analüüsiruudud sama ühiku kogumikkudest meie vegetatsioonis. Seepärast võib tõesti raske või koguni võimata olla eraldada troopika vihmametsas assotsiatsiooni Braun-Blanquet' mõttes.

Kuivõrd siin rakendatav on üherinde-ühikute meetod, see ongi küsimus, mis nõuab tõestamist tegeliku uurimistöega. Neil, kel pole õnne osaks saanud troopikametsa isikliku kokkupuutumise kaudu tundma õppida, oleks raske teoreetiliseltki midagi kindlamat selle kohta väita. Kui nüüd järgnevalt selle kujutluse põhjal, mis meil kirjanduse kaudu troopikametsast on, siiski mõningaid otsuseid püütakse teha, siis tuleks neid hinnata pigemini tööhüpoteesi seisukohast.

Veel suuremal määral kui meie looduses, peaks troopikametsas ilmnema, et sellise keerulise kompleksi mõistmiseks on loomulik tee lahutada teda homogeensemateks osadeks. Seda ongi eluvormide alusel eraldatavad ühikud. Kas aga unioon on ühik, mida on võimalik eraldada näit. troopika vihmametsa ülemises puurindes? Liikide arv on siin küll väga suur, kuid vist ei ole ka siin kõik liigid fütotsönoloogilisest seisukohast sama väärtusega. Küllap on võimalik siingi eraldada teatav hulk karakterliike ja leida mini-

maalruum, mis annab meile pildi selle uniooni liigilisest koostisest. Kahtlemata on see karakterliikide arv väga suur ja uniooni minimaalruum meie metsaunioonide minimaalruumiga võrreldes hiiglasuur, aga et liikide arv ei ole piiramatult, siis on ka karakterliikide arv mingi kindel suurus, samuti ka minimaalruum. Väga isearalikuna ei tohiks meile paista ka see, et uniooni üksikkogumik on väga suur. On ju ka *Galeobdolon* — *Asperula* — *Asarum*'i uniooni koguareaal küllalt suur. Võib olla, et mõnel juhul tuleb üheks pidevaks uniooni kogumikuks lugeda terve metsamassiivi ülemist rinnet, näit. Kesk-Aafrikas või Amazonase jõgikonnas. Seegi ei peaks meid üllatama, sest see, et *Galeobdolon* — *Asperula* — *Asarum*'i unioon on oma koguareaalil tükeldatud suureks hulgaks eraldatud kogumikeks, on esijoones sekundaarne nähtus, olenedes inimese vahelesegamisest. Loomulikkudes tingimustes moodustaks seegi unioon suuremaid pidevaid massiive, mida liigestaksid peamiselt topograafilised põhjused. Nii näib, et uniooni mõiste on ka troopikametsas hästi rakendatav ja moodustab loomuliku põhiühiku. Tõenäoliselt võib pidada, et troopikametsa ääreesades, kus algab üleminek teisteks ühiskondadeks, on võimalik faatsieste eraldamine. Arvatavasti on troopika vihmametsa uniooni põhjapiiri faatsiesed oma floristiliselt koostiselt selgesti lahkuminevad sama uniooni lõunapiiri faatsiestest, sarnanedes siiski karakterliikide esinemisega. Kas siin esineb ka väikesemaid ühinguid, see on ehk küsitav; muidugi pole sellel meetodi rakendatavuse seisukohast mingit tähtsust.

Samuti nagu ülemises puurindes, või koguni veel kergemini, peaks unioonide eraldamine võimalik olema muudes rinetes. Rohurindes on teostatav isegi dominantuse kasutamine. „Troopika ürgmetsas on see üldse harilik nähtus, et suurema maa-ala oluliselt enda alla võtab seesama rohttaim, kõiki teisi kõrvale tõrjudes, nii et rohttaimede vegetatsioon valitseb palju suurem ühetaolisus kui puude vegetatsioon. Näiteks nägin ma, et Tseiloni ja Jaava metsades moodustavad ainuüksi mõned *Strobilanthus*'e liigid *Acanthaceae* sugukonnast hiiglasuurtel aladel rohttaimede vegetatsiooni ja tekitavad oma mahlakate habraste vartega õrnalehelisi puhmikuid, mis ulatuvad kõrgele üle inimese pea“ (A. F. W. Schimper 1898 p. 313).

Erilise ilme annavad troopikametsale aga taimed, mida Sukatšev loeb väljaspool rindelisust olevaiks, nimelt liaanid ja epifüüdid. Muidugi tuleb liaane, kui teistest erineva eluvormiga

taimi, lugeda omaette uniooni liikmeiks. Ka epifüüdid peaksid võimaldama epifüütide-unioonide eraldamise. Seejuures moodustaksid kõrgematel okstel olevad õistaimed ja pteridofüüdid küll madalamal puutüvede ümber kasvavate sammalde unioonidest erinevaid unioone. Vist peaks ka õigustatud olema kõrgemate epifüütide liigestamine mitmeks uniooniks, sest epifüütse eluviisi on omandanud väga mitmekesise eluvormiga taimed; näit. samale oksale kinnitunud *Ficus*'t ja *Anthurium*'i (vaata Schimper 1898, joon. 158) võiksime vaevalt küll sama uniooni liikmeiks pidada.

Liikide arvult puurindega küll mitte võrreldava, kuid eluvormilt muudest siiski erineva uniooni peaksid andma ka suured juureparasiidid (*Rafflesiaceae*, *Balanophoraceae*) ning suhteliselt rikkalik saprofüütide esinemine võimaldab vist ka nende unioonide kujunemise.

Nii koorib unioonide avastamine troopikametsa olemuse meie ees lahti. Kordame jällegi, et unioonideks liigestamisega ei ole sugugi mõeldud troopikametsa terviklust eitada. Unioonidest lähtudes jõuame siingi assotsiatsioonideni, mis seda terviklust esindavad. Vastandina meie kliima metsadele, kus puurinne on liigivaene ja rohurinne oma koostiselt mitmekesisem, tuleb troopikametsades assotsiatsioonide eraldamisel vist alati lähtuda liigirikkast ülemisest puurindest. Selline assotsiatsioon, sisaldades ühe ülemise puurinde uniooni, hõlmab arvatavasti teiste eluvormidega unioone suuremal arvul ning moodustab suure terviku. Assotsiatsioonidega Braun-Blanquet' mõttes ei ole tal vist küll palju sarnasust.

Kõigi eelnevate teoreetiliste arutluste põhjal tahaksime loota, et üherinde-ühikute meetod peaks tema tegelikul rakendamisel igas vegetatsioonis, ka troopika vihmametsas näitama oma otsarbekohasust.

F. Kõrgemad fütotsönoloogilised ühikud.

Olulisim fütotsönoloogias on, et ükskord jõutaks ühisele arusaamisele, mida lugeda põhiühikuks. Suuremate ühikute koostamine põhiühikuist ei ole siis enam nii raske. Muidugi peavad sellegi puhul selged olema põhimõtted ja eesmärgid, milleks neid kõrgemaid ühikuid tarvis on. Et selles pole iga kord selgust olnud, sellest oleneb ka senine virvarr põhiühikute süstematiseerimises.

Põhiühikute kohta püstitasime nõudmise, et nad peavad samal ajal olema floristilised, topograafilised ja ökoloogilised ühikud. On selge, et suuremalt ühikuilt, mida saame põhiühikute liitmisel, on võimata sedasama nõuda. Mida suuremad on ühikud, seda vähem on võimalik neile esitada samu nõudeid nagu põhiühikule. Kuidas põhiühikute ühendamisel talitada, see oleneb kõigepealt sellest, milleks suuremaid ühikuid tarvis on.

Üheks eesmärgiks võib olla ülevaate saamine kõigist maa-keral või mõnel tema osal esinevaist põhiühikuist. Sel puhul on kõrgemad ühikud puhtklassifikatsioonilised ühikud. Siin langeb täiesti ära nõudmine, et nad oleksid topograafilised. Järele jääb kaks võimalust: kas alustada floristiliselt sarnaste põhiühikute liitmisega või lähtuda süsteemi loomisel põhiühikute sarnanevast ökoloogiast. Mõlemas suunas on katseid tehtud.

Süsteemi floristilisel alusel lõi Braun-Blanquet. Assotsiatsioonid ühendatakse liitkondadeks (Verband, alliance), mida iseloomustavad liitkonna karakterliigid. Liitkonnad annavad seltsi, millel jälle peavad olema seltsi karakterliigid. Seltsid ühendatakse klassiks, need lõppeks taimkonnastikuks (Vegetationskreis, cercle de végétation). Viimastel, väga suurtel ühikutel on raske leida karakterliike, mis läbistaksid kõiki neile alluvaid ühikuid; seepärast arvestatakse siin ka vikarieerivaid liike. Floristiliselt ligidased ühikud kasvavad asukohtadel, mis sarnanevad ökoloogiliselt. Sellest järeldab Braun-Blanquet (1939 p. 392): „Nii on see süsteem printsiipiaalselt floristiline, kuid ehkki tema ühikud on piiriteldud puhtfloristiliselt, vastavad nad ka ökoloogiliselt hästi iseloomustatud gruppidele ja, lisame juurde, nad on ühtlased ka ajaloolis-geneetilisel.“ Seega on Braun-Blanquet' arvates (op. cit. p. 395) tema süsteem „põhjendatud floristiliselt, samal ajal aga ka ökoloogiliselt, floora-ajalooliselt ja geneetilisel“.

Teist teed — põhiühikute klassifitseerimisel lähtuda nende ökoloogiast — on läinud Lippmaa. Ökoloogiline ühtlus võib olla kitsam ja laiem. Mida väikesemad on fütotsönoloogilised ühikud, seda suurem on nende ökoloogiline homogeensus; kõrgemad ühikud on heterogeensemad, kuid ikkagi on võimalik leida mõni ökoloogiline tegur, mis neid seob.

Põhiühikule järgnevad Lippmaa süsteemis ühikud — perekond, rida, klass, osakond. Seesuguse nimedevalikuga toonitab ta, et on tegemist puhtklassifikatsiooniliste ühikutega. Erilistest

nimetustest, nagu „alliance“ või föderatsioon, pole tõesti mingit kasu; pigemini on nad juba kahjulikud sellega, et tekitavad kujutluse, nagu oleksid kõrgemad ühikud midagi muud kui lihtsad süstemaatilised ehk klassifikatsioonilised ühikud.

Ka selles süsteemis satuvad floristiliselt sarnased põhiühikud ligistikku ja ta on põhjendatud ka floora-ajalooliselt ning geneetiliselt mitte vähemal määral kui Braun-Blanquet' süsteem.

Kui mõlemad süsteemid seega näivad teoreetiliselt ühte viisi küllaldaselt põhjendatud olevat, siis saame ühe või teise väärtuse kohta otsustada selle järele, kumb neist on oma otstarbekohasust tegelikult paremini suutnud tõestada.

Braun-Blanquet ja tema kaastöölised on loomulikult oma süsteemi rakendamises kaugemale jõudnud. Hiljuti (Braun-Blanquet, Sissingh und Vlieger 1939) on nad ulatunud ka meie kodumaa taimeühiskondade klassifitseerimiseni, mis meile selle üle otsustamist tunduvalt kergendab. Selgub, et tõesti paika peab juba varemalt (vaata: Lippmaa 1934 p. 107—109) Braun-Blanquet' süsteemile tehtud etteheide — liitkondadeks ühendatakse ka assotsiatsioonid, mis niivõrd üksteisest erinevad, et lähtudes objektiivselt nende floristilisest koostisest, nende ühendamine võimatu oleks. Samasse liitkonda — *Vaccinio-Piceion* — loetakse näiteks osa meie kuusemetsadest (*Piceetum fennoscandicum*), osa männimetsadest (*Pineto-Vaccinietum myrtilli*) ja *Betula pubescens* — *Vaccinium uliginosum*'i assotsiatsioonid Lapimaalt. Nende ühendamine on loogiline tagajärg seisukohast, et mitmerindelises ühiskonnas on kõigi rinnete taimeliigid samaväärsed. Selle meetodi järgi tuleb assotsiatsioonid lugeda samasse liitkonda, kui neil ühiseid karakterliike leidub ükskõik missuguses rindes; nii võivadki samasse liitkonda sattuda erineva puurindega metsa-assotsiatsioonid ja nõmme- ning niiduassotsiatsioonid.

Seesugused vastuoksused on Lippmaa süsteemis võimatud. Süsteem ehitatakse siin üles üherindelitest põhiühikutest — unioonidest. Kõrgemaiks ühikuks ühendatakse sama eluvormiga põhiühikud. *Galeobdolon*—*Asperula*—*Asarum*'i unioon kuulub näiteks sagedasti *Anemone* eluvormi sisaldavate, nõrgalt happelise niiske metsahuumuse unioonide perekonda. See perekond kuulub varju-lembeste *Aestilignosa* unioonide ritta, viimane jälle parasvöö unioonide klassi ja see hemikrüptofüütide-krüptofüütide osakonda. Teised osakonnad samasuguse alajaotusega hõlmavad teisi Raunkiaer'i eluvormide rühmi (Lippmaa 1938-a p. 146). Täieliku

süsteemi loomine kõigist maakeral leiduvatest unioonidest on alles tuleviku küsimus. Näib aga, et just selline unioonidest lähtuv ökoloogilise alusega süsteem lahendab fütotsönoloogiliste ühikute klassifitseerimise küsimuse paremini kui ükski teine seni katsetatud süsteem.

Viimase otsusega oleme jõudnud seisukohale, mis käib risti vastu Pavillard'i arvamisele. Arvustades üherinde-ühikute meetodit, toonitab Pavillard, et tal meetodile endale pole midagi ette heita: „igauhel on vabadus töötada nii, nagu ta õigeks peab“ (Pavillard 1935-b p. 4). Pavillard loeb aga mitmerindelise ühiku liigestamise homogeenseteks osadeks lubatuks ainult selleks, et seda mitmerindelist kooslust mõista. Klassifikatsiooni aluseks peab tema arvates jääma aga mitmerindelise assotsiatsioon, mitte selle osa. Üheks põhjuseks, miks Pavillard oma arvamises nii kategooriline on, näib olevat see, et ta üherindeliseks põhiühikuks peab mitte uniooni, vaid „society“t. Siit tuleb muidugi ka arvamine, nagu tooks üherinde-ühikute meetod kaasa vegetatsiooni pulveriseerimise pisiühikuiks. Kõige eelneva järgi peaks Pavillard'i eksimus ilmne olema.

Peale ühikute ühendamise kõrgemaiks ühikuiks nende klassifitseerimise eesmärgiga võib teiseks ülesandeks olla suuremate territoriaalsete ühikute saamine. Sama füsiognoomiaga, seega sarnaneva ökoloogiaga, kuid erineva floristilise koostisega ühikute liitmist territoriaalseteks kompleksideks peetakse tähtsaks suuremate alade vegetatsiooni kaardistamisel. Suurem tähtsus on neil muidugi maastikuliselt, geograafilisest seisukohast. Et need kompleksid on kõigepealt füsiognoomilised tervikud, siis on neis mõõtuandev valitseva rinde eluvorm. Seega tulevad neid moodustavate ühikutena arvesse just mitmerindelised põhiühikud. Nii näeme jällegi, et fütotsönologiast on tähtsad nii üherindelised kui ka mitmerindelised põhiühikud, igauks aga omal kohal, ja ühete tunnistamine ei peaks tähendama teiste eitamist.

Kuidas nimetada assotsiatsioonide territoriaalseid komplekse, selles puudub üksmeel. Ühelt poolt tahetakse, et neid nimetataks lihtsalt nii: metsa kompleksid, raba kompleksid jne. Teiselt poolt (Lippmaa 1934 p. 107) on avaldatud arvamist, et just nende jaoks on õigel kohal seni väga mitmes mõttes tarvitatud nimetus — formatsioon. Missuguse nimetuse juurde jääda, on kokkuleppe küsimus, ja puudub tarvidus ühe või teise arvamise kohta seis-

kohta võtta. Kas ka veel suuremaid ühikuid (panformatsioon jne.) tarvis on, selgitagu tegelik uurimistöö.

IV. Üleulatuvate rинnete küsimus.

Mitmerindelises vegetatsioonis esineb nähtus, et pealekuti olevate ühikute piirid alati ühte ei lange. Mõne alumise rинde ühiku areaal võib olla näiteks suurem kui teda katval ühikul. Nii võib alumise rинde ühik sattuda hoopis uue ülemise rинde ühiku alla, võib aga ka ise muutuda kõige ülemiseks rинdeks. Vastandiks selliseile üleulatuvatele rинdeile on seosrinded, mis alati esinevad üheskoos. Ka *Galeobdolon*—*Asperula*—*Asarum*'i unioon ja *Fagus*—*Tilia*—*Quercus*'e unioon esinevad selliste seosrინnetena neist koosnevas assotsiatsioonis. D u R i e t z' sotsiatsioonide puhul kohatame aga üleulatuvaid rинdeid väga tihti, kui mitte alati. Siin on põhjus selge: D u R i e t z' sotsiatsioonid ei ole loomulikud, looduses selgesti piiratud ühikud, vaid kunstlikud väljalõigud vegetatsioonist, ning arusaadav on, et väljalõigu puhul selle või teise rинde osad ka väljapoole ulatuvad. Siit pole kauge järeldotseni, et üleulatuvate rинnete probleem kaob ühes kunstlikkude ühikute kõrvaleheitmisega.

Ometi leidub üleulatuvate rинnete näiteid ka juhtudel, kus pole tegemist kunstlikkude ühikutega. Siia kuulub D u R i e t z' (1930-a p. 330) poolt tsiteeritud näide Jaava saare idaosast. Tulemägedel kasvava *Casuarina*-metsa puurinne moodustab loomuliku terviku Austraalia-Malaia metsadega. Alumistel rинnetel on aga vähe ühist Austraalia vegetatsiooniga, vaid nad sarnanevad Aasia mandri parasvöö metsade alumiste rинnetega ning moodustavad nendega koos loomuliku terviku. Siin näibki raske olevat otsustada, kumma poolega Ida-Jaavat ühendada.

Tegelikult pole see küsimus aga kaugeltki nii raske, sest siin on tegemist väga suurte ühikutega. Selliste suurte ühikute puhul, nagu seda on Austraalia *Casuarina*—*Eucalyptus*—*Melaleuca* metsad (D u R i e t z' järgi panformatsioon) ja Aasia mandri parasvöö metsad, on loomulik, et üleminek ühest teise ei toimu järsku, vaid et on olemas üleminekuala. Ida-Jaava olekski selliseks üleminekualaks, mis sisaldab mõlema poole elemente. Vegetatsioonikaardi valmistamisel ei tuleks teda ühendada ühe ega teise poolega, vaid üleminekuala kujutada. Raskused tekivad ainult siis, kui tahtakse, et kaartidel mingeid üleminekualasid poleks, vaid et taime-

geograafilisi regioone piiraksid teravad jooned. Viimast nõudmist on aga raske põhjendatuks pidada.

Ei ole midagi vastu rääkida sellele, mida Du Rietz näeb ainukese pääseteena: uurida iga rinnet eraldi ja ühendada selle suurema ühikuga, mille loomuliku osa ta moodustab, vaatamata teistele rinnetele, mida tuleks ühendada teiste ühikutega. Kaardistamisel tähendaks see iga rinde ühikute kohta eraldi kaartide koostamist. See on kahtlemata õige tee. Kui kord tõesti nii kaugele jõutakse, et meil on kõigi üherindeliste koosluste levimiskaardid, siis oleme ligidal maakera vegetatsioonist õige pildi omandamisele. Lõpliku pildi saamiseks tuleks aga kõigist neist kaartidest teha süntees. Projitseerides neid kõiki ühele kaardile, saame õige kaardi maakera vegetatsiooni kohta. See näitab alasid, kus ühed või teised areaalid ühte langevad ja seega loomulikke ühikuid kujutavad. Nende vahele aga jäävad üleminekuvalad, millede ulatus võib erinevatel kohtadel lahkuminev olla. Sellise menetlusega saadud kaardile tuleb muidugi ka Ida-Jaava kui üleminekuala.

Üleminekualasid võime leida mitte ainult suurte ühikute vahel, nagu toodud näites, vaid ka väiksemate ühikute vahel. Isegi seosrinnetest koosnevates tsünoosides on nad tihti olemas. Vaatame mõne *Fagus* — *Tilia* — *Quercus* — *Galeobdolon* — *Asperula* — *Asarum*'i assotsiatsiooni kuuluva konsotsiatsiooni üksiku kogumiku piire. Rohurinde ühing kui varjulembene kooslus ei tungi puurinde alt lagedale. Põõsarinne sallib aga valgust rohkem. Paremini välja kujunenud on ta ikka kohtades, kus puurinne on hõredam. Ka metsaservades areneb ta tugevamini. Metsa analüüsides võtame analüüsiruudud ikka sellest metsaserva põõsasterikkast ribast seespool, kus metsastruktuur on juba tüüpiline, kuigi liigiline koostis metsaserval iga kord väga palju ei erine. Sellise kohtlemisega olemegi metsaserva tunnistanud mittetüüpiliseks üleminekualaks. Et me vegetatsioonikaartidele teda erilisel ei märgi, oleneb ainult sellest, et ta väga kitsas on. Vegetatsiooni regioonide (või panformatsioonide) suurusega võrreldes pole aga üleminekuvalad nende vahel (nagu näit. Ida-Jaava) ka kuigi laiad.

Üleulatuvate rinnete näitena mainib Lippmaa (1934) ka Lapi niit-kasemetsa selle alusrinnetega. Alusrinded lähevad siin kaugemale põhja poole kui puurinne. Seda saab seletada ökoloogiliste tegurite asendumisvõimega (Rübel 1933, 1935, 1936-a). Kaitset, mida alumistele rinnetele pakub puurinne, asendavad puurinde levimiskiirist põhja pool muud tegurid, näit. madalam tem-

peratuur jt. Juba enne puurinde lõppemist ei ole enam tegemist tüüpilise metsaga. L i p p m a a (1929) järgi tuleb seesugust metsa lugeda pigemini loomulikuks puisniiduks, sest rohurindel on siin suurem tähtsus, puud aga asetuvad üsna hõredalt. Kus sellistel juhtudel tõmmata piir väljakujunenud tsönoosi ja üleminekuala vahel, seda saab otsustada, kui jälgida vastava tsönoosi muutusi tema koguareaalil. Seejuures ei ole küll õige neid piire puhtformaalselt siduda ainult ühe või ka mõne üksiku liigi levikuga.

Et üleminekualad erinevad tüüpilistest tsönoosidest, see ei peaks põhjustama neid teaduse seisukohast tähtsusetuiks pidama. Neil aladel on võimalik jälgida, millal ühele või teisele taimele saabub piirväärtus sellele alale iseloomuliku ökoloogilise teguri suhtes. Nii on need alad eriti tähtsad liikide autökoloogia uurimise seisukohast.

B r a u n - B l a n q u e t (1928 p. 38) toob üleulatuvate rinnete näitena *Rhodoreto-Vaccinietum*'i Alpides, mis esineb nii *Pinus cembra* — *Picea excelsa* metsas kui ka *Larix decidua* metsas. Vastavat nähtust tunneme ka Eestis, kus *Vaccinium myrtillus* — *Majanthemum bifolium*'i ühing võib esineda nii kuuse- kui ka männimetsas. Võib olla, et neil juhtudel on tegemist ülemise rinde ühikute liiga kitsa piiritlemisega. Ehk on võimalik näit. *Pinus cembra* — *Picea excelsa* metsi ühendada *Larix decidua* metsadega üheks tervikuks, mida seob neile ühine *Rhodoreto-Vaccinietum*. *Pinus cembra* — *Picea excelsa* mets ja *Larix decidua* mets oleksid siis selle suurema terviku teisendid.

Teise näitena mainib Braun-Blanquet *Rosmarinus* — *Lithospermum fruticosus*'e assotsiatsiooni Lõuna-Prantsusmaal, mida leidub koos *Pinus halepensis*'e rindega või ilma selleta. Et see assotsiatsioon võib esineda ilma puurindeta, see näitab tema valguselembesust. *Pinus halepensis*'e all saab ta kasvada ainult selle tõttu, et see puurinne on väga hõre. Kui see puurinde hõredus on primaarne nähtus, siis tuleks küll *Rosmarinus* — *Lithospermum fruticosus*'e assotsiatsioon kogu tema alal lugeda üheks tervikuks ning kohti, kus esineb *Pinus halepensis*, selle terviku teisenditeks. On puurinde hõredus aga sekundaarne nähtus, siis tuleks vastavaid alasid käsitada nagu kõiki kultuuri poolt mõjustatud kooslusi: kui lõpeb inimese vähelesegamine ja metsarinne muutub küllalt tihedaks, siis kaovad tema alt valguselembesed ühingud, andes maad loomulikkudele metsaaluse ühingutele.

Viimasele näitele näib täielikult vastavat S c h m i d'i (1922

p. 518) poolt toodud näide Nürnbergi ümbrusest, kus männimets esineb *Sarothamnus*'e ja *Calluna* aluskasvuga ning ilma selleta, samuti kui see aluskasv võib esineda ka ilma männirindeta. Schmid saab küsimusest üle sel teel, et ta niisuguseid kooslusi nimetab puht-topograafilisteks ühikuteks. See tähendaks aga ainult nähtuse konstateerimist, mitte tema seletamist. Igal juhul ei ole sellest siiski küllalt, kui rinnete üleulatuvust ainult konstateerime, aga ei püüa selle põhjust selgitada. On aga põhjus leitud, siis võib-olla annab see mõnikord aluse vastavaid ühikuid teisiti piiritleta. Üldiselt võiksime küll arvata, et loomulikkude ühikute puhul tuleb üleulatuvate rinnete probleem väevalt sedavõrd teravalt päevakorrale, et see taimetsotsioloogilisele uurimistöele tõsiseks takistuseks võiks olla.

V. Kliimaks- ja seriaalsed ühiskonnad.

Kas on tarvis vahet teha kliimaks-ühiskondade ja seriaalsete ühiskondade vahel? See küsimus nõuab hoolikat kaalumist, sest ühelt poolt loetakse sellist jaotust tingimata vajalikuks ja sellele eeldusele rajatakse kogu vegetatsiooni uurimine. Teiselt poolt aga peetakse kogu õpetust kliimaks-ühiskondadest fantastiliseks ja ebateaduslikuks.

Õpetus kliimaks-ühiskondadest kasvas välja suktsessioonide uurimisest. Et looduses võib üks ühiskond käsikäes asukohatingimuste muutumisega aja jooksul ruumi anda teisele ühiskonnale, see on ammutuntud ja kõigi taimetsotsioloogide poolt tunnustatud tõsiasi. Põhilased selliste üleminekute ehk suktsessioonide käigu kohta formuleeris juba *W a r m i n g* (1896). Korralikuks läbitöötatud õpetuseks kujundas suktsessioonide uurimise ameeriklane *H. C. C o w l e s*. Viimaste peenusteni arendas seda edasi ja tegi aluseks vegetatsiooni uurimisele ning ühiskondade süstematiseerimisele *C l e m e n t s* (1916-a).

Clements kujutleb vegetatsiooni arenemiskäiku järgmiselt. Igale looduses mistahes põhjusel tekkinud taimevabale uudismaale ilmuvad peagi esimesed asunikud. Sageli on neiks ainult ühe liigi individid; need moodustavad esimese kõige lihtsama pioneerstaadiumi asustamiskäigus. Seda pioneerühiskonda nimetab *Clements* „colony“. Järgneb aste, kus liike on juba rohkem kui üks; seda nimetab ta „family“. Uute liikide sissetungimise (migratsioon), seal kohastumise (ökees) ja omavahelise võistluse (kompetitsioon) tõttu kujuneb pioneerstaadiumidest viimaks ühiskond, mis näib

olevat tasakaalus vastavas kohas valitsevate tingimustega. Ometi ei ole see ühiskond lõplikult püsiv, sest taimede elutegevuse tagajärjel muutuvad asukohatingimused. Näiteks kaljune aluspind mureneb, taimede jäänustest tekib huumus, pinnase happelisus tõuseb, pinnas muutub paremini vett siduvaks jne. Taimed, milledele uued asukohatingimused enam ei vasta, surevad üks teise järel välja; nende asemele rändavad uued, millede ökoloogia on kooskõlas uute tingimustega. Nii kujuneb endise ühiskonna asemele uus. Aga seegi ei ole püsiv, sest muutused asukohatingimustes jätkuvad endiselt ning kutsuvad esile jällegi uue ühiskonna kujunemise. Selline suksessioon ehk ühe ühiskonna asendumine järgnevaga jätkub niikaua, kuni lõppeks on tekkinud küps pinnas, mis sellel alal valitsevates kliimalistes tingimustes enam ei muutu. Ka ühiskond, mis sellel pinnasel kujunes, on nüüd lõplik ega muutu niikaua, kuni püsib sel alal valitsev kliima. Lõplikuks otsustajaks, kas ühiskond enam edasi areneb või mitte, on seega kliima.

Seda stabiilset lõppühiskonda, millega lõpeb suksessioonide rida, nimetab Clements assotsiatsiooniks. Vahepealsed ühiskonnad pioneerühiskondadest kuni lõpliku assotsiatsioonini on assootsiesed. „Colony“ ja „family“ ühes järgnevate assootsiestega moodustavad suksessiooni - s e e r i a. Kõik vegetatsiooni arenemiskäigus assotsiatsioonile eelnevad ühiskonnad on seega s e r i a a l s e d ü h i s k o n n a d.

Samal kliima-alal võib kõrvuti areneda mitu suksessiooni-seeriat. Vastavalt sellele, missugused olid asukohatingimused seeria algstaadiumil, võivad need seeriad omavahel erineda nii oma assootsiaste arvult kui ka nende floristiliselt koostiselt. Iga seeria lõpeb aga viimati ikka stabiliseerunud assotsiatsiooniga, mis on täielikus tasakaalus vastava kliimaga. Kõik sama kliima-ala assotsiatsioonid koos moodustavad k l i i m a k s - f o r m a t s i o o n i. Sellise kahekordse nimega tahab Clements alla kriipsutada, et formatsioon, kui stabiliseerunud vegetatsiooni-ühik, on kliimast tingitud ühik. Kahekordse nime asemel võib aga Clements'i järgi tarvitada ka ainult ühte neist sõnust, kas ainult k l i i m a k s või ainult f o r m a t s i o o n, kusjuures kumbki sõna üksikult tarvitatuna märgiks absoluutselt sedasama mõistet — kliimaks-formatiooni mõistet; sõnad kliimaks ja formatsioon oleksid seega täielikud sünonüümid.

Kliimaks-formatioon on Clements'ile selleks vegetatsiooni

põhiühikuks, mida ta loeb kompleks-organismiks. Siit järgneb, et suktsessiooniseeriaid, mis viivad kliimaks-formatsiooni kujunemiseni, tuleb lugeda koos viimasega üheks tervikuks. Seeriad on kliimaks-formatsiooni ontogeneetilise arenemise astmed. Koos vastavate lõppstaadiumidega on nad üks organism, nagu liblika röövik, nukk ja valmik on seesama organism. Nimetus kliimaks ehk kliimaks-formatsioon tähendaks seega suurt ühikut, mis koosneb niihästi seeriatest kui lõppstaadiumidest.

Juba on tähelepanu juhitud sellele, et Clements, kes muidu kaugeltki tagasihoidlik ei ole uute nii ladina kui kreeka keelest tuletatud terminite loomisel, tarvitab kliimaksi nimetust kahe-suguses tähenduses (Lippmaa 1934 p. 92). Tegelikult on sel sõnal koguni kolm tähendust. Kõigepealt mõistetakse sellega formatsiooni kitsamas mõttes, s. o. seda stabiilset lõppühikut, mis vastaks liblika valmikule, kui tarvitada Clements'i võrdlust. Teiseks tähendab kliimaks formatsiooni laiemas mõttes, s. o. stabiilset lõppühikut (tähendab, kliimaksit kitsamas mõttes) koos temasse suubuvate seeriatega. Võrdluse puhul liblikaga vastaks see mõiste liblikale kõigi ta metamorfoosiastmetega (röövik, nukk, valmik). Neis mõlemas tähenduses on Duriets selle nimetuse paigutanud ka vegetatsiooniühikute võrdlustabelisse (1930-a ja 1930-b, tab. 2). Kolmandaks, peale nende juhtude, kus kliimaksit tarvatakse vegetatsiooniühiku nimetusena substantiivses tähenduses, on sel sõnal Clements'i järgi ka adjektiivne tähendus. See ilmneb siis, kui Clements seab seriaalsete ühiskondade vastandiks kliimaks-ühiskonnad. Formatsioon kitsamas mõttes, assotsiatsioon ja selle alajaotused — konsotsiatsioon, fatsiatsioon, lotsiatsioon, „society“, sotsiatsioon, lamiatsioon, statsioon ja klaan — on kliimaks-ühiskonnad. Sel puhul võiks ehk eesti keeles sõnast kliimaks moodustada omadussõna ning kõnelda kliimaksilistest ühiskondadest, s. o. lõplikult stabiliseerunud ühiskondadest. Kiimaksiliste ehk kliimaks-ühiskondade vastandiks on seriaalsed ühiskonnad — „family“, „colony“ ja assootsies oma alajaotustega (konsootsies, faatsies, lootsies, laamies, saatsies). On arusaadav, et kliimaksi mõiste tarvitamine mitmes erinevas tähenduses ei ole Clements'i õpetusele kasuks.

Järgnevates arutlustes jätame kõrvale kõik küsimused, mis puudutavad suktsessioonide uurimise metoodikat ja suktsessioonide liigitamist. On ju ühest küljest suktsessioonide olemasolu üldiselt tunnustatud tõsiasi, teisest küljest aga samuti vaieldamatu, et

suktessioonide uurimine nii otseste meetodite (püsiruudud) kui kaudsete (järeltuste tegemine naabruses asuvate ühiskondade võrdlemisest) abil on pikka aega nõudev või seotud hüpoteetilise elemendiga, mispärast lõplik seisukohavõtt ühe või teise suktessioonidesüsteemi kohta võiks võimalik olla alles tulevikus, kui on küllalt kogunenud faktilist materjali suktessioonide tõelise käigu kohta. Niihästi Clements'i ja tema vaadete pooldajate kui ka tema vastaste seisukohti analüüsime seepärast peaaegajaliselt käesoleva peatüki alul püstitatud põhiküsimuse seisukohalt: kas kliimaks-ühiskondade eraldamine seriaalsetest on üldse õigustatud?

Juba ülemal (peatükk II) jõudsime otsusele, et ühiskondade identifitseerimine organismidega ei ole sisuliselt õige. Clements'i vaateid analüüsides näeme, et see identifitseerimine pole tegelikult läbiviidav ka siis, kui asuda Clements'i seisukohtadele. Peale päris kliimaksi — kliimaatilise kliimaksi — eraldab Clements veel subkliimaksid. Need on ühiskonnad, mis oma floristiliselt koostiselt vastavad kliimaks-ühiskonnale eelnevale astmele, aga sellest astmest enam edasi ei arene mingisuguse teguri tõttu. Enamasti on subkliimaksite tekitajaks inimene. Näiteks alal, kus kliimaatiliseks kliimaksiks on mets, ei muutu niit metsaks selle tõttu, et inimene oma iga aasta umbes samal ajal korduva vahelesegamisega (niitmise) seda takistab. Tansley (1939 p. 521) nimetab sellist ühiskonda plagiokliimaksiks. Subkliimaks võib olla ka loomulik; näiteks metsa-kliimaksi alal erineb jõelammi ühiskond kliimaksist selle tõttu, et siin on põhjavesi kõrge. Arenemist kliimaks-ühiskonnaks takistab siin edaafiline tegur (pinnase veerohkus); seepärast loeb Clements sellist subkliimaksit edaafiliselt tingitud kliimaksiks. Asudes Clements'i seisukohale, et kliimaks on organism ja seriaalsed ühiskonnad selle ontogeneetilise arenemise astmed, saaksime subkliimaksit võrrelda aksolotliga, kes oma eluajaks jääb larvaalsesse olekusse, kui tal on takistatud veest välja pääseda. Selline võrdlemisvõimalus kaob aga täiesti Clements'i postkliimaksi puhul. Postkliimaksiks nimetab ta lõppühiskonda, mis moodustab kõrgema astme, kui seda on vastava ala kliimaatiline kliimaks. Näiteks alal, kus kliimaksiks on nõmm, esineb jõeorgudes kõrgema astme ühiskond — mets, mille tekkimist võimaldab jällegi erinev edaafiline tegur (suurem veehulk pinnases). Clements'i vaateviisi omaks võttes peaksime ka ontogeneetilises organismi arenemiskäigus leidma midagi, mis oleks identne post-

kliimaksiga. Seda leiaksime siis, kui täiskasvanud organism oleks võimeline soodsates tingimustes muutuma teiseks kõrgemal arenemisastmel olevaks organismiks, näiteks sisalik linnuks.

Et formatsiooni identifitseerimine organismiga ei ole läbi viidav, siis kaob sellega ka alus argumendil, mille põhjal Clements tahab seriaalsed ühiskonnad ühendada üheks tervikuks lõppühiskonnaga. Kliimaks-formatsiooni ehk kliimaksi mõiste kõige laiemas mõttes võime seepärast kahtluseta kõrvale heita.

Õpetust, et on olemas ainult üks kliimaks, nimelt kliimaatiline kliimaks, nimetatakse monokliimaksi-teooriaks. Sellest arenes aja jooksul aga polükliimaksi-teooria, mille järgi võib kliimakseid olla mitmesuguseid (vaata Phillips 1935). Tõuke selleks andis Clements ise, kõneldes peale kliimaatilise kliimaksi veel teistest kliimaksitest. Ülemal puudutasime kahte neist — subkliimaksit ja postkliimaksit. Kuid need ei ole ainukesed. Peale nende eraldab Clements veel „sub-subkliimakseid“ ehk seeriakliimakseid, prekliimakseid ja diskliimakseid. „Sub-subkliimaksi“ ehk seeriakliimaksi all mõistab ta seriaalset ühiskonda üks või kaks astet enne subkliimaksit, mis püsib nii pika perioodi jooksul, et selles suhtes sarnaneb kliimaksiga (1936 p. 264). Diskliimaks tekib päriskliimaksist selle osalise või täieliku ümberkujundamise teel inimese ja koduloomade hävitava tegevuse tagajärjel, aga ka uute liikide massilise sisserändamise tõttu. Prekliimaksi mõiste on tuletatud erineva kliimaga alade võrdlemisest. „Prekliimaksid ilmnevad kõige selgemini, kui vaadelda kõrvuti asuvaid formatsioone: preeriat ja metsa, või kõrbe ja preeriat“ (1936 p. 268). „... iga formatsioon või assotsiatsioon etendab kahekordset osa. Ta on prekliimaksiks oma rohkem mesofüütsele naabrile ja postkliimaksiks rohkem kserofüütsele.“ „... preeria on prekliimaksiks heitlehise-metsa suhtes“ (Weaver and Clements 1929 p. 424). „Ühe ja sama formatsiooni sees rohkem kseromorfsed assotsiatsioonid või konsotsiatsioonid on prekliimaksiks vähem kseromorfsete suhtes“ (Clements 1936 p. 268).

Kõigile neile päriskliimaksist erinevaile kliimakseile või „ebakliimakseile“ annab Clements üldise nimetuse — prokliimaks. Ühe osa kohta neist on Clements tarvitanud ka nimetust „potentsiaalsed kliimaksid“ (1916-a p. 108; 1936 p. 262). Clements'i prokliimaksitele lisaks on R. Tuxen loonud veel parakliimaksi mõiste. „... see pole kliimaksvegetatsioon, vaid ainult kohalikkude ebasoodsate tingimuste tagajärjel esilekutsutud vaesem variant sel-

lest“ (tsiteeritud E. S t a m m'i järgi 1938 p. 106). Märgime ka, et V i l l a r nimetab liitkonnale (Braun-Blanquet' mõttes) vastavat vegetatsioonühikut konkliimaksiks (G a u s s e n 1933 p. 149).

Kõigi nende „ebakliimaksite“ eraldamine üksteisest pole alati kerge ja sama vegetatsiooni võib mõnikord nimetada ühe või teise nimega, olenevalt sellest, mis vaatepunktist teda vaadelda. Nii tunnistab C l e m e n t s (1936 p. 263), et subkliimaks sarnaneb prekliimaksiga mitmes suhtes ja mõnikord on ükskõik, kumba nimetust tarvitada. Niisamuti mõonab ta, et subkliimaksi ja diskliimaksi eraldamine võib raskusi pakkuda. Aga ka prekliimaks ja diskliimaks võivad ühte langeda, nagu seda näitab allkiri fotole nr. 2 (1936): „*Artemisia tridentata* prokliimaks — segapreeria ülekarjatamise tagajärjel tekkinud diskliimaks; kliimaatilisel — prekliimaks.“ Kerge pole ka päriskliimaksi äratundmine. „Kestus ei ole mingil kombel juhiks, sest isegi pioneerstaadiumid võivad püsida pikkade perioodide vältel ja vahepealsed staadiumid sageli näivad olevat kliimaks“ (W e a v e r and C l e m e n t s 1929 p. 162).

Sellest kõigest on täiesti arusaadav, et taimesotsioloogid suhtuvad Clements'i vaadetesse väga mitmeti. W. S. C o o p e r (1926 p. 107), kelle järgi on vegetatsiooni muutumine (suktsessioonid) universaalne nähtus ja peab seepärast võetama fundamentaalseks aluseks vegetatsiooni uurimisel, leiab, et kliimaksi mõiste on äärmiselt kasulik mõiste. Seejuures ei jäta Cooper alla kriipsutamata, et see mõiste ise on enam või vähem subjektiivne ja looduses esinevate tõsiasiade tema alla painutamine kunstlik. Ka subkliimaksi mõistet peab Cooper kasulikuks, tingimusel, et seda ei võetaks liiga rangelt. Seriaalset ühiskondi ta ei nimeta assootsiasteks, vaid assotsiatsioonideks, samuti kui vastavaid kliimaks-ühiskondi. Ka M c D o u g a l l (1935) ja G. E. N i c h o l s (1923) ei leia tarvidust seriaalsete ühiskondade jaoks erinevaid nimetusi tarvitusele võtta. Kui on tarvis märkida mõne assotsiatsiooni suhtelist permanentsust, siis teeb seda Nichols vastava omadussõna abil. Nii saab ta nimetused „permanent“ ja „temporary associations“ (G a m s 1918 p. 412).

T a n s l e y (1923 p. 47) kui polükliimaksi-õpetuse pooldaja, peab paremaks subkliimakseid mitte eraldada kliimaatilistest kliimaksitest, vaid nimetada kliimaksiks iga suhteliselt permanentset assotsiatsiooni, ükskõik kas see on tekkinud kliimaatiliste, edaafiliste või biotiliste tegurite tõttu. Erinevate nimetuste tarvitami-

ses seriaalsete ja kliimaks-ühiskondade kohta (assotsies ja assotsiatsioon) järgneb Tansley Clements'i eeskujule.

Rohkem kriitikat leiab Clements'i õpetus Euroopa mandri õpetlastelt. Mainida tuleb kõigepealt Gams'i (1918), kes kliimaksi mõiste Clements'i mõttes täiesti tagasi lükkab. Selle asemel loeb ta õigustatuks ja väärtuslikuks C. B. Crampton'i poolt tehtud ühiskondade jaotuse üleminevateks (migratory or neogeic formations, Gams'i järgi Durchgangskoönoos) ja püsiühiskondadeks (stable or paleogeic formations, Gams'i järgi Dauerkoönoos). Püsiühiskondadeks loeb Gams neid, „mis on kõigi ökoloogiliste tingimustega sedavõrd kooskõlas, et nad pidevalt teiseks ühiskonnaks üle ei lähe“ (1918 p. 459). Kui olulisele oma definitsioonis juhib Gams tähelepanu sellele, et ta arvestab kõiki ökoloogilisi tegureid, aga mitte ainult kliimaatilisi nagu Clements. Et Gams selles küsimuses siiski täiesti järjekindel pole, selgub tema ühiskondade jagamise tähtsuse põhjendusest. „Püsi- ja üleminevate ühiskondade eraldamine on tähtis sellepärast, et mõne suurema ala iseloomustamiseks arvesse tulevad ainult püsiühiskonnad, esijoonelised kliimaatilised, niipalju kui neid üldse veel on olemas või kuivõrd nad on rekonstrueeritavad“ (1918 p. 460, sõrendus minult; A. V.).

Teatavasti teeb Gams vahet topograafiliste vegetatsioonihükute — biotsünooside ja ökoloogiliste hükute — sünuuside vahel. Jaotust püsi- ja üleminevateks ühiskondadeks loeb ta kehtivaks ainult topograafiliste hükute kohta.

Kesk-Euroopa õpetlastest töötas suktessioonide küsimuse põhjalikumalt läbi Lüdi, kes ei piirdunud ainult teoreetiliste seisukohavõttudega, vaid püüdis selgitada suktessioonide tegelikku käiku, nagu see avaldub Alpide vegetatsioonis. Tema seisukohtadega ühinesid teised šveitsi ja prantsuse taimesotsioloogid: Braun-Blanquet, Rübel, Pavillard jt. Vähem mõju on avaldanud E. Furreri (1922) vaated mõningais teoreetilises küsimuses.

Kesk-Euroopa taimesotsioloogide järgi koosneb iga suktessioonirida ehk -seeria staadiumidest. Nad eraldavad algstaadiume, uudismail esimestena tekkivaid taimedekooslusi; algstaadiumele järgnevad üleminekustaadiumid, millede arv võib, vastavalt kohalikkudele tingimustele ja seeria iseloomule, olla suurem või väiksem; seeria lõpeb lõppstaadiumiga. Et Kesk-Euroopa taimesotsioloogidele on vegetatsiooni põhiühikuks assotsiatsioon, siis on täh-

tis, kuidas assotsiatsiooni mõistet seotakse suktsessiooniõpetusega. Vastava seisukoha formuleerisid juba Flahault ja Schröter (1910 p. 25): „Iga assotsiatsioon on üks suktsessiooni lüli.“ Siit järgneb, et suktsessiooni staadiumid ongi assotsiatsioonid. Lüdi nimetab assotsiatsioonideks isegi algstaadiume, kõneldes „pioneerassotsiatsioonidest“ (1920 p. 22, 31). Assotsiatsioon on enam-vähem tasakaalus asukoha teguritega ja püsib pikemat aega. „Iga assotsiatsioon moodustab minu käsituse järgi ühe enam või vähem stabiilse ja püsiva staadiumi suktsessioonireas“ (Lüdi 1928 p. 90). „Assotsiatsioonid on puhkepunktid suktsessioonireas“ (Lüdi 1920 p. 23). „Suktsessiooninähtus on samm arenemiskäigus, mis viib ühest assotsiatsioonist või subassotsiatsioonist teiseni“ (Lüdi 1923 p. 273). Assotsiatsiooni eluiga jaguneb kolmeks faasiks: initsiaalfaas, mis sisaldab veel üksikuid taimi eelnenud staadiumist, optimaalfaas, mille kestel esineb assotsiatsioon täiesti tüüpilisel kujul, ja terminaal- ehk mandumisfaas, milles võib märgata juba järgneva staadiumi tunnuseid. Terminaalfaasile järgneb uue staadiumi initsiaalfaas. „Ühe assotsiatsiooni terminaalfaas langeb mitte harva ühte järgneva assotsiatsiooni initsiaalfaasiga“ (Braun-Blanquet 1928 p. 276). Mõnikord aga kujuneb kahe assotsiatsiooni vahel staadium, mis erineb nii eelkäivast kui järgnevast assotsiatsioonist, kuid mida ei saa iseisvaks assotsiatsiooniks nimetada tema lühiealisuse tõttu. Näiteks esineb *Caricetum firmae* — *Curvuletum* muruseeria ühes variandis *Caricetum firmae typicum*'i ja *Seslerieto-Semperviretum*'i vahel *Sesleria coerulea* staadium; *Thlaspectum rotundifolii* ja *Caricetum firmae typicum*'i vahel on *Dryas'e* staadium jne. (Braun-Blanquet 1928 p. 276). Rübél (1930, 1933) nõustub neil juhtumel assootsiese nime tarvitamisega: „Kui see kasulik leitakse olevat, võib ka ainult pikema kestusega staadiume nimetada assotsiatsioonideks ja kiiresti üleminevaid ühes Clements'iga assootsiesteks“ (1933 p. 1059). On selge, et siin on assootsiese mõistele antud teine sisu kui Clements'il. Clements'ile on assootsiesteks kõik suktsessiooni staadiumid peale pioneerstaadiumide, seega ka need, mida šveitsi-prantsuse koolkond nimetab assotsiatsioonideks.

Kliimaksi mõiste suhtes ei leia Lüdi kohe alguses kindlat seisukohta. Cowles'i järgi viib iga suktsessioonirida, alaku see veetaimestikuga (hüdrarhne seeria) või kõrvetaimestikuga (kse-rarhne seeria) lõpp-ühiskonna ehk kliimaksi poole, mis on vastava

kliima piirides kõige mesofüütsem. Ühtlasi esindab kliimaks ka kõige lopsakamat selles kliimas võimalikku vegetatsiooni. L ü d i (1920 p. 50, 51) leiab aga, et alpiinses astmes ei jää kõige lopsakama vegetatsiooniga staadium lõppstaadiumiks. Pinnases jätkub siin mineraalainete poolest vaesustumine väljauhtumise tagajärjel, millega käsikäes toimub toorhuumuse kogunemine ning seega pinnase happelisuse tõusmine. Pinnas muutub taimekasvule ebasoodsamaks ja lopsakaimale vegetatsioonile järgneb vaesema vegetatsiooniga lõpp-ühiskond. Et Ameerika autorite järgi tähendab kliimaks lopsakaima vegetatsiooniga ühiskonda, siis ei nimeta L ü d i alul (1920) kliimaksiks mitte viimast ühiskonda, millega lõpeb suktsessiooniseeria, vaid sellele eelnevat rikkalikema taimekasvuga staadiumi. „Rangelt teoreetiliselt võttes peab ka metsaalal pinnas lõplikult nii tugevasti vaesustuma, et ta enam ei suuda kanda metsa, vaid ainult nõmme. Rikkal pinnasel või normaalse jõuga pinnasel läheb aga see vaesustumine nii äärmiselt aeglasti, et me praktiliselt võime seda mitte arvestada ja lugeda kuuse- ning pöögimetsi lõpp-ühiskondadeks“ (L ü d i 1920 p. 52).

Pärastpoole (1923 p. 295) muudab aga L ü d i oma seisukohta ja nimetab kliimaksiks iga lõpp-ühiskonda. Kõige rikkalikuma orgaanilise aine produktsiooniga ühiskonnale, s. t. sellele, mida ta enne nimetas kliimaksiks, annab Lüdi nüüd nimetuse „optimaal-ühiskond“.

Nagu Clements, nii leiab ka Lüdi ja teised Kesk-Euroopa taimetsotsioloogid, et iga kliimaks ehk lõpp-ühiskond levib üle suure maa-ala, millel on enam-vähem ühtlane kliima. Clements'ile on kliimaksiks suur vegetatsiooniühik — formatsioon. Et aga Kesk-Euroopa taimetsotsioloogidele on vegetatsiooni põhiühikuks assotsiatsioon, siis katsuvad nad ka kliimaksi ehk lõpp-ühiskonna mõistet sellega siduda. Tegelikult aga pole kuski leida, et mõnel kliimaalal esineks ainult üks kliimaks-assotsiatsioon. Peale üldkliima on veel hulk tegureid, milledest oleneb, missugune assotsiatsioon võib välja kujuneda. Need tegurid on „edaafilised“ ja „lokaalkliimatilised“, nagu L ü d i neid nimetab. Seepärast jõuabki Lüdi otsusele, et „lõpp-ühiskond ei ole identne assotsiatsiooniga; mitu assotsiatsiooni võivad kõrvuti esineda lõpp-ühiskonnana“ (1920 p. 59). Need assotsiatsioonid „on aga kõik floristiliselt ja ökooloogiliselt ligidalt sugulased“ (1923 p. 289). Kohtadel, kus asukohatingimused on mitmekesised, võib kujuneda „tõeline mosaiik mitmesugustest lõpp-ühiskondadest“ (1923 p. 291). Sellisele mosa-

iigile näib vastavat või väga ligidane olevat R. Tüxen'i ja H. Diemont'i (1937) loodud mõiste „Klimaxschwarm“ (kliimaksisülem).

Kõigest ülemaltoodust selgub lõppühiskonna mõiste nõrkus, tema ebamäärasus. Assotsiatsioon on liiga väike ühik selleks, et teda lugeda lõpp-ühiskonnaks Lüdi ja teiste mõttes. Seisukorda ei päästa ka see, et Kesk-Euroopa taimesotsioloogid kliimaks-ühiskonnale lisaks loovad laiemad mõisted — *k l i i m a k s k o m p l e k s* ja *k l i i m a k s i a l a*. „Kogu suksessiooniseeriaid, mis viivad ühe kindla kliimaatilise lõpp-ühiskonna poole, nimetatakse kliimakskompleksiks, ala, mille enda alla võtab kliimakskompleks, kliimaksialaks“ (Braun-Blanquet 1928 p. 278). Nõnda defineeritud kliimakskompleksi mõiste on väga lai; põhimõtteliselt, kuid mitte ulatuselt, vastab ta Clements'i formatsioonile selle kõige laiemas mõttes. Lõpp-ühiskonna mõiste täpsemaks piiritlemiseks ei anna ta aga midagi. Definiitsioonis kasutatakse koguni lõpp-ühiskonna mõistet, nagu oleks see täiesti kindel mõiste. Parem ei ole ka kliimakskompleksi teine definiatsioon: „Seeriatega ja nende fragmentide kogu, mis geneetiliselt on seotud sellesama kliimaatilise lõpp-ühiskonnaga, moodustab kliimakskompleksi (Braun-Blanquet et Pavillard 1928 p. 16).“

Braun-Blanquet märgib, et lõpp-ühiskonda võib mõista kitsamas ja laiemas mõttes. Laiemas mõttes võib selleks olla näiteks liitkond. „Ida-Reetia Kesk-Alpide muruastme kliimaksiala koosneb kahest floristiliselt ligidase sugulusega assotsiatsioonist: *Curvuletum*'ist ja sellega allpool piirduvast ning metsapiirist ülemal kitsa ribana kulgevast *Festucetum Halleri*'st. Sellepärast oleme kliimaksiala nimetamiseks valinud mitte assotsiatsiooni, vaid liitkonna nime ja kõneleme *Caricion curvulae* kliimaksialast“ (Braun-Blanquet 1928 p. 278—279).

Lüdi lõpp-ühiskondade mosaiik ning Tüxen'i ja Diemont'i kliimaksisülem ei ühti ometi mingi liitkonnaga või veel suurema vegetatsioonihikuga. Nii jääb lõpp-ühiskond ikkagi mõisteks, millele šveitsi-prantsuse koolkonna vegetatsioonihikute astrikus kindlat vastet ei leidu.

Enamasti nimetavad Kesk-Euroopa uurijad kliimaksialasid assotsiatsiooni nimega. Näiteks on Lüdi järgi (1920 p. 70 ja 1932 p. 268) Lauterbrunnentalis (Berni Alpides) kuni 1200 m kõrguseni kliimaksialaks *Fagetum silvaticae* ja 1200 kuni 1900 m kõrguses *Piceetum excelsae*. Et Braun-Blanquet' definiitsiooni

järgi igal kliimaksialal on üks kindel kliimaatiline lõpp-ühiskond, siis ei ole võimalik muud järeldada, kui et *Fagetum silvaticae* kliimaksiala lõpp-ühiskonnaks on assotsiatsioon *Fagetum silvaticae* ja *Piceetum excelsae* kliimaksialale assotsiatsioon *Piceetum excelsae*. Nii peaks kliimaks- ehk lõpp-ühiskonnaks šveitsi-prantsuse koolkonnas olema enamasti ainult üks assotsiatsioon. Selle koolkonna meetodi järgi töötajad tegelikult nõnda küsimust võtavadki ja mõistavad kliimaksi all kliimaks-assotsiatsiooni. Lüdi järgi ei peaks see aga nii olema. Ka toodud näiteis ei loe Lüdi lõpp-ühiskonnaks ainult assotsiatsiooni *Fagetum silvaticae* või *Piceetum excelsae*. „*Fagetum*’i ja *Piceetum*’i vöös leiame peale selle veel *Sphagnetum*’i kui lõpp-ühiskonna, ainult vähe levinuna“ (1923 p. 288). „Need lõpp-ühiskonnad võivad täiesti sõltumatult kõrvuti asuda kui erinevate suktsessiooniridadę lõpplülid (näiteks *Piceetum* ja raba resp. nõmm)“ (1923 p. 289). Nii on samal kliimaksialal (*Fagetum silvaticae*) Lüdi järgi kaks täiesti iseseisvat lõpp-ühiskonda (*Fagetum* ja *Sphagnetum*), mis ei ole kooskõlas ülemal toodud Braun-Blanquet’ kliimaksiala definitsiooniga. Nõnda tuleme jällegi ülemalväljendatud otsusele, et lõpp-ühiskonna mõiste šveitsi-prantsuse koolkonnas ei ole õnnelikult kujundatud.

Märgime veel, et šveitsi-prantsuse koolkond tarvitab ka mõistet, mis vastab Clements’i subkliimaksile. See on püsi-ühiskond. „Taimēühiskondi, mis lõppseisundit, kliimaksit, veel pole saavutanud, kuid sellest hoolimata mingil põhjusel väga kaua oma sotsioloogilist individuaalsust alal hoiavad, nimetame püsi-ühiskondadeks“ (Braun-Blanquet 1928 p. 277).

Lüdi kriipsutab eriti alla (1923 p. 278), et šveitsi-prantsuse koolkond lähtub suktsessioonide-õpetuses Cowles’ist, aga mitte Clements’ist. Seepärast on huvitav märkida, milles seisnevad erinevused Clements’i ja šveitsi-prantsuse koolkonna vaateis. Nagu eelnevast käsitlusest selgub, ei ole neid palju. Olulisimad neist on, et viimane assotsiatsioonideks loeb ka seriaalseid ühiskondi ja et kliimakskompleksi, mis vastab Clements’i formatsioonile, püüab iseloomustada ühe assotsiatsiooni või erandina liitkonna abil, kuna Clements’i formatsioon ikka koosneb mitmest assotsiatsioonist.

Ka Du Rietz (1930-a), kes arvustavalt suhtub nii Clements’isse kui ka šveitsi-prantsuse koolkonnasse, ei erine kliimaksiküsimuses oma seisukohtadega kummastki väga palju. Ta jagab taimēühiskonnad kahte rühma: stabiilsed ja labiilsed. Vastandina Furrer’ile (1922 p. 135—136), kellele kõik alg- ja ülemineku-

Selle kaardi puhul ei saa kõnelda lahkuminekutest teoreetiliste seisukohtade ja tegeliku kaardistamise vahel, vaid mõlemad on kooskõlastatud äärmise järjekindlusega. Arusaadavalt ei saa sellisel kaardil esineda ka mingeid lünki, sest kliimaksite-õpetuse järgi kuulub iga jalatäis maad, olgu tema praegune vegetatsioon missugune tahes, mingisuguse kliimaksi juurde. Uuriija ülesandeks jääb ainult vastava kliimaksi kindlakstegemine.

Kuigi sellest palju ei kõnelda, näib siiski, et kliimaksi (kõige laiemas mõttes) mõiste ja šveitsi-prantsuse koolkonna kliimaks-kompleksi ning kliimaksiala mõistete loomisel on üheks oluliseks tõukejõuks olnud just tarvidus suurte ühikute järgi vegetatsiooni kaardistamisel. Ülemal on juba põhjendatud ja puudub tarvidus korrata, miks asume kliimaksi mõiste suhtes eitavale seisukohale. Jääb ainult üle selgitada, kas suurte alade vegetatsiooni kaardistamisel väikeses kaardimõõdus tõesti vajadust on selle mõiste järele.

Selle küsimuse lahendamisel lähtume järgmistest juba ülemal puudutatud seisukohtadest: 1) väikese kaardimõõdu puhul on võimatu kaardile kanda konkreetseid vegetatsioonikogumikke, nagu seda teeme suure kaardimõõdu puhul, 2) väga suured ühikud, mida harilikult väikesemõõtmelistel kaartidel kujutatakse, on kunstlikud kompleksid, mis ei anna vegetatsioonist õiget kujutlust. Otsene järeldus neist seisukohtadest on, et väikesemõõtmeliste vegetatsioonikaartide koostamine, seega ka vegetatsiooni kaardistamine kogu maakera ulatuses, on võimatu. See järeldus on õige teatud piirideni ja nii Brockmann-Jerosch'i kui ka Weaver'i ja Clements'i katseid, anda suurte alade väikesemõõtmelisi vegetatsioonikaarte, tuleb lugeda ebaõnnestunuiks just sellepärast, et nad püüdsid teha võimatut. Siit ei järgne aga, et on õige Iljinski arvamine, mille järgi suurte alade kaardistamisel tuleb kõrvale heita kõik taimesotsioloogia saavutised ja lähtuda ainult floristilis-füsiognoomilisest printsibist. Õigele teele jõuame, kui enne kaardistamisele asumist endile selgeks teeme, mida võimaldab kujutada antud kaardimõõduga kaart.

Suure maa-ala väikesemõõtmelisel kaardil on võimalik kujutada selle maa-ala liigestamist osadeks. Liigestamise aluseks võib olla iga nähtus, mis evib teatavat levikut. Nii kujutame kaartidel näiteks suuremate alade liigestamist kliimaatilisteks regioonideks neis valitseva kliima alusel, nii jagame maa-alad flooraregionideks iseloomulikkude taimeliikide leviku alusel, nii liigestame

mandreid neil levinud inimrasside alusel jne. Just nõndasama on võimalik suuri maa-alasid liigestada osadeks iseloomulikkude vegetatsioonihükute järgi. Neid osasid võiksime Du Rietz' (1930-a. p. 344) järgi nimetada vegetatsiooniregioonideks. Vegetatsiooniregioon on geograafiline mõiste, aga mitte taimesotsioloogiline, niisama nagu taimeliikide alusel püstitatud flooraregioon on geograafiline, aga mitte idiosüstemaatiline ehk taksonoomiline mõiste. Kaarte, mis kujutavad suuremate maa-alade või koguni terve maakera liigestamist vegetatsiooniregioonideks, võime sellest hoolimata nimetada vegetatsioonikaartideks, sest vegetatsioonihükud on aluseks vegetatsiooniregioonide eraldamisel. Siit saab arusaadavaks, miks ülemal tehtud järeldust, et väikese-mõõtmeliste vegetatsioonikaartide valmistamine on võimatu, õigeks lugesime ainult teatud piirideni: see järeldus on õige, kui kaardil tahaksime kujutada vegetatsioonihükuid, ta pole aga õige, kui kaardil kujutame seda, mida seal kujutada on võimalik — vegetatsiooniregioone.

Lähemat selgitust vajab veel vegetatsiooniregiooni mõiste ja tema eraldamise meetod. Du Rietz' poolt antud vegetatsiooniregiooni definitsioon tuleb kõrvale heita, sest Du Rietz defineerib seda kui fütotsönooside kompleksi, aga mitte kui maa-ala, ja loeb vegetatsioonihükuks, mida ta aga ei ole, nagu seda õieti märgib Iljinski (1935 p. 54). Ometi väljendab Du Rietz vegetatsiooniregiooni olemuse õieti ja täiesti tabavalt esimese lausega, millega ta alustab selle mõiste selgitamist: „Vegetatsiooniregioon langeb ühte ühe või mitme fütotsönoosi domineerimisalaga.“ Sellele vastavalt võiksime definitsiooni formuleerida nii: „Vegetatsiooniregioon on ala, kus esineb üks või mitu fütotsönoosi, millede levik piirdub selle alaga või mis sel alal domineerivad.“

Siit järgneb ka vegetatsiooniregioonide eraldamise meetod. Nende eraldamiseks on vajalik selgitada vegetatsioonihükute levimise areaalid. Areaalide võrdlemine võimaldabki alade eraldamist, mida iseloomustab ühe või mitme hüku esinemine. Lühidalt, vegetatsiooniregioonide eraldamise meetod sarnaneb täiesti igasuguste muude regioonide eraldamise meetodiga. Küll aga eeldab ta vegetatsioonihükute areaalide tundmist, mispärast nende selgitamine peab saama üheks oluliseks taimesotsioloogilise uurimise ülesandeks. Senini on sel alal tehtud väga vähe, sest taimesotsioloogide töö on enamasti olnud suletud oma riigi piiridesse. Et aga taimesotsiologia meetodites, eriti vegetatsioonihükute piiritlemises,

puudub ühtlus, siis väga tihti pole erinevates maades tehtud tööd üksteisega võrreldavad ega võimalda ühikute levimise selgitamist laiematel aladel. Seepärast saab, niikauaks kuni pole jõutud ühiste meetoditeni, vajalikuks uurimisala laiendamine oma riigi piiridest kaugele väljapoole. See tähendab küll ühe maa uurijate poolt läbitöötatud küsimuste uuesti läbitöötamist teise maa teadlaste poolt, seega näiliselt asjatut töö kordamist. Sel oleks aga see hea omadus, et ta kindlasti soodustaks vastastikust mõistmist, seeläbi kaasa aidates lahkuminekute silumisele meetodi küsimuses.

Vegetatsiooniregiooni võime nimetada selle vegetatsiooniühiku järgi, mis esineb ainult selle regiooni piirides ja on seega vastava regiooni karakterühikuks. Aga kahtlemata võivad teistel juhtudel tähtsad olla ka ühikud, mis ei ole seotud ainult ühe regiooniga; kuigi neid leidub mitmes regioonis, võib üks regioon nende arenemiseks olla kõige soodsam, ja siin võivad nad moodustada suurema ja silmapaistvama osa vegetatsioonist. Seepärast peaks neil juhtudel õigustatud olema regiooni nimetamine nende domineerivate ühikute järgi. Teisest küljest võib aga mõni karakterühik regiooni piirides esineda nii hõredalt ja väikeste kogumikkudena, et ei näi õige olevat võtta teda regiooni nimetamise aluseks.

Kas nimetame regiooni karakter- või domineeriva vegetatsiooniühiku järgi, ikka peame meeles pidama, et on tegemist ainult regiooni nimetusega, aga mitte rohkemaga. Et regiooni täielikult iseloomustada, selleks on vaja veel tema diagnoosi. Diagnoos peab selgitama, miks see või teine ühik on regiooni nimetamisel aluseks võetud, ent peale selle peab ta andma ka täieliku loendi kõigist muist ses regioonis esinevaist ühikuist ühes andmetega nende osatähtsusest. Nii langeb ära etteheide, nagu arvestataks vegetatsiooniregioonide kaartide koostamisel ainult neid ühikuid, millede järgi on regioonid nimetatud, ja nagu oleksid need kaardid selle tõttu ühekülgsed ja väheütlevad.

Nüüd jõuame aga küsimuse juurde, mis vegetatsiooniühikud tuleb võtta aluseks regioonide eraldamisel; kas kõlbab selleks unioon või on tarvis mõnd suuremat ühikut. See vähene, mida me seni teame vegetatsiooni põhiühikute levikust, näib tõestavat, et loomlike regioonide saamiseks on õige baseeruda unioonidele. Lippmaa (1938-a) poolt kindlaks tehtud *Galeobdolon* — *Asperula* — *Asarum*'i uniooni areaal on küllalt suur, et olla üheks aluseks vegetatsiooniregiooni eraldamisel Euroopa mandri või koguni terve maakera vegetatsioonikaardil. Ent selle ühe uniooni areaali

teadmisesest, mis pealegi on koostatud suuremalt osalt kaudseil andmeil, muidugi ei jätku, et juba asuda kaardi valmistamisele. Tarvis on andmeid ka teiste samavääriliste ühiskondade kohta. Kui need andmed kord on, siis peaksime suutelised olema andma kaardi, mis kujutab meie mandri vegetatsiooni palju õigemini kui senised vegetatsiooni ülemiste rinnete füsiognoomia ja floora alusel koostatud kaardid. Oletades, et mõne mandri vegetatsiooni liigestamisel lähtume rohurinde unioonidest, pole sellega sugugi öeldud, et ei tule arvestada teiste rinnete kooslusi. Kui näiteks peaks osutama, et *Galeobdolon* — *Asperula* — *Asarum*'i unioon on karakter-ühiskonnaks ühele regioonile, siis omandavad puurinde unioonid erilise tähtsuse selle regiooni liigestamisel vähemateks osadeks, näit. *Fagus*'e ja *Ulmus* — *Acer* — *Tilia* alaregiooniks. Teoreetiliselt pole õigust võimatuks pidada regioonide eraldamist ka mitmerindeliste ühikute, näit. assotsiatsioonide põhjal. Missugune viis osutub otstarbekohaseimaks, seda peab näitama tegelik töö, mille juures aga end juba ette ei tohi siduda mõne aprioorse eeldusega. Näib, et liiga palju on endid sidunud need, kes teoreetilistel kaalutlustel õigustatuiks peavad ainult mitmerindelisi kooslusi. Sellega on nad ise endile piiri tõmmanud, mille ulatuses nad võivad proovida ja katsetada; loomulikult ei saa aga selline piiritõmbamine olla soodustuseks töö otsimisel.

Vegetatsiooniregioonide eraldamise aluseks hästi uuritud põhiühikute võtmine annab võimaluse regioonide eraldada küllaldase objektiivsusega. Senised kogu maakera vegetatsioonikaardid on aga suuresti mõjustatud nende autorite subjektiivseist vaateist. See maksab ka A. Hayek'i (1926) maakera vegetatsioonialade kaardi kohta, „mis kujutab loomulikke vegetatsioonialasid vastaval alal valitseva formatsiooni põhjal“ (1926 p. 197). Nagu sellest lühikesest iseloomustusest näha, vastavad Hayek'i vegetatsioonialad hästi sellele, mida Du Rietz' järgi oleme nimetanud vegetatsiooniregioonideks; nende eraldamise aluseks on Hayek võtnud aga formatsiooni Flahault ja Schröter'i (1910) mõttes. Üldse kujutab Hayek'i kaart (vaata ka Maakera taimkonna kaarti Eesti entsüklopeedia 7. köites) 16 vegetatsiooniala ehk regiooni. Kui võrdleme seda kaarti ülemalpuudutatud Brockmann-Jerosch'i formatsiooniklasside kaardiga ja Weaver-Clements'i Põhja-Ameerika kliimaksite kaardiga, siis näeme lahkuminekuid, mis on seletatavad ainult nende autorite subjektiivsete vaadetega. Kõige kujukamalt ilmneb see Florida poolsaare

põhjapoolse osa kohta, mida Weaver ja Clements loevad heitlehise metsa kliimaksi alla, Brockmann-Jerosch loorbeerpuistute formatsiooniklassi, Hayek aga okasmetsade alasse. Vegetatsiooni põhiühikute aluseksvõtmine regioonide eraldamisel kaotaks kahtlemata sellised üksteisele vasturääkivused.

Kõigist eelnevaist arutlusist järgneb, et oleme valel teel, kui püüame luua nii suuri komplekse, mida oleks võimalik vahetult kanda suurte alade väikesemõõtmelistele kaartidele. Vegetatsiooni-regioonide eraldamist on võimalik toimetada väiksemate vegetatsiooniühikute alusel. Kliimaksi mõiste ei leia seega põhjendust ka vegetatsiooni kaardistamise seisukohast ning tema kõrvaleheitmiseks pole takistust ka sellest küljest.

Cooper (1926 p. 407) arvab, et „termin kliimaks on nii sügavasti juurdunud ja üldiselt hästi mõistetud, et tema väljajuurimine näib olevat lootusetu ja võibolla koguni ebasoovitav ettevõte“. Mitmeti erinevad arvamused, mida oleme püüdnud analüüsida, ja ikka uute prokliimaksite ning selliste mõistete nagu „Klimaxschwarm“ loomine näitab aga, et selles hästimõistmises pole sugugi võimalik kindel olla. Kartusel, et selle mõiste väljajuurimine on lootusetu ettevõte, ei puudu oma alus, kui silmas pidada niisuguste vaieldamatute autoriteetide nagu Clements'i ja Braun-Blanquet' mõju. Täiesti lootusetuks seda siiski pidada ei saa, sest niihästi Euroopas kui Ameerikas võime leida taimetsioloogilisi töid, milledes kliimaksi mõiste mingit osa ei etenda (näit. Spinner 1932). Peaasi on, et need, kes pole selle mõiste tarvilikkuses veendunud, seda ei tarvitaks.

VII. Väljakujunenud ja väljakujunemata ühiskonnad.

Peale ühiskondade jaotuse kliimaks- ja seriaalseteks ühiskondadeks, mille kohta jõudsime otsusele, et see pole küllalt põhjendatud ega vajaline, esineb autoritel veel teine ühiskondade jaotus. Ülemal oleme ka seda jaotust, mis esineb nii kliimaksiopetuse pool-dajail kui ka vastaseil, möödaminevalt puudutanud. See on Cramp-toni jaotus püsi-ühiskondadeks ja üleminevateks ühiskondadeks, millega ühineb Gams, Du Rietz' jaotus stabiilseteks ja labiilseteks fütotsönoosideks, Sukatšev'i jaotus fütotsönoosideks ja agregatsioonideks, Alehhi-ni jaotus fütotsönoosideks ja grupeeringuteks, Lippmaa jaotus ühinguteks ja staadiumideks. Nägime juba, et osa neist jaotustest, näit. Du Rietz'

ja Alehhin'i omad, üksteisele väga hästi vastavad, kuigi autorid ise seda ei tunnista. Teistel juhtudel, näiteks kui võrrelda Sukatšev'i jaotust teiste autorite omadega, sellist ühtelangevust ei ole. Kõigil on aga aluseks äratundmine, et tuleb vahet teha ühest küljest päris ühiskondade vahel, millel on välja kujunenud teatud struktuur ja mis on teatava piirini stabiliseerunud, teisest küljest aga taimekoosluste vahel, kus neid omadusi veel välja kujunenud ei ole. Kõigi autorite arvamus ühtivad näiteks selles, et esimesi ebastabiilseid staadiume uudismail ei saa lugeda samaväärseiks pikkade aegade jooksul väljakujunenud ja enam-vähem stabiliseerunud vegetatsioonühikutega. Kuidas kumbagi koosluste rühma nimetada, on kokkuleppe asi. Et kokkulepe selles esialgu puudub, tarvitan käesolevas peatükis nimetusi väljakujunenud ja väljakujunemata ühiskonnad, sest need nimetused on kõige neutraalsemad ja väljendavad jaotuse alust kaunis tabavalt.

Küsimus, mis ühiskondi lugeda ühte ja mis teise rühma, nõuab käsitlemist selle tõttu, et Sukatšev on asunud kõigi teiste vaadetest oluliselt erinevale seisukohale. Vaatamata lahkuminevatele nimetustele ei ole teistel autoritel omavahel nende rühmade piiritlemises sisuliselt olulisi vahesid. Lippmaa staadiumid on sedasama, mis Alehhin'i grupeeringud, Durietz' labiilsed fütotsünoosid ja Crampton'i ning Gams'i üleminevad ühiskonnad. Sukatšev aga arvab päris fütotsünooside hulka enamiku neist ühiskondadest, mis teistel kuuluvad väljakujunemata ühiskondade rühma. Agregatsioonideks loeb ta ainult kõige esimesi staadiume uudismail ja neid avauhinguid kõrbedes, kus taimed kasvavad üksteisest sedavõrd eemal, et nende vahel ei saa olla mingisugust konkurentsi. Sellevastu loeb ta päris fütotsünooside hulka kunstlikud taimedekooslused, näit. põllud, istandused, umbrohtude kooslused, paljaksraie järel raiesmikel tekkinud haavikud ja kaasikud.

Need seisukohad järgnevad kõik sellest, et Sukatšev, jätkates oma õpetaja G. Morozov'i (1913) traditsiooni, kellele olelusvõitlus on metsa põhiseaduseks, loeb iga tsünoosi oluliseks tunnuseks temas esinevat olelusvõitlust. Seejuures mõistab ta olelusvõitlust kitsamas, taimedevahelise konkurentsi, kompetitsiooni mõttes. Seda eeldust loeb Sukatšev niivõrd tähtsaks, et see peab väljendust leidma fütotsünoosi definitsioonis. Kõiki teiste autorite definitsioone peab ta puudulikeks just sellepärast, et neis ei arvestata taimedevahelist olelusvõitlust. Omalt poolt paneb

Sukatšev ette järgmise fütotsönoosi definitsiooni: „Fütotsönoos on teatud territooriumil esinev taimede kooslus, mis on organiseeritud taimedevahelise olelusvõitluse tõttu kooskõlas asukohatingimustega ja mida iseloomustavad teatavad vahekorrad nii taimede eneste kui ka asukohatingimuste vahel“ (Diskussioon 1934-b p. 10 ja Sukatšev 1934 p. 956).

Oleksime ülekohtused, kui kinnitaksime, et teised taimetsotsioloogid olelusvõitluse tähtsust küllaldaselt ei hinda ega arvesta. „Kompetitsioon on kõigi taimeühiskondade universaalne iseloomustav omadus ja ta puudub ainult suktsessiooni initsiaalstaadiumides, kus pioneertaimed on üksteisest alles eemal. Ta suureneb populatsiooni suurenemisega järgnevates staadiumides ja püsib edasi, kui vegetatsioon on stabiliseerunud“ (Weaver and Clements 1929 p. 125). „... näib selge olevat, et kompetitsioon etendab ühiskonnas samasugust põhjanevat osa, nagu etendab assimilatsioon üksiktaimes“ (Clements, Weaver and Hanson (1929 p. 327)). Olelusvõitluse alahindamist ei saa me konstateerida ka Braun-Blanquet'i: „Niikaugele kui on tõestatav võitlus idanemispaiga, kasvuruumi, valguse või toidu pärast, niikaugele ulatub ka taimedevaheline võistlus, niikaua võime kõnelda sotsiaalsest elust“ (1928 p. 7). Ka Rübeler arvestab taimede olelusvõitlust (phytobiotischer Wettbewerb 1930 p. 33, pflanzlicher Wettbewerb 1933 p. 1047). Tansley'le on võitlus üheks ühiskonna kujunemise peapõhjuseks: „Antud taimeühiskonna struktuuri ja individuaalsuse tähtsamateks põhjusteks on: esiteks fakt, et võivad esineda ainult need liigid, mis leiduvad vastaval mandril ja mis on võimelised vastavale kohale levima; teiseks, et ainult need võivad esineda, mis on võimelised eksisteerima antud elutingimustes ja võistluses teiste seal olevate liikidega; ja kolmandaks, et paljudes ühiskondades võivad teatud liigid püsida ainult siis, kui on olemas teised liigid, näiteks varjulembesed taimed metsas puude all, mis varju annavad“ (1923 p. 19). Toodud tsitaadist ei tule järeldada, nagu tunnistas Tansley võistlust ainult erinevate liikide vahel, aga mitte ka sama liigi indiviidide vahel. Võistluse küsimust põhjalikumalt käsitledes (op. cit. p. 126) väljendab ta selgesti, et arvestatud on mõlemad juhud („... competition between individual plants, either of the same or of different species“). Küllaldasest tähelepanu võistluse küsimusele pühendavad ka Durietz (1930-a p. 476) ja Lippmaa (1934 p. 86–88). Nii võime küll ühes Salisbury'ga konstateerida, et

„ükski taimetsotsioloogia uurija ei saa kahelda taimedevahelise võistluse faktori ülimas tähtsuses“ (1929 p. 197), või Pavillard'i sõnadega: „On tõesti peaaegu asjatu, silmas pidades bioloogide peaaegu üldist üksmeelset arvamist, meelde tuletada olelusvõitluse enam-vähem absoluutset esikohta elusolendite vastastikutest suhetes“ (1927 p. 101).

Teistest erinevale seisukohale ühiskondade liigitamisel jõuab Sukatšev selle tõttu, et ta olelusvõitluse arvestamisel liialdab. Oma fütotsünoosi definitsioonis ütleb ta, et fütotsünoos on organiseeritud olelusvõitluse tõttu; tegelikul ühiskondade liigitamisel küsib ta aga ainult seda, kas olelusvõitlus esineb või mitte. Niipea kui olelusvõitlust võime konstateerida, on Sukatšev'i arvates tegemist päris fütotsünoosiga. Rukkipõllul võistlevad rukkitaimed endi vahel ja umbrohtudega; sellest järeldab Sukatšev, et rukis ühes umbrohtudega on päris fütotsünoos, kuigi primitiivne (1925 p. 8). Seepärast loeb Sukatšev ka kõiki muid kunstlikke ühiskondi, kus aga esineb olelusvõitlus, päris fütotsünoosideks.

Et siin tegemist on liialdusega, peaks vist küll selge olema. Domineeriv liik rukkipõllul on rukis, aga mitte umbrohud; selliseks ei ole nende taimede vahetõrjend organiseerinud mitte olelusvõitlus, vaid inimene on kõik oma oskuse selleks rakendanud, et luua kunstlikke tingimusi ühe liigi (rukki) jaoks, mille teised taimed vabas olelusvõitluses ilma inimese abita lühikese ajaga välja tõrjuksid. Lillepeenral, kus taimed tihedasti kõrvuti asetsevad, võistlevad nad kahtlematult omavahel vee pärast pinnases ja valguse pärast. Ometi ei hakka me kinnitama, nagu oleneks lillepeenra ilus muster sellest, et olelusvõitlus on ta niisuguseks organiseerinud. Et olelusvõitlus midagi organiseerida jõuaks, selleks on tarvis aega. Üks suvi on liiga lühike aeg selleks, et viljapõldu organiseerida ühiskonnaks, mille struktuur oleks võrreldav loomulikkude ühiskondade struktuuriga. Seepärast ei saa Sukatšev'i seisukohta vastuvõetavaks pidada. Kõik lühiealised kunstlikud taimedekooslused tuleb vastandiks päris- ehk väljakujunenud ühiskondadele lugeda väljakujunemata taimedekoosluste hulka.

Palju lähemal kunstlikkude koosluste taimetsotsioloogilise väärtuse õigele hindamisele on ameeriklased (Clements, McDougall jt.). Põldu ilma umbrohtudeta nimetavad nad „colony'ks“, ühes umbrohtudega „family'ks“. Seega loevad nad põllu vastavaks suktsessiooniseeria kõige esimestele staadiumidele. Muidugi võivad põllud saada sekundaarse suktsessiooni initialsstaadiumi-

deks, juhul kui nad pikemaks ajaks jätta nende eneste hooleks, nii et eluvõitlus tõesti jõuab taimede vahekorda korraldama hakata.

Märgime, et kuigi S u k a t š e v on Nõukogude-Venes üldiselt tunnustatud juhtiv teoreetik fütotsönoloogia alal, siiski on peale Moskva (A l e h h i n'i) koolkonna taimesotsioloogide veelgi teisi, kes Sukatšev'i vaateid kunstlikkude ühiskondade suhtes ei jaga. Siia kuuluvad näiteks O v t š i n n i k o v (D i s k u s s i o o n 1934-b p. 18) ja selline autoriteet nagu akadeemik B. A. K e l l e r (D i s k u s s i o o n 1934-b p. 31).

Omaette küsimus on, kas ka istutatud metsi lugeda kunstlikkude taimekoosluste hulka, mida tuleks eraldada väljakujunenud ühiskondadest. G. G. B o s s é, kelle seisukohad ühtivad S u k a t š e v'i omadega, loeb arusaamatuks, kuidas võib arvata, et istutatud mets lakkab olemast fütotsönoos, samal ajal kui mets, mida inimene pole istutanud, on fütotsönoloogia uurimisobjekt (D i s k u s s i o o n 1934-b p. 27). Küsimus laheneb, kui vaatleme metsa sellest seisukohast, kas ta on väljakujunenud kooslus või mitte. Istutatud metsa, mis koosneb ühe- või kaheaastastest seemikutest, ei hakka ükski taimesotsioloog uurima eesmärgiga, et avastada seadusepärasusi metsastruktuuris. Selline noor mets, kui väljakujunemata kooslus, on täiesti kõrvutatav viljapõlluga, ja meie ei saa teda lugeda päris fütotsönoosiks. Teiseks muutub aga olukord, kui seda metsa laseme edasi areneda aastakümneid või koguni sajandeid. „Noored taimed kasvavad üles, aga kõik, mis nendega loomulikult teel seltsib, kasvab ühes. . . Võistlus noorte puude ja muude taimede vahel ei lakka kunagi, mõlemad mõjustavad teineteist, kas arenemist takistades või soodustades. Ükski inimene ei tule, et pinnast aastast aastasse kohendada ja juurte võitlust puude kasuks otsustada. . .“ (O. F e u c h t 1936 p. 14). Nii kujunebki lõppeks kooslus, mis oma oluliste tunnuste poolest ei erine loomulikust metsast. Et tema initsiaalstaadium tekkis inimese kaastegevusel, see ei kohusta teda nüüd, kus olelusvõitlus on jõudnud temast kujundada väljaarenenud ühiskonna, lugeda väljakujunemata ühiskondade hulka.

Istutatud metsa väljakujunemiseks tarviline aeg oleneb kahtlemata sellest, kuhu see mets on istutatud. On vahe, kas istutada noor kuusik vana maharaiutud kuusiku asemele või mõne teise ühiskonna asemele. Nagu sellele tähelepanu juhib R ü b e l, võib teisel juhtumil palju pikem aeg tarvilik olla: „Sotsioloogilistel

uurimistel peab väga ettevaatlik olema, sest kaugelki mitte iga praegune kuusemets ei ole tõeline *Piceetum*. Seal, kuhu kuused istutatakse esmakordselt, kuuluvad hiiglapikad ajad, kuni alustaimestik, mida loomulikult ühes ei istutata, jõuab muutuda ning nõnda ülemiste rinnetega kohastuda, nagu algupärases ürgmetsas“ (1930 p. 166—167).

Raiesmikkudele tekkinud kaasikud ja haavikud sellevastu ei ole midagi väljakujunenut. Olelusvõitlus keeb siin küll täies hoos, kuid ta ei ole veel suhteliselegi stabiilsusele jõudnud viia. See tuleb siis, kui kuusk või mänd on jõudnud kase ja haava teisele plaanile tõrjuda ja kui on jõudnud kujuneda vastavale kliimale ja mullastikule iseloomulik metsaühiskond. Seepärast peame õiguse andma neile, kes seesuguseid kaasikuid ja haavikuid ei loe päris fütotsönooside hulka.

Oma seisukohtade kaitseks toob S u k a t š e v veel väite, „et selle selgitamine, kas antud kooslused on välja kujunenud või mitte, on raske ning paljudel juhtudel otsustamine selle üle väga vaieldav“ (1935 p. 19). On õige, et mõnikord võib selle otsustamisel tõepoolest eksida, kuid see ei tohi meid kohutada. Sukatšev'i seisukoha omaksvõtmine tähendaks tõe-otsimisest loobumist eksimise kartusel. Vähe sellest, see tähendaks ka otsustamisest keeldumist neil juhtudel, kus eksimise võimaluski puudub. Viimaste hulka kuuluvad kõik küsimuse arutamisel toodud näited, kuna juhtumeid, kus otsustamine on raskendatud, et tooda näitena ühtegi. Tunnistab ju Sukatšev endastmõistetavalt, et kaasikud ja haavikud raiesmikkudel on ajutised kooslused; niisama ei kahtle ka keegi, et kui viljapõllu omapead jätame, siis juba järgmisel aastal on tema asemel midagi hoopis muud kui eelmisel aastal. Kuidas siis neid kooslusi pidada samaväärseiks väljakujunenud ühiskondadega!

Eksimine raskematel juhtudel ei ole aga häbiks kellelegi, ka kõige andekamaile ja üldtunnustatud teadlasile mitte. Teadust edasi ei vii see, kui loome süsteeme, mis meil võimaldavad kõrvale hoiduda küsimuste lahendamisest, millede puhul on eksimine võimalik; edasi viib raskete küsimuste lahendamisele asumise julgus. Teaduse ajalugu pole ainuüksi teaduslike saavutiste ajalugu, vaid ka eksimuste ajalugu, mis on tehtud enne nende saavutisteni jõudmist. M. V e r w o r n (1921 p. 11) ütleb ühe raskema keemilise katse kohta: „Alles siis tunneme mõnd katset tõeliselt, kui oleme ise läbi teinud ka kõik vead, mis selle juures on võimalikud.“

Võib-olla on õige, kui me selle lause sügavat mõtet ei piira ainult ühe kitsa alaga, vaid laiendame üldiseks maksimiks: iga tõde on õieti tunnetatud alles siis, kui oleme läbi teinud ja üle saanud kõigist eksimustest, mis on võimalikud enne selle tõe tunnetamiseni jõudmist.

Nagu olelusvõitluse esinemisest Sukatšev'ile küllalt on, et mõnd kooslust päris fütotsönoosiks tunnistada, nii on talle ka olelusvõitluse puudumine ainukeseks otsustavaks kriteeriumiks, et tegemist on agregatsiooniga: „Kui fütotsönoosi iseloomulikuks tunnuseks lugeda temas olelusvõitluse esinemist, siis on selge, et seal, kus pole taimedevahelist olelusvõitlust, ei ole ka fütotsönoosi“ (Diskussioon 1934-b p. 10). Avaühiskonnad sellest seisukohast ei ole fütotsönoosid. Selles küsimuses ühtivad S u k a t š e v'i vaated J. P a c z o s k i (1915 p. VI) omadega: „Iga ühiskond tingimata eeldab teatavat sidet teda moodustavate elementide vahel; ilma selleta on ta juhuslik agregaat, juhuslik üksteisele mittetarvilikkude ühikute kogu, aga mitte teatud seadusepärane tervik, mis ühise koguna saavutab ilma vastava ühinemiseta kättesaamatuid resultate.“

Huvitava vastuväite sellele punktile toob Bossé, kes muudes küsimustes Sukatšev'i vaateid pooldab. Bossé järgi ei puudu taimede vastastikune mõjustamine ka neis avayhiskondades, kus taimed kokku ei puutu oma maapealsete ega ka maasiseste osadega: „Nad on vastastikusel mõjustavusel söödikute kaudu, kes ühelt taimelt teisele siirduvad, tolmutajatega, kes antud tsönoosi olemasolu võimalused loovad“ (Diskussioon 1934-b p. 28). Nii siis, loomelustik seob üksteisest eemal olevad taimed üheks tervikuks.

Sukatšev'i seisukoha arvustamiseks ei ole tarviski otsida selliseid väiteid, nagu toob Bossé. Sukatšev'i metodoloogiline viga on selles, et ta kõik seob ainult ühe tunnusega. Süstemaatikast teame aga, et ühikutel, millel on mitu tunnust, pole võimalik diagnoosi koostada ainult ühe tunnuse põhjal, sellest hoolimata, et antud tunnus võib tüüpilistel juhtudel tõesti olla karakterne ja otsustav tunnus. Oluliseks tunnuseks, millega taim erineb loomast, on orgaanilise aine sarnastamise võime söehappegaasist ja veest klorofüllil abil valguse toimet. Teada on, kuhu jõuaksime, kui seda tunnust hakkaksime rakendama samasuguse järjekindlusega, nagu Sukatšev rakendab olelusvõitlust taimeühiskondade puhul. Loomadeks

peaksime siis lugema kõik seemned, seda enam, et paljudel neist peale negatiivse tunnuse (CO_2 -assimilatsiooni võime puudumine) leidub positiivne loomaline tunnus — kitiini ja glükogeeni esinemine. Ent paratamatult peaksime siis loomadeks lugema ka parasütsed ja saprofüütsed õistaimed. Sellesarnaseid näiteid, et ainult üks, kuigi oluline, tunnus mõõduandev ei saa olla, pakub peaaegu iga süstemaatiline ühik. Tunnuseks, mis niivõrd iseloomulik on, et tema järgi on nimi antud taimesugukonnale, on näiteks vili (kaun — *legumen*) sugukonnas *Leguminosae*. Ometi ei esine ta kõigil selle sugukonna perekondadel, näit. *Trifolium*'il. Teiseks sama sugukonna oluliseks tunnuseks on liblikjas õis, millest tuletub ka teine sugukonna nimetus — *Papilionaceae*. Aga seegi tunnus ei ulatu läbi terve sugukonna, kus esineb ka aktinomorfseid või peaaegu aktinomorfseid õisi, näit. *Ceratonia*'l.

Otsustamiseks, kas meil on tegemist päris fütotsönoosiga või mitte, on seepärast vähe, kui ainult konstateerime, et olelusvõitlus puudub. Tarvis on selgitada veel põhjus, miks see nii on. Kui on selge, et meie ees olev avauhing on mõni initsiaalstaadium, kus taimevaheline võistlus puudub selle staadiumi nooruse tõttu, tema edasiarenemiseks keerukama struktuuriga koosluse suunas aga mingeid takistusi pole ette näha, siis on see väljakujunemata kooslus. On aga avauhiskond tingitud püsivatest karmidest välistingimustest, mis ei võimalda täielikuma ehitusega koosluste kujunemist, siis pole alust teda mitte lugeda päris fütotsönoosiks. Ta on ju tasakaalus sel alal valitsevate tingimustega ja kujutab kõrgeimat sel alal võimalikku vegetatsiooni, mis sellisena püsib niikaua, kuni ei muutu välistingimused. Kõrbede ühiskondi peame sellepärast pidama päris- ehk väljakujunenud ühiskondadeks. Võime ühineda Braun-Blanquet'ga, kes sedasama laiendab ka arktilise ja nivaalse kliima ühiskondadele (1928 p. 275).

Kõigest järgneb, et olelusvõitluse esinemine või mitteesinemine ei saa olla ainukeseks otsustavaks kriteeriumiks ühiskondade liigitamisel. Sukatšev'i jaotus fütotsönoosideks ja agregatsioonideks ei ole seega küllaldaselt põhjendatud ja tal puudub teoreetiline ning ka tegelik väärtus. Taimekoosluste jagamine väljakujunenuiks ja väljakujunematuiks, nagu seda teevad teised, on aga õige ja evib olulist tähtsust ühiskondade uurimisel.

Seadusepärasusi ühiskondade struktuuris saab loomulikult uurida seal, kus need seadusepärasused on olemas, s. t. väljakujunenud ühiskondades. Suktsessioonide uurimiseks on aga eriline

tähtsus väljakujunemata ühiskondadel. Nii on mõlemad ühiskondade rühmad taimetsotsioloogias samaviisi väärtuslikud. Et vegetatsiooniühikute eraldamisel kõigepealt lähtutakse väljakujunenud vegetatsioonist, on arusaadav. Kõik käesolevaski töös esinevad arutlused vegetatsiooniühikutest, nii üherindelistest — ühing, unioon, sotsioon, kui ka mitmerindelistest — sotsiatsioon, assotsiatsioon, formatsioon, käsitlevad väljakujunenud ühiskondi.

Du R i e t z (1930-a p. 326) arvab, et väljakujunemata ühiskondades on võimalik eraldada samasugust ühikute astringu nagu väljakujunenud ühiskondades, kahtleb aga, kas on tegelikku tarvidust assotsiatsioonile vastavast ühikust kõrgemate ühikute järele. See tarvidus näib tõesti puuduvat. Aga küsimus pole mitte ainult nende tarvilikkuses, vaid ka nende eraldamise võimaluses üldse. Meie senised teadmised väljakujunemata ühiskondadest näitavad pigemini seda, et ei ole õige püüda nende jaoks koostada astringu, mis vastaks väljakujunenud ühiskondade omale. Ka alamate ühikute vahel oleks asjatu sellist vastavast otsida. Väljakujunemata ühiskondades saame eraldada nooremaid, mis on struktuurilt lihtsamad, vanematest, mis juba lähenevad väljakujunenud ühiskondadele. Teoreetiliselt ekslik ja väärettekujutusi loov on, kui lihtsamaid kõrvutame väljakujunenud ühiskondade alamate ühikutega, keerulisemaid aga kõrgemate ühikutega. Alused, millel põhjeneb väljakujunenud ühiskondade ühikute eraldamine, on sootuks teised kui väljakujunemata ühiskondade jaotamisel primitiivsemaiks ja keerukamaiks. C l e m e n t s'ilt laenatud nimetuste — sootsies, konsootsies, assootsies jne. — tarvitamine väljakujunemata ühiskondade kohta, nagu seda soovitab Du Rietz, ei ole seega õnnelik. Kui siin tõesti tarvis on ühikuid eraldada ja nende jaoks erilisi nimetusi luua, siis oleks õigem lähtuda nimetustest „colony“ ja „family“ ning neile lisaks luua uusi väljakujunenud ühikute nimetustest täiesti erinevaid sõnu. Vist ei ole seda tarviski, sest oma muutlikkuse tõttu ei etenda väljakujunemata vegetatsiooniühikud taimetsotsioloogilises klassifikatsioonis eriti tähtsat osa. Kui nende seas on aga iseloomulikke, mida on tarvis eraldada ja nimetada, siis võib neid kui staadiume nimetada karaktersete liikide järgi, näit. *Dryas*'e staadium, *Arctostaphylos uva-ursi* staadium jne., nagu seda teevad Kesk-Euroopa taimetsotsioloogid.

VIII. Bioom, biotsönoos ja ökosüsteem.

„Et loomad otseselt või kaudselt olenevad taimedest, saades neilt toitu ja sageli ka hädavajalikku varjupaika, ja et loomad mitmekesisel ning kaugeleulatuval viisil mõjustavad vegetatsioonid ja mõned taimeliigid olenevad loomadest, kes nende olemasolu võimalikuks teevad, siis on selge, et sama asukoha loomelustik ja taimelustik on väga tihedalt teineteisega seotud“ (Tansley 1939 p. 514). Sellest tõsiasiast on tehtud järeldus, et pole küllalt, kui loomi vaadeldakse ainult teguritena (biotilised tegurid), mis mõjustavad taimi või taimeühiskondi, ja taimi kui tegureid, milledest olenevad loomad või loomaühiskonnad. On tulnud otsusele, et tõelised looduseühiskonnad koosnevad taimedest ning loomadest, nii et eraldi taimeühiskondade ja loomaühiskondade eraldamine ei ole õige. Väga teraval kujul on seda vaadet esile toodud kõige viimasel ajal, mispärast paratamatuks saab seisukoha võtmine ka selles küsimuses.

Kuidas see vaade ajalooliselt on arenenud, sellest annavad ülevaate Phillips (1931-a, 1935), Carpenter (1939) ning Clements ja Shelford (1939). Puudub tarvidus seda siin kordama hakata; märgime ainult peajooni, et oleks arusaadav küsimuse praegune seisukord. Konstateerime kõigepealt, et vaade looduseühiskonnale kui taimedest ja loomadest moodustatud tervikule on käinud kahte erinevat arenemist rada, üht Ameerikas, teist Euroopas.

Kõrvale jättes varasemad ja ebamäärasemad seisukohavõtud, leiame Ameerikas selle vaate selgekujulist väljendust A. G. Vestal'il (1913, 1914). „Maismaa kliimaatilistel ehk suurema-alalistel asukohtadel on suhted taimekoosluste ja loomakoosluste vahel tihedad ning esinevad nii regulaarselt, et 1) mõlemate levik langeb ühte, 2) mõlemad koos moodustavad selle, mida võime nimetada biotiliseks assotsiatsiooniks, 3) taime- ega loomakooslus harilikult ei esine iseseisvalt ilma teiseta“ (Vestal 1914 p. 429—430). „Taim- ja loomelustiku loomulikul kliimale vastaval arenemisel parasvöömaade asukohtades on loomakoosluse areaaliks vastava taimekoosluse areaal, kuna mõlemad põhiliselt tuginevad asukoha füüsikalistele tingimustele. Nii on taime- ja loomakooslused ühise levikuga osad biotilisest assotsiatsioonist, mis koosneb taimedest ning loomadest, ja see assotsiatsioon kui tervik moodustabki tõelise maismaa elusate organismide ühiskonna“ (op. cit. p. 435).

Samu mõtteid kohtame ka teistel autoritel. Näiteks Cooper (1926 p. 396) leiab, et „saab enam ja enam ilmseks, et taimed ja loomad koos moodustavad meie ühiskonnad, et vahetegemine puhtaimeliste ja loomaliste ühiskondade vahel on kunstlik“. G. T. Jones (1926 p. 504) arvab: „Klassifikatsioon, mille ökoloogid eventuaalselt peaksid koostama, peab olema selline, kus taimed ja loomad on mahutatud samadesse ühiskondadesse. Ühe rühma käsitlemine ilma teiseta on täiesti puudulik. Ei ole mingit põhjust, miks taimeökoloogid ja loomaökoloogid ei peaks tarvitama üht ja sama ühiskondade klassifikatsiooni.“ W. C. Allee (1926) jõuab troopika vihmametsa loomastiku uurimise tulemusena otsusele, et „paljudel juhtudel on loomade suhted troopika vihmametsaga enam vitaalsed ja kergemini tõestatavad kui nende suhted teiste loomadega“ (op. cit. p. 466). Clements'i dominantide, subdominantide ja kõrvaliste liikide mõisted „on troopika vihmametsa looma-assotsiatsioonide kohta rakendatavad ainult siis, kui biootat (s. t. floorat ja faunat koos) käsitada ühe ühikuna“ (op. cit. p. 467).

Üldiseks nimetuseks taimedest ja loomadest koosnevatele ühiskondadele on ameeriklastel „biotiline ühiskond“. Selle mõiste võtab omaks ka Phillips (1931-a), leides, et „kõige loogilisem mõiste tegelikuks tööks on biotilise ühiskonna mõiste“ (op. cit. p. 23).

Aastal 1916 loob Clements nimetuse bioom. Alul on bioom üldine nimetus igasuguse ulatusega ühikute jaoks, seega sünonüüm biotilisele ühiskonnale. Hiljemini annab Clements talle kindlad piirid, millede kohaselt bioom tähendab biotilist formatsiooni. „Kliimaks ja bioom on täielikud sünonüümid, kui tahetakse märkida biotilist ühiskonda“ (Clements 1936 p. 254).

Kuigi Clements seega juba aastal 1916 taimedest ja loomadest koosneva ühiskonna mõiste omaks võtab, on siiski kõik tema tööd pühendatud ainult taimeühiskondade uurimisele. Alles aastal 1939 jõuab ta kategoorilisele seisukohale: „Bioom ehk taimede ja loomade formatsioon on ühiskondade põhiühik; see tähendab, kahte teineteisest lahusolevat ühiskonda, taime- ja loomaühiskonda, ei ole samal asukohal olemas“ (Clements and Shelford 1939 p. 20).

Bioomi tuleb Clements'i järgi lugeda kompleksorganismiks. Siin näeme jällegi, kuivõrd ebamäärane on Clements'i kujutus organismist, sest kompleksorganismi mõiste on ju alguses loodud taimeformatsiooni jaoks. Nüüd aga ei ole Clements'i arvates seda,

mida ta varemalt pidas kompleksorganismiks, looduses üldse olemas.

Euroopas, kui ka siin jätta kõrvale sellesarnased varemad vähemtähtsad mõteteavaldused, näit. H. v. Post'i (1867) poolt, on esimeseks kõigist organismidest koosneva ühiskonna mõiste loojaks K. Möbius (1877). Ta nimetab niisugust ühiskonda biotsönoosiks. Raamatus „Die Auster und die Austernwirtschaft“, kus ta seda mõistet esmakordselt tarvitab, käsitleb ta austri ehitust ja elu, kusjuures raamatu eesmärgiks on näidata, et nagu iga organismi kasvatamisel, nii ka austritemajanduses tuleb arvestada organismi ökoloogilisi nõudmisi. Paljud eksitused ja ebaõnnestumised austrite kunstlikkude kasvukohtade rajamisel on seletatavad nende nõudmiste mitteamistamisega. Oma looduslikus asupaigas, austritepankadel, leiab auster kõik temale vajalikud tingimused.

Peatükile, kus Möbius viimast mõtet arendab, paneb ta pealkirjaks „Eine Austernbank ist eine Biocönose oder Lebensgemeinde“ ja alustab seda peatükki biotsönoosi mõiste defineerimisega. See oleks järgmine:

„Iga austritepank on teatud määral elusolendite ühiskond, liikide valimik ja indiviidide summa, kes nimelt sellel paigal leiavad kõik tingimused endi tekkimiseks ja püsimiseks, see on kohase aluspinna, küllaldaselt toitu, vastava soolasisalduse ja soodsa ning arenemist võimaldava temperatuuri.

Iga seal elutsev liik on esitatud suurima indiviidide arvuga, mis olemasolevate tingimuste kohaselt võib välja kujuneda; sest kõigil liikidel on igal paljunemisperioodil valminud indiviidide arv väikesem, kui oli sünnitatud idude summa.

Kõigi samal alal kooselutsevate liikide täiskasvanud indiviidide koguhulk on eelmistel paljunemisperioodidel loodud idude ellujäänud ülejääk. See valminud idude ülejääk on teatud kvantum elusat ainet, mis esineb indiviidide teatava summana ja mis, nagu kõik elu, on paljunemise tagajärjel püsiv.

Teaduses puudub nimetus niisugusele elusolendite ühiskonnale, säärasele keskmistele välistingimustele vastavale liikide ja indiviidide valimikule ja arvule, mis üksteist vastastikku tingivad ja paljunemise teel mõnel piiratud alal pidevalt püsivad. Ma nimeetan niisugust kooslust biotsönoosiks ehk eluühiskonnaks.“

Sellest biotsönoosi definitsioonist pole vaieldamatult selge, et tema liikmeiks on nii taimed kui loomad. Gams (1918 p. 436)

arvab koguni, et Möbius on biotsönoosi nimetust tarvitanud esimese astme sünuusi, s. o. ühe liigi indiviidide koosluse mõttes. Seda arvamist ei saa õigeks pidada, sest Möbius kõneleb biotsönoosist kui liikide valimikust, mitte kui ühe liigi kooslusest. Lähemalt biotsönoosi iseloomustades nimetab ta ka teisi selle liikmeid: südakarpe (*Cardium edule*), rannakarpe (*Mytilus edulis*), tigused, vähke, merisiilikuid ja meritähti. Kõneldes biotsönoosis valitsevast tasakaalust, näitab ta, kuidas ühe liigi indiviidide arvu vähendamine seda tasakaalu rikub: austrite hoolimatu väljapüüdmise tagajärjel suureneb rannakarpide ja südakarpide arv jne. Teises töös (1893) toob Möbius koguni arvulised andmed kõigi austritepankadel elutsevate liikide kohta: ta on leidnud kalu 8 liiki, tunikaate 2, limuseid 17, vähke 23, koiviklasi (püknogoniide) 1, usse 12, sammalloomi 4, okasnahkseid 3, ainuõsseid 22, käsni 2 ja algloomi vähemalt 10 liiki. Et ei ole mõeldud ühe liigi indiviidide kooslus, seda ütleb ta täitsa selgesti hilisemas töös (1904 p. 291): „Kõik austritepangal kooselutsevad loomad moodustavad eluühiskonna.“

Viimane lause laseb oletada, nagu oleks Möbius'e biotsönoos ainult loomade kooslus. Nõnda saidki sellest aru zootsönoloogid ja tarvitasid seda sõna kaua, mõnel pool koguni meie päevini, selles mõttes. Hiljemini levib ometi arusaamine, et „elusolendite ühiskonna, liikide valiku ja indiviidide summa“ all ei mõistnud Möbius siiski mitte ainult loomi, vaid ka taimi. Näiteks kirjutab hiljemini Fr. Dahl (1921 p. 57), kes varemalt (1902, 1903, 1908-a, 1908-b, 1914) biotsönoosideks nimetas loomaühiskondi, Möbius'e kohta: „Ta nimetas eluühiskonnaks ehk biotsönoosiks kõigi samades füüsikalistes tingimustes kooselavate looma- ja taimeliikide kogu, kellele indiviidide arv igal paljunemisperiodil oleneb organismidest ja asukoha füüsikalistest elutingimustest... Möbius lähtus austritepangast kui eluühiskonnast ja pidas seejuures silmas kõiki taimi ja loomi, kes leiduvad austritepangal.“ See arusaamine näib õige olevat, nagu võime seda järeldada ka Möbius'e enda hilisemast väljendisest: „Kõik elusad taimed ja loomad . . . kuuluvad loomulikkudesse või inimese poolt muudetud kunstlikkudesse ühiskondadesse“ (1904 p. 292).

Oma töös austrist ja austrimajandusest ei kõnele Möbius taimedest nähtavasti sellel põhjusel, et austritepangadel taimed väga väikest osa etendavad. Arvesse tuleks siin peaaegaliselt fütoplankton kui austrite toit. Et aga Möbius'e raamat on teatava piirini rakenduslikku või koguni populaarteaduslikku laadi, siis ei

hakka ta sellest pikemalt kõnelema, mis viiks põhiteemast liiga kaugele, vaid lepib üldise märkusega: „Austrite toit koosneb väga väikestest orgaanilistest massidest, mis vees hõljuvad.“

Et Gams arvab Möbius'e biotsönoosis esimese astme sünuusi näha võivat, oleneb viisist, kuidas Möbius seda mõistet käsitleb. Ta lähtub ikka ühest liigist — austrist. Teised liigid ühes keskkonna füüsilis-keemiliste teguritega moodustavad need tingimused, milledes auster viibib. Looma elu uurides tuleb arvestada neid tingimusi — see on Möbius'e juhtmõte. Seepärast vaatleb ta kõiki teisi liike selle ühe liigi seisukohast. See vaatlusviis viib niikaugele, et pärastpoole annab Möbius biotsönoosile uue, sootuks erineva definitsiooni (1886 p. 247): „Sõnaga biotsönoos, βίος — elu ja κοινότητα — midagi ühiselt omama, nii siis eluühiskond, märgin ma eluala mõjude kogusummat, milledest olenevad liigi omadused ja sellel alal areneda suutev indiviidide arv. Need mõjud tulevad keskkonna keemilistest ja füüsikalistest omadustest kui ka teistest loomadest ja taimedest, kes selsamal alal elutsevad.“ Gams'il on õigus, kui ta ütleb, et Möbius tarvitab siin biotsönoosi nimetust asukoha mõistes. Möbius ise ja tema õpilased arvestavad enamasti esimest definitsiooni, aga on selge, et Möbius ise polnud täiesti kindel, mis mõttes biotsönoosi nimetust tarvitada.

Möbius'e tööd leidsid pikema aja jooksul arvestamist ainult zooloogide poolt, kuna fütosotsioloogidele jäid nad täiesti võõraks. Alles aastal 1918 toob G a m s biotsönoosi mõiste ka fütosotsioloogide tähelepanu piirkonda. Gams tahab selle sõna tuua formatiooni asemele, mis tema arvates on *nomen confusum*, ja iseloomustab seda mõistet järgmiselt: „Biotsönoos hõlmab kõik mõnel biosfääri ühtlasel väljalõigul sisalduva vegetatsiooni kõige laiemas mõttes“ (1918 p. 436). Seega kuulub siia ka loomastik: „Et ükski loogiline põhjus ei õigusta loomariigi väljajätmist organismide ühiskondadest, siis loen ma vegetatsiooni juurde ka loomariigi“ (op. cit. p. 299). Õpetuse organismide ühiskondadest nimetab Gams biotsönoloogiaks (op. cit. p. 297). „Kui silmas peetakse ainult mõne asukoha taimelist elustikku, siis võib kõnelda füto-tsönoosidest, kui ainult loomalist, siis zootsönoosidest“ (op. cit. p. 437).

Kuigi Gams lubab biotsönoosi jagada füto-tsönoosiks ja zootsönoosiks, loeb ta loomulikuks ühikuks ainult biotsönoosi: „Zootsönooside käsitlemine ilma füto-tsönoose arvestamata on vaevalt

võimalik, kuid ka eksklusiivsel fütotsünooside arvestamisel oldagu alati teadlik, et see vahetegemine on täiesti meelevaldne ega ole põhjendatud asjade tõelise olemusega“ (op. cit. p. 437).

Gams teeb vahet topograafiliste ja ökoloogiliste vegetatsioonihühikute vahel. Biotsünoos on topograafiline ühik, kuna ökoloogilisi ühikuid nimetab ta sünuusideks.

Gams'i vaadetest olulisimaks ja kõige rohkem mõju avaldada osutub see, et eluvormi alusel eraldatavad ühikud tuleb lugeda vegetatsiooni põhiühikuiks. Seda ideed on edasi arendanud Euroopas Du Rietz (1930-a, 1936), Lippmaa (1934 ja järgnevad) ja De Vries (1939) ning Ameerikas Cain (1936, 1938). Olgu muud Gams'i seisukohad kuitahes vaieldavad, selle idee maksvusele toomise tõttu jääb tema nimi taimesotsioloogia ajaloosse kahtlemata kindlasti püsima. Vähem tähelepanu saab algul osaks biotsünoosi mõistele Gams'i mõttes. Küll aga võtab Du Rietz (1930-a) Gams'i terminoloogiast üle fütotsünoosi ja sünuusi nimetused, andes neile enda poolt veidi erineva sisu: fütotsünoosi tarvitab ta kui üldist nimetust kõigi mitmerindeliste vegetatsioonihühikute jaoks, kuna sünuus on üherindeliste ühikute üldine nimetus.

Suuremat mõju avaldavad Gams'i seisukohad Nõukogude-Venes. Tema terminoloogia — fütotsünoos, zootsünoos, biotsünoos — pääseb siin üldisele tarvitamisele. Kõrvale heidetakse ka teaduseharu nimetus taimesotsioloogia, mille asemel ainuõiguse omandab fütotsönoloogia. Olgu märgitud, et Venemaal samaaegselt Gams'iga ja täiesti iseseisvalt terminite „zootsünoos“ ja „fütotsünoos“ kui kõige loogilisemate peale tähelepanu juhtis Sukatšev (1918 p. 15). Ta ei julgenud siis aga arvata ega pidanud soovita-vakski, et sõna „fütotsünoos“ üldisele kehtivusele pääseks.

Ka vaade, et tõelised looduseühiskonnad koosnevad taimedest ja loomadest, leiab Nõukogude-Venes tunnustamist. Näiteks kirjutab Ramenski (1938 p. 272): „Iga tükike maad, mida katavad rohelised (autotroofsed) taimed, on samal ajal asustatud loomadega (kuigi ehk väikestega, selgrootutega) ja suure hulga mikroorganismidega — bakteritega, seentega, algloomadega, vetikatega. Kõik need organismid on seotud kindlate vastastikuste suhetega, koaktatsiooniga, moodustades üheskoos tervikliku organismide süsteemi — biotsünoosi.“ Sukatšev arvab: „Et ka fütotsünoosi loomelustik, kujutades endast taimede suhtes ühe miljöö elemendi, on samal ajal nendega tihedalt vastastikku seotud,

siis läheb fütotsönoloogia ühes zootsönoloogiaga biotsönoloogia sisse kui selle sisuosad. Seepärast on biotsönoloogia jagamine füto- ja zootsönoloogiaks, mis praktiliselt osutub vajalikuks biotsönooside uurimise protsessi puhul, teatavas mõttes kunstlik“ (Diskussioon 1934-a p. 31 ja 1934-b p. 5).

Nõukogude-Venes on vastukaja leidnud ka ameeriklaste vaated, mida siin esindab D. N. Kaškarov, kes oma seisukohti väljendab väga kategooriliselt. „Tsönoosi pole võimalik mõista, kui me ei uuri teda moodustavaid organisme ning seejuures kõiki — nii taimelisi kui loomalisi“ (Diskussioon 1934-a p. 13). „Söna-tsönoos kõneleb kõigepealt sidemetest. Ent sageli on taime side mõne loomaliigiga palju suurem kui side taimede endi vahel. Samuti on ka linnud metsas omavahel sageli palju vähem seotud kui selle või teise taimega, mis annab neile toitu, varjupaika ja pesitsemiskohta“ (op. cit. p. 14). „Ka ei ole õige sisse tuua termineid zootsönoloogia, fütotsönoloogia ja seda enam veel selliseid kui entomotsönoos, ornitotsönoos, ihtüotsönoos. Need terminid ei vasta reaalsele olukorrale looduses“ (op. cit. p. 14). „Mina arvan, et zootsönoose pole olemas, vähemalt ei saa mina niisugusest mõistest aru ... minu vaatepunktist ei ole zootsönoosi olemas, on olemas ainult biotsönoos“ (Diskussioon 1934-b p. 21, 22). Nende seisukohtade kohta ütleb V. N. Stark (1933 p. 3): „Täieline õigus on prof. Kaškarov'il, kes osutab sellele, et loomaühiskondade ja taimeühiskondade lahusuurimine ei anna täielikku pilti elust, sest mõlemad terminid on ökoloogilised absurdid.“

Järeldus niisugustest äärmistest seisukohtadest on muidugi see, et ühiskondade uurimine käib üle jõu uurijail, kes on saanud kas ainult botaanilise või ainult zooloogilise ettevalmistuse. Misugune peaks ettevalmistus olema, seda võtab Phillips (1931-b p. 477) oma kogemuste põhjal kaheksaks punktiks kokku, kusjuures ta silmas peab ülesandeid, mida pakub inglise asumaade, eriti Lõuna-, Kesk- ja Ida-Aafrika uurimine. Need nõudmised on järgmised:

1. Harilikud põhiteadmised füüsikalises ja bioloogilises loodusteaduses süvenenud stuudiumiga niihästi zooloogias kui botaanikas (oluline on tüse sissetöötamine õistaimede süstemaatilisse botaanikasse); kui võimalik, siis ka keemias või füüsikas.

2. Peale selle põllumajanduse või metsateaduse kursuse, et omandada teoreetiline ja praktiline arusaamine neist tähtsatest aladest.

3. Spetsiaalne teoreetiline ja praktiline kursus maamõõdetöodes ja lihtne põllumajanduslikkude ning metsanduslikkude masinate kursus.

4. Lühike kursus statistikas, mis enamasti on väga kasulik bioloogiliste andmete läbitöötamisel.

5. Teoreetiline ja praktiline treening geoloogias, põllumajandus- ja metsanduskeemias, klimatoloogias, põllumajanduslikus bakterioloogias ja biotiliste ühiskondade ning asukohatingimuste uurimise valitud meetodites.

6. Kogemuste omandamine teadusliku kirjanduse kasutamises, kaasa arvatud tähtsama ökoloogilise kirjanduse tundmine selle läbitöötamise põhjal.

7. Praktiline treening päevapildistamises ja selle meetodites.

8. Praktilise vilumuse omandamine teaduslikkude ja muude teadaannete koostamiseks, korraldamiseks ja registreerimiseks ning lihtsamates administratiivsetes meetodites.

Loendatud punktidele vastavast ettevalmistusestki pole J. Phillips'i arvates küllalt, et asuda iseseisvatele uurimistele mõnel uurimata maa-alal. Enne tuleb vähemalt ühe aasta jooksul töötada vilunud uurija juhatusel.

Kui jätame kõigist neist nõudmistest välja need, mis on tingitud tööoludest uurimata eksootilistel maadel, ja just neid ongi Phillips silmas pidanud, peame siiski tunnistama, et ühiskonna uurimine nii taimkatte kui loomkatte seisukohast käib üle üksiku uurija jõu. Shelford'i (1914) järgi leidub niisugusel suhteliselt väikese ulatusega alal, nagu Chicago regioon, tähelepandavaid taimi umbes 2000 liiki, kuna loomaliikide arv kõigub 10 ja 20 tuhande vahel. Vastavaid arve võiksime tuua ükskõik mis ala kohta, nende suhted jääksid umbes sarnasteks. On võimatu, et üks inimene ühesuguse asjatundlikkusega suudaks kõiki neid taimja loomaliike ära tunda või määrata ning selgitada nende ökoloogilist tähtsust vastavas ühiskonnas kui tervikus. Nõnda toimetatavale ühiskondade uurimisele jääks paratamatult teatav osa dilettantlikkust külge. Seepärast leiab rohkem tunnustamist teine vaade, mille järgi peab ühiskondade uurimine korraldatud olema ühistöö alusel: ainult botaanikute ja zooloogide koostöö võimaldab ühiskondade õiget uurimist.

On avaldatud ka arvamist, et ühiskondade uurimisel ei ole suure liikide arvu tundmine tarvilinegi. Shelford'i järgi (1932

p. 107) on ühiskonna uurimiseks tarvis tunda ainult 150 kuni 200 taime- ja loomaliiki. Ka H. Walter (1927 p. 4) leiab, et taimesotsioloogiale on võrdlemisi vähesed taimeliigid tähtsad, nimelt „need, mis esinevad suurel indiviididearvul ja suhteliselt sageli, nagu näit. pöögid, kuused, kanarbik, aasa rohttaimed, pilliroog, vesiroosid jne.“ Seesugusele arvamisele on võimalik tulla vaid siis, kui biotsönoloogias näha ainult ühikute eraldamist dominantide alusel. Ülemal oleme juba põhjendanud, mispärast ei saa säärast ühikute eraldamist õigeaks pidada. Vist ei arva ka keegi, et ainult dominantide äratundmisega on vastava ühiskonna igakülgselt tundmiseks juba kõik tehtud. Iga ühiskonna täieliku liigilise koostise selgitamine on esimeseks sammuks tema uurimisel. Alles sellele saab järgneda liikide tähtsuse selgitamine ja nende rühmitamine ühiskonnas. „Taimetsotsioloog ilma heade floristilis-süsteemaatiliste teadmisteta pole kujuteldav“ (Braun-Blanquet 1931/32 p. 178). Vaadet, et juba vähese liikide tundmisega võib toimetada biotsönoloogilisi uurimisi, ei tule meil seepärast küll mitte tõsiselt arvestada.

Enne seisukohavõtmist, kuidas suhtuda bioomi või biotsönoosi mõistesse ja tema uurimisesse, on huvitav tutvuda nende mõõdukamate uurijate arvamisega, kes ei pea bioomi või biotsönoosi ainukeseks loomulikuks ühiskonnaks. Nende seast tuleb eriti arvestada sellise tasakaaluka teadusemehe seisukohti, nagu seda on Tansley. Tansley arvamine on, et kui peetakse tarvilikuks taime- ja loomaühiskondi koos lugeda üheks tervikuks, siis on õigem selle terviku osadeks lugeda ka kõik vastava asukoha elutud komponendid. Nii saadakse laiem tervik — ökosüsteem. Tansley (1939 p. 514—515) ütleb bioomi või biotsönoosi kohta: „Mina omalt poolt olen eelistanud veel laiemat mõistet — ökosüsteemi, mis sisaldab niihästi vaadeldava terviku anorgaanilisi kui ka elusaid komponente... Mulle ei meeldi termin „biotiline ühiskond“. Loomad ja taimed erinevad üksteisest oma eluviisidelt liiga põhjalikult selleks, et neid kasulik oleks käsitleda kui „liikmeid“ samast „ühiskonnast“. Oluline sarnasus nende vahel on kaugelt enam füsioloogilist kui ökoloogilist laadi, sest see põhjeneb elusa aine ühtlusel. Ökoloogiliselt on taimed ja loomad täiesti antagonistlikud. Seesama on suurel ulatusel õige ka roheliste taimede ja seente vahekorra kohta, ja kui tahame seeni käsitleda kui taimi, siis oleme sunnitud piirama ühiskonna mõistet. Rohelised taimed, seemned ja loomad, kaasa arvatud ka mullabakterid ja loomad, kõik need on

ökosüsteemi osad, aga sedasama on ka anorgaanilised komponendid. Kui tahame kõnelda mõne ökosüsteemi kõigist elusatest organismidest koos, siis on termin bioom paikapidav ning kohane ega kutsu esile valesitõlgitsemisi. Tõuke „taimeühiskonna“ asendamiseks „biootilise ühiskonnaga“ andis muidugi liialdatud otsus, et on ebateaduslik ignoreerida või alahinnata loomade tähtsust taimeühiskonna ökoloogias. Ühes elutute teguritega on nad taimeühiskonna asukoha elementideks; samuti on taimed ja elutud faktorid asukoha osisteks, kui kõneleme loomaühiskonnast. Aga me ei saa eitada roheliste taimede põhilist tähtsust, sest nad on kõige elu aluseks; ja tõsiasi, et rohelised taimed elavad üheskoos ning esitavad oma asukohale neidsamu üldisi nõudmisi, samuti kui see, et nad sageli olenevad üksteisest, on põhjuseks, miks taimeühiskonna mõiste jääb tarvilikuks. Metodoloogiliselt on harilikult paratamatu uurida roheliste taimede kooslusi ja loomakooslusi lahus. Sageli on tarvis mõlemaid killustada eraldi väiksemaiks kooslusiks; nagu näiteks sünuusideks, millel on erinevad nõudmised asukoha tingimuste suhtes, kuna iga niisuguse koosluse liikmeil on ligikaudu samad nõudmised. Ainuke loomulik süntees neist kõigist on ökosüsteem, millele need kõik ühes anorgaaniliste — kliimaatiliste ja mullastikuliste — faktoritega on osadeks.“

Taimeühiskondade põhilise tähtsuse toonitamise suhtes ühinevad Tansley vaated täielikult Braun-Blanquet' omadega (1931/32 p. 176), kelle arvates biotsünooside rahuldav eraldamine on alles siis võimalik, kui taimeühiskonnad on enne läbi töötatud.

Biotsünoosi jagamist fütotsünoosiks ja zootsünoosiks põhjendatakse tihti tööjaotuse vajadusega botaanikute ja zooloogide vahel. Zooloogide seisukohast teeb seda näiteks Hesse (1924 p. 143): „Ühiskond moodustab terviku, mille liikmed üksteist vastastikku tingivad. Sellepärast pole võimalik ka ühiskonna taimelisi ja loomalisi komponente täiesti lahus vaadelda, sest mõlemad olenevad teineteisest. Ometi sunnib meid tööjaotus seda jaotust vähemalt niikaugele läbi viima, et oleksid esikohale tõstetud ühiskonna loomalised liikmed.“

Põhjendades biotsünoologia jagamise vajadust praktiliste kaalutlustega, teeb mõnigi seda ainult selleks, et hoiduda kauge-maleminevatest vaidlustest. Endamisi aga mõeldakse, et fütotsünoologia resp. zootsünoologia on täiesti iseseisvad teaduseharud. See maksab näiteks Sukatšev'i kohta, nagu seda laseb aimata juba üle-maltoodud tsitaat, milles ta biotsünoologia jagamist ainult „teata-

vas mõttes“ kunstlikuks nimetab. Vaieldamatult selgub Sukatšev'i vaade aga sellesama diskussiooni lõpus. Diskussioonil väidab J. Ch. Blumenthal, et biotsönoloogia jagamine zootsönoloogiaks ja fütotsönoloogiaks pole sugugi formaalne ega ainult praktikulistest kaalutlustest tingitud: loomad on fütotsönoosi suhtes ainult samasugune asukohategur, nagu näiteks mullastik. Selle märkuse kohta ütleb Sukatšev: „J. Ch. Blumenthal märkis, et kui tsönoosi põhiomaduseks võtta olelusvõitlus, taimede ja loomade vahekorrad biotsönoosis aga enamasti ei mahu olelusvõitluse kui konkurentsi mõiste alla, vaid pigemini evivad sama iseloomu, nagu taimede vahekorrad miljöoga, siis on fütotsönoloogia ja zootsönoloogia täiesti erinevad distsipliinid, mida ei tohi segada. Selle märkuse loen ma täiesti õigeks“ (Diskussioon 1934-b p. 48).

Tüxen (1931/32 p. 184—185) leiab, et taimede ja loomade vahekordade käsitlemisel tuleb vahet teha üksikute loomaliikide ja looma-assotsiatsioonide vahel. Tema arvates sõltuvad looma-assotsiatsioonid peaaegu täiesti ühekülgset vegetatsioonist. „Üksikute loomaliikidel, eriti kõrgematel (rohusööjate parved, linnud, kolooniaid moodustavad putukad jne.), on aga suur tähtsus taime-assotsiatsioonide asustamisele, levimisele ja arenemisele.“

Eelnev ülevaade olulisimatest seisukohtadest näitab, et selleski küsimuses on arusaamised väga mitmekesised. Neid kaaludes võime kõigepealt tunnistada, et niisugune suur ühik, nagu formatsioonile vastav bioom, on kahtlemata omalaadi tervik. Aga täiesti loogiline on ka Tansley vaade, et selle terviku juurde kuuluvad ka kõik elutud tegurid. Ökosüsteemi mõistet peame seepärast täiesti õigustatuks lugema. Edasi võime vist küll üksmeelselt tunnistada, et ökosüsteem on nii oma struktuurilt kui ka vahekordadelt oma komponentide vahel väga keeruline tervik, mille mõistmiseks on vajalik tema liigestamine loomulikkudeks ühtlase-mateks osadeks. Kõik küsimuse raskus sellele suundubki, kuidas seda liigestamist toimetada ja kuidas hinnata liigestamisel saadud osi.

Et ökosüsteemi elus osa (bioom) on selgesti eraldatav elututest komponentidest, selles praegu lahkarvamisi ei ole. Muidugi ei või me kindlad olla, et see ka tulevikus nii jääb. Kui Clements, kes varemalt pidas taimeformatsiooni kompleks-organismiks, nüüd kinnitab, et taimeformatsioone pole olemaski, on vaid bioomid, siis ei saa meid süüdistada, kui me kahtleme, kas seegi seisukoht tal muutmatuks jääb. Võibolla tuleb ta kord otsusele, et bioome pole

olemas, on vaid ökosüsteemid. See otsus võib näida küll imelikuna, kuid sellisele tulemusele jõudmine pole võimatu, kui on omaks võetud seisukoht, et ainult suuri ühikuid tuleb pidada loomulikudeks ja iseseisvateks, kuna väikesed ühikud on suurte iseseisvusetud osad.

Igatahes on praegu väljaspool vaidlust, et loodustervikute elus ja elutu osa on selgesti eraldatavad ja lahus käsitledavad. Samuti peame loomulikuks ka elutute tegurite jagamise kliimaalisteks ja edaafilisteks. Kas pole võimalik ühisele arusaamisele jõuda ka bioomi jagatavuse üle?

Et bioom on jagatav, seegi pole vaieldav; vaieldav on ainult, kas teda saab jagada taimelisteks ja loomalisteks ühiskondadeks. Bioomi mõiste pooldaja Shelford ütleb, et „ökoloogia pole jagatav taime- ja loomaökoloogiaks, vaid ta on jagatav paigale kinnituvate ja liikumisvõimeliste organismide ökoloogiaks“ [1914 (1937) p. 305]. Sama autor nõustub aga, et maismaa organismide seas on paigalekinnituvateks organismideks peaaegu eranditult taimed (Clements and Shelford 1939 p. 21). Nii langeb maismaa biotsünooside puhul jaotus sessiilsete organismide tsönoloogiaks ehk sotsioloogiaks (selles mõttes tarvitab Shelford, nagu teisedki ameeriklased, ökoloogia nimetust) ja motiilsete organismide tsönoloogiaks praktiliselt ühte jaotusega taime- ja loomatsönoloogiaks. Seega on taimesotsioloogia ehk fütotsönoloogia ja loomasotsioloogia ehk zootsönoloogia täiesti õigustatud teaduseharud ja asjatu on teoreetilistest eeldustest lähtudes neid eitada.

Ka Kaškarov, kelle arvates pole zootsünoose olemas, loeb võimalikuks kõnelda fütoökoloogiast ja zooökoloogiast, „sest tehniliselt pole võimalik ühendada kõike, sest botaaniku ja zooloogi objektidel on oma spetsiifilisus“ (Diskussioon 1934-a p. 16). „Taimkatte, taimeliste komponentide uurimine peab muidugi eraldatud olema loomaliste komponentide uurimisest, sest objektid on väga erinevad. Ometi ei tohi nende tõttu unustada biotsünoosi ja luua erilisi teaduseharusid — fütotsönoloogiat ja zootsönoloogiat“ (Diskussioon 1934-b p. 22). Ramenski (1935 p. 32) leiab biotsönoloogia jagamise põhjendatud olevat teaduse praeguse tasemega, aga mitte printsiipiaalselt: „Tuleb alati meeles pidada ja printsiipiaalsetes teesides märkida, et on lubamatu käsitleda taimkonda muust orgaanilisest elustikust eraldatuna. Meetodi ja meie teadmiste praeguse seisukorra tõttu oleme meie sunnitud taimkonna konventsionaalselt välja eraldama ja teda biotsünoosist lahus

vaatlema; see kontsessioon teeb meie tööd sageli defektseiks, ja seda ei tohi unustada ega tohi fütotsönoloogiat tõsta erilise, endaga piiratud teaduse tasemele.“

Nii saame otsustatuks lugeda, et bioomi taimelised ja loomalistes komponendid erinevad sedavõrd, et 1) kumbagi tuleb uurida lahus, 2) kummagi uurimist peavad toimetama erineva ettevalmistusega uurijad. Sel puhul ei saa hukkamõistetavaks pidada, kui kumbagi uurimisala vaadeldakse erineva teaduseharuna ja nimetatakse erinevate nimedega. Ei saa aga õigeaks pidada Kaškarov'i arvamist, et see jaotus on põhjendatud ainult tehniliselt, aga mitte sisuliselt. Meie ülesandeks on ju bioomi jagamine ökoloogiliselt ühtlasteks osadeks. Kui aga bioomi taimelised ja loomalistes komponendid ökoloogiliselt sedavõrd erinevad, siis on loomulikud eksiks ökoloogiliselt ühtlasteks osadeks just need kooslused, mis hõlmavad kumbagi organismide rühma eraldi.

Ei puudu alus kartusel, et fütotsönooside ja zootsönooside lahusuurimine võib viia suurema terviku — biotsönoosi — unustamiseni. Täiel määral võime seepärast ühineda Iljinski arvamisele: „Fütotsönoloogid on harilikult hästi seotud pedoloogiaga ning pedoloogidega. Tarviline on samasugune tihe side ka zootsönoloogidega“ (Diskussioon 1934-a p. 51). Kui aga hakkasime sellepärast fütö- ja zootsönoloogiat eitama kui iseseisvaid teaduseharusid, siis peaksime niisama toimetama ka muudes teadustes; peaksime näiteks ütleva: „Kudede uurimine on küll tähtis, kuid ei tohi unustada tervet organismi ega luua erilist teadust — histoloogiat.“ Või jälle: „Raku uurimine nõuab küll spetsiifilisi meetodeid, kuid ei tohi unustada, et rakk on ainult hulkrakse organismi osa, ega luua erilist teadust — tsütoloogiat.“

Ainukeseks järelduseks kõigest eelnevast saab olla, et biotsönoosi ehk bioomi jagamine taimelisteks ja loomalisteks ühiskondadeks ning biotsönoloogia jagamine fütotsönoloogiaks ja zootsönoloogiaks on õige. Sel alusel on ka käesoleva töö eelnevad peatükid pühendatud ainult fütotsönoloogia vaieldavate küsimuste diskuteerimiseks. Nende seas on ka läbi arutatud, mis alusel ja missuguseid taimeühiskondi tuleb eraldada. Jäeb üle küsimus, kuidas ja missuguseid väiksemaid loomaühiskondi on tarvis eraldada ja uurida. See on aga juba zootsönoloogia küsimus ja ei mahu seega käesoleva töö raamidesse. Võib koguni olla, et praegu on tõesti liiga vara asuda väiksemate loomaühiskondade kindla süsteemi loomisele ja vastava nomenklatuuri fikseerimisele, nagu

arvab J. H. Blake (1931 p. 524): „Meie teadmiste praeguse seisukorra juures on autor vähem enesekindel detailse nomenklatuuri tarvitamises maismaa loomaühiskondade ja nende konstituentide kohta. Ta tunneb, et tema enda varasemad katsed, samuti kui teiste poolt tehtud katsed säärase nomenklatuuri rakendamiseks on olnud enneaegsed.“ Siin saame seda küsimust puudutada ainult põhimõtteliselt ja niipalju, kui on vaja fütotsönoloogia ja zootsönoloogia koostöö küsimuse selgitamiseks.

Nagu taimeühiskondade eraldamisel, nii peab ka loomaühiskondade eraldamisel aluseks olema eluvorm. Seepärast on Kaškarov'il formaalselt õigus, kui ta vaidleb ornitotsönooside, entomotsönooside ja muude süstemaatiliste jaotuste alusel loodud tsönooside vastu. Küsimust ei saa aga lahendada ainult puhtformaalselt. On ju teada, et mõningail juhtudel võib mõne eluvormi esinemine piirduda mingi süstemaatilise rühmitusega. Sel puhul langevad eluvormi alusel ja süstemaatilise kuuluvuse alusel loodud ühiskonnad ühte ja ühiskonda võime nimetada selle süstemaatilise ühiku nime järgi. Nii kõneleme näiteks samblaunioonidest. Loomariigis on niisugune ühtelangevus palju sagedam. „Taimede seas on taksonoomiline ja vegetatsioonivorm enamasti identsed krüptogaamid; õistaimede kohta on see õige ainult erandjuhtudel. Loomade rõhuva enamiku kohta on taksonoomiline ja eluvorm samad; see on eriti ilmne selgrootuil, on aga kehtiv ka üldse väheste eranditega“ (Clements and Shelford 1939 p. 48—49). Sellepärast, kui mõnel alal ei leidu loomi, kellede eluvorm ühte langeks lindude eluvormiga, siis on ornitotsönoosidest kõnelemine täiesti õigustatud. Seesama maksaks ka muude süstemaatiliste ühikute kohta. Sellevastu ei saa loomaühiskondade eraldamist süstemaatiliste rühmituste alusel õigeks pidada, kui seejuures ökoloogiline vaatlusviis täiesti unustatakse ja ei küsitagi, kas ei leidu vastavat eluvormi ka mõne teise süstemaatilise ühiku liikidel.

Koostöö fütotsönoloogide ja zootsönoloogide vahel on tarviline kõigepealt selleks, et selgitada taimeühiskonna ja loomaühiskonna vastavust teineteisele. Arvamine, et loomaühiskonna piirid langevad ühte taimeühiskonna piiridega (Vestal 1914 p. 435), ei näi iga kord tõele vastavat. Suurte ühikute puhul võib see küll nii olla. On võimalik, et bioomis, mille taimeline elustik on moodustatud ühest formatsioonist, ka loomaline elustik moodustab ühe sellele vastava suure terviku. Paljudel juhtudel võib see kehtiv olla ka assotsiatsioonide kohta. Clements arvab, et see ikka nii on.

Põhja-Ameerika preeriakliimaksi jagab ta, nagu juba ülemal (lk. 81) tsiteeritud, kuueks taimeassotsiatsiooniks. Neid assotsiatsioone loeb ta nüüd biotilisteks assotsiatsioonideks (Clements and Shelford 1939 p. 256). Carpenter aga eraldab siin ainult kolm biotilist assotsiatsiooni: 1) kõrge rohu preeria, 2) madala rohu tasandik ja 3) segarohu preeria. Nende ladinakeelsed nimed oleksid järgmised: 1) *Andropogon — Bison — Canis*'e assotsiatsioon, 2) *Bouteloua — Bulbilis — Bison — Antilocapra* ass. ja 3) *Andropogon — Bouteloua — Bison — Antilocapra* ass. Nagu Clements oma kuuele assotsiatsioonile lisaks eraldab veel kaks assootsiast, nii eraldab Carpenter lisaks oma kolmele ühe assootsiast — Illinoisi postkliimaks-preeria ehk *Andropogon — Silphium — Citellus*'e assootsiast. Kogu bioomile annab ta nimetuse *Andropogon — Bouteloua — Bison — Canis*'e bioom (Carpenter 1939 p. 82). Nagu näeme, ei lange Clements'i ja Carpenter'i assotsiatsioonid ühte, mida oleksime õigustatud ootama, kui nad oleksid õieti eraldatud ühikud, millede teistest selgesti eraldatava terviku moodustaksid mitte ainult igäühe taimelustik, vaid ka loomelustik; eksimine nende eraldamisel oleks seega kahekordselt takistatud.

Võidaks väita, et toodud näitest ei saa järeldada, nagu ei vastaks assotsiatsiooni taimelustikule ikka samasuguse ulatusega loomelustik. Õige järeldus sellest näitest oleks, et kui kaks autorit leiavad samal alal erinevaid ühikuid, siis puudub õige alus nende ühikute eraldamiseks. Kui assotsiatsioonide eraldamine toimuks kindlate kriteeriumide põhjal, siis peaksid autorid jõudma samadele tulemustele. See järeldus on õige ja kinnitab ammugi tuntud tõsiasi, et Clements'i ja tema koolkonna nõrk külg seisnebki väiksemate vegetatsioonihikute mitteküllaldases põhjendatavuses. Nii tuleme jällegi ülemalväljendatud arvamise juurde, et vaevalt oleme õigel teel, kui looduseterviku uurimisel põhiühikuks võtame suure ning keerulise struktuuriga ühiku. Suurest ühikust lähtudes on raske õieti eraldada väiksemaid ühikuid ning mõista nende vahel valitsevaid vahekordi. Vastupidine tee — väiksemaist ühikuist suuremateni, mille otstarbekohasust põhjendasime ülemal taimeühiskondade suhtes, peaks osutama õigeks ka biotsönooside uurimisel.

Kas õieti eraldatud assotsiatsioonile vastab samasuguse ulatusega loomaühiskond ja missugused on vahekorrad loomaühiskondadega veelgi väiksemates vegetatsioonihikutes, see on küsi-

mus, mis alles uurimist ootab. Taimeühiskondade puhul nägime, et samas assotsiatsioonis võib ühele rohurinde unioonile vastata mitu samblauniooni; ka puurinde unioonide arv ei pruugi ühtida rohurinde unioonide arvuga. Analoogselt sellega oletamegi, et ühele taimeühiskonnale ei pruugi alati vastata üks loomaühiskond. Mõne maa-ala loomelustik kuulub paljudesse eluvormidesse, moodustades seega palju erinevaid ühikuid. Kas neil kõigil on samad nõudmised välistingimuste suhtes ning kas nende piirid selle tõttu ühte langevad omavahel ja mõne suurema taimeühiskonnaga, nii et neid saab ühendada üheks suuremaks sellele taimeühiskonnale vastavaks loomaühiskonnaks, see ongi küsitav. Braun-Blanquet (1928 p. 195) konstateerib: „Esialgne oletus, et kindlatele taimeühiskondadele vastavad erinevad mullaputukate ühiskonnad, on osutunud liiga kaugeleminevaks. Valdav enamik liike elutseb koguni väga mitmesuguse koostisega muldades.“ Küllap leidub seesugust mitteühtelangevust muudeski ühiskondades. Miks peaksime näiteks arvama, et rohusööjate imetajate ühiskonnad alati ühtivad samas rohurindes elutsevate putukate ühiskondadega ja viimaseid toiduks tarvitavate linnuühiskondadega? Vähemalt paljudel juhtudel peaksid vahekorrad palju keerulisemad olema. Nende vahekordade selgitamine ongi tuleviku biotsönoloogia ülesanne.

J. D. Strel'nikov ütleb: „Me kõneleme palju biotsönoosidest. Aga maailma kirjanduses ei ole täielikku, igakülgset biotsönooside kirjeldust ning meie vene kirjanduses pole mingisugust biotsönoosi kirjeldust. Me kõneleme biotsönoloogiateadusest, aga ei tunne ühtegi biotsönoosi. Paneksin ette organiseerida vähemalt ühe lihtsa stepi või kõrve biotsönoosi uurimise ja kirjeldamise. Selle töö tulemus peab andma kujutluse biotsönoosist ja sellest, kuidas teda uurida. Säärane töö jääks eeskujuks sellesarnastele uurimistele ja tooks määratud kasu“ (Diskussioon 1934-a p. 22—23). Täiesti sedasama arvamus avaldab ka Tansley (1935 p. 528): „See on olnud mu ammune unistus, näha mõne kindla asukoha taimede ja loomade uurimise korraldamist täieliku koostöö alusel — tõelise põhjaliku uurimise oma, kuidas nad elavad ning missugused on nende tegelikud vastastikused mõjustused — teiste sõnadega, mõne hästi piiriteldud, eelistatavalt relatiivselt stabiilse ja valminud ökosüsteemi bioomi laiaulatuselise uurimise, tema olelemistingimuste, struktuuri ja ökonoomia uurimise korraldamist. Asukoht peaks olema väga hoolikalt välja valitud ja samuti ka

uurijad, sest see töö nõuaks piiramatut püsivust ning leidlikkust ja paratamatult võtaks palju aega. Ma ei alahinda selle töö raskust ja keerulisust. Aga niisugune ettevõte, vähe sellest, et end tasuda, oleks kahtlemata palju rohkem väärt.“ Nagu Strelnikov Nõukogude-Vene Teaduste Akadeemiale, nii soovitab Tansley bioomi uurimise korraldamist Briti Ökoloogia Ühingule. Need mõlemad sõnavõttud väärivad allakriipsutamist selle tõttu, et neis on õieti esile tõstetud biotsönoosi keerulisus ja raskused tema uurimisel.

Kui otsime õiget meetodit seesugusteks töödeks, siis peame tunnistama, et Clements'i ja Shelford'i meetod ei ole paljulubav. Nagu Clements jagab taimeformatsiooni assotsiatsioonideks domineerivate liikide alusel, nii tuleb selle meetodi järgi igas ühikus otsida ka iseloomulikke loomi. Neid nimetab Shelford influentideks. Muidugi on võimalik leida loomi, kellede elu on seotud mõne taimeliigiga, mis on kuskil dominandiks. Siit tulevadki Clements ja Shelford järeldusele, et „loomad arvatavasti ei levi väljapoole seda bioomi, milles nad on influendid, samuti kui taimed“. Need autorid on sunnitud ometi erandi tegema rändavate loomade kohta: „Mõnedel juhtudel on rändavad loomad influentideks enam kui ühes kliimaksis ning seepärast tuleb neid kui aastaajast olenevaid arvestada kahes või enamas ühiskonnas“ (Clements and Shelford 1939 p. 241). Seesugune meetod ei juhi üldse loomaühiskondade õigele eraldamisele ega võimalda nende vahekordade selgitamist bioomis.

Biotsönoosi uurimise korraldamise raskus ja meetodi puudulikkus ilmnevad ka Poola Teaduste Akadeemia ja Sileesia Muuseumi poolt Cieszyni metsade kohta organiseeritud uurimuses (A. Kozłowska ja teised 1936). Kasutatud meetod on üsna lihtne: Braun-Blanquet' meetodi alusel eraldatakse kõigepealt taimeassotsiatsioonid (neid on kolm — *Fagetum calcareum cieszynicum*, *Querceto-Carpinetum* ja *Alnetum*) ja uuritakse nende igäihe elustikku. Esialgu on kindlaks tehtud nende assotsiatsioonide lehtsammalde floora metsa all ja puude tüvedel kuni 2 m kõrguseni, maksasammalde floora, metsakõdu ämblikulaadsete fauna ja makrolepidopterite fauna. Autorid püüavad selgitada, kuidas peegeldub metsaassotsiatsioonide erinevus nende poolt uuritud organismide rühmades. Teiste loomarühmituste uurimine on jäetud edaspidiseks, kuni vastavate kaastöölise leidmiseni. Siit on

selge, et see meetod palju ei erine Clements'i ja Shelford'i omast ega saa anda ka muid tulemusi.

Rohkem sellisele ideaalsele ühe biotsönoosi läbitöötamisele, nagu seda kujutleb Tansley, näib lähenevat ühe raba uurimine, mille korraldas Leydeni Bioloogide Klubi (L. G. M. B a a s B e c k - i n g and E. N i c o l a i 1934). Väike, 0,6-hektaariline raba võeti uurimisele 11 õpetlase poolt järgmistest vaatepunktidest: 1. topograafia, 2. maismaa loomastik, 3. vee loomastik, 4. kõrge- mad taimed, 5. vetikad, 6. mikroobid, 7. mineraalainete sisaldus — lahustunud ained ja gaasid, 8. happelisus, 9. temperatuur ja õhuniiskus, 10. turbakihtide tolmutera-analüüs. Seegi uurimine pole täielikult lõpule viidud.

Huvitav on selles töös (p. 10) antud piltlik biotsönoosi mõiste iseloomustus: „Ökoloogile on süstemaatilised ühikud kui näitlejad mõnes näidendis. Olgu nende nimi ja eesnimi missugused tahes, see on nende osa näidendis — kas peremehe või sulase, kas kelmi või kangelase oma —, mis määrab nende esinemise iseloomu. Nende esinemisele on peale selle omane, et see toimub vahetpidamatult ja samaaegselt: kõik etteasted mängitakse ühe korraga. Sellist vahetpidamatut ja samaaegset tegevust nimetatakse biotsönoosiks.“

P. P a l m g r e n (1928 p. 38—39), kelle arvates on biotsönooside uurimisel kõige sobivam aluseks võtta Cajander'i metsatüübid, leiab, et niisugune uurimine siiski ei saa baseeruda ainult metsatüüpidel. Peale selle tuleb arvestada veel mõnd teist floristilis-füsiognoomilist vegetatsioonisüsteemi.

Õige meetod näib olevat see, mida eespool korduvalt oleme puudutanud: lähtuda väiksemaist eluvormi alusel eraldatud ühikuist, jälgida nende ühikute levikut nende koguareaalil ja võrrelda üksteisega. Loomaühiskondade uurimist selles töös saavad loomulikult toimetada ainult zooloogid ning koostööd fütotsönoloogide ja zootsönoloogide vahel ei tule nii mõista, nagu peaks üks aitama teist. Ometi on koostöö oluline ja peaks avalduma kõigepealt selles, et välja töötatakse ja kokku lepitakse ühistes alustes ühikute eraldamisel. Ainult nii on võimalik üksteisega võrreldavate ühikute eraldamine ning nende pärastine liitmine suuremaiks tervikuiks.

Eluvormi alusel eraldatavad ühikud on ökoloogilised ühikud. Taimeühiskondadest kõneldes nägime, et ühiskonna ökoloogia ole- neb tema komponentide ökoloogiast. See aga juhhib meid autöko- loogiliste uurimiste juurde. Seesama on maksev ka loomaühiskon-

dade kohta. Taimeliikide autökoloogia uurimisel, näit. nende tolmatajate ja seemnete levitajate selgitamisel, saab botaanikule paratamatuks zooloogi abi. Et aga loomade sõltuvus taimedest enamasti on veel suurem kui taimede sõltuvus loomadest, siis nõuab samuti loomaliikide autökoloogia uurimine botaaniku kaasabi. Liikide autökoloogia uurimine on seega teine suur ala, kus botaanikute ja zooloogide koostöö saab paratamatuks. Kui neis kahes punktis teineteisest mööda ei minda, siis võivad kummagi teaduseharu esindajad oma tööd teha julgesti, ilma et kellelgi põhjust oleks neid süüdistada looduseterviku unustamises.

IX. Terminoloogia küsimusi.

Nagu Nichols (1928 p. 267) täiesti tabavalt ütleb, on taimesotsioloogias terminite produktsioon ammu juba suurem kui nõudmine nende järele. Terminoloogiliste küsimustega tegeldes peaks sellepärast küll ülimaks nõudmiseks olema, niipalju kui vähegi võimalik hoiduda uute nimede loomisest. Senise üleprodukttsiooni tagajärjeks on aga suur sünonüümide hulk mõnede mõistete jaoks. Missugune sünonüümidest peaks üldisele kasutamisele võetama, on enamail juhtudel lihtne kokkuleppe asi, mis teaduse sisu ei mõjusta. Selline kokkulepe seni puudub ja igaüks on paratamatult sunnitud ise valikut tegema. Käesolevate ridadega pole kavatsatud läbi arutama hakata kogu fütotsönoloogilist sünonüümikat. See on suur, seejuures aga vähetähtlik töö; kes selle töö kord ära teeb, jäägu tulevaste botaanikakongresside otsustada. Siin piirdume ainult meie teaduseharu nime ja tema suhete käsitlemisega naaberaladega.

Taimeühiskondi uuriva teaduse nimedest tulevad praegusel ajal arvesse kolm: taimeökoloogia, taimesotsioloogia (ehk fütotsioloogia) ja fütotsönoloogia. Esimene neist on tarvitusel peaaegu eranditult ameerika ja inglise õpetlastel. Et ka meie teda tarvitama hakkaksime, peaks ta millegi poolest vaieldamatult parem olema oma sünonüümidest. Seda ta aga ei ole. Sellevastu peame küll kaaluvaiks tunnistama väiteid, mis tema vastu ette tuuakse. Nimelt: ökoloogia on kujunenud iseseisvaks teaduseharuks, mis uurib organismide vahekordi ümbruskonnaga; kui tahame siia alla tuua ka taimeühiskondi uuriva teaduse, siis muutuvad ökoloogia piirid täiesti ebamääraseiks. Vahetegemine autökoloogia ja sünonökoloogia vahel ei paranda seisukorda, sest on osutunud, et sünonökoloogia

ökoloogiat ei saa lugeda sünonüümiks taimesotsioloogiale ehk fütotsönoloogiale, nagu seda soovitasid Flahault ja Schröter (1910). Taimenäituskondade uurimine ei piirdu ainult nende ökoloogiaga, vaid käsitleb ka muid küsimusi — nende struktuuri, levikut, teket, ajalugu, süstemaatikat. Kui kõik need küsimused lugeda sünonüümiks alla kuuluvaiks, siis pole põhjust, miks ka taimeindiviidide ja mestide uurimist samadest seisukohtadest mitte lugeda autökoloogia osaks. Nii kaotabki ökoloogia laias mõttes oma piirjooned. Ainult konservatiivsusel, mis on omane anglosaksidele, saame seletada ökoloogia tarvitamist ühiskondi uuriva teaduse nimena, ja õigus on Braun-Blanquet'l (1925 p. 124), kes ökoloogia nimetuse tarvitamist selles mõttes nimetab lingvistiliseks fossiiliks.

Ülejäänud nimed — fütosotsioloogia ja fütotsönoloogia — on mõlemad vastuvõetavad ja sellepärast on neid käesolevas töös tarvitatud läbisegi. Kui aga tingimata tarvis oleks neist kahest välja valida üks, siis võiksime eelistada viimast. Fütosotsioloogia nime vastu tuuakse peamiselt kaks väidet: 1) et see on *nomen hybridum* ja 2) et ta esile kutsub ekslikke analoogiaid sotsioloogiaga kui inimühiskonda uuriva teadusega, millega taimesotsioloogial midagi ühist pole. Iseendast pole need väited kuigi olulised, kuid peame tunnustama, et teise sünonüümi — fütotsönoloogia — vastu pole mingeid väiteid tuua: see on grammatiliselt täiesti korrektne ja sisult igast võõritimõistmisest vaba termin. Tema hüveks tuleb lugeda seda, et ta on kooskõlas biotsönoloogia nimega. Viimane jääb aga ainukeseks taime- ja loomaühiskondi käsitleva teaduse nimeks, sest kõrvale heites ökoloogia ehk taimeökoloogia kui fütotsönoloogia sünonüümi, langeb ära ka bioökoloogia kui biotsönoloogia sünonüüm. Loomulik on seega Gams'i järjekindel nomenklatuur omaks võtta täies ulatuses ja ka zoosotsioloogia või zooloogia asemel tarvitada nimetust zootsönoloogia.

Raskem on küsimus, kas ja mis mõttes tarvitada nimetust geobotaanika. Sellele omal ajal Grisebach'i poolt loodud mõistele annab Rübél (1920 p. 574, 1930 p. 13) järgmise definitsiooni: „Geobotaanika on teadus taimede suhetest ümbruskonnaga, maaga.“ See teadus käsitleb Rübél'i järgi (vaata ka Rübél 1917) kolme probleemidekompleksi: 1) ruumiprobleem (taimede jaotus maakeral; koroloogiline geobotaanika, taimegeograafia *sensu stricto*, varemalt nimetatud ka floristiliseks taimegeograafiaks), 2) asukohaprobleem (taimede suhted asukohaga; ökoloogiline geo-

botaanika, taimeökoloogia, ökoloogiline taimegeograafia *sensu stricto*), 3) muutumisprobleem (taimede suhtumine aegade jook-sul maakeral toimuvatesse muudatustesse ja muutused taimedes endis; taimeajalugu *sensu stricto* ehk ajalooline ehk geogenee-tiline, samuti ka fülogeneetiline geobotaanika). Kõiki neid prob-leeme võib uurida ühest küljest mestide suhtes, teisest küljest taimeühiskondade suhtes. Viimasel juhul ongi meil tegemist taimetsotsioloogiaga. Nii on fütosotsioloogia (fütopsönoloogia) R ü b e l'i järgi osa geobotaanikast. Eestis on geobotaanikat selles tähenduses käsitelnud E. S p o h r (1923).

Geobotaanika sisu niisuguse laia piiritlemise vastu väidetakse (Š e n n i k o v 1934-a, 1934-b), et loendatud probleemide uuri-mine on viinud iseseisvate teaduseharude — taimegeograafia, öko-loogia, geneetika — kujunemiseni. Omal ajal, nende teaduseharude arenemise algastmel, kui nende spetsiifilisus veel polnud ilmne, oli loomulik nende ühendamine üheks teaduseks, praegu on see aga üleliigne. Iseseisvad teaduseharud tuleb geobotaanika alt kõrval-dada. See, mis järele jääb, kui geobotaanikast eraldada taimegeo-graafia, ökoloogia ja geneetika, ongi fütopsönoloogia. Nii saavad geobotaanika ja fütopsönoloogia sünonüümideks. Siit järeldabki Šennikov, kellega ühinevad M a t v e j e v (1934) ja A l e h h i n (1935-a p. 22, 1938 p. 113), et nimetust geobotaanika ei tuleks üldse tarvitada, või kui tarvitada, siis fütopsönoloogia sünonüü-mina.

Botaanilise nomenklatuuri reeglite järgi (III trükk, art. 51 ja 52) tuleb taimeperekondade ja -liikide lahutamisel uuteks väiksemateks perekondadeks resp. liikideks ühele lahutamisel saa-dud osale jätta killustatava mesti nimi. Kui tahaksime seda reeg-lit rakendada ka siin, siis olekski taimeühinguid uurivale teadu-sele (fütosotsioloogiale ehk fütopsönoloogiale) ainukeseks seadus-likuks nimeks geobotaanika. Muidugi on õigem käesoleval korral otsustada küsimus otstarbekohasuse seisukohast, aga mitte tuge otsida reegliteelt, mis on loodud teise ala jaoks. Et aga geobotaa-nika nime tarvitamine fütopsönoloogia mõttes ei ole otstarbe-kohane, see on vaieldamatu. Praeguse olukorra juures, kus osa autoreid jääb selle sõna mõistmisele Rübél'i mõttes, oleks talle uue tähenduse andmine arusaamatuste tekkimise põhjuseks. See-pärast polegi ülemal, taimeühiskondi uuriva teaduse nime küsi-muse lahendamisel geobotaanikat loetud tõsiselt arvesse tulevaks sünonüümiks.

Seega jääks ainukeseks järeltõlkeks, et geobotaanika nimetus tuleb täiesti kõrvale heita, kui ei oleks tõsiasi, mis sellele otsusele vastu räägivad. Nimelt on juhtumeid, kus esineb tarvidus kahe naaberteaduse ühendamiseks ühe nime alla. Juba aastal 1896 väitis J. P a c z o s k i, et mingil tingimusel pole võimalik fütotsioloogiat ühendada taimegeograafiaga, sest mõlemad on täiesti erinevad teadused. Praegu leiab see seisukoht laialdast tunnustamist. Sellest hoolimata esinevad juhud, kus neid käsitletakse koos. Üldiseks nimeks on neil juhtudel — taimegeograafia. Nii toimivad näiteks H a y e k (1926) ja G a u s s e n (1933). Kui siin põhjuseks võiks olla, et see on tingitud ajalooliselt ja ülikoolide õppekavadest, milledes vanadest traditsioonidest kinni pidades fütotsönoloogia loetakse fütogeograafia osaks, siis ei maksa see põhjus Nõukogude-Vene kohta, sest, nagu kinnitab A l e h h i n (1935-a p. 22), on sealsetes ülikoolides fütotsönoloogia iseseisvaks põhiaineks. Ometi pühendab A l e h h i n oma uusimas taimegeograafiat käsitlevas töös (1938) ühe peatüki ka fütotsönoloogiale. Nii siis peavad olema ka sisulised põhjused, mis sunnivad neid teaduseharusid koos käsitlema. Ent olgu see taimegeograafia ja taimesotsioloogia ühendamise tingitud sisuliselt või mitte, kummalgi juhul ei saa õigustada ühe teaduseharu nime võtmist üldiseks pealkirjaks kahele teaduseharule. Täiesti põhjendatud on, kui selleks ühiseks pealkirjaks tarvitada nimetust geobotaanika. Mõlemad teadused kuuluvad ju geobotaanika alla laias mõttes, nagu seda mõistab Rübél. Kui siit eraldada teadused, mida pole enam tarvis teistega ühise pealkirja all käsitleda (ökoloogia, geneetika), jääb ühine nimetus kehativaks nende osade kohta, mis endiselt kokku jäävad.

Fütogeograafia ja fütotsönoloogia suhet omavahel ja vastavate zooloogiliste distsipliinidega võime graafiliselt kujutada diagrammina, kus igaüks neist distsipliinidest esineb ühe kvadrantina (vaata lk. 133). Fütotsönoloogia ja zootsönoloogia ühendamist biotsönoloogiaks ning fütogeograafia ja fütotsönoloogia ühendamist geobotaanikaks oleme ülemal põhjendanud. Fütogeograafia ja zoogeograafia ühendamise biogeograafiaks ei vaja vist enam erilist põhjendamist. Kas ka zoogeograafiat ja zootsönoloogiat on vaja ühendada ja mis nime all, jäägu zooloogide otsustada.

Olgu siin mainitud ka R a m e n s k i (1934-a ja 1934-b) süsteem, mille järgi kuulub biotsönoloogia sünökoloogia alla kui selle osa. Sünökoloogia jaguneb

- a) kirjeldavaks sünökoloogiaks ehk sünökograafiaks,
- b) ökotopoloogiaks,
- c) kirjeldavaks biotsönoloogiaks,
- d) dünaamiliseks biotsönoloogiaks.

Fütotsönoloogia kui biotsönoloogia osa jaguneb vastavalt

- a) kirjeldavaks fütotsönoloogiaks (fütotsönooside morfoloogia) ja
- b) dünaamiliseks fütotsönoloogiaks (tsönooside füsioloogia).

Geobotaanika on sünökoloogiaga paralleelne taimkonda uuriv teaduseharu.

Selle süsteemi võime esialgu kõrvale jätta, sest ta näib olevat asjatult liiga keeruline ja sisaldab alajaotusi, millede kujunemine teistega võrreldavateks distsipliinideks on alles küsitav. Näiteks pidavat ökotopoloogia olema „õpetus erinevate asukohtade topoloogilise ja kultuurilise sõltuvuse kliimast“, ja R a m e n s k i (1934-a p. 70) tunnistab, et „see keeruline ja praktiliselt tähtis ning tarviline distsipliin on praegu algeos“.

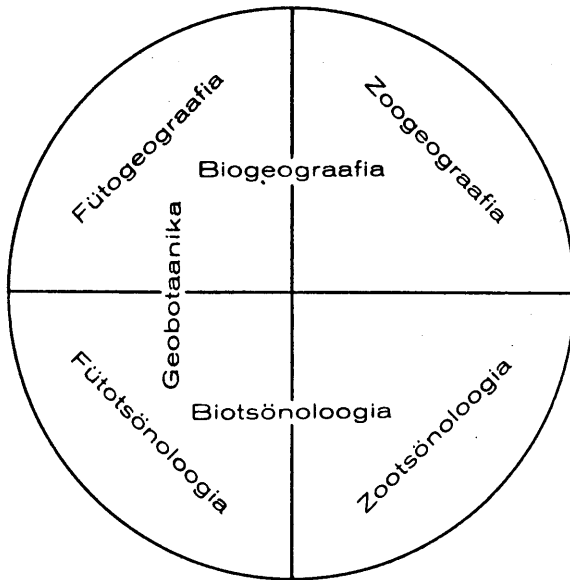
Lõppeks puudutame veel nimetust sünsioloogia. Tähtsamad etapid selle mõiste arenemiskäigus on järgmised. G a m s (1918), tehes vahet ökoloogiliste ja topograafiliste vegetatsioonihükute vahel, nimetab esimesi sünuusideks, teisi biotsönoosideks. Mõlemad hükute read erinevad Gams'i arvates teineteisest oluliselt ja kummagi rea hükuid tuleb süstematiseerida eraldi. Esimesed moodustavad sünsioloogilise süsteemi, teised biotsönoloogilise. Biotsönoloogiaks nimetab Gams aga ka õpetust kõigist organismide ühiskondadest. Siit selgub järjekindlusetus biotsönoloogia mõiste tarvitamises, mis kord hõlmab ainult topograafilisi hükuid, teinekord aga nii topograafilisi kui ökoloogilisi.

D u R i e t z (1930-a) nimetab sünuusideks üherindehükuid, fütotsönoosideks aga mitmerindehükuid. Teadus, mis uurib mõlema rea hükuid, on taimesotsioloogia. Hiljemini (1936) tarvitab ta mitmerindeliste hükute (sotsiatsioon, konsotsiatsioon, assotsiatsioon) kohta nimetust biotsönoosid, ilma seda nimevahetust lähemalt põhjendamata.

L i p p m a a (1938-a, 1939) võtab üle hükute jagamise sünuusideks ja biotsönoosideks. Sünuuse uurib sünsioloogia, biotsönoose aga sotsioloogia. Sünsioloogia ja fütosotsioloogia on Lippmaa järgi täiesti erinevad teadused ja suhet nende vahel saab võrrelda mineraloogia ja petrograafia suhtega. Nagu viimaseid ei ühendata üheks teaduseks mingisuguse üldise nime all, nii ei anna

Lippmaa ka sünnioloogia ja fütosotsioloogia mingit üldist nimetust.

Käesolevas töös oleme püüdnud põhjendada, et niihästi üherindelised ühikud kui ka õieti eraldatud mitmerindelised ühikud on loomulikud vegetatsiooniühikud ja sellistena samal ajal floristilised, ökoloogilised ja topograafilised. Vegetatsiooni igakülgne uurimine nõuab mõlema rea ühikute uurimist. Seda seisukohta on hiljuti väljendanud ka De Vries (1939). Siit järgneb aga, et teaduseharusid, mis uurivad kummagi rea ühikuid eraldi, tuleb



lugeda vegetatsiooni igakülgset uuriva teaduse osadeks. Seda teadust, mille osadeks on mõlemad harud, nimetamegi fütotsönoloogiaks ehk fütosotsioloogiaks. Kõneldes fütotsönoloogiast ehk fütosotsioloogiast, on käesolevas töös ikka mõeldud seda suurt teadust, mis uurib niihästi üherindelisi kui ka mitmerindelisi ühikuid. Et niisugust suurt teadust ei olegi, on vaid kaks piiratud ülesannetega teaduseharu, selle seisukohaga oleks väga raske ühineda. Et üherindeliste ühikute uurimine on väga tähtis vegetatsiooni mõistmiseks ning et suuremate ühikute õigeks eraldamiseks on tarvis lähtuda üherindelitest ühikutest, sedagi oleme ülemal väitnud. Seepärast ei saa midagi selle vastu olla, kui üherindeühikute uurimist nimetame eraldi nimega. Olgu selleks nimeks sünnioloogia. Ei taha aga nõustuda, et sünnioloogia oleks midagi nii-

võrd erinevat, mis ei mahu fütotsönoloogia kui taimeühiskondi uuriva teaduse alla.

Eelnevate seisukohtade alusel ei ole sobiv üherindeühikute uurimist ja mitmerindeühikute uurimist vaadelda kui paralleelseid ja iseseisvaid teaduseharusid. Süntees kahe vaatlusviisi vahel ei peaks seisma selles, et kui mõne ala vegetatsiooni uurimine on tehtud ühe haru meetodite järgi, siis teine peaks sellesama töö uuesti algusest peale ära tegema omade meetodite kohaselt, nagu seda arvab De Vries. Süntees peaks seisma selles, et mitmerindeühikute uurimine algab oma tööd sealt, kus sünnioloogia on oma töö lõpetanud. Õige mitmerindeliste ühikute eraldamine on võimalik alles siis, kui üherindeühikud on tundma õpitud. Niisiis viib üks haru lõpule teise haru poolt alustatud töö; harud pole seega mitte paralleelsed, vaid üks tugineb teisele ning koos moodustavad nad ühe terviku — fütotsönoloogia.

Kokkuvõte.

Diskuteerides fütotsönoloogia tähtsamaid põhiküsimusi jõuab autor järgmistele seisukohtadele:

1. Organismi olulisimaks tunnuseks tuleb pidada seda, et tema osad on seotud üheks füsioloogiliseks tervikuks, mis võimaldab tööjaotust nende osade vahel. Hulkrakset organismi iseloomustab tema arenemine ühest rakust (eosest, munarakust). Vegetatsiooniühikuil ei esine ühtegi neist tunnuseist. Seepärast ei ole õige vegetatsiooniühikute identifitseerimine organismiga.

2. Kompleksorganismi mõiste ei ole rakendatav vegetatsiooniühikute kohta, vaid loomade känniste kohta. Kui vegetatsiooniühikute mõningate omaduste võrdlemisel organismi vastavate omadustega teadlik ollakse, et tegemist on ainult analoogia-võrdlustega, siis ei saa selliseid võrdlusi lubamatuiks pidada. Superorganismi mõistet ei saa pidada vajalikuks, sest ta põhjeneb ainult analoogiail ja soodustab valekujutluste tekkimist.

3. Taimeühiskondade klassifitseerimine sümbioosinähtuste alla ei aita mõista ühiskondade olemust, toob aga selle asemel kaasa sümbioosi mõiste ebamääraseks muutumise, mispärast selliseid klassifitseerimiskatseid ei saa tarvilikeks ega soovitatavaiks tunnistada.

4. Vegetatsiooniühikuid tuleb pidada vastava ala floora taimisendite rühmitusteks, mis on kujunenud neile vastavate öko-

loogiliste tingimustega asukohtades ning millede struktuur oleneb nendevahelisest võistlusest.

5. Vegetatsiooniühiku kui terviku poolt miljööle avaldatavad mõjustused on teda moodustavate indiviidide mõjustuste summa.

6. Iga loomulik vegetatsiooniühik on samal ajal floristiline, ökoloogiline ja topograafiline ühik. Ka mitmerindelisi ühikuid tuleb pidada ökoloogilisteks ühikuteks, sest põhjused, mis võimaldavad rinnete koosinemist, on ökoloogilist laadi.

7. Ühikute eraldamine üksiku tunnuse alusel annab kunstlike ühikuid, millel puudub tähtsus vegetatsiooni uurimisel. Seepärast ei saa tarvilikuks pidada G a m s'i katset luua eraldi süsteemid ökoloogilistest ja topograafilistest ühikuteks.

8. Ükski senipüstitatud fütotsönoloogiline põhiühik ei ole vaieldamatult tõestanud oma rakendatavust ja otstarbekohasust igas vegetatsioonis. Seepärast ei saa nõustuda P a v i l l a r d'i seisukohaga, et mõni rahvusvaheline botaanikakongress peaks ühiseks kõigile sunduslikuks põhiühikuks tunnistama assotsiatsiooni B r a u n - B l a n q u e t' mõttes. D u R i e t z' arvamist, et on võimalik mitu põhiühikut, tuleb mõista selles mõttes, et seni, kuni ei ole jõutud ühisele arusaamisele mõne põhiühiku üldises vastuvõetavuses, on lubatud või koguni soovitatav töötada mitmesuguste ühikutega ning proovida nende rakendatavust.

9. Nimetust sünuus on otstarbekohane tarvitada kõigi üherindeühikute üldnimena. Selle sõna all morfoloogiliselt teistest taimedest mitte eraldatud puhtökoloogilise ühiku mõistmine teeb sellest ühikust teoreetilise ühiku, millel on tähtsust ainult liikide autökoloogia uurimise puhul, mitte aga fütotsönoloogias. Sünuusi käsitamine mitmerindelise vegetatsiooni iseseisvuseta osana ei soodusta keerulise struktuuriga vegetatsiooni uurimist.

10. Nn. üherindeühikute aluseks ei ole mitte rinded, mida mõistetakse mitmeti (puhtmorfoloogiliselt — ebarinded, ökoloogiliselt — pärisrinded) ja millede arvus ei olda üksmeelel, vaid eluvorm. P a v i l l a r d'i arvamine, et T a n s l e y ja M o s s'i (1910) kriitikaga eluvormide rakendatavuse üle formatsioonide eraldamisel on tõestatud eluvormide kõlbmatuse ühikute eraldamise aluseks, ei ole põhjendatud.

11. Kuigi D u R i e t z ja L i p p m a a on omaks võtnud G a m s'i poolt soovitatud nimetused „society“ (ühing) ja unioon üherindeühikute jaoks, mõistavad nad neid erinevalt. L i p p -

ma a'le on tõeliseks põhiühikuks unioon, mida iseloomustavad karakterliigid; „society” on uniooni või selle faatsiese teisend, kus domineerivad mõned liigid. D u R i e t z'le on „society” (endise nimega konsotsioon) põhiühik, mida iseloomustavad konstantsed dominandid; uniooni (endine assotsioon) moodustavad „society'd”, mis omavad sotsioloogilise affiinsusega liike. Vahe oleks kõrvaldatav, kui D u R i e t z võtaks sotsioloogilise affiinsuse asemel omaks ja unioonide eraldamise aluseks karakterliikide mõiste ning „society'd“ käsitaks kui uniooni teisendit.

12. Sotsiatsioon D u R i e t z' mõttes kujutab niisugust teoreetilist väljalõiku mitmerindeliseist vegetatsioonist, kus pealekuti satuvad rinnete osad (sotsioonid), milledes mõned liigid domineerivad. Selliste teoreetiliste väljalõikude arv võib olla väga suur ning sotsiatsioonil puudub fütotsönoloogiline tähtsus, mispärast teda ei saa lugeda mitmerindelise vegetatsiooni põhiühikuks.

13. Vähimaks mitmerindeliseks ühikuks tuleb lugeda ühikut, mille täielikumalt väljakujunenud rinde moodustab üks ühing (L i p p m a a mõttes). Õige nimetus sellisele ühikule oleks konsotsiatsioon. Täielikumalt väljakujunenud rindeks tuleb lugeda seda, mis on liigirikkam ning sisaldab ka karakterliike rohkem kui teised rinded. Konsotsiatsiooni teised rinded on moodustatud ühest või mitmest ühingust.

14. Mitmerindeliseks põhiühikuks on assotsiatsioon, mille täielikumalt väljakujunenud rinde moodustab üks unioon. Teised rinded võivad koosneda ühest või mitmest unioonist. Konsotsiatsiooni tuleb käsitada kui assotsiatsiooni või selle faatsiese teisendit. Selliselt defineeritud assotsiatsioon on enamasti suurem assotsiatsioonist B r a u n - B l a n q u e t' mõttes.

15. Üherindeühikute meetod, mille põhiühik, unioon (L i p p m a a mõttes) on saadud parasvöö vegetatsiooni uurimise tulemusena, näib olevat rakendatav igasuguses vegetatsioonis, ka kõige keerulisema struktuuriga troopika-vihmametsas. Ta võimaldab keerulise vegetatsiooni jagamist eluvormide alusel loomulikeks homogeeniseiks ühikuks — unioonideks ja nende ühendamist loomulikuks mitmerindeliseks ühikuks — assotsiatsiooniks.

16. P a v i l l a r d'i arvamine, et üherindelised põhiühikud ei kõlba aluseks ühikute klassifitseerimisel, näib olevat põhjendamatut. Nagu L i p p m a a on näidanud, peaks otstarbekohasem ühiskondade süsteem teostatav olema, kui lähtuda unioonidest ning

ühendada neid suuremaiks ühikuiks (perekondadeks, klassideks jne.) ökoloogilisel alusel. Suuremate territoriaalsete ühikute (komplekside, formatsioonide) moodustamisel on õige aluseks võtta mitmerindelised põhiühikud (assotsiatsioonid).

17. Üleulatuvate rinnete konstateerimisele viib sageli liiga kitsas vegetatsioonühikute piiritlemine (näit. assotsiatsioonid Braun-Blanquet' mõttes ja sotsiatsioonid DuRietz' mõttes). Loomulikku rinnete üleulatuvust on võimalik leida ühiskondade piiridel, kus tekivad üleminekualad ühiskondade vahel. Neil aladel valitsevate asukohatingimuste uurimine on tähtis liikide autökoloogia selgitamiseks.

18. Ühiskondade jaotus enam-vähem stabiilseiks ja labiilseiks (DuRietz' ja Lippmaa mõttes) vastab Alehhi'n'i jaotusele fütotsönoosideks ja grupeeringuteks ning seda jaotust tuleb põhjendatuks pidada. Stabiilsete ühiskondade hulgast kliimaks-ühiskondade eraldamine ei avalda positiivset mõju fütotsönoloogilisele meetodikale ega soodusta ka vegetatsioonühikute vaatlemist dünaamilisest vaatepunktist. Seepärast võib ühiskondade jaotuse kliimaks- ja seriaalseteks ühiskondadeks kõrvale jätta. Mõnel kliima-alal valitsevat ühiskonda nimetada kliimaatiliseks ühiskonnaks ja selle ala piirides esinevaid vähema levikualaga ühiskondi, millede esinemist võimaldavad erinevad edaafilised tingimused, nimetada edaafilisteks tuleb lubatuks tunnistada. Seda jaotust ei tule aga nii mõista, nagu oleksid ühed neist kliimaks-ühiskonnad, teised aga seriaalsed.

19. Vegetatsiooniregiooni ei ole õige defineerida kui kõrgeimat vegetatsioonühikut — fütotsönooside kompleksi, nagu seda teeb DuRietz, vaid teda tuleb pidada puhtgeograafiliseks mõisteks (Iljinski) ning defineerida kui ala, kus esineb üks või mitu fütotsönoosi, millede levik piirdub selle alaga või mis sel alal domineerivad. Näib otstarbekohane olevat vegetatsioonühikuiks, millede leviku alusel võiks toimuda vegetatsiooniregioonide eraldamine, valida unioonid.

20. Suurte alade vegetatsiooni kaardistamisel väikeses kaardimõõdus ei anna kaartidel kujutatavad suured kompleksid ega kliimaksid (kõige laiemas mõttes) õiget kujutlust vegetatsioonist. Otstarbekohasemad näivad olevat iseloomulikkude (domineerivate või karakter-) unioonide leviku alusel koostatud vegetatsiooniregioonide kaardid.

21. Ei ole õige pärisfütootsönoosideks lugeda kõiki taimede-kooslusi, kus on võimalik konstateerida kompetitsiooni (S u k a t š e v), vaid neid, kus kompetitsioon on kestnud küllalt kaua ja suutnud viia enam-vähem stabiliseerunud ehk väljakujunenud vegetatsiooni tekkimiseni. Seepärast ei saa viljapõlde, istandusi, lillepeenraid ega muid lühiealisi kunstlikke kooslusi lugeda päris-ehk väljakujunenud fütootsönooside hulka. Sellevastu on võimalik istutatud metsi, kui nende edasine arenemine on kestnud küllalt kaua, käsitada kui päris-fütootsönoose.

22. Avaühinguid kõrbedes, milledes puudub kompetitsioon ja mis ebasoodsate kliimatiliste tingimuste tõttu keerulisema struktuuriga ühiskondadeks enam edasi ei arene, ei ole õige lugeda agregatsioonide (S u k a t š e v) ehk väljakujunemata koosluste hulka, vaid neid, kui vastavates tingimustes võimalikku kõrgeimat vegetatsiooni, tuleb käsitada päris-fütootsönoosidena.

23. Biotsönoosi jagamine taimeühiskondadeks ja loomaühiskondadeks põhjeneb mitte üksi süstemaatilisel kuuluvusel, vaid ka erineval ökoloogial ning on selle tõttu õigustatud.

24. Viljakaimaks meetodiks biotsönoosi uurimisel näib olevat lähtumine väiksemaist ühikuist ning nende ökoloogia, vastastikutuste suhete ja leviku selgitamine.

25. Nagu taimeühiskondade eraldamisel, nii peab ka väiksemate loomaühiskondade eraldamisel aluseks võetama eluvorm.

26. Koostöö fütootsönoloogide ja zootsönoloogide vahel on tarvilik 1) ühiste aluste leidmiseks ühiskondade eraldamisel (eluvorm), 2) ühiskondade ökoloogia mõistmiseks vajalikul liikide autökoloogia uurimisel.

27. Ühiskondi uurivate teaduste nimetamiseks on sobivaimaks G a m s'i nomenklatuur: biotsönoloogia, fütootsönoloogia ja zootsönoloogia. Kui fütoogeograafiat ja fütootsönologiast käsitletakse koos, siis on õige nende üldiseks nimeks tarvitada nimetust geobotaanika (vaata diagramm lk. 133). Sünnioloogia tuleb lugeda fütootsönoloogia osaks.

Käesolev töö on tehtud E. V. Tartu Ülikooli Taimemorfoloogia ja Süstemaatika Laboratooriumis. Olgu siin väljendatud tõsine tänu selle laboratooriumi juhatajale hr. prof. dr. T. L i p p m a a'le, kes seda tööd kõigiti, eriti aga oma isiklikku raamatukogu tarvitada lubamisega, soodustas.

Tsiteeritud kirjanduse loend.

Adams, C. C. 1915. An Outline of the Relations of Animals to their Inland Environments. Bulletin of the Illinois State Laboratory of Natural History 11. Urbana.

Алехин, В. В. 1925-а. Фитосоциология (учение о растительных сообществах) и ее последние успехи у нас и на западе. Сборник „Методика геоботанических исследований“. Москва.

Alechin, W. W. 1925-b. Ist die Pflanzenassoziation eine Abstraktion oder eine Realität? Botanische Jahrbücher für Systematik, Pflanzengeschichte und Pflanzengeographie 60. Beiblatt Nr. 135. Leipzig.

Alechin, W. W. 1926. Was ist eine Pflanzengesellschaft? Ihr Wesen und ihr Wert als Ausdruck des sozialen Lebens der Pflanzen. Repertorium specierum novarum regni vegetabilis. Beihefte 37. Dahlem bei Berlin.

Alechin, W. W. 1932-a. Die ältere russische Steppenforschung mit besonderer Berücksichtigung der quantitativen Methoden. Beiträge zur Biologie der Pflanzen 20. Breslau.

Alechin, W. W. 1932-b. Die vegetationsanalytischen Methoden der Moskauer Steppenforscher. Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden von Abderhalden, Abt. XI, T. 6. Berlin und Wien.

Алехин, В. В. и Уранов, А. А. 1933. Методика исследования степей I. Советская Ботаника 1933, № 2. Ленинград.

Алехин, В. В. 1935-а. Основные понятия и основные единицы в фитоценологии. Советская Ботаника 1935, № 5. Москва-Ленинград.

Алехин, В. В. 1935-b. Проблема фитоценоза и некоторые новые фактические данные. Ученые Записки Московского Государственного Университета 4. Москва-Ленинград. Résumé: Alechine, V. V. Le problème de la phytocénose avec quelques données nouvelles.

Алехин, В. В. 1938. География растений. Москва.

Allee, W. C. 1926. Distribution of Animals in a Tropical Rain-Forest with Relation to Environmental Factors. Ecology 7. Brooklyn.

Vaas Becking, L. G. M. and Nicolai, E. 1934. On the Ecology of a Sphagnum Bog. Blumea 1. Leiden.

Бялович, Ю. П. 1936. Введение в культуруфитоценологию. Советская Ботаника 1936, № 2. Москва-Ленинград.

Blake, I. H. 1931. Further Studies on Deciduous Forest Animal Communities. Ecology 12. Brooklyn.

Booberg, G. 1930. Gisselåsmynen. En växtsociologisk och utvecklingshistorisk monografi över en jämtländsk kalkmyr. Norrländsk handbibliotek 12. Uppsala.

- Boodin, J. E. 1925. *Cosmic Evolution*. New York. [Tsitéeritud Phillips'i (1935) järele.]
- Braun-Blanquet, J. 1925. Zur Wertung der Gesellschaftstreue in der Pflanzensoziologie. *Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich* 70.
- Braun-Blanquet, J. 1928. *Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde*. Berlin.
- Braun-Blanquet, J. et Pavillard, J. 1928. *Vocabulaire de Sociologie Végétale*. 3-e Edition. Montpellier.
- Braun-Blanquet, J. 1931/32. *Pflanzensoziologische Forschungsprobleme*. Der Biologe 1. München.
- Braun-Blanquet, J. (Rédacteur principal). 1933. *Prodrome des Groupements Végétaux. Prodromus der Pflanzengesellschaften*. Edité par le Comité du Prodrome phytosociologique. Fasc. 1. Montpellier.
- Braun-Blanquet, J., Sissingh, G. und Vlieger, J. 1939. Klasse der Vaccinio-Piceetea. *Prodromus der Pflanzengesellschaften*, Fasc. 6.
- Braun-Blanquet, J. 1939. Lineares oder vieldimensionales System in der Pflanzensoziologie? *Chronica Botanica* 5. Leiden.
- Cain, St. A. 1936. Synusia as a Basis For Plant Sociological Field Work. *The American Midland Naturalist* 17. Notre Dame.
- Cain, St. A. and Sharp, A. J. 1938. Bryophytic Unions of Certain Forest Types of the Great Smoky Mountains. *The American Midland Naturalist* 20. Notre Dame.
- Cain, St. A. 1939. The Climax and Its Complexities. *The American Midland Naturalist* 21. Notre Dame.
- Cajander, A. K. 1909. Ueber Waldtypen. *Acta Forestalia Fennica* 1. Helsingfors.
- Cajander, A. K. und Ilvessalo, Y. 1921. Ueber Waldtypen II. *Acta Forestalia Fennica* 20. Helsingfors.
- Cajander, A. K. 1922. Zur Begriffsbestimmung im Gebiet der Pflanzentopographie. *Acta Forestalia Fennica* 20. Helsinki.
- Cajander, A. K. 1925. Metsätyypiteoria. *Acta Forestalia Fennica* 29. Helsinki.
- Cajander, A. K. 1926. The Theory of Forest Types. *Acta Forestalia Fennica* 29. Helsinki.
- Cajander, A. K. 1927. Wesen und Bedeutung der Waldtypen. *Tartu Ülikooli Metsaosakonna toimetused* 10. Tartu.
- Carpenter, J. R. 1939. The Biome. *The American Midland Naturalist* 21. Notre Dame.
- Clements, F. E. 1905. *Research Methods in Ecology*. Lincoln. [Tsitéeritud Clements'i (1916-a) järele.]
- Clements, F. E. 1916-a. *Plant Succession. An Analysis of the Development of Vegetation*. Carnegie Institution of Washington. Publication No. 242.
- Clements, F. E. 1916-b. The Development and Structure of Biotic Communities. Printed Program, Ecol. Soc. Amer., New York meeting, Dec. 27—29. [Tsitéeritud Carpenter'i (1939) järele.]

Clements, F. E. Plant Indicators. The Relation of Plant Communities to Process and Practice. Carnegie Institution of Washington. Publication No. 290.

Clements, F. E. and Weaver, J. E. 1924. Experimental Vegetation. Carnegie Institution of Washington. Publication No. 355.

Clements, F. E., Weaver, J. E. and Hanson, H. C. 1929. Plant Competition. An Analysis of Community Functions. Carnegie Institution of Washington. Publication No. 398.

Clements, F. E. 1936. Nature and Structure of the Climax. The Journal of Ecology 24. Cambridge.

Clements, F. E. and Shelford, V. E. 1939. Bio-ecology. New York and London.

Conard, H. S. 1939. Plant Associations on Land. The American Midland Naturalist 21. Notre Dame.

Cooper, W. S. 1926. Fundamentals of Vegetational Change. Ecology 7. Brooklyn.

Dahl, Fr. 1902. Über Stufenfänge echter Spinnen am Riesengebirge. Sitzungs-Berichte der Gesellschaft naturforschender Freunde zu Berlin. Jahrgang 1902.

Dahl, Fr. 1903. Winke für ein wissenschaftliches Sammeln von Thieren. Sitzungs-Berichte der Gesellschaft Naturforschender Freunde zu Berlin. Jahrgang 1903.

Dahl, Fr. 1908-a. Grundsätze und Grundbegriffe der biocönotischen Forschung. Zoologischer Anzeiger 33. Leipzig.

Dahl, Fr. 1908-b. Kurze Anleitung zum wissenschaftlichen Sammeln und Konservieren von Tieren. 3. Aufl. 1914. Leipzig.

Dahl, Fr. 1921 und 1923. Grundlagen einer ökologischen Tiergeographie I und II. Jena.

Deegener, P. 1917. Versuch zu einem System der Assoziations- und Sozietätsformen im Tierreiche. Zoologischer Anzeiger 49. Leipzig.

Deegener, P. 1918. Die Formen der Vergesellschaftung im Tierreiche. Ein systematisch-soziologischer Versuch. Leipzig.

Дискуссия 1934-а: Основные установки и пути развития советской экологии. Советская Ботаника 1934, № 3. Москва-Ленинград.

Дискуссия 1934-б: Что такое фитоценоз? Советская Ботаника 1934, № 5. Москва-Ленинград.

Drude, O. 1887. Atlas der Pflanzenverbreitung. Berghaus' Physikalischer Atlas, Abt. 5. Gotha.

Du Rietz, G. E. 1921. Zur methodologischen Grundlage der modernen Pflanzensoziologie. Wien.

Du Rietz, G. E. 1930-a. Vegetationsforschung auf soziationsanalytischer Grundlage. Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden, herausgegeben von E. Abderhalden, Abt. XI, Teil 5. Berlin und Wien.

Du Rietz, G. E. 1930-b. Classification and Nomenclature of Vegetation. Svensk Botanisk Tidskrift 24. Uppsala.

Du Rietz, G. E. 1936. Classification and Nomenclature of Vegetation Units 1930—1935. Svensk Botanisk Tidskrift 30. Uppsala.

- Emerson, A. E. 1939. Social Coordination and the Superorganism. The American Midland Naturalist 21. Notre Dame.
- Feucht, O. 1936. Der Wald als Lebensgemeinschaft. Oehringen.
- Flahault, Ch. und Schröter, C. 1910. Phytogeographische Nomenklatur. Berichte und Vorschläge. Zürich.
- Forbes, S. A. 1887. The lake as a microcosm. Bull. Peoria Acad. Sci. [Tsiteritud Adams'i (1915) ja Phillips'i (1931, 1935) järele.]
- Fuller, G. D. 1918. Units of Vegetation an their Classification. Botanical Gazette 66. Chicago. [Tsiteritud Phillips'i (1935) järele.]
- Furrer, E. 1922. Begriff und System der Pflanzensukzession. Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich 67.
- Gams, H. 1918. Prinzipienfragen der Vegetationsforschung. Ein Beitrag zur Begriffsklärung und Methodik der Biocoenologie. Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich 63.
- Gams, H. 1933. Die Stellung der Waldtypen im Vegetationssystem. Forstarchiv 1933. Hannover.
- Gams, H. 1939-a. Carl Schröter und seine vegetationskundliche Schule. Der Biologe 8. München-Berlin.
- Gams, H. 1939-b. Die Hauptrichtungen der heutigen Biozönotik. Chronica Botanica 5. Leiden.
- Gausson, H. 1933. Géographie des Plantes. Paris.
- Gleason, H. A. 1939. The Individualistic Concept of the Plant Association. The American Midland Naturalist 21. Dotre Dame.
- Hayek, A. 1926. Allgemeine Pflanzengeographie. Berlin.
- Hesse, R. 1924. Tiergeographie auf ökologischer Grundlage. Jena.
- Hult, R. 1881. Försök till analytisk behandling af växtformationerna. Meddelanden af Societas pro Fauna et Flora Fennica 8. Helsingfors. [Tsiteritud Du Rietz' (1920) järele.]
- Ильинский, А. П. 1935. Высшие таксономические единицы в геоботанике. Советская Ботаника 1935, № 5. Москва-Ленинград.
- Ильинский, А. П. 1937. Двадцать лет советского геоботанического картирования. Советская Ботаника 1937, № 5. Москва-Ленинград.
- Ilvessalo, Y. 1920-a. Tutkimuksia metsätyyppien taksatoorisesta merkityksestä nojautuen etupäässä kotimaisen kasvutaulujen laatimistyöhön. Referat: Untersuchungen über die taxatorische Bedeutung der Waldtypen, hauptsächlich auf den Arbeiten für die Aufstellung der neuen Ertragstafeln Finnlands fussend. Acta Forestalia Fennica 15. Helsingforsiae.
- Ilvessalo, Y. 1920-b. Kasvu- ja tuottotaulut Suomen eteläpuoliskon mänty-, kuusi- ja koivumetsille. Referat: Ertragstafeln für die Kiefern-, Fichten- und Birkenbestände in der Südhälfte von Finnland. Acta Forestalia Fennica 15. Helsingforsiae.
- Jones, G. T. 1926. Pearse's Animal Ecology. Review. Ecology 7. Brooklyn.
- Just, Th., Editor. 1939. Plant and Animal Communities. Comprising the Proceedings of the Conference on Plant and Animal Communities, held at the Biological Laboratory, Cold Spring Harbor, Long Island, New York, from August 29 to September 2, 1938. The American Midland Naturalist 21. Notre Dame.

Katz, N. 1929. Die Zwillingssassoziationen und die homologen Reihen in der Phytosoziologie. Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft 47. Berlin.

Katz, N. 1930. Die grundlegenden Gesetzmässigkeiten der Vegetation und der Begriff der Assoziation. Beiträge zur Biologie der Pflanzen 18. Breslau.

Katz, N. 1933. Die Grundprobleme und die neue Richtung der Phytosoziologie. Beiträge zur Biologie der Pflanzen 21. Breslau.

Кац, Н. Я. 1934. О сущности фитоценоза и о других вопросах фитоценологии. Советская Ботаника 1934, № 5. Москва-Ленинград.

Kozłowska, A., Wilczek, R., Rejment, I., Książkowna, I. H., Stuglik, Z. Biocenoza lasów pogórza Cieszyńskiego. La biocénese des associations sylvestres dans la région montagneuse du pays de Cieszyn. Polska Akademia Umiejętności. Wydawnictwa Śląskie. Prace biologiczne nr. 1. Kraków.

Кожевников, А. В. 1936. Материалы по динамике ярусности лугового травостоя. Бюллетень Московского общества испытателей природы, отдел биологический. Новая серия 45. Москва-Ленинград. Résumé: Koshevnikoff, A. Matériaux sur la dynamique de stratification de l'herbage des prairies.

Lenoble, F. 1926. A propos des associations végétales. Bulletin de la Société Botanique de France 73. Paris.

Lindquist, B. 1938. Dalby Söderskog. En Skånsk lövskog i forntid och nutid. Acta Phytogeographica Suecica 10. Stockholm.

Lippmaa, T. 1929. Pflanzenökologische Untersuchungen aus Norwegisch- und Finnisch-Lappland unter besonderer Berücksichtigung der Lichtfrage. Acta et Commentationes Universitatis Tartuensis A 15. Tartu.

Lippmaa, T. 1931-a. Pflanzensoziologische Betrachtungen. Tartu Ülikooli juures oleva Loodusuurijate Seltsi Aruanded 38. Tartu.

Lippmaa, T. 1931-b. Beiträge zur Kenntnis der Flora und Vegetation Südwest-Estlands. Eesti Loodusteaduse Arhiiv, II seeria 13. Tartu.

Lippmaa, T. 1934. Taimeühingute uurimise meetodika ja Eesti taimeühingute klassifikatsiooni põhijooni. Tartu Ülikooli juures oleva Loodusuurijate Seltsi Aruanded 40. Tartu.

Lippmaa, T. 1935. Une analyse des forêts de l'île Estonienne d'Abroka (Abro) sur la base des associations unistrates. Acta et Commentationes Universitatis Tartuensis A 28. Tartu.

Lippmaa, T. 1938-a. Areal und Altersbestimmung einer Union (*Galeobdolon* — *Asperula* — *Asarum*-U.) sowie das Problem der Charakterarten und der Konstanten. Tartu Ülikooli juures oleva Loodusuurijate Seltsi Aruanded 44. Tartu.

Lippmaa, T. 1938-b. Uut taimetsotsioloogilise nomenklatuuri alalt. Eesti Loodus 6. Tartu.

Lippmaa, T. 1939. The Unistratal Concept of Plant Communities (the Unions). The American Midland Naturalist 21. Notre Dame.

Lüdi, W. 1919. Die Sukzession der Pflanzenvereine. Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Bern aus dem Jahre 1919. Bern.

Lüdi, W. 1923. Die Untersuchung und Gliederung der Sukzessionsvorgänge in unserer Vegetation. Verhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft in Basel 35.

Lüdi, W. 1928. Der Assoziationsbegriff in der Pflanzensoziologie. Bibliotheca Botanica, Heft 96. Stuttgart.

Madisson, J. 1936. Sotsioloogia. Eesti Entsüklopeedia 7. Tartu.

Матвеева, Е. П. 1934. Что такое геоботаника. Советская Ботаника 1934, № 2. Москва-Ленинград.

McDougall, W. V. 1935. Экология растений. Перевод с английского Н. Г. Алехиной под редакцией проф. В. В. Алехина. Москва.

Molinier, R. 1934. Etudes phytosociologiques et écologiques en Provence occidentale. Annales du Musée d'Histoire Naturelle de Marseille 27.

Морозовъ, Г. 1913. Дарвинизмъ въ лѣсоводствѣ. Лѣсной Журналь 43. С.-Петербургъ.

Möbius, K. 1877. Die Auster und die Austernwirthschaft. Berlin.

Möbius, K. 1886. Die Bildung, Geltung und Bezeichnung der Artbegriffe und ihr Verhältniss zur Abstammungslehre. Zoologische Jahrbücher 1. Jena.

Möbius, K. 1893. Über die Thiere der schleswig-holsteinischen Austernbänke, ihre physikalischen und biologischen Lebensverhältnisse. Sitzungsberichte der königlich preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin. Jahrgang 1893.

Möbius, K. 1904. Die Lebensgemeinschaften im naturkundlichen Unterrichte. Natur und Schule 3. Leipzig und Berlin.

Nichols, G. E. 1923. A Working Basis for the Ecological Classification of Plant Communities. Ecology 4. Brooklyn.

Nichols, G. E. 1928. Plant Ecology. Ecology 9. Brooklyn.

Nordhagen, R. 1936. Versuch einer neuen Einteilung der subalpinen-alpinen Vegetation Norwegens. Bergens Museums Årbok 1936. Naturvidenskalpeig rekke. Bergen.

Paczoski, J. 1896. Zycie gromadne roślin. Social Life of Plants. Biblioteka Botaniczna 2. Kraków 1930. Reprinted from the Journal „Wszeczeńświat“ 15. Warsaw 1896.

Пачоскій, І. 1915. Описаніе растительности Херсонской губернии І. Лѣса. Херсонъ.

Palmgren, P. 1928. Zur Synthese pflanzen- und tierökologischer Untersuchungen. Acta Zoologica Fennica 6. Helsingforsiae.

Pavillard, J. 1927. Les Tendances actuelles de la Phytosociologie. Archives de Botanique 1.

Pavillard, J. 1935-a. Eléments de sociologie végétale (Phytosociologie). Actualités scientifiques et industrielles 251. Paris.

Pavillard, J. 1935-b. La nomenclature phytogéographique devant le congrès d'Amsterdam. Montpellier.

Phillips, J. 1931-a. The Biotic Community. The Journal of Ecology 19. Cambridge.

Phillips, J. 1931-b. Ecological Investigation in South, Central and East Africa: Outline of a Progressive Scheme. The Journal of Ecology 19. Cambridge.

- Phillips, J. 1934—1935. Succession, Development, the Climax and the Complex Organism: an Analysis of Concepts. The Journal of Ecology 22, 23. Cambridge.
- Post, H. v. 1867. Försök till iakttagelser i djur- och växtstatistik. Öfversikt af Kongl. Vetenskaps-Akademiens Förhandlingar 1867. [Tsiteeritud Palmgren'i (1928) järele].
- Раменский, Л. Г. 1924. Основные закономерности растительного покрова. Вестник опытного дела 1924. [Tsiteeritud Šennikov'i (1937) järele.]
- Раменский, Л. Г. 1934-а. Об экологии. Советская Ботаника 1934, № 3. Москва-Ленинград.
- Раменский, Л. Г. 1934-в. О геоботанике. Замечания на тезисы В. Н. Сукачева. Советская Ботаника 1934, № 5. Москва-Ленинград.
- Раменский, Л. Г. 1935. О принципиальных установках, основных понятиях и терминах производственной типологии земель, геоботаники и экологии. Советская Ботаника 1935, № 4. Москва-Ленинград.
- Раменский, Л. Г. 1938. Введение в комплексное почвенно-геоботаническое исследование земель. Москва.
- Rübel, E. 1917. Anfänge und Ziele der Geobotanik. Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich 62.
- Rübel, E. 1920. Die Entwicklung der Pflanzensoziologie. Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich 65.
- Rübel, E. 1930. Pflanzengesellschaften der Erde. Bern und Berlin.
- Rübel, E. 1933. Geographie der Pflanzen. Soziologie. Handwörterbuch der Naturwissenschaften. Zweite Auflage. Jena.
- Rübel, E. 1935. The Replaceability of Ecological Factors and the Law of the Minimum. Ecology 16. Brooklyn.
- Rübel, E. 1936-a. Pflanzensoziologischer Aufbau. Nova Acta Leopoldina, Neue Folge 4. Halle.
- Rübel, E. 1936-b. Plant Communities of the World. Essays in Geobotany in Honor of William Albert Setchell. University of California Press.
- Salisbury, E. J. 1929. The Biological Equipment of Species in Relation to Competition. The Journal of Ecology 17. Cambridge.
- Salisbury, E. J. 1931. The Standardisation of Descriptions of Plant Communities. The Journal of Ecology 19. Cambridge.
- Schimper, A. F. W. 1898. Pflanzen-Geographie auf physiologischer Grundlage. Jena.
- Schmid, E. 1922. Biozöologie und Soziologie. Naturwissenschaftliche Wochenschrift, Neue Folge 21. Jena.
- Schmid, E. 1936. Die Reliktföhrenwälder der Alpen. Beiträge zur geobotanischen Landesaufnahme der Schweiz 21. Bern.
- Shelford, V. E. 1914. Animal Communities in Temperate America as Illustrated in the Chicago Region. The Geographic Society of Chicago, Bulletin No. 5. Second Edition 1937.
- Shelford, V. E. 1931. Some Concepts of Bioecology. Ecology 12. Brooklyn.

Shelford, V. E. 1932. Basic Principles of the Classification of Communities and Habitats and Use of Terms. Ecology 13. Brooklyn.

Соколов, С. Я. 1937—1938. Успехи советской лесной геоботаники. Советская Ботаника 1937, № 6; 1938, № 1. Москва-Ленинград.

Spinner, H. 1932. Le Haut-Jura neuchâtelois nord-occidental. Matériaux pour le levé géobotanique de la Suisse 17. Berne.

Spoehr, E. 1923. Geobotaanikast, eriti taimetsotsioloogias ja Eesti geobotaanilisest uurimisest. Loodus 2. Tartu.

Stamm, E. 1938. Die Eichen-Hainbuchen-Wälder der Nordschweiz. Beiträge zur geobotanischen Landesaufnahme der Schweiz 22. Bern.

Старк, В. Н. 1933. О зооботанических исследованиях. Советская Ботаника 1933, № 2. Ленинград.

Сукачевъ, В. 1918. О терминологии въ учении о растительныхъ сообществахъ. Журналъ Русскаго Ботаническаго Общества при Академіи Наукъ 2, Приложение. Петроградъ.

Sukatschew, W. 1925. Über die Methoden der Phytosoziologie. Botanische Jahrbücher für Systematik, Pflanzengeschichte und Pflanzengeographie 60. Beiblatt Nr. 135. Leipzig.

Сукачев, В. 1928. Растительные сообщества. (Введение в фито-социологию.) 4-ое издание. Ленинград-Москва.

Sukatschew, W. 1929. Über einige Grundbegriffe in der Phytosoziologie. Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft 47. Berlin-Dahlem.

Sukatschew, W. 1934. Über einige Grundbegriffe der Phytocoenologie. Bulletin de l'Académie des Sciences de l'URSS. Classe des sciences mathématiques et naturelles 7. Leningrad.

Сукачев, В. Н. 1935. Терминология основных понятий фито-ценологии. Советская Ботаника 1935, № 5. Москва-Ленинград.

Шенников, А. П. 1934-а. Что такое геоботаника? (К методологии геоботаники.) Ботанический журнал СССР 19. Ленинград.

Шенников, А. П. 1934-б. Тезисы к докладу „Что такое геоботаника“. Советская Ботаника 1934, № 2. Москва-Ленинград.

Шенниковъ, А. П. 1937. Теоретическая геоботаника за последние 20 лет. Советская Ботаника 1937, № 5. Москва-Ленинград.

Шенников, А. П. 1938. Дарвинизм и фитоценология. Советская Ботаника 1938, № 3. Москва-Ленинград.

Tansley, A. G. und Moss, C. E. 1910. Kritik des Versuchs, die Pflanzen-Formationen durch „Lebensformen“ zu bestimmen. Flahault und Schröter, Phytogeographische Nomenklatur. Zürich.

Tansley, A. G. 1920. The Classification of Vegetation and the Concept of Development. The Journal of Ecology 8. Cambridge. [Tsitereitud Phillips'i (1931 ja 1935) järelle.]

Tansley, A. G. 1923. Practical Plant Ecology. London.

Tansley, A. G. 1935. The Use and Abuse of Vegetational Concepts and Terms. Ecology 16. Brooklyn. (Tsitereitud Botanische Jahrbücher 63 järelle.)

Tansley, A. G. British Ecology during the past Quarter-century: the Plant Community and the Ecosystem. The Journal of Ecology 27. Cambridge.

Толстой, Л. Н. 1886. Такъ что-же намъ дѣлать?

Tüxen, R. 1931/32. Die Pflanzensoziologie in ihren Beziehungen zu den Nachbarwissenschaften. Der Biologe 1. München.

Tüxen, R. und Diemont, H. 1937. Klimaxgruppe und Klimaxschwarm. Jahresberichte der Naturhistorischen Gesellschaft Hannover 88/89. (Tsiteeritud Botanicisches Centralblatt N. F. 32 p. 84—85 ja Chronica Botanica 5 p. 372—373 järele.)

Verworn, M. 1921. Physiologisches Praktikum für Mediziner. Fünfte Auflage. Jena.

Vestal, A. G. 1913. An Associational Study of Illinois Sand Prairie, Bulletin of the Illinois State Laboratory of Natural History 10. Urbana.

Vestal, A. G. 1914. Internal Relations of Terrestrial Associations. American Naturalist 48. [Tsiteeritud Shelford'i (1931) järele.]

Vierhapper, F. 1918. Zur Kritik und Klärung einiger pflanzengeographischer Begriffe und Bezeichnungen. Verhandlungen der zoologisch-botanischen Gesellschaft in Wien 68.

Vierhapper, F. 1926. Über zwei pflanzensoziologische Streitfragen. Verhandlungen der Zoologisch-Botanischen Gesellschaft 74—75. Wien.

Vries, D. M. de 1939. Zusammenarbeit der nördlichen und südlichen Schule ist zum Heil der gesamten Pflanzensoziologie unbedingt erforderlich. Recueil des travaux botaniques néerlandais 36. Amsterdam.

Вагнеръ. В. А. 1912. „Соціологія“ въ ботаникѣ. (Фито-соціологія.) Природа 1912. Москва.

Walter, H. 1927. Einführung in die allgemeine Pflanzengeographie Deutschlands. Jena.

Wangerin, W. 1922. Die Grundfragen der Pflanzensoziologie. Die Naturwissenschaften 10 Berlin.

Wangerin, W. 1925. Beiträge zur pflanzensoziologischen Begriffsbildung und Terminologie. I. Die Assoziation. Repertorium specierum novarum regni vegetabilis, Beihefte 36. Berlin-Dahlem.

Warming, E. 1896. Lehrbuch der ökologischen Pflanzengeographie. Eine Einführung in die Kenntnis der Pflanzenvereine. Deutsche, vom Verfasser genehmigte, durchgesehene und vermehrte Ausgabe von Dr. E. Knoblauch. Berlin.

Warming, E. and Vahl, M. 1909. Oecology of Plants. An Introduction to the Study of Plant-Communities. Prepared for publication in English by Groom, P. and Balfour, I. B. Oxford. Second Impression. London 1925.

Weaver, J. E. and Clements, F. E. 1929. Plant Ecology. New York and London.

On Some Fundamental Problems in Phytocenology.

Summary.

Some fundamental problems in phytocenology are discussed and the following conclusions are reached:

1. The most important characteristic of each organism is that its parts are united physiologically and form an entity showing the division of functions between its parts. The multicellular organism moreover is characterised by its reproduction by means of unicellular structures (spore, ovule). The units of vegetation do not show any of these characteristics and it cannot be considered permissible to identify them with organisms.

2. The concept of complex organism is applicable to the *Siphonophora* and other colonies of *Hydrozoa* where single individuals have lost their independence, but it is not applicable to plant communities.

The comparison of vegetation units with organisms is not to be condemned if one remembers that all resemblances between them rest upon analogies and not upon homologies. The concept of superorganism as applied to colonies of social insects is not a useful one because it rests equally only upon analogies and therefore evokes false ideas.

3. The classification of plant communities under the concept of symbiosis in its widest sense does not explain the true nature of such communities; on the other hand it makes the concept of symbiosis meaningless. For that reason all attempts at such classifications seem to be worthless.

4. Units of vegetation should be considered as combinations of plant individuals occurring in particular flora and growing together while they are able to exist under conditions realised in adequate spots; the structure of plant communities arises as a result of competition.

5. The reaction of a plant community as a whole is the sum of the reactions of the component plant individuals.

6. Each natural unit of vegetation is at the same time floristic, ecologic and topographic. Multistratal communities, too, are ecological units while the conditions rendering their existence possible are of an ecological nature.

7. If one discerns vegetational units founded only on singular characteristics, the units obtained in such a manner are artificial, having no importance in phytocenology. G a m s's attempt to establish two systems of units — ecological and topographical separately — cannot therefore be approved.

8. None of the fundamental community units proposed hitherto has irrefutably proved to be applicable and suitable for all kinds of vegetation. P a v i l l a r d's opinion that the association *sensu* B r a u n - B l a n q u e t should be recognized by an international botanical congress as the single fundamental unit cannot for that reason be accepted. D u R i e t z's opinion that there are many fundamental units in phytosociology should be taken in the sense that not until any single unit has proved its common validity and has been commonly accepted is it permitted or even recommended to work with various units in order to examine their usefulness.

9. The term „synusia“ should be accepted as a universal name for all unistratal communities. Synusia (*sensu* A l e c h i n) as a purely ecological concept comprising plants adequate ecologically but not differentiated from other plants as a morphological unit (e. g. *Pinus*-synusia and *Picea*-synusia in a *Pinus-Picea* mixed forest) is a theoretical unit having some interest for purely autecological investigations, but useless for a penetrating study of plant communities.

10. Strata are not the right basis for unistratal communities because there is no agreement as to their number and the method of distinguishing them. They can be distinguished e. g. purely morphologically — false strata, and ecologically — true strata. Unistratal communities are really based upon life forms. P a v i l l a r d's opinion that life forms are unsuitable as a basis, and that this has been proved already by T a n s l e y and M o s s (1910), seems to be indefensible.

11. Although D u R i e t z and L i p p m a a have accepted G a m s's proposition to call unistratal communities „society“ and „union“, there is a difference in their definitions. L i p p m a a considers the union as the fundamental unit and defines it by means

of characteristic species; a society is considered to be a local variant of the union, or of its facies, characterised by the domination of some species. Du Rietz's society (formerly consocion) is a fundamental unit characterised by means of constant dominants; the union (formerly associon) is formed by societies comprising species showing sociological affinity. This difference can be eliminated if Du Rietz would accept the concept of characteristic species instead of the concept of sociological affinity and would consider a society as a variant of a union.

12. „Sociation“ *sensu* Du Rietz is a piece of multistratal vegetation theoretically cut out in such a manner that each of its strata (socion) consists of one or more dominant species. The number of such theoretical units may be very great and therefore „sociation“ can not be considered as the fundamental multistratal unit.

13. That which has the most complete stratum built up by a society should be considered the smallest multistratal unit. It may be named consociation. The most complete stratum differs from others in consisting of the greatest number of species, especially of characteristic species. The other strata of a consociation may consist of a single society, or of many societies.

14. The fundamental multistratal unit is an „association“ and it should be defined as a combination of unistratal units. The most complete stratum of an association is built up by a union, the other strata may consist of a single union, or of many unions. An association in such a treatment is for the most part larger than the association *sensu* Braun-Blanquet.

15. The method of unistratal communities with its fundamental unit — union (*sensu* Lippmaa) — is based on the vegetation of the temperate zones, but it seems to be applicable in all conditions, even in such an abundant and complicated vegetation as the tropical rain forest. It allows one to separate the complicated vegetation on the basis of life forms into natural homogeneous units (unions) and to unite the latter into natural multistratal units (associations).

16. Pavillard's opinion that unistratal units are useless as classificational units seems to be untenable. As Lippmaa has shown it is possible to obtain a good natural system based upon unions; the higher units (genera, families, orders etc. of unions) are obtained in uniting unions on the basis of their ecology. In

order to obtain larger territorial complexes (formations etc.) it is useful to start from multistratal units (associations).

17. Overlapping layers can be often found if the multistratal units are bound too narrowly (associations *sensu Braun-Blanquet*, sociations *sensu Du Rietz*). In the natural way the overlapping layers occur at the limits of communities where the transition areas are formed. Such transition areas are very important for the study of the autecology of species.

18. The division of communities into more or less stable and unstable ones (*sensu Du Rietz* and *Lippmaa*) coincides with the division into phytocenoses and groupings *sensu Alechin* and such a division should be regarded as permissible. The concept of climax communities does not exercise any positive influence on the methods of phytocenology; it also does not favour the regarding of plant communities from the dynamic standpoint. The division of communities into climax and seral ones should not therefore be considered as useful. It may be admitted that communities occupying large climatic areas are called climatic communities and those the distribution of which is restricted and due to different edaphical factors are called edaphical ones, but it does not follow that the former are climax communities and the latter are seral.

19. A vegetation-region is not a vegetational unit as *Du Rietz* says. It is rather a geographical concept as *Iljinski* (1935) has pointed out and can be defined as follows: a vegetation-region is the area characterised by some vegetational units whose geographical distribution is restricted to this area, or which dominate there. It seems to be more suitable to determine vegetation-regions on the basis of unions.

20. The mapping of the vegetation of large areas on a reduced scale does not give a true idea of the vegetation if large phytocenose-complexes or climaxes are sketched. We suggest that maps representing vegetation-regions based upon the distribution of characteristic or dominant unions are more efficacious.

21. Not every vegetational unit where the competition between plant individuals can be proved must be considered a true phytocenosis as *Sukatschew* thinks. True phytocenoses are those where the competition has continued long enough to elaborate a vegetation with a more or less stabilised structure. For that reason crop fields, plantafions, flower-beds etc. are not true

phytocenoses. On the other hand, planted forests can be likened to true phytocenoses if their development has continued a sufficiently long time.

22. Contrary to the opinion of Suka ts ch ew, open communities in deserts without capacity for further development should be regarded as true communities, although there exists no competition between plant individuals. This is based on the fact that such communities represent the highest vegetation possible under given environmental conditions.

23. The division of biocenoses, or biomes, into plant and animal communities should be regarded as justified, because it is based not only on their taxonomy but also on their fundamentally different ecology.

24. In order to make a penetrating investigation of a biocenosis, or biome, it seems to be most useful to start from minor unities, to study their ecology, their dependence upon each other and their distribution.

25. As in phytocenology, the life form should be taken as the basis for minor units as in zoocenology.

26. Collaboration between botanists and zoologists in the field of biocenology should be recognised as necessary (1) in order to find a common basis for both plant and animal communities, (2) for the study of the autecology of species.

27. For the denomination of those branches of natural history dealing with the communal life of organisms, the nomenclature proposed by G a m s — biocenology, zoocenology, phytocenology — should be considered the most logical. If one handles phytogeography together with phytocenology the term geobotany can be used as a general name (see diagram p. 133). Synusiology should be regarded as a branch of phytocenology.

Sisukord.

	Lhk.
I. Koolkonnad taimetsotsioloogias	3
II. Ühiskondade olemus	10
A. Ühiskond kui kompleks-organism	10
B. Ühiskond kui sümbioos	21
C. Ühiskond kui asukohatingimustele vastav isendite kogu	26
III. Fütotsönoloogilised ühikud	36
A. Fütotsönoloogilise põhiühiku küsimus	36
B. Sünuus ja rinne	38
C. Ühing ja unioon	48
D. Sotsiatsioon, konsotsiatsioon ja assotsiatsioon	53
E. Põhiühikute rakendatavus troopikametsas	61
F. Kõrgemad fütotsönoloogilised ühikud	63
IV. Üleulatuvate rinnete küsimus	67
V. Kliimaks- ja seriaalsed ühiskonnad	70
VI. Vegetatsiooni kaardistamine ja kliimaks	94
VII. Väljakujunenud ja väljakujunemata ühiskonnad	101
VIII. Bioom, biotsünoos ja ökosüsteem	110
IX. Terminoloogia küsimusi	128
Kokkuvõte	134
Tsiteeritud kirjanduse loend	139
On Some Fundamental Problems in Phytocenology. Summary	148



Eelmiste köidete sisu. — Contenu des volumes précédents.

A I (1921). 1. A. Paldrock. Ein Beitrag zur Statistik der Geschlechtskrankheiten in Dorpat während der Jahre 1909—1918. — 2. K. Väisälä. Verallgemeinerung des Begriffes der Dirichletschen Reihen. — 3. C. Schlossmann. Hapete mõju kolloiidide peale ja selle tähtsus patoloogias. (L'action des acides sur les colloïdes et son rôle dans la pathologie.) — 4. K. Regel. Statistische und physiognomische Studien an Wiesen. Ein Beitrag zur Methodik der Wiesenuntersuchung. — 5. H. Reichenbach. Notes sur les microorganismes trouvés dans les pêches planctoniques des environs de Covda (gouv. d'Archangel) en été 1917. — **Misc.** F. Bucholtz. Der gegenwärtige Zustand des Botanischen Gartens zu Dorpat und Richtlinien für die Zukunft.

A II (1921). 1. H. Bekker. The Kuckers stage of the ordovician rocks of NE Estonia. — 2. C. Schlossmann. Über die Darmspirochäten beim Menschen. — 3. J. Letzmann. Die Höhe der Schneedecke im Ostbaltischen Gebiet. — 4. H. Kaho. Neutraalsoolade mõjust ultramaksimum-temperatuuri peale *Tradescantia zebrina* juures. (Über den Einfluss der Neutralsalze auf die Temperatur des Ultramaximums bei *Tradescantia zebrina*.)

A III (1922). 1. J. Narbutt. Von den Kurven für die freie und die innere Energie bei Schmelz- und Umwandlungsvorgängen. — 2. A. Томсонъ (A. Thomson). Значение аммонійныхъ солей для питанія вышихъ культурныхъ растений. (Der Wert der Ammonsalze für die Ernährung der höheren Kulturpflanzen.) — 3. E. Blessig. Ophthalmologische Bibliographie Russlands 1870—1920. I. Hälfte (S. I—VII und 1—96). — 4. A. Lüüs. Ein Beitrag zum Studium der Wirkung künstlicher Wildunger Helenenquellensalze auf die Diurese nierenkranker Kinder. — 5. E. Öpik. A statistical method of counting shooting stars and its application to the Perseid shower of 1920. — 6. P. N. Kogerman. The chemical composition of the Esthonian M.-Ordovician oil-bearing mineral „Kukersite“. — 7. M. Wittlich und S. Weshnjakow. Beitrag zur Kenntnis des estländischen Ölschiefers, genannt Kukersit. — **Misc.** J. Letzmann. Die Trombe von Odenpäh am 10. Mai 1920.

A IV (1922). 1. E. Blessig. Ophthalmologische Bibliographie Russlands 1870—1920. II. Hälfte (S. 97—188). — 2. A. Valdes. Glükogeeni hulka vähendavate tegurite mõju üle südame spetsiifilise lihassüsteemi glükogeeni peale. (Über den Einfluss der die Glykogenmenge vermindernden Faktoren auf das Glykogen des spezifischen Muskelsystems des Herzens.) — 3. E. Öpik. Notes on stellar statistics and stellar evolution. — 4. H. Kaho. Raskemetallsoolade kihvtisusest taimeplasma kohta. (Über die Schwermetallgiftwirkung in bezug auf das Pflanzenplasma.) — 5. J. Piiper und M. Härms. Der Kiefernkreuzschnabel der Insel Ösel *Loxia pityopsittacus estiae* subsp. nov. — 6. L. Poska-Teiss. Zur Frage über die vielkernigen Zellen des einschichtigen Plattenepithels.

A V (1924). 1. E. Öpik. Photographic observations of the brightness of Neptune. Method and preliminary results. — 2. A. Lüü s. Ergebnisse der Krüppelkinder-Statistik in Eesti. — 3. C. Schlossmann. Culture in vitro des protozoaires de l'intestin humain. — 4. H. Kah o. Über die physiologische Wirkung der Neutralsalze auf das Pflanzenplasma. — 5. Y. Kauko. Beiträge zur Kenntnis der Torfzersetzung und Verrotfung. — 6. A. Tamme k a n n. Eesti diktüoneema-kihi uurimine tema tekkimise, vanaduse ja levimise kohta. (Untersuchung des Dictyonema-Schiefers in Estland nach Entstehung, Alter und Verbreitung.) — 7. Y. Kauko. Zur Bestimmung des Verrotfungsgrades. — 8. N. Weid er p a s s. Eesti piparmündi-öli (*Oleum menthe esthicum*). (Das estnische Pfefferminzöl.)

A VI (1924). 1. H. Bekker. Mõned uued andmed Kukruse lademe stratigraafiaist ja faunast. (Stratigraphical and paleontological supplements on the Kukruse stage of the ordovician rocks of Eesti (Estonia).) — 2. J. Wilip. Experimentelle Studien über die Bestimmung von Isothermen und kritischen Konstanten. — 3. J. Letzmann. Das Bewegungsfeld im Fuss einer fortschreitenden Wind- oder Wasserhose. — 4. H. Scupin. Die Grundlagen paläogeographischer Karten. — 5. E. Öpik. Photometric measures on the moon and the earth-shine. — 6. Y. Kauko. Über die Verrotfungswärme. — 7. Y. Kauko. Eigentümlichkeiten der H_2O - und CO_2 -Gehalte bei der unvollständigen Verbrennung. — 8. M. Tilzen und Y. Kauko. Die wirtschaftlichen Möglichkeiten der Anwendung von Spiritus als Brennstoff. — 9. M. Wittlich. Beitrag zur Untersuchung des Öles aus estländischem Ölschiefer. — 10. J. Wilip. Emergenzwinkel, Unstetigkeitsflächen, Laufzeit. — 11. H. Scupin. Zur Petroleumfrage in den baltischen Ländern. — 12. H. Richter. Zwei Grundgesetze (Funktion- und Strukturprinzip) der lebendigen Masse.

A VII (1925). 1. J. Vilms. Köhreglükogeeni püsivusest mõnesuguste glükogeeni vähendavate tegurite puhul. (Über die Stabilität des Knorpelglykogens unter verschiedenen das Glykogen zum Verschwenden bringenden Umständen.) — 2. E. Blessig. Ophthalmologische Bibliographie Russlands 1870—1920. Nachtrag. — 3. O. Kuriks. Trachoma Eestis (eriti Tartus) möödunud ajal ja praegu. (Das Trachom in Estland (insbesondere in Dorpat) einst und jetzt.) — 4. A. Brandt. Sexualität. Eine biologische Studie. — 5. M. Haltenberger. Gehört das Baltikum zu Ost-, Nord- oder zu Mitteleuropa? — 6. M. Haltenberger. Recent geographical work in Estonia.

A VIII (1925). 1. H. Jaakson. Sur certains types de systèmes d'équations linéaires à une infinité d'inconnues. Sur l'interpolation. — 2. K. Frisch. Die Temperaturabweichungen in Tartu (Dorpat) und ihre Bedeutung für die Witterungsprognose. — 3. O. Kuriks. Muutused leeprahaigete silmas Eesti leprosooriumide haigete läbivaatamise põhjal. (Die Lepra des Auges.) — 4. A. Paldrock. Die Senkungsreaktion und ihr praktischer Wert. — 5. A. Öpik. Beiträge zur Kenntnis der Kukruse- (C_2) -Stufe in Eesti. I. — 6. M. Wittlich. Einiges über den Schwefel im estländischen Ölschiefer (Kukersit)

und dessen Verschmelzungsprodukten. — 7. H. Kaho. Orientierende Versuche über die stimulierende Wirkung einiger Salze auf das Wachstum der Getreidepflanzen. I.

A IX (1926). 1. E. Krahn. Über Minimaleigenschaften der Kugel in drei und mehr Dimensionen. — 2. A. Mieler. Ein Beitrag zur Frage des Vorrückens des Peipus an der Embachmündung und auf der Peipusinsel Piirisaar in dem Zeitraum von 1682 bis 1900. — 3. M. Haltenberger. Der wirtschaftsgeographische Charakter der Städte der Republik Eesti. — 4. J. Rumma. Die Heimatforschung in Eesti. — 5. M. Haltenberger. Der Stand des Aufnahme- und Kartenwesens in Eesti. — 6. M. Haltenberger. Landeskunde von Eesti. I. — 7. A. Tammekann. Die Oberflächengestaltung des nordostestländischen Küstentafellandes. — 8. K. Frisch. Ein Versuch das Embachhochwasser im Frühling für Tartu (Dorpat) vorherzubestimmen.

A X (1926). 1. M. Haltenberger. Landeskunde von Eesti. II—III. — 2. H. Scupin. Alter und Herkunft der ostbaltischen Solquellen und ihre Bedeutung für die Frage nach dem Vorkommen von Steinsalz im baltischen Obersilur. — 3. Th. Lippmaa. Floristische Notizen aus dem Nord-Altai nebst Beschreibung einer neuen *Cardamine*-Art aus der Sektion *Dentaria*. — 4. Th. Lippmaa. Pigmenttypen bei Pteridophyta und Anthophyta. I. Allgemeiner Teil. — 5. E. Pipenberg. Eine städtemorphographische Skizze der estländischen Hafenstadt Pärnu (Pernau). — 6. E. Spohr. Über das Vorkommen von *Sium erectum* Huds. und *Lemna gibba* L. in Estland und über deren nordöstliche Verbreitungsgrenzen in Europa. — 7. J. Wilip. On new precision-seismographs.

A XI (1927). 1. Th. Lippmaa. Pigmenttypen bei Pteridophyta und Anthophyta. II. Spezieller Teil. — 2. M. Haltenberger. Landeskunde von Eesti. IV—V. — 3. H. Scupin. Epirogenese und Orogenese im Ostbaltikum. — 4. K. Schlossmann. Mikroorganismide kui bioloogiliste reaktiivide tähtsusest keemias. (Le rôle des ferments microbiens dans la chimie.) — 5. J. Sarv. Ahmese geometrilised joonised. (Die geometrischen Figuren des Ahmes.) — 6. K. Jaanson-Orviku. Beiträge zur Kenntnis der Aseri- und der Tallinna-Stufe in Eesti. I.

A XII (1927). 1. E. Reinwaldt. Beiträge zur Muriden-Fauna Estlands mit Berücksichtigung der Nachbargebiete. — 2. A. Öpik. Die Inseln Odensholm und Rogö. Ein Beitrag zur Geologie von NW-Estland. — 3. A. Öpik. Beiträge zur Kenntnis der Kukruse-(C₂-)Stufe in Eesti. II. — 4. Th. Lippmaa. Beobachtungen über durch Pilzinfektion verursachte Anthocyaninbildung. — 5. A. Laur. Die Titration des Ammoniumhydrosulfides mit Ferricyankalium. — 6. N. King. Über die rhythmischen Niederschläge von PbJ₂, Ag₂CrO₄ und AgCl im kapillaren Raume. — 7. P. N. Kogerman and J. Kranig. Physical constants of some alkyl carbonates. — 8. E. Spohr. Über brunsterzeugende Stoffe im Pflanzenreich. Vorläufige Mitteilung.

A XIII (1928). 1. J. Sarw. Zum Beweis des Vierfarbensatzes. — 2. H. Scupin. Die stratigraphische Stellung der Devonsschichten im Südosten Estlands. — 3. H. Perlit. On the parallelism between

the rate of change in electric resistance at fusion and the degree of closeness of packing of metallic atoms in crystals. — 4. K. Frisch. Zur Frage der Luftdruckperioden. — 5. J. Port. Untersuchungen über die Plasmakoagulation von *Paramaecium caudatum*. — 6. J. Sarw. Direkte Herleitung der Lichtgeschwindigkeitsformeln. — 7. K. Frisch. Zur Frage des Temperaturanstiegens im Winter. — 8. E. Spöhr. Über die Verbreitung einiger bemerkenswerter und schutzbedürftiger Pflanzen im Ostbaltischen Gebiet. — 9. N. Rägo. Beiträge zur Kenntnis des estländischen Dictyonemaschiefers. — 10. C. Schlossmann. Études sur le rôle de la barrière hémato-encéphalique dans la genèse et le traitement des maladies infectieuses. — 11. A. Öpik. Beiträge zur Kenntnis der Kukruse-(C₂-C₃-)Stufe in Eesti. III.

A XIV (1929). 1. J. Rives. Über die histopathologischen Veränderungen im Zentralnervensystem bei experimenteller Nebenniereninsuffizienz. — 2. W. Wadi. Kopsutuberkuloosi areng ja kliinilised vormid. (Der Entwicklungsgang und die klinischen Formen der Lungentuberkulose.) — 3. E. Markus. Die Grenzverschiebung des Waldes und des Moores in Alatskivi. — 4. K. Frisch. Zur Frage über die Beziehung zwischen der Getreideernte und einigen meteorologischen Faktoren in Eesti.

A XV (1929). 1. A. Nõmmik. The influence of ground limestone on acid soils and on the availability of nitrogen from several mineral nitrogenous fertilizers. — 2. A. Öpik. Studien über das estnische Unterkambrium (Estonium). I—IV. — 3. J. Nuut. Über die Anzahl der Lösungen der Vierfarbenaufgabe. — 4. J. Nuut. Über die Vierfarbenformel. — 5. J. Nuut. Topologische Grundlagen des Zahlbegriffs. — 6. Th. Lippmaa. Pflanzenökologische Untersuchungen aus Norwegisch- und Finnisch-Lappland unter besonderer Berücksichtigung der Lichtfrage.

A XVI (1930). 1. A. Paris. Über die Hydratation der Terpene des Terpentins zu Terpinhydrat durch Einwirkung von Mineralsäuren. — 2. A. Laur. Die Anwendung der Umschlagselektroden bei der potentiometrischen Massanalyse. Die potentiometrische Bestimmung des Kaliums. — 3. A. Paris. Zur Theorie der Strömungsdoppelbrechung. — 4. O. Kuriks. Pisarate toimest silma mikrofloorasse. (Über die Wirkung der Tränen auf die Mikroflora des Auges.) — 5. K. Orviku. Kesckdevoni põhikihid Eestis. (Die untersten Schichten des Mitteldevons in Eesti.) — 6. J. Kopwille. Über die thermale Zersetzung von estländischem Ölschiefer Kukersit.

A XVII (1930). 1. A. Öpik. Brachiopoda Protremata der estländischen ordovizischen Kukruse-Stufe. — 2. P. W. Thomson. Die regionale Entwicklungsgeschichte der Wälder Estlands.

A XVIII (1930). 1. G. Vilberg. Erneuerung der Loodvegetation durch Keimlinge in Ost-Harrien (Estland). — 2. A. Parts. Über die Neutralsalzwirkung auf die Geschwindigkeit der Ionenreaktionen. — 3. Ch. R. Schlossmann. On two strains of yeast-like organisms cultured from diseased human throats. — 4. H. Richter. Die Relation zwischen Form und Funktion und das teleologische Prinzip in den Naturphänomenen. — 5. H. Arro. Die Metalloxyde als photo-

chemische Sensibilatoren beim Bleichen von Methyleneblaulösung. — **6.** A. Luha. Über Ergebnisse stratigraphischer Untersuchungen im Gebiete der Saaremaa-(Ösel-)Schichten in Eesti (Unterösel und Eurypterusschichten). — **7.** K. Frisch. Zur Frage der Zyklonenvertiefung. — **8.** E. Markus. Naturkomplexe von Alatskivi.

A XIX (1931). **1.** J. Uudelt. Über das Blutbild Trachomkranker. — **2.** A. Öpik. Beiträge zum Kenntnis der Kukruse-(C₂-C₃-)Stufe in Eesti. IV. — **3.** H. Liedemann. Über die Sonnenscheindauer und Bewölkung in Eesti. — **4.** J. Sarw. Geometria alused. (Die Grundlagen der Geometrie.)

A XX (1931). **1.** J. Kuusk. Glühauflösung der Phosphorite mit Kieselsäure zwecks Gewinnung eines citrallöslichen Düngmittels. — **2.** U. Karell. Zur Behandlung und Prognose der Luxationsbrüche des Hüftgelenks. — **3.** A. Laur. Beiträge zum Kenntnis der Reaktion des Zinks mit Kaliumferrocyanid. I. — **4.** J. Kuusk. Beitrag zur Kalisalzgewinnung beim Zementbrennen mit besonderer Berücksichtigung der estländischen K-Mineralien. — **5.** L. Rinne. Über die Tiefe der Eisbildung und das Auftauen des Eises im Niederungsmoor. — **6.** J. Wilip. A galvanometrically registering vertical seismograph with temperature compensation. — **7.** J. Nuut. Eine arithmetische Analyse des Vierfarbenproblems. — **8.** G. Barkan. Dorpats Bedeutung für die Pharmakologie. — **9.** K. Schlossmann. Vanaduse ja surma mõistetest ajakohaste bioloogiliste andmete alusel. (Über die Begriffe Alter und Tod auf Grund der modernen biologischen Forschung.)

A XXI (1931). **1.** N. Kwaschnin-Ssamarin. Studien über die Herkunft des osteuropäischen Pferdes. — **2.** U. Karell. Beitrag zur Ätiologie der arteriellen Thrombosen. — **3.** E. Krahn. Über Eigenschwingungszahlen freier Platten. — **4.** A. Öpik. Über einige Karbonatgesteine im Glazialgeschiebe NW-Estlands. — **5.** A. Thomson. Wasserkulturversuche mit organischen Stickstoffverbindungen, angestellt zur Ermittlung der Assimilation ihres Stickstoffs von seiten der höheren grünen Pflanze.

A XXII (1932). **1.** U. Karell. An observation on a peculiarity of the cardiac opening reflex in operated cases of cardiopasmus. — **2.** E. Krahn. Die Wahrscheinlichkeit der Richtigkeit des Vierfarbensatzes. — **3.** A. Audova. Der wirkliche Kampf ums Dasein. — **4.** H. Perlitz. Abstandsänderungen nächster Nachbaratome in einigen Elementen und Legierungen bei Umordnung aus der kubischen flächenzentrierten Anordnung in die kubische raumzentrierte oder die hexagonale dichteste Anordnung.

A XXIII (1932). **1.** J. Port. Untersuchungen über die Wirkung der Neutralsalze auf das Keimlingswachstum bezüglich der Abhängigkeit von ihrer Konzentration. — **2.** E. Markus. Chorogenese und Grenzverschiebung. — **3.** A. Öpik. Über die Plectellinen. — **4.** J. Nuut. Einige Bemerkungen über Vierpunktaxiome. — **5.** K. Frisch. Die Veränderungen der klimatischen Elemente nach den meteorologischen Beobachtungen von Tartu 1866—1930.

A XXIV (1933). **1.** M. Gross. In der Butter vorkommende Sprosspilze und deren Einwirkung auf die Butter. — **2.** H. Perlitz. Bemerkungen zu den Regeln über Valenzelektronenkonzentrationen in

binären intermetallischen Legierungen. — 3. A. Öpik. Über *Scolithus* aus Estland. — 4. T. Lippmaa. Aperçu général sur la végétation autochtone du Lautaret (Hautes-Alpes). — 5. E. Markus. Die südöstliche Moorbucht von Lauge. — 6. A. Sprantsman. Über Herstellung makroskopischer Thalliumkristalle durch Elektrolyse. — 7. A. Öpik. Über Plectamboniten.

A XXV (1933). 1. A. Öpik. Über einige Dalmanellacea aus Estland. — 2. H. Richter. Ergänzungen zu: „Die Relation zwischen Form und Funktion und das teleologische Prinzip in den Naturphänomenen“. Die Rolle, welche „Spirale“ und „Wirbel“ in den biologischen Phänomenen spielt, besonders auch in Bezug auf die feinere Struktur des lebendigen Protoplasmas. — 3. T. Lippmaa ja K. Eichwald. Eesti taimed. (Estonian plants.) I (1—50). — 4. E. Piipenberg. Die Stadt Petseri in Estland. — 5. A. Miljan. Vegetationsuntersuchungen an Naturwiesen und Seen im Otepääschen Moränengebiet Estlands. I. — 6. R. Livländer. On the colour of Mars. — 7. A. Tudeberg. Über die Theorie und die Anwendungsmethoden der Quadraturreihen.

A XXVI (1934). 1. E. Blessig. Index ophthalmologiae Balticus. — 2. E. Öpik. Atomic collisions and radiation of meteors. — 3. J. Tehver und A. Kriisa. Zur Histologie des Harnleiters der Haussäugetiere. — 4. H. Kaho. Leelissoolade toimest taimeraku deplasmolüüsile. (Über den Einfluss von Alkalisalzen auf die Deplasmolyse der Pflanzenzellen.) — 5. A. Öpik. Über Klitamboniten. — 6. A. Tudeberg. Über die Beweisbarkeit einiger Anordnungsaussagen in geometrischen Axiomensystemen.

A XXVII (1934). 1. K. Lellep. Simulation von Geisteskrankheiten und deren Grenzzuständen. — 2. M. Tiitso. Hingamise ergulisest regulatsioonist. I teadaanne: Stenoosi toime inimese hingamisele. (Über die nervöse Atemregulation. I. Mitteilung: Der Einfluss der Stenose auf die menschliche Atmung.) — 3. M. Tiitso. Hingamise ergulisest regulatsioonist. II teadaanne: Inimese hingamisfrekvents kopsude erineva täitumise korral. (Über die nervöse Atemregulation. II. Mitteilung: Die Atemfrequenz des Menschen bei abnormen Lungenfüllungen.) — 4. M. Tiitso. Hingamise ergulisest regulatsioonist. III teadaanne: Proprioseptiivsete aferentside toimest hingamisele. (Über die nervöse Atemregulation. III. Mitteilung: Über die Auswirkung der propriozeptiven Afferenzen auf die Atmung.) — 5. J. Tehver und M. Keerd. The number of ribs in the ox and pig. — 6. A. Kärсна. Über das Problem der Vorhersage des nächtlichen Temperaturminimums. — 7. K. Schlossmann. A study of bacterial carbohydrates with special reference to the tubercle bacillus. — 8. A. Öpik. *Ristnacrinus*, a new ordovician crinoid from Estonia. — 9. A. Kipper. Variation of surface gravity upon two Cepheids — δ Cephei and η Aquilae. — 10. E. Lepik. Fungi Estonici exsiccati. Uredinaceae. [I.] — 11. H. Perlitz. The structure of the intermetallic compound Au_2Pb .

A XXVIII (1935). 1. T. Lippmaa. Une analyse des forêts de l'île estonienne d'Abruka (Abro) sur la base des associations unistrates.

— 2. J. Sarv. Foundations of arithmetic. — 3. A. Tudeberg. Orthogonalsysteme von Polynomen und Extremumprobleme der Interpolationsrechnung. — 4. T. Lippmaa. Eesti geobotaanika põhijooni. (Aperçu géobotanique de l'Estonie.)

A XXIX (1936). 1. A. Opik. *Hoplocrinus* — eine stiellose Seelilie aus dem Ordovizium Estlands. — 2. A. Kärnsna. Vereinfachte Methoden zur Berechnung des Korrelationskoeffizienten bei normaler Korrelation. — 3. J. Nuut. Eine nichteuklidische Deutung der relativistischen Welt. — 4. H. Kaho. Das Verhalten der Eiweissstoffe gesunder und abbaukranker Kartoffelknollen gegen Salze. — 5. T. Lippmaa ja K. Eichwald. Eesti taimed. (Estonian plants.) II (51—100). — 6. J. Nuut. Ansätze zu einer expansionistischen Kinematik. — 7. A. Lüüs. Données anthropologiques sur les nouveaux-nés estoniens. — 8. A. Tudeberg. Energieverluste im Eisenblech bei niederfrequenter Ummagnetisierung. — 9. Wilh. Anderson. Existiert eine obere Grenze für die Dichte der Materie und der Energie?

A XXX (1936). 1. E. Öpik. Researches on the physical theory of meteor phenomena. I. II. — 2. J. Gabovitš. The TiO colour effect, and the densities of M stars. — 3. J. Wilip. Über Lichtstrahlung während der Sonnenfinsternis am 21. August 1914 in Üxküll. — 4. E. Lepik. Fungi Estonici exsiccati. Uredinaceae. II. — 5. E. Markus. Geographische Kausalität. — 6. K. Schlossmann. Einige Gedanken über die Ausbildung des praktischen Arztes. — 7. U. Karell. Aneurism of the internal carotid and the ligation of the carotids. — 8. K. Kirde. Meteorological elements characterized by frequency-curves.

A XXXI (1937). 1. V. Ridala. Inquiries into the pathogenic effects produced by *Brucella Abortus* in the udder and certain other organs of the cow. — 2. Wilh. Anderson. Zu H. Vogts Ansichten über die obere Grenze der Sternmassen. — 3. J. Gabovitš. The pulsation theory of Mira Ceti. — 4. T. Lippmaa. E. V. Tartu Ülikooli Botaanikaia süstemaatilised ja taimegeograafilised kogud. (Les collections systématiques et phytogéographiques de l'Université estonienne à Tartu.) I (p. 1—192).

A XXXII (1937). 1. Wilh. Anderson. Kritische Bemerkungen zu S. Rosselands und W. Grotrians Ansichten über die Sonnenkorona. — 2. T. Lippmaa. E. V. Tartu Ülikooli Botaanikaia süstemaatilised ja taimegeograafilised kogud. (Les collections systématiques et phytogéographiques de l'Université estonienne à Tartu.) II (p. 193—375). — 3. A. Öpik. Trilobiten aus Estland.

A XXXIII (1939). 1. E. Öpik. Researches on the physical theory of meteor phenomena. III. — 2. Wilh. Anderson. Kritik der Ansichten von B. Jung über die obere Grenzdicke der Himmelskörper. — 3. Wilh. Anderson. Weitere Beiträge zu der elementaren Expansionstheorie des Universums. — 4. U. Karell. Tube flap grafting. — 5. K. Kirde. Change of climate in the northern hemisphere. — 6. K. Eichwald. Eesti taimed. (Estonian plants.) III

(101—150). — 7. Wilh. Anderson. Über die Anwendbarkeit von Saha's Ionisationsformel bei extrem hohen Temperaturen. — 8. Miscellaneous astrophysical notes. (I. J. Gabovits. On the empirical mass-luminosity relation. — II. J. Gabovits. On the orientation of the orbital planes in multiple systems. — III. J. Gabovits. On the mass ratio of spectroscopic binaries with one spectrum visible. — IV. G. Kusmin. Über die Abhängigkeit der interstellaren Absorption von der Wellenlänge. — V. G. Kusmin. Über die Partikeldurchmesserverteilung in der interstellaren Materie. — VI. V. Riives. A tentative determination of the surface brightness of dark nebulae. — VII. V. Riives. The influence of selective absorption in space upon a differential scale of stellar magnitudes. — VIII. E. Öpik. On the upper limit of stellar masses. — IX. E. Öpik. The density of the white dwarf A. C. + 70° 8247. — 9. E. Öpik. Stellar structure, source of energy, and evolution.

A XXXIV (1940). 1. J. Tehver, R. Säre und M. Keerd. Das Konjunktivalepithel des Rindes und Schafes während der verschiedenen Phasen des Östralzyklus. — 2. Aarne Kärnsna. Über das Problem der Messung der Störung bei statistischen Reihen mit Anwendung auf die Klimatologie. — 3. Illo Sibul. Über das Auftreten von Acetylcholin im strömenden Blute. — 4. E. Markus. Der Brennschieferbau Estlands. — 5. E. Öpik. Composite Stellar Models. — 6. E. Lepik. Fungi Estonici exsiccati: Uredinaceae III et Ustilaginaciae. — 7. E. Lepik. Contributions to the Fungus Flora of Estonia I. — 7-a. K. Eichwald. Eesti taimed. IV. (151—200) *summary*: Estonian plants. — 8. K. Kirde. Andmeid Eesti kliimast. *Summary*: Data about the climate of Estonia. — 9. Jul. Tehver. The Micro-Relief elements of the Stomach and Intestine in domestic Mammals.

A XXXV (1940). 1. Aarne Kärnsna. Über das System der einmaligen Häufigkeitskurven. — 2. Harald Perltitz and Rolf Aavakivi. The Atomic Parameters of γ -Silver-Cadmium. — 3. Jul. Tehver. Kassi keele foliaatpapillidest. — 4. Villem Koern. Das Binäre Legierungssystem Ag-Te. — 5. A. Paris. Über die Eisen- und Aluminiumbestimmungen nach der Benzoatmethode. — 6. A. Vaga. Fütotsönoloogia põhiküsimusi.

B I (1921). 1. M. Vasmer. Studien zur albanesischen Wortforschung. I. — 2. A. v. Bulmerincq. Einleitung in das Buch des Propheten Maleachi. 1. — 3. M. Vasmer. Osteuropäische Ortsnamen. — 4. W. Anderson. Der Schwank von Kaiser und Abt bei den Minsker Juden. — 5. J. Bergman. Quaestiunculae Horatianae.

B II (1922). 1. J. Bergman. Aurelius Prudentius Clemens, der grösste christliche Dichter des Altertums. I. — 2. L. Kettunen. Lõunavepsa häälik-ajalugu. I. Konsonandid. (Südweptische Lautgeschichte. I. Konsonantismus.) — 3. W. Wiget. Altgermanische Lautuntersuchungen.

B III (1922). 1. A. v. Bulmerincq. Einleitung in das Buch des Propheten Maleachi. 2. — 2. M. A. Курчинскій (M. A. Kurtschinsky). Соціальний законъ, случай и свобода. (Das soziale Gesetz, Zufall und Freiheit.) — 3. A. R. Cederberg. Die Erstlinge der estländischen Zeitungsliteratur. — 4. L. Kettunen. Lõunavepsa häälik-ajalugu. II. Vokaalid. (Südwepische Lautgeschichte. II. Vokalismus.) — 5. E. Kieckers. Sprachwissenschaftliche Miscellen. [I.] — 6. A. M. Tallgren. Zur Archäologie Eestis. I.

B IV (1923). 1. E. Kieckers. Sprachwissenschaftliche Miscellen. II. — 2. A. v. Bulmerincq. Einleitung in das Buch des Propheten Maleachi. 3. — 3. W. Anderson. Nordasiatische Flutsagen. — 4. A. M. Tallgren. L'ethnographie préhistorique de la Russie du nord et des États Baltiques du nord. — 5. R. Gutmann. Eine unklare Stelle in der Oxforder Handschrift des Rolandsliedes.

B V (1924). 1. H. Mutschmann. Milton's eyesight and the chronology of his works. — 2. A. Pridik. Mut-em-wija, die Mutter Amenhotep's (Amenophis) III. — 3. A. Pridik. Der Mitregent des Königs Ptolemaios II Philadelphos. — 4. G. Suess. De Graecorum fabulis satyricis. — 5. A. Berendts und K. Grass. Flavius Josephus: Vom jüdischen Kriege, Buch I—IV, nach der slavischen Übersetzung deutsch herausgegeben und mit dem griechischen Text verglichen. I. Lief. (S. 1—160). — 6. H. Mutschmann. Studies concerning the origin of "Paradise Lost".

B VI (1925). 1. A. Saareste. Leksikaalseist vahekordadest eesti murretes. I. Analüüs. (Du sectionnement lexicologique dans les patois estoniens. I. Analyse.) — 2. A. Bjerre. Zur Psychologie des Mordes.

B VII (1926). 1. A. v. Bulmerincq. Einleitung in das Buch des Propheten Maleachi. 4. — 2. W. Anderson. Der Chalifenmünzfund von Kochtel. (Mit Beiträgen von R. Vasmer.) — 3. J. Mägiste. Rosona (Eesti Ingeri) murde pääjõoned. (Die Hauptzüge der Mundart von Rosona). — 4. M. A. Курчинскій (M. A. Kurtschinsky). Европейскій хаосъ. Экономическія послѣдствія великой войны. (Das europäische Chaos.)

B VIII (1926). 1. A. M. Tallgren. Zur Archäologie Eestis. II. — 2. H. Mutschmann. The secret of John Milton. — 3. L. Kettunen. Untersuchung über die livische Sprache. I. Phonetische Einführung. Sprachproben.

B IX (1926). 1. N. Maim. Parlamentarismist Prantsuse restauratsiooniajal (1814—1830). (Du parlementarisme en France pendant la Restauration.) — 2. S. v. Csekey. Die Quellen des estnischen Verwaltungsrechts. I. Teil (S. 1—102). — 3. A. Berendts und K. Grass. Flavius Josephus: Vom jüdischen Kriege, Buch I—IV, nach der slavischen Übersetzung deutsch herausgegeben und mit dem griechischen Text verglichen. II. Lief. (S. 161—288). — 4. G. Suess. De eo quem dicunt inesse Trimalchionis cenae sermone vulgari. — 5. E. Kieckers. Sprachwissenschaftliche Miscellen. III. — 6. C. Vilhelmson. De ostraco quod Revaliae in museo provinciali servatur.

B X (1927). 1. H. B. Rahamägi. Eesti Evangeeliumi Luteri usu vaba rahvakirik vabas Eestis. (Die evangelisch-lutherische freie Volkskirche im freien Eesti. Anhang: Das Gesetz betreffend die religiösen Gemeinschaften und ihre Verbände.) — 2. E. Kieckers. Sprachwissenschaftliche Miscellen. IV. — 3. A. Berendts und K. Grass. Flavius Josephus: Vom jüdischen Kriege, Buch I—IV, nach der slavischen Übersetzung deutsch herausgegeben und mit dem griechischen Text verglichen. III. Lief. (S. 289—416). — 4. W. Schmied-Kowarzik. Die Objektivation des Geistigen. (Der objektive Geist und seine Formen.) — 5. W. Anderson. Novelline popolari sammarinesi. I.

B XI (1927). 1. O. Loorits. Liivi rahva usund. (Der Volksglaube der Liven.) I. — 2. A. Berendts und K. Grass. Flavius Josephus: Vom jüdischen Kriege, Buch I—IV, nach der slavischen Übersetzung deutsch herausgegeben und mit dem griechischen Text verglichen. IV. Lief. (S. 417—512). — 3. E. Kieckers. Sprachwissenschaftliche Miscellen. V.

B XII (1928). 1. O. Loorits. Liivi rahva usund. (Der Volksglaube der Liven.) II. — 2. J. Mägiste. *oi-*, *ei-*deminutiivid läänemesoome keelis. (Die *oi-*, *ei-*Deminutiva der ostseefinnischen Sprachen.)

B XIII (1928). 1. G. Suess. Petronii imitatio sermonis plebe qua necessitate coniungatur cum grammatica illius aetatis doctrina. — 2. С. Штейн (S. v. Stein). Пушкин и Гофман. (Puschkin und E. T. A. Hoffmann.) — 3. A. V. Kõrv. Värsimõõt Veske „Eesti rahvalauludes“. (Le mètre des „Chansons populaires estoniennes“ de Veske.)

B XIV (1929). 1. Н. Майм (N. Maim). Парламентаризм и суверенное государство. (Der Parlamentarismus und der souveräne Staat.) — 2. S. v. Csekey. Die Quellen des estnischen Verwaltungsrechts. II. Teil (S. 103—134). — 3. E. Virányi. Thalès Bernard, littérateur français, et ses relations avec la poésie populaire estonienne et finnoise.

B XV (1929). 1. A. v. Bulmerincq. Kommentar zum Buche des Propheten Maleachi. 1 (1, 2—11). — 2. W. E. Peters. Benito Mussolini und Leo Tolstoi. Eine Studie über europäische Menschheitstypen. — 3. W. E. Peters. Die stimmanalytische Methode. — 4. W. Freymann. Platons Suchen nach einer Grundlegung aller Philosophie.

B XVI (1929). 1. O. Loorits. Liivi rahva usund. (Der Volksglaube der Liven.) III. — 2. W. Süß. Karl Morgenstern (1770—1852). I. Teil (S. 1—160).

B XVII (1930). 1. A. R. Cederberg. Heinrich Fick. Ein Beitrag zur russischen Geschichte des XVIII. Jahrhunderts. — 2. E. Kieckers. Sprachwissenschaftliche Miscellen. VI. — 3. W. E. Peters. Wilson, Roosevelt, Taft und Harding. Eine Studie über nordamerikanisch-englische Menschheitstypen nach stimmanalytischer Methode. — 4. N. Maim. Parlamentarism ja fašism. (Parliamentarism and fascism.)

B XVIII (1930). 1. J. Vasar. Taani püüded Eestimaa taasvallutamiseks 1411—1422. (Dänemarks Bemühungen Estland zurückzugewinnen 1411—1422.) — 2. L. Leesment. Über die livländischen Gerichtssachen im Reichskammergericht und im Reichshofrat. — 3. A. H. Стендер-Петерсен (Ad. Stender-Petersen). О пережиточных следах аориста в славянских языках, преимущественно в русском. (Über rudimentäre Reste des Aorists in den slavischen Sprachen, vorzüglich im Russischen.) — 4. M. Курчинский (M. Kourchinsky). Соединенные Штаты Европы. (Les États-Unis de l'Europe.) — 5. K. Wilhelmson. Zum römischen Fiskalkauf in Ägypten.

B XIX (1930). 1. A. v. Bulmerincq. Kommentar zum Buche des Propheten Maleachi. 2 (1, 11—2, 9). — 2. W. Süss. Karl Morgenstern (1770—1852). II. Teil (S. 161—330). — 3. W. Anderson. Novelline popolari sammarinesi. II.

B XX (1930). 1. A. Oras. Milton's editors and commentators from Patrick Hume to Henry John Todd (1695—1801). I. — 2. J. Vasar. Die grosse livländische Güterreduktion. Die Entstehung des Konflikts zwischen Karl XI. und der livländischen Ritter- und Landschaft 1678—1684. Teil I (S. 1—176). — 3. S. v. Csekey. Die Quellen des estnischen Verwaltungsrechts. III. Teil (S. 135—150).

B XXI (1931). 1. W. Anderson. Der Schwank vom alten Hildebrand. Teil I (S. 1—176). — 2. A. Oras. Milton's editors and commentators from Patrick Hume to Henry John Todd (1695—1801). II. — 3. W. Anderson. Über P. Jensens Methode der vergleichenden Sagenforschung.

B XXII (1931). 1. E. Tennmann. G. Teichmüllers Philosophie des Christentums. — 2. J. Vasar. Die grosse livländische Güterreduktion. Die Entstehung des Konflikts zwischen Karl XI. und der livländischen Ritter- und Landschaft 1678—1684. Teil II (S. I—XXVII. 177—400).

B XXIII (1931). 1. W. Anderson. Der Schwank vom alten Hildebrand. Teil II (S. I—XIV. 177—329). — 2. A. v. Bulmerincq. Kommentar zum Buche des Propheten Maleachi. 3 (2, 10—3, 3). — 3. P. Arumaa. Litauische mundartliche Texte aus der Wilnaer Gegend. — 4. H. Mutschmann. A glossary of americanisms.

B XXIV (1931). 1. L. Leesment. Die Verbrechen des Diebstahls und des Raubes nach den Rechten Livlands im Mittelalter. — 2. N. Maim. Völkerbund und Staat. Teil I (S. 1—176).

B XXV (1931). 1. Ad. Stender-Petersen. Tragoediae Sacrae. Materialien und Beiträge zur Geschichte der polnisch-lateinischen Jesuitendramatik der Frühzeit. — 2. W. Anderson. Beiträge zur Topographie der „Promessi Sposi“. — 3. E. Kieckers. Sprachwissenschaftliche Miscellen. VII.

B XXVI (1932). 1. A. v. Bulmerincq. Kommentar zum Buche des Propheten Maleachi. 4 (3, 3—12). — 2. A. Pridik. Wer war Mutemwija? — 3. N. Maim. Völkerbund und Staat. Teil II (S. I—III. 177—356).

B XXVII (1932). **1.** K. Schreinert. Johann Bernhard Hermann. Briefe an Albrecht Otto und Jean Paul (aus Jean Pauls Nachlass). I. Teil (S. 1—128). — **2.** A. v. Bulmerincq. Kommentar zum Buche des Propheten Maleachi. 5 (3, 12—24). — **3.** M. J. Eisen. Kevadised pühad. (Frühlingsfeste.) — **4.** E. Kieckers. Sprachwissenschaftliche Miscellen. VIII.

B XXVIII (1932). **1.** P. Põld. Üldine kasvatusõpetus. (Allgemeine Erziehungslehre.) Redigeerinud (redigiert von) J. Tork. — **2.** W. Wiget. Eine unbekannte Fassung von Klingers Zwillingen. — **3.** A. Oras. The critical ideas of T. S. Eliot.

B XXIX (1933). **1.** L. Leesment. Saaremaa halduskonna finantsid 1618/19. aastal. (Die Finanzen der Provinz Ösel im Jahre 1618/19.) — **2.** L. Rudrauf. Un tableau disparu de Charles Le Brun. — **3.** P. Ariste. Eesti-rootsi laensõnad eesti keeles. (Die estländschwedischen Lehnwörter in der estnischen Sprache.) — **4.** W. Süß. Studien zur lateinischen Bibel. I. Augustins Locutiones und das Problem der lateinischen Bibelsprache. — **5.** M. Kurtschinsky. Zur Frage des Kapitalprofits.

B XXX (1933). **1.** A. Pridik. König Ptolemaios I und die Philosophen. — **2.** K. Schreinert. Johann Bernhard Hermann. Briefe an Albrecht Otto und Jean Paul (aus Jean Pauls Nachlass). II. Teil S. 1—XLII + 129—221). — **3.** D. Grimm. Zur Frage über den Begriff der Societas im klassischen römischen Rechte. — **4.** E. Kieckers. Sprachwissenschaftliche Miscellen. IX.

B XXXI (1934). **1.** E. Päss. Eesti liulaul. (Das estnische Rodellied.) — **2.** W. Anderson. Novelline popolari sammarinesi. III. — **3.** A. Kurlents. „Vanemate vara“. Monograafia ühest joomaulust. („Der Eltern Schatz“. Monographie über ein Trinklied.) — **4.** E. Kieckers. Sprachwissenschaftliche Miscellen. X.

B XXXII (1934). **1.** A. Anni. F. R. Kreutzwaldi „Kalevipoeg“. I osa: Kalevipoeg eesti rahvaluules. (F. R. Kreutzwalds „Kalevipoeg“. I. Teil: Kalevipoeg in den estnischen Volksüberlieferungen.) — **2.** P. Arumaa. Untersuchungen zur Geschichte der litauischen Personalpronomina. — **3.** E. Kieckers. Sprachwissenschaftliche Miscellen. XI. — **4.** L. Gulkowitsch. Die Entwicklung des Begriffes Häsīd im Alten Testament. — **5.** H. Laakmann und W. Anderson. Ein neues Dokument über den estnischen Metsik-Kultus aus dem Jahre 1680.

B XXXIII (1936). **1.** A. Annist (Anni). Fr. Kreutzwaldi „Kalevipoeg“. II osa: „Kalevipoja“ saamislugu. (Fr. Kreutzwalds „Kalevipoeg“. II. Teil: Die Entstehungsgeschichte des „Kalevipoeg“.) — **2.** H. Mutschmann. Further studies concerning the origin of Paradise Lost. (The matter of the Armada.) — **3.** P. Arumaa. De la désinence -tu du présent en slave. — **4.** O. Loorits. Pharaos Heer in der Volksüberlieferung. I. — **5.** E. Kieckers. Sprachwissenschaftliche Miscellen. XII.

B XXXIV (1935). 1. W. Anderson. Studien zur Wortsilbenstatistik der älteren estnischen Volkslieder. — 2. P. Ariste. Haulte vönkehäälk eesti keeles. (The labial vibrant in Estonian.) — 3. P. Wieselgren. Quellenstudien zur Volsungasaga. I (S. 1—154).

B XXXV (1935). 1. A. Pridik. Berenike, die Schwester des Königs Ptolemaios III Euergetes. I. Hälfte (S. 1—176). — 2. J. Taul. Kristluse jumalariigi õpetus. (Die Reich-Gottes-Lehre des Christentums.) I pool (lk. I—VIII. 1—160).

B XXXVI (1935). 1. A. Pridik. Berenike, die Schwester des Königs Ptolemaios III Euergetes. II. Hälfte (S. I—VIII. 177—305). — 2. J. Taul. Kristluse jumalariigi õpetus. (Die Reich-Gottes-Lehre des Christentums.) II pool (lk. 161—304).

B XXXVII (1936). 1. A. v. Bulmerincq. Die Immanuelweissagung (Jes. 7) im Lichte der neueren Forschung. — 2. L. Gulko-witsch. Das Wesen der maimonideischen Lehre. — 3. L. Gulko-witsch. Rationale und mystische Elemente in der jüdischen Lehre. — 4. W. Anderson. Achtzig neue Münzen aus dem Funde von Naginšcina. — 5. P. Wieselgren. Quellenstudien zur Volsungasaga. II (S. 155—238). — 6. L. Gulko-witsch. Die Bildung des Begriffes Ḥasīd. I.

B XXXVIII (1936). 1. J. Mägiste. Einiges zum problem der *oi-*, *eī-*deminutiva und zu den prinzipien der wissenschaftlichen kritik. — 2. P. Wieselgren. Quellenstudien zur Volsungasaga. III (S. 239—430). — 3. W. Anderson. Zu Albert Wesselski's Angriffen auf die finnische folkloristische Forschungsmethode. — 4. A. Koort. Beiträge zur Logik des Typusbegriffs. Teil I (S. 1—138). — 5. E. Kieckers. Sprachwissenschaftliche Miscellen. XIII.

B XXXIX (1938). 1. A. Koort. Beiträge zur Logik des Typusbegriffs. Teil II (S. I—IV. 139—263). — 2. K. Ramul. Psychologische Schulversuche. — 3. A. Annist. Fr. R. Kreutzwaldi „Paari sammokese“ algupära. (Die Entstehungsgeschichte von Fr. R. Kreutzwalds „Paar sammokest“.) — 4. H. Masing. The Word of Yahweh.

B XL (1937). 1. H. Mutschmann. Milton's projected epic on the rise and future greatness of the Britannic nation. — 2. J. Györke. Das Verbum **l-* im Ostseefinnischen. — 3. G. Saar. Johann Heinrich Wilhelm Witschel'i „Homniku- ja õhtuohvrite“ eestindised. (Die estnischen Übersetzungen der „Morgen- und Abendopfer“ von J. H. W. Witschel.) — 4. O. Sild. Kirikuvisitatsioonid eestlaste maal vanemast ajast kuni olevikuni. (Die Kirchenvisitationen im Lande der Esten von der ältesten Zeit bis zur Gegenwart.) — 5. K. Schreinert. Hans Moritz Ayrmanns Reisen durch Livland und Rußland in den Jahren 1666—1670.

B XLI (1938). 1. L. Gulko-witsch. Zur Grundlegung einer begriffsgeschichtlichen Methode in der Sprachwissenschaft. — 2. U. Masing. Der Prophet Obadja. Band I: Einleitung in das Buch des Propheten Obadja. Teil I (S. 1—176).

B XLII: *ilmub hiljemini (paraütra plus tard).*

B XLIII (1939). **1.** L. Rudrauf. Imitation et invention dans l'art d'Eugène Delacroix: Delacroix et le Rosso. — **2.** L. Gulko-witsch. Das kulturhistorische Bild des Chassidismus. — **3.** A. Oras. Notes on some Miltonic usages, their background and later development. — **4.** A. Oras. On some aspects of Shelley's poetic imagery. — **5.** H. Mutschmann. The origin and meaning of Young's Night Thoughts.

B XLIV (1939). **1.** B. Kangro. Eesti soneti ajalugu. (Histoire du sonnet estonien.) — **2.** E. Ilus. Piiratud asjaõigused omale asjale. (Die begrenzten dinglichen Rechte an eigener Sache.)

B XLV. **1.** Walter Anderson. Zu dem estnischen Märchen vom gestohlenen Donnerinstrument. — **2.** Oskar Loorits. Gedanken-, Tat- und Worttabu bei den estnischen Fischern. — **3.** Oskar Loorits. Kõpu murde häälikutelugu — **4.** Paul Ariste. Soome mustlaste kohanimed.

B XLVI: *ilmub hiljemini (paraättra plus tard).*

B XLVII (1940). **1.** Paul Ariste. Hiiu murrete häälikud. *Summary:* The Sounds of the Hiiumaa Dialects. — **2.** Paul Ariste. Murdenäiteid Pühalepa kihelkonnast. *Referaat:* Dialektproben aus dem Kirchspiel Pühalepa.

C I—III (1929). **I 1.** Ettelugemiste kava 1921. aasta I poolaastal. — **I 2.** Ettelug. kava 1921. a. II poolaastal. — **I 3.** Dante pidu 14. IX. 1921. (Dantefeier 14. IX. 1921.) R. Gutmann. Dante Alighieri. W. Schmied-Kowarzik. Dantes Weltanschauung. — **II 1.** Ettelug. kava 1922. a. I poolaastal. — **II 2.** Ettelug. kava 1922. a. II poolaastal. — **III 1.** Ettelug. kava 1923. a. I poolaastal. — **III 2.** Ettelug. kava 1923. a. II poolaastal.

C IV—VI (1929). **IV 1.** Ettelug. kava 1924. a. I poolaastal. — **IV 2.** Ettelug. kava 1924. a. II poolaastal. — **V 1.** Ettelug. kava 1925. a. I poolaastal. — **V 2.** Ettelug. kava 1925. a. II poolaastal. — **VI 1.** Ettelug. kava 1926. a. I poolaastal. — **VI 2.** Ettelug. kava 1926. a. II poolaastal.

C VII—IX (1929). **VII 1.** Ettelug. kava 1927. a. I poolaastal. — **VII 2.** Ettelug. kava 1927. a. II poolaastal. — **VIII 1.** Loengute ja praktiliste tööde kava 1928. a. I poolaastal. — **VIII 2.** Loeng. ja prakt. tööde kava 1928. a. II poolaastal. — **IX 1.** Loeng. ja prakt. tööde kava 1929. a. I poolaastal. — **IX 2.** Loeng. ja prakt. tööde kava 1929. a. II poolaastal. — **IX 3.** Eesti Vabariigi Tartu Ülikooli isiklik koosseis 1. detsembril 1929.

C X (1929). Eesti Vabariigi Tartu Ülikool 1919—1929.

C XI—XIII (1934). **XI 1.** Loeng. ja prakt. tööde kava 1930. a. I poolaastal. — **XI 2.** Loeng. ja prakt. tööde kava 1930. a. II poolaastal. — **XI 3.** E. V. T. Ü. isiklik koosseis 1. dets. 1930. — **XII 1.** Loeng. ja prakt. tööde kava 1931. a. I poolaastal. — **XII 2.** Loeng. ja prakt. tööde kava 1931. a. II poolaastal. — **XII 3.** E. V. T. Ü. isiklik koosseis 1. dets. 1931. — **XIII 1.** Loeng. ja prakt. tööde kava 1932. a. I poolaastal. — **XIII 2.** Loeng. ja prakt. tööde kava 1932. a. II poolaastal.

aastal. — **XIII 3.** E. V. T. Ü. isiklik koosseis 1. dets. 1932. — **XIII 4.** K. Schreinert. Goethes letzte Wandlung. Festrede. — **XIII 5.** R. Mark. Dotsent Theodor Korssakov †. Nekroloog.

C XIV (1932). Tartu Ülikooli ajaloo allikaid. I. Academia Gustaviana. a) Ürikuid ja dokumente. (Quellen zur Geschichte der Universität Tartu (Dorpat). I. Academia Gustaviana. a) Urkunden und Dokumente.) Koostanud (herausgegeben von) J. V a s a r.

C XV (1932). L. Villecourt. L'Université de Tartu 1919—1932.

C XVI—XVIII (1936). **XVI 1.** Loeng. ja prakt. tööde kava 1933. a. I poolaastal. — **XVI 2.** Loeng. ja prakt. tööde kava 1933. a. II poolaastal. — **XVI 3.** E. V. T. Ü. isiklik koosseis 1. dets. 1933. — **XVII 1.** Loeng. ja prakt. tööde kava 1934. a. I poolaastal. — **XVII 2.** Loeng. ja prakt. tööde kava 1934. a. II poolaastal. — **XVII 3.** E. V. T. Ü. isiklik koosseis 1. dets. 1934. — **XVII 4.** R. O u n a p. T. Ü. õigus-teaduskonna kriminalistikaõpetaja A. P. Melnikov †. — **XVII 5.** F. P u k s o v. Rahvusvahelise vaimse koostöötamise institutsioonid ja nende tegevus 1932—1933. — **XVIII 1.** Loeng. ja prakt. tööde kava 1935. a. I poolaastal. — **XVIII 2.** Loeng. ja prakt. tööde kava 1935. a. II poolaastal. — **XVIII 3.** E. V. T. Ü. isiklik koosseis 1. dets. 1935.

C XIX—XXI (1939). **XIX 1.** Loeng. ja prakt. tööde kava 1936. a. I poolaastal. — **XIX 2.** Loeng. ja prakt. tööde kava 1936. a. II poolaastal. — **XIX 3.** E. V. T. Ü. isiklik koosseis 1. dets. 1936. — **XIX 4.** V. P a a v e l. Inseneri tegevus, selle eesmärk, iseärasused, alused ja tulevikusihid. — **XX 1.** Loeng. ja prakt. tööde kava 1937. a. I poolaastal. — **XX 2.** Loeng. ja prakt. tööde kava 1937. a. II poolaastal. — **XX 3.** E. V. T. Ü. isiklik koosseis 1. dets. 1937. — **XXI 1.** Loeng. ja prakt. tööde kava 1938. a. I poolaastal. — **XXI 2.** Loeng. ja prakt. tööde kava 1938. a. II poolaastal. — **XXI 3.** E. V. T. Ü. isiklik koosseis 1. dets. 1938. — **XXI 4.** Vakantssele Tartu Ülikooli kirurgia-õppetoolele kandideerijate teaduslikkude tööde arvustused. — **XXI 5.** Vak. T. Ü. farmakoloogia-õppetoolele kandideerijate tead. tööde arvustused. — **XXI 6.** Vak. T. Ü. õpetatud sepa kohale kandideerija tead. tööde arvustused. — **XXI 7.** Vak. T. Ü. Eesti ja naabermaade muinas-teaduse õppetoolele kandideerija tead. tööde hinnang. — **XXI 8.** T. Ü. vak. günekoloogia ja sünnitusabi professorile kandideerija tead. tööde arvustused. — **XXI 9.** T. Ü. vak. eugeenika professorile kandideerija tead. tööde arvustused. — **XXI 10.** T. Ü. vak. eripatoloogia, diagnostika ja teraapia (polikliiniku) professorile kandideerijate tead. tööde arvustused. — **XXI 11.** T. Ü. vak. füsioloogia ja füsioloogilise keemia professorile kandideerija tead. tööde arvustused. — **XXI 12.** Arvustajate hinnangud ja arvamused E. V. T. Ü. majandusteaduskonna vak. panganduse ja kindlustusasjanduse õppetoolele kandideerija tead. tööde ja sobivuse kohta. — **XXI 13.** T. Ü. vak. loomaarstiteaduskonna anatoomia prosektuurile kandideerija tead. tööde arvustused.

C XXII (1937). Teise Balti riikide vaimse koostöö kongressi toimetus 29. ja 30. nov. 1936 Tartus. (Actes du Deuxième Congrès Interbaltique de Coopération Intellectuelle tenu à Tartu les 29 et 30 novembre 1936.)

C XXIII (1940). Tartu Ülikooli raamatukogude ajakirjade nimestik.

TARTU ÜLIKOOLI TOIMETUSED ilmuvad kolmes seerias:

A: Mathematica, physica, medica. (Matemaatika-loodusteaduskonna, arstiteaduskonna, loomaarstiteaduskonna ja põllumajandusteaduskonna tööd.)

B: Humaniora. (Usuteaduskonna, filosoofiateaduskonna ja õigusteaduskonna tööd.)

C: Annales. (Aastaruanded.)

Ladu: Ülikooli Raamatukogus, Tartus.

LES PUBLICATIONS DE L'UNIVERSITÉ DE TARTU (DORPAT) se font en trois séries:

A: Mathematica, physica, medica. (Mathématiques, sciences naturelles, médecine, sciences vétérinaires, agronomie.)

B: Humaniora. (Théologie, philosophie, philologie, histoire, jurisprudence.)

C: Annales.

Dépôt: La Bibliothèque de l'Université de Tartu, Estonie.
