

EESTI VABARIIGI TARTU ÜLIKOOLI  
**TOIMETUSED**

---

**ACTA ET COMMENTATIONES**  
UNIVERSITATIS TARTUENSIS  
(DORPATENSIS)

**A**

MATHEMATICA, PHYSICA, MEDICA

**XXII**

TARTU 1932

EESTI VABARIIGI TARTU ÜLIKOOLI  
**TOIMETUSED**

---

**ACTA ET COMMENTATIONES**  
UNIVERSITATIS TARTUENSIS  
(DORPATENSIS)

**A**

MATHEMATICA, PHYSICA, MEDICA

**XXII**

TARTU 1932



## Sisukord. — Contenta.

---

1. **U. Karell.** An observation on a peculiarity of the cardiac opening reflex in operated cases of cardiospasmus.
  2. **E. Krahn.** Die Wahrscheinlichkeit der Richtigkeit des Vierfarbensatzes.
  3. **A. Audova.** Der wirkliche Kampf ums Dasein.
  4. **Harald 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.
-

FROM THE UNIVERSITY SURGICAL CLINIC AT BRESLAW  
(DIRECTOR: GEH. MED.-RAT PROF. DR. H. KÜTTNER)

---

# **AN OBSERVATION ON A PECULIARITY OF THE CARDIAC OPENING REFLEX IN OPERATED CASES OF CARDIOSPASMUS**

BY

**U. KARELL**

TARTU (DORPAT) 1931



The following paper is based on 17 cases of cardiospasmus treated in the University Surgical Clinic at Breslaw during the last 30 years. Of these, 8 received conservative and 9 operative treatment. With one exception, the condition of the cases treated conservatively, i. e., without operation, remained unchanged.

In the series of operated cases 2 died, one of postoperative peritonitis and one later, the cause of death being unknown; the condition of 2 was improved; of 4, much improved, and one patient was cured.

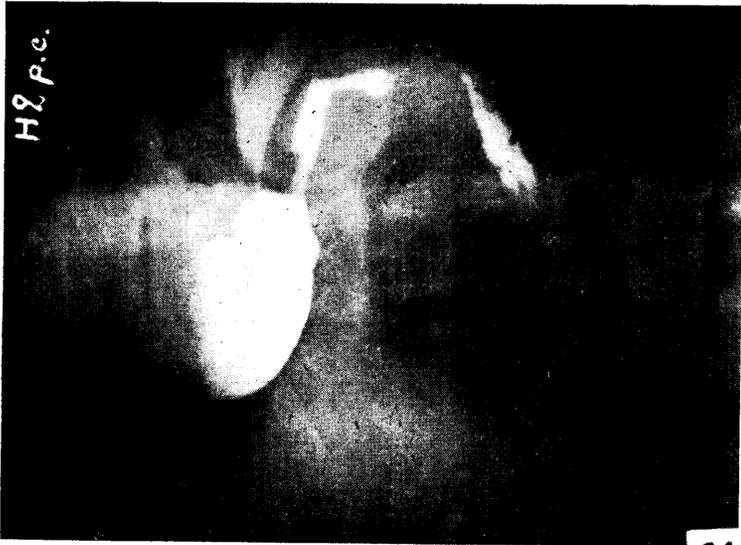
By 'improved' is meant that the general condition of the patient is so benefited as to allow light suitable occupation entailing no stooping, but with the persistence of occasional vomiting and the delayed emptying of the oesophagus.

By 'much improved' is understood an ability for full work and an almost entire absence of subjective symptoms, but the persistence of a certain demonstrable delay in the passage of food from the oesophagus.

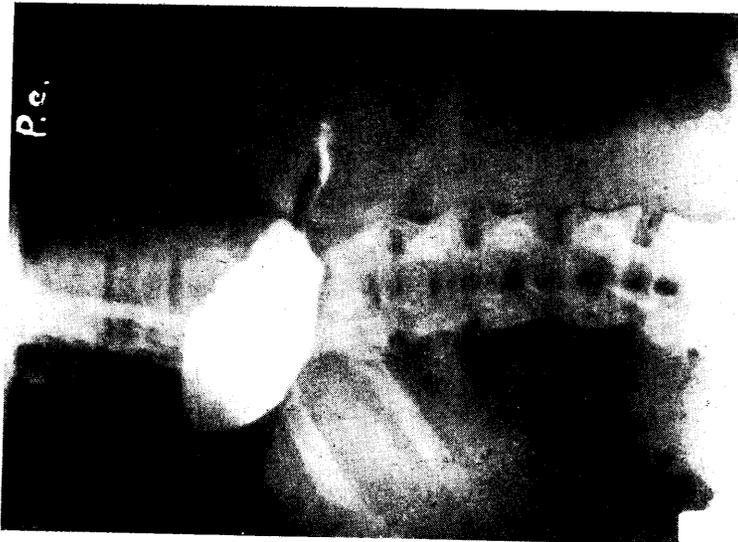
'Cured' denotes a total absence of subjective symptoms over a period of 3 years, with no demonstrable anatomical disturbance.

Of the operated cases, 6 have been personally examined. We have made interesting observations on the abnormal cardiac reflex in the following 4 of these 6 cases.

Case 1. — W. H., male, aged 47, who had symptoms of severe chronic cardiospasmus of 3 years' duration, was operated upon by Mikulicz in 1904. Dilatation of the cardia was performed by the aid of Henle's balloon bougie method, the stomach being observed through a laparotomy incision. The patient is up to the present satisfied with the result of the operation; he is capable of full occupation, and has gained in weight. He is still, however, aware of certain disturbances, namely that sometimes coarser foods are 'held up' at the cardia. If he then swallows a mouthful of water, he at once feels the onward passage of the food into the stomach.



Skgr. 2.



Skgr. 1.

Barium Screen examination has fully justified his satisfaction.

Skiagram 1 shows the greatly dilated and lengthened oesophagus which only permits of the passage of a small quantity of Ba gruel after 2 hours (Skgr. 2).

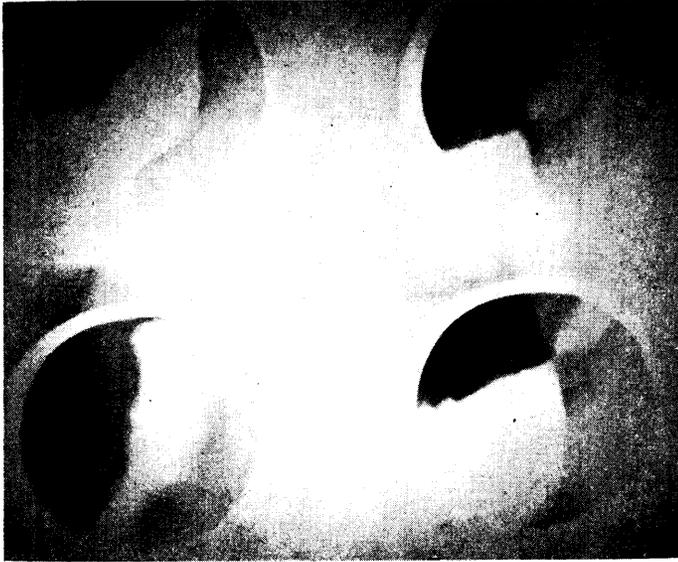
Skgr. 3 demonstrates the effect of a mouthful of water. We see that the oesophagus immediately empties itself. The two lower snap skiagrams show the closed cardia, the two upper the passage of the gruel during the act of swallowing the water.

That this is not due to a dilution of the originally thin gruel, together with a subsequently mechanically facilitated passage, is obvious. The swallowing was followed so rapidly by the voluminous emptying of the lower segment of the dilated oesophagus that a mixing of the water with the gruel is hardly probable.

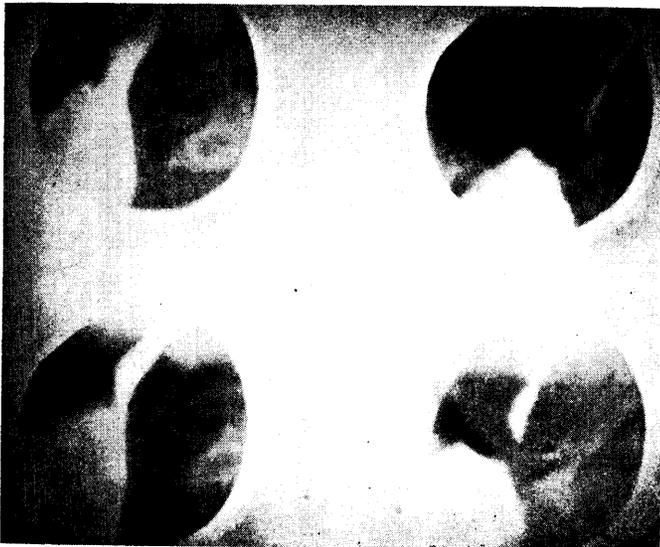
Case 2. — S. M., male, aged 48, received conservative treatment in this Clinic in 1928 and later from Prof. Gottstein; and in Jan. 1930 was operated upon by Prof. Gottstein. Although the patient is entirely pleased with the result of the operation (Heller's op.), we also find in this case a large 2 hours' oesophagus rest. Observation for a period of 10 mins following an intravenous injection of 0,01 cc 1/1000 Adrenalin Hydrochloric solution showed no passage of the gruel. A considerable relaxation of the cardia and evacuation of gruel followed at once on the swallowing of water. The two lower snap Röntgenograms (Skgr. 4) show the tightly closed cardiac ring, and the two upper the considerable opening following upon, or rather occurring still during the act of swallowing.

Case 3. — H. P., female, aged 34, on whom Heller's op. was carried out in 1925. The operation did not cure her condition, and a complete 3 hours' retention of Ba in an enormously dilated oesophagus can be demonstrated on X-ray examination (Skgr. 5). Although she says she feels an emptying of the oesophagus on drinking a mouthful of coffee, an attempt to establish the truth of this was without success, which she attributes to the unappetizing nature of the coffee. In this case, however, a slight passage of gruel through the cardia occurred following the intravenous injection of Adrenalin (Skgr. 6, lower left snap photo).

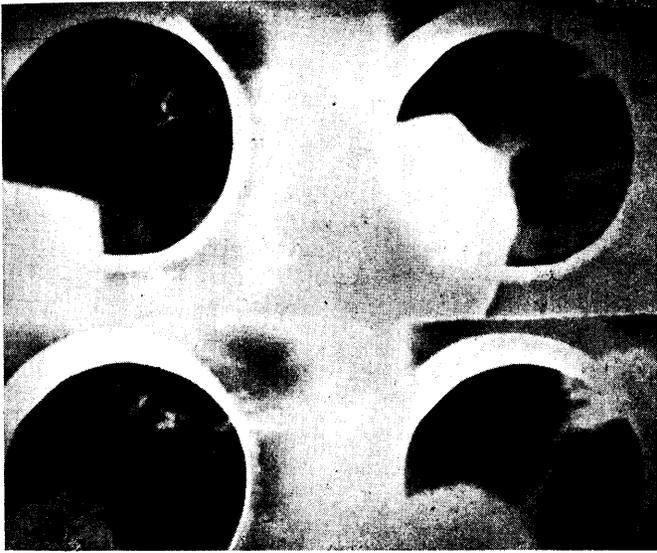
Case 4. — F. H., male, aged 20, on whom Heller's operation had been performed 4 years previously, when the muscle of the cardia was not hypertrophied. Skgr. 7 shows the moderately



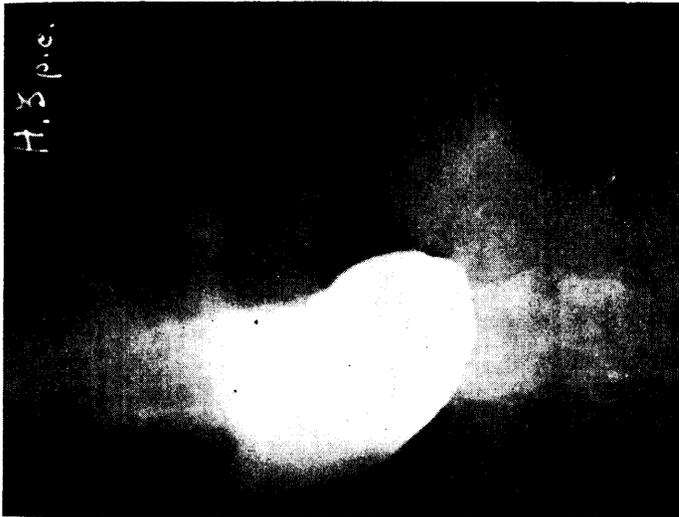
Skgr. 4.



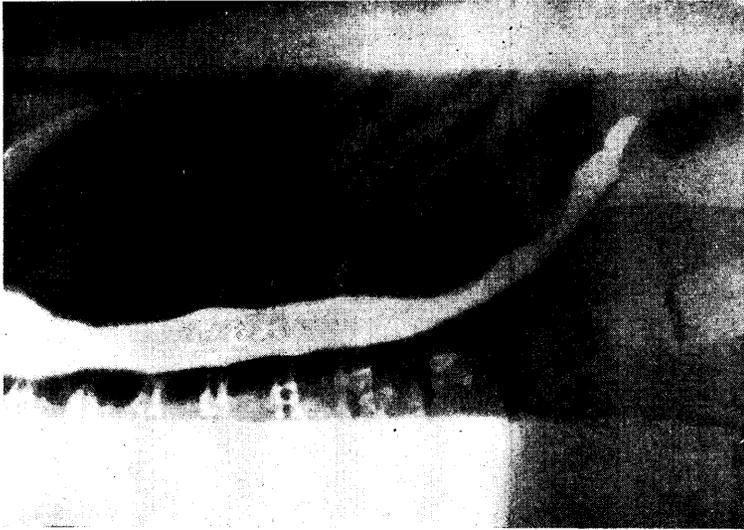
Skgr. 3.



Skgr. 6.



Skgr. 5.



Skgr. 8.



Skgr. 7.

dilated oesophagus before the operation, and Skgr. 8 the present state while drinking. The oesophagus was empty after a few minutes.

The effect of a mouthful of water in these cases impresses on us the fact that a psychic reflex component plays an important role, and that a mechanical dilution of the completely medium-thick mixed Ba gruel by the water is insufficient to explain the emptying.

The second patient, for instance, explained the emptying as caused by the pressure exercised by the water drunk, which, however, is highly improbable when the greater weight of the gruel is considered.

Nevertheless, especially in cardiospasmus, it is only with great caution that we can arrive at conclusions as to the nature of the disease from observation of the subjective and objective effects of any therapy.

# **DIE WAHRSCHEINLICHKEIT DER RICHTIGKEIT DES VIERFARBENSATZES**

VON

**E. KRAHN**

---

TARTU (DORPAT) 1931



Bei der Untersuchung der Gültigkeit des Vierfarbensatzes kann man sich auf solche ebene Gebietekomplexe beschränken, bei denen in jeder Ecke immer nur drei Kanten zusammenstossen, jedes Gebiet wenigstens drei Nachbargebiete berührt, und deren äusseres Gebiet auch immer als zum Komplex gehörig betrachtet wird.

Bevor zu einer Wahrscheinlichkeitsbetrachtung geschritten wird, soll eine Transformation des Problems durchgeführt werden.

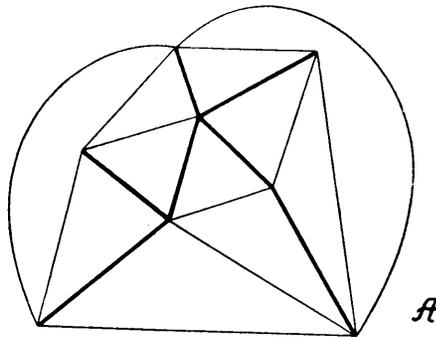


Abb. 1.

Es sei ein Gebietekomplex gegeben, der diesen Bedingungen entspricht und  $n$  Gebiete enthält.

Nun ordnet man jedem Gebiete einen Punkt und jedem Eckpunkte ein Gebiet zu und erhält so ein Dreiecknetz  $A$ , das an seinem äusseren Rande ebenfalls drei Eckpunkte aufweist. Zeichnen wir nun in diesem Dreiecknetz einen „Baum“, das heisst solch einen zusammenhängenden Streckenkomplex, der alle Eckpunkte enthält und durch das Entfernen einer Strecke dieses Komplexes immer in zwei Teile zerfällt.

Nun denken wir uns jede Strecke des „Baumes“ durch zwei nebeneinander liegende Strecken ersetzt und diese Strecken unter-

einander so verbunden, dass wir an Stelle des „Baumes“ einen zusammenhängenden, geschlossenen, doppelpunktfreien Streckenzug  $F$  erhalten. Im Inneren von  $F$  verbinden wir die Punkte von

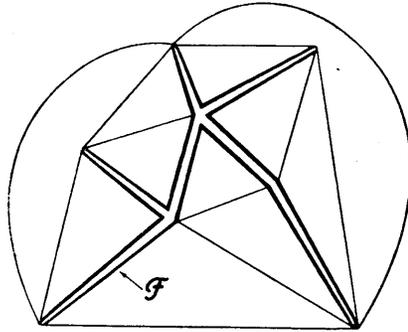


Abb. 2.

$F$ , die aus denselben Punkten des „Baumes“ entstanden sind, der Reihe nach so, dass im Inneren von  $F$  an den Stellen der Punkte des „Baumes“ Strecken, Dreiecke, Vierecke u. s. w. entstehen.

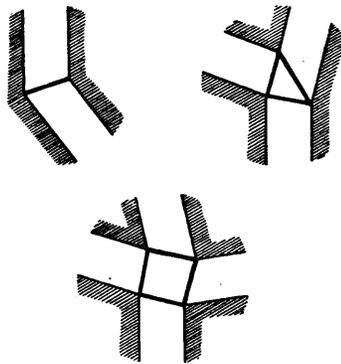


Abb. 3.

Jetzt deformieren wir den Streckenzug  $F$  zu einem konvexen Polygon  $F_1$  und betrachten dessen äussere Seite  $C$  und die innere  $D$ , die aus dem Äusseren und dem Inneren von  $F$  bei der Deformation entstanden sind.

Das Dreiecknetz  $C$  können wir ersetzen durch ein von  $F_1$  berandetes, im Inneren von  $F_1$  gelegenes Netz  $C_1$ . In diesem können wir die ursprünglichen Strecken des Netzes  $A$  wieder

durch Linien darstellen, die sich natürlich nirgends im Inneren (sondern nur auf  $F_1$ ) schneiden und wieder ein aus Dreiecken bestehendes Netz bilden.

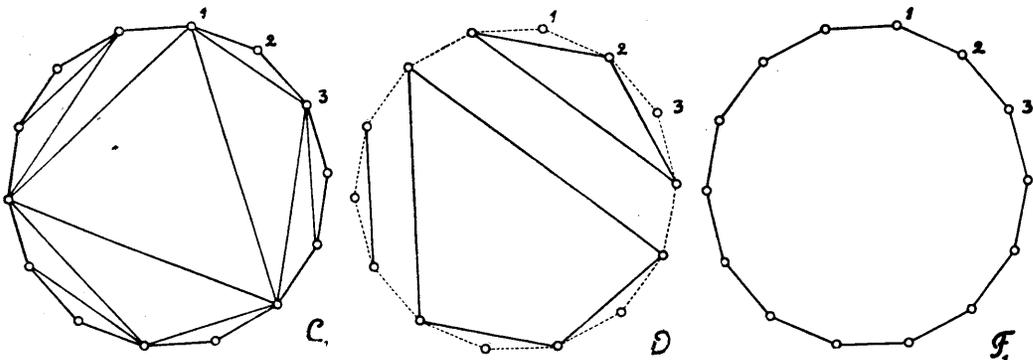


Abb. 4.

Im Inneren von  $D$  liegen Strecken, Dreiecke, Vierecke usw., wobei die einzelnen Gebilde niemals gemeinsame Eckpunkte haben.

Was bedeuten die Verbindungslinien in  $C_1$  und  $D$ ?

Eine Verbindungslinie in  $C_1$  besagt, dass den durch sie verbundenen Punkten verschiedene Farben zugeordnet werden sollen. Die Randstrecken (Teile von  $F_1$ ) haben in  $C_1$  dieselbe Eigenschaft wie die inneren Strecken.

Eine Strecke in  $D$  verbindet zwei Punkte, denen gleiche Farben zugeordnet sein sollen (wobei sich diese Eigenschaft hier nicht auf die Randstrecken erstreckt).

Der „Baum“ in  $A$  enthalte  $a_1$  einfache,  $a_2$  zweifache,  $\dots$   $a_p$   $p$ -fache Punkte.  $F$  und ebenso  $F_1$  werden dann

$$(1) \quad s = a_1 + 2a_2 + 3a_3 + \dots + pa_p$$

Eckpunkte aufweisen. Hierbei ist

$$(2) \quad n = a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_p.$$

Auf wie viele Arten lassen sich nun den Eckpunkten von  $C_1$  vier Farben zuordnen, so dass jedem Eckpunkt eine Farbe zugeordnet ist und keinen zwei in  $C_1$  verbundenen Punkten die gleiche?

Gehen wir von einem beliebigen Dreieck in  $C_1$  aus. Dessen Ecken kann man auf  $4 \cdot 3 \cdot 2$  verschiedene Arten Farben zuordnen. Dem dritten Eckpunkt eines Nachbardreiecks lassen sich dann, jeder Zuordnung entsprechend, immer noch zwei verschiedene

Farben zuordnen. Indem wir immer zu benachbarten Dreiecken übergehen, sehen wir, dass man den Eckpunkten von  $C_1$  auf  $4 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 2^{s-3} = 3 \cdot 2^s$  verschiedene Arten Farben zuordnen kann.

Auf wie viele Arten kann man den Eckpunkten von  $D$  Farben zuordnen, wenn man nur vier Farben benutzt?

Den Eckpunkten jedes einzelnen Gebildes in  $D$  (einzelner Punkt, Strecke, Dreieck, Viereck u. s. w.) müssen gleiche Farben zugeordnet sein. Gehen wir von irgendeinem Gebilde aus, so stehen uns dafür vier Farben zur Verfügung. Ist eine Farbe gewählt, so können wir jedem benachbarten Gebilde auf drei Arten eine Farbe zuordnen. Indem wir der Reihe nach alle  $n$  Gebilde durchgehen, sehen wir, dass wir  $D$  auf  $4 \cdot 3^{n-1}$  verschiedene Arten Farben zuordnen können.

Wieviele verschiedene Zuordnungen von vier Farben, bei denen zwei benachbarten Punkten immer verschiedene Farben zugeordnet sind, gibt es im ganzen für die  $s$  Randpunkte von  $F_1$ ?

Lägen die Punkte nicht auf einem geschlossenen, sondern auf einem offenen Streckenzug, so wären es  $4 \cdot 3^{s-1}$ . Da wir aber auch die Verbindung zwischen dem letzten und dem ersten Punkt haben und diesen verschiedene Farben zugeordnet sein müssen, so müssen wir von der Gesamtzahl der Zuordnungen  $3^{s-1} - 3$  oder  $3^{s-1} - 1$  ausschliessen, je nachdem ob  $s$  gerade oder ungerade ist. Es verbleiben also  $3^s + 3$  resp.  $3^s + 1$  verschiedene Zuordnungen. Es wird später gezeigt werden, dass  $s$  eine gerade Zahl ist.

Betrachten wir nun folgendes Problem. In einer Urne befinden sich  $k$  Kugeln. Davon haben  $r$  Kugeln einen roten Fleck und  $g$  Kugeln einen grünen Fleck. Wir wissen nicht, ob es Kugeln gibt, die gleichzeitig einen roten und einen grünen Fleck haben. Wir können aber fragen, wie gross die Wahrscheinlichkeit ist, dass keine der  $k$  Kugeln beide Flecke aufweist. Solange wir nicht wissen, ob die Verteilung der grünen und diejenige der roten Flecke voneinander abhängig sind oder nicht, wollen wir Unabhängigkeit dieser Verteilungen voraussetzen.

Dann ist die gesuchte Wahrscheinlichkeit

$$\left(1 - \frac{r}{k}\right) \left(1 - \frac{r}{k-1}\right) \left(1 - \frac{r}{k-2}\right) \cdots \left(1 - \frac{r}{k-g+1}\right) \leq \left(1 - \frac{r}{k}\right)^g.$$

Diese Fragestellung können wir auf unser Problem anwenden. Wir wissen, dass alle  $3 \cdot 2^s$  Farbenzuordnungen von  $C_1$  ebenso wie alle  $4 \cdot 3^{n-1}$  Farbenzuordnungen von  $D$  unter den  $3^s + 3$  Farbenzuordnungen von  $F_1$  vorkommen, wissen aber nicht, ob es Farben-

zuordnungen gibt, die gleichzeitig für  $C_1$  und  $D$  zutreffen. Die Wahrscheinlichkeit  $W$  dafür, dass es keine Farbenzuordnung gibt, die gleichzeitig für  $C_1$  und  $D$  gilt, mit anderen Worten, die Wahrscheinlichkeit dafür, dass der Vierfarbensatz falsch ist, genügt nach der oben ausgeführten Formel der Ungleichung

$$W = \left(1 - \frac{4 \cdot 3^{n-1} \cdot 3 \cdot 2^s}{3^s + 3}\right)$$

Diesen Ausdruck kann man einfacher darstellen. Zu dem Zwecke beachten wir, dass für einen „Baum“ immer

$$(3) \quad a_1 = 2 + a_3 + 2a_4 + 3a_5 \dots + (p-2) a_p$$

ist, wovon man sich leicht durch sukzessives Aufbauen des „Baumes“ überzeugt.

Multiplizieren wir (2) mit zwei und addieren wir das Produkt zu (3), so wird unter Beachtung von (1)

$$2n + a_1 = 2 + a_1 + s,$$

also

$$s = 2n - 2.$$

Setzen wir dies in die Ungleichung für  $W$  ein.

$$\begin{aligned} W &\leq \left(1 - \frac{4 \cdot 3^{n-1} \cdot 3 \cdot 2^{2n-2}}{3^{2n-2} + 3}\right) = \left(1 - \frac{4}{3^{n-1} + 3^{2-n}}\right)^{3 \cdot 4^{n-1}} = \\ &= \left[ \left(1 - \frac{4}{3^{n-1} + 3^{2-n}}\right)^{\frac{3}{4}^{n-1}} \right]^9 \cdot \left(\frac{3}{4}\right)^n. \end{aligned}$$

Für  $n > 4$  ist jedenfalls  $W < 2^{-9} \cdot \left(\frac{3}{4}\right)^n$ .

Die Wahrscheinlichkeit, dass der Vierfarbensatz für einen aus  $n$  Gebieten bestehenden Gebietekomplex, der den am Anfang angeführten Bedingungen genügt, richtig ist, ist somit für  $n > 4$  grösser als  $1 - 2^{-9} \cdot \left(\frac{3}{4}\right)^n$ .

Für  $n = 10$  z. B. ist die Wahrscheinlichkeit grösser als  $1 - 10^{-45}$ .

# **DER WIRKLICHE KAMPF UMS DASEIN**

VON

**A. AUDOVA**

PRIVATDOZENT DER UNIVERSITÄT TARTU (ESTLAND)

---

TARTU (DORPAT) 1931



## ERSTER TEIL.

### ORGANISMEN.

#### I.

#### **Verherrlichung des grausamen Kampfes.**

Seit dem Jahre 1859, als das berühmte Werk Ch. Darwin's „Über die Entstehung der Arten durch natürliche Zuchtwahl oder die Erhaltung der begünstigten Rassen im Kampfe ums Dasein“ erschien, ist ausserordentlich viel vom Kampfe ums Dasein geredet und geschrieben worden. Es wird nun dabei nicht nur der Kampf in der freien Natur, sondern auch derjenige zwischen den Menschen behandelt. Zweifellos spielt der Kampf ums Dasein auch im Menschenleben eine ausserordentlich grosse Rolle, und deshalb ist es an und für sich gar nicht befremdend, dass diese Frage auch in bezug auf das menschliche Leben so eifrig behandelt wird. Wenn man aber betrachtet, wie der „Kampf ums Dasein“ aufgefasst wird und zu welchen Schlüssen dabei die verschiedensten Autoren kommen, so kann man seine Verwunderung nicht mehr unterdrücken: Es ist geradezu erstaunlich, wie widersprechend die Meinungen ausfallen und wie hartnäckig verschiedene Ansichten, welche für unvoreingenommene Beurteiler schon als längst und genügend widerlegt gelten (siehe Novikow, Кропоткин<sup>1)</sup>), sich immer noch halten und verbreitet werden. Es ist erstaunlich, wie grausame und unbarmherzige Schlüsse gezogen werden. Unter dem Kampfe ums Dasein wird sehr oft etwas verstanden, was kein Daseinskampf ist. Die grausamsten Streitigkeiten und Kämpfe, die Krankheiten und Seuchen, die Armut und das Elend seien gut und segenbringend, weil dadurch schwächere Individuen ausgemerzt würden. Allerart politische Gewalttaten, allerart Kriege, Unterdrückung der Kolonien, Ausbeutung der un-

1) Literaturverzeichnis am Ende der Abhandlung.

teren Klassen u. s. w. werden als „Kampf ums Dasein“ betrachtet und sollen somit berechtigt sein. Die Starken und Tüchtigen seien berechtigt, sich stärker fortzupflanzen, und sie hätten das Recht, die Vermehrung der Schwächeren, weniger Tüchtigen und somit weniger Lebensfähigen selbst durch die grausamsten Mittel zu verhindern. Der grausame Kampf sei unvermeidlich und nützlich, da nur durch ihn die Entwicklung zu höheren Kulturstufen möglich sei. Man könnte eine Menge von diesbezüglichen Zitate anführen (siehe Hertwig <sup>2</sup> 1), Nicolai, Novikow). Ich möchte hier zur Illustration nur einige Autoren sprechen lassen. So schreibt z. B. S. Passarge, Professor der Geographie, folgendes:

„Eine geradezu verheerende Wirkung übt die sog. soziale Fürsorge auf die sittliche Kraft des Volkes aus. So gut sie gemeint sein mag, so wohlthuend es auch ist, zu wissen, dass für alte und kranke Menschen gesorgt wird, die demoralisierende Wirkung ist so schlimm, dass ihr gegenüber die Vorzüge gar nicht in Frage kommen. Sparen und Sorgen für die Zukunft hören auf, Leichtsinns und Sorglosigkeit werden herangezüchtet, selbständiges Denken und Handeln, Verantwortlichkeitsgefühl, Initiative gehen verloren . . .“

„Nur das freie Walten des grausamen Kampfes ums Dasein verbürgt körperliche und geistige Gesundheit der Völker und damit Kulturfortschritt“ (S. 97 u. 98).

„Krankheiten sind in Städten zu Hause. Dunkle, feuchte Wohnräume begünstigen die Entwicklung von Krankheitskeimen in hohem Masse. Die Auslese im Jugendalter ist daher gross, und die Überlebenden sind gegen manche Krankheiten immun oder wenig empfänglich. Andererseits sind Städter wenig abgehärtet, verwöhnt, infolge Mangels schwerer körperlicher Arbeit geschwächt. Manche Seuchen wüten daher in Städten ganz besonders, zumal die Keime dort den besten Nährboden finden. So kämpfen denn Seuchen und laufende Krankheiten mit grossem Erfolg gegen Übervölkerung und körperliche Entartung<sup>2</sup>) an“ (S. 88).

„So wächst in den Fabriken, aber auch in den Häusern der Bürger und Reichen ein körperlich minderwertiges, zum Teil geistig überanstrengtes Geschlecht heran. Die ärztliche Kunst befördert diesen Entartungsvorgang ganz gewaltig. Ein grosser Teil der Frauen ist nicht mehr imstande, Kinder ohne ärztliche Beihilfe zu gebären und zu nähren. Obwohl die Kinder nicht mehr gestillt werden können, bleiben sie doch am Leben dank Soxhlet und Nährpräparaten. Die gewaltige Entwicklung der medizinischen Wissenschaft hat ferner eine Unterdrückung der Seuchen zur Folge. Pest, Pocken, Cholera u. a. m. verschwinden so gut wie ganz, die Lungenschwindsucht, eine Geissel der Familie aber Erhalterin der Volkskraft, — wird sehr stark zurückgedrängt. Alle schwächlichen Kinder bleiben leben. Kurz, es tritt nicht etwa als Abwehrmittel gegen die Ansammlung schwächerer Menschen eine vermehrte

1) Die Zahlen nach den Autorennamen geben die Reihennummern der zitierten Arbeiten der betreffenden Autoren an.

2) Meine Sperrung, auch im weiteren.

Sterblichkeit der körperlich Zurückgebliebenen ein, sondern im Gegenteil ein Zurückdrängen der so segenbringenden Krankheiten — segenbringend für das gesamte Volk, nicht für die Familie. Damit aber steigert sich die Gangart der Entartung gewaltig — die Völker der Maschinenkultur eilen mit Riesenschritten dem Untergang entgegen“ (S. 94)... „Nicht immer verkehrt der Mensch friedlich mit seinesgleichen. Persönliche, Sippen-, Stammes-, Völkerfeindschaften zwingen zur Verteidigung und zum Angriff. Die Einwirkungen solcher Feinde auf die Kultur sind mannigfaltig, und zwar nicht bloss schädigend und hemmend, vielmehr häufig auch kulturfördernd und deshalb nützlich, weil Noterfinderisch macht, weil Mut und Ehrgefühl erstarken.“

„Einmal entstehen bestimmte Geräte, die zur Verteidigung wie zum Angriff dienen...“ (S. 60).

„Auf jeden Menschen wirkt die Umwelt seit seiner Geburt ein, und das Gleiche gilt für jedes Volk. So mannigfaltig auch solche Einwirkungen sind, so lassen sie sich doch von einem einzigen Gesichtspunkt aus betrachten, nämlich von dem Gesichtspunkt der Auswahl im Kampf ums Dasein. Die für die Sachlage geeignetsten Charaktere ringen sich durch, die ungeeigneten gehen zugrunde“ (S. 122).

Der Pazifismus wird von S. Passarge als eine „verächtlich-winselnde“ Erscheinung bezeichnet (S. 100).

„Wild tobt Tag für Tag der Kampf ums Dasein in der Natur“ (S. 16). In einem Volke herrscht der Kampf ums Dasein „entweder zwischen Natur und Mensch oder zwischen Mensch und Mensch... Da nun die Kultur den Menschen vom Kampf ums Dasein mit der Natur immer unabhängiger macht, dagegen den Kampf zwischen Mensch und Mensch steigert (!), so muss auch die Kulturstufe bei der Auswahl der Charaktere eine wichtige Rolle spielen“ (S. 122).

Recht interessant und charakteristisch ist G. Schmollers, eines sehr bekannten Vertreters der Staatswissenschaften, Stellungnahme zur Frage des Kampfes ums Dasein. Er gibt wohl zu, dass die Darwinianer in dieser Frage zu Übertreibungen gelangen, aber dessenungeachtet misst auch er dem Kampfe eine allzu grosse Bedeutung zu, obgleich er ihn immerhin nur in gewissen Grenzen zur Geltung kommen lassen will. Er spricht auch von einem ungesunden Kampfe, insbesondere vom ungesunden Konkurrenzkampfe, aber er weist dabei auf keinerlei wirksame Mittel hin, durch welche ein gesunder Kampf zu erzielen wäre. Er gibt nicht näher an, welcher Kampf gesund und welcher ungesund wirkt. Wie sind da die Grenzen zu ziehen? Wer sollte den Kampf regulieren? Folgendes sei wörtlich nach Schmoller hervorgehoben:

„Wir können, indem wir diese ethische Wahrheit versuchen historisch zu formulieren, sagen: die Organisation der Stämme, Völker und Staaten beruhte

in älterer Zeit ganz überwiegend nach innen auf sympathischen, nach aussen auf antipathischen Gefühlen, nach innen auf Frieden, gegenseitiger Hilfe und Gemeinschaft, nach aussen auf Gegensatz, Spannung und jedenfalls zeitweiligem, bis zur Vernichtung gehendem Kampfe. Aber es fehlte daneben doch auch nicht der Gegensatz im Inneren der Stämme, die friedliche Beziehung nach aussen. Nur überwog, je roher die Kultur war, das Umgekehrte. Je höher sie stieg, je grösser die Gruppen, Stämme und Völker wurden, desto mehr milderte sich auch der gemeinsame Kampf nach aussen, desto häufiger trat auch in den Beziehungen der Völker untereinander an die Stelle der Kämpfe und der Vernichtung die friedliche Arbeitsteilung, die Anpassung, die gegenseitige Förderung. Im Inneren aber der gefestigten grösseren Gemeinschaften musste den kleineren Gruppen und Individuen nun ein etwas grösserer Spielraum der freien Selbstbetätigung und damit weiteren Streites eingeräumt werden; es entstand hier ein gewisser Kampf der Gemeinden, der Familien, der Unternehmungen, der Individuen, der aber stets in den Grenzen sich bewegte, welche durch die überlieferten sympathischen Gefühle, durch die gemeinsamen Interessen, durch Religion, Sitte, Recht und Moral gezogen wurden. So handelt es sich um eine fortschreitende historische Verschiebung der Gruppierung und der Kampf- und Friedensbeziehungen der einzelnen Gruppen untereinander, um eine wechselnde Normierung und Zulassung der Kampfpunkte, der Kampfarten und der Kampfmittel. Niemals hat der Kampf schlechtweg geherrscht; er hätte zum Kriege aller gegen alle, zur auflösenden Anarchie geführt, er hätte niemals grössere soziale Gemeinschaften entstehen lassen; er hätte durch die Reibung der Elemente untereinander jede grosse menschliche Kraftzusammenfassung und damit die grossen Siege über die Natur, die Siege der höheren Rasse über die niedrigere, der besser über die schlechter organisierten Gemeinwesen verhindert. Niemals hat aber auch der Friede allein geherrscht; ohne Kampf zwischen den Stämmen und Staaten wäre keine historische Entwicklung entstanden, ohne Reibung im Inneren der Staaten und Volkswirtschaften wäre kein Wettstreit, kein Eifer, keine grosse Anstrengung möglich gewesen.“

„... Überall herrschen zwischen denselben Personen und Gruppen heute feindliche, morgen freundliche Beziehungen; man liebt sich heute, wirkt zusammen, fördert sich, und morgen hasst und beneidet, bekämpft und vernichtet man sich. Die zwei Seiten aller Menschennatur konnten nur durch dieses Doppelspiel der egoistischen und der sympathischen Willensanstösse entwickelt werden: die Tatkraft konnte nur durch die kraftvolle Selbstbehauptung, die gesellschaftlichen Instinkte konnten nur durch Frieden und Streitvermeidung ausgebildet werden... Der kollektive Kampf war stets nur durch die Gemeinschaft möglich... Alle staatliche, zumal alle kriegerische Organisation und Disziplin konnte nur durch starke Verbote und Einschränkungen des individuellen Daseinskampfes entstehen, welche gewiss oftmals den Fähigeren und Stärkeren hinderten, den Schwächeren zu vernichten. Aber das tat nichts; denn die Kindersterblichkeit, die Krankheiten, der Kampf mit den Tieren und den fremden Stämmen, die wirtschaftliche Konkurrenz schafften Auslese genug. Und nicht aller menschliche Fortschritt beruht doch auf der Auslese...“

„Man wird sich stets erinnern, dass nur ein gewisses Mass des Streites

und Kampfes die Energie und Tatkraft fördert, ein weiteres diese Eigenschaften auch lähmen kann. Schutzmassregeln, Erziehung, Wettkämpfe beschränkter Art können für viele Kreise richtiger sein, auch die Energie mehr fördern als überharte, erschöpfende und tötende Kämpfe. In jeder zivilisierten Gesellschaft findet eine fortwährende Ethisierung aller Kämpfe statt. Selbst die kriegführenden Truppen unterwerfen sich den Satzungen des Völkerrechts.“

„Der Kampf hört damit nicht auf, und er soll nicht aufhören (!!). Jedes Individuum und jede Gruppe will sich behaupten, will leben, sich ausdehnen, an Macht zunehmen. Jede starke, irgendwo sich sammelnde Macht kommt in Konflikt mit den überlieferten Ordnungen, will sie zu ihren Gunsten ändern. Das geht nicht ohne Streit, und insofern ist dieser der Ausdruck des Lebens, der Neubildung, des Fortschrittes. Es ist das Recht des Kräftigeren und Besseren zu siegen; aber jeder solche Sieg soll nicht bloss das Individuum, sondern zugleich die Gesamtheit fördern. Ist es für diese besser, dass über dem Sieg einzelne zugrunde gehen, so muss das in den Kauf genommen werden. Wie in den grossen Kämpfen der Geschichte ganze Völker und ganze Klassen, so müssen zu schwache, zurückgebliebene Familien und Personen im wirtschaftlichen und sozialen Kampfe des Lebens untergehen. Verkommene Aristokratien, verkümmerte Mittelstände, tief gesunkene Schichten des Proletariats sind zeitweise so wenig zu retten als an gewissen Stellen körperlich und geistig schwache Individuen. Die Ausstossung des Unvollkommenen ist der Preis des Fortschrittes in der Entwicklung...“

„So unzweifelhaft es immer Kämpfe wird geben müssen, so sicher ist es oft die Aufgabe der Politik, sie zu mildern und das Entwicklungsfähige zu retten. Die Hoffnung der Sozialdemokratie, dass es je eine Zeit ohne Konkurrenz, ohne Kampf, ohne Krieg geben werde, ist so einseitig und so falsch, als die Freude des zynischen Aristokraten und Millionärs, der das Elend der Massen nur als die notwendige Folge ihrer Schwäche und Fehler, seinen Besitz als die Folge seiner Eigenschaften ansieht...“

„Die Gefahr, dass wir durch Sitte, Moral und Recht, durch den Schutz der Schwachen eine einschläfernde Streitlosigkeit erzeugen, ist zumal in unserer Zeit sehr gering. Die heutige wirtschaftliche Konkurrenz ist gegen früher so enorm gewachsen, dass die weitgehendsten sozialen Reformen und Schutzmassregeln den schwächeren Elementen der Gesellschaft den Schutz und die Hilfe noch nicht geben, die sie früher hatten. Auch in der humanisierten Gesellschaft wird mit immer dichter Bevölkerung der Kampf um Ehre, Besitz, Einkommen, Macht nicht aufhören, so wenig wie der Kampf zwischen den sozialen Gruppen und den Staaten aufhören wird, der in gewissem Sinne eben deshalb berechtigter ist, als er stets die einzelnen, die Glieder einer Klasse, die Bürger eines Staates zusammenfasst, sie nötigt, ihre kleinlichen egoistischen Leidenschaften zurückzudrängen und für Gesamtinteressen materieller und idealer Art einzutreten. Damit wird der Streit zurückgedrängt, der Patriotismus belebt, die sittlichen Kräfte geschult und gefördert. Grosse Kriege — solche mit günstigen und solche mit ungünstigen Erfolgen — wurden für die Völker oftmals die Ausgangspunkte innerer Reform und neuen wirtschaftlichen Aufschwunges“ (Volkswirtschaftslehre I, S. 65 ff.).

Es seien noch einige Sätze von Otto Jaeckel, Professor der Geologie und Paläontologie, angeführt:

„Schwerer noch wird es den Organismen wie den Staaten, ihren Platz gegen ihre lebenden Umwohner zu behaupten. Es ist gut, darin klar zu sehen, dass in der freien Natur dieser Kampf in der schärfsten Form gegenseitiger Verdrängung und Vernichtung der Normalzustand ist. Dass uns die Natur meist friedlich erscheint, liegt nur an unserer Kurzsichtigkeit. Das blaue Meer erscheint uns still wie ein Grab, und doch wimmelt es von Lebewesen aller Art und Grösse, die sich ständig bekämpfen. Auch im ruhigen Walde herrscht ständiger Krieg unter den Blättern und Büschen. Das Verhältnis zwischen den kleineren und grösseren regelt sich mit tödlicher Sicherheit zu einem Fressen oder Gefressen werden... Innerhalb gleicher oder verwandter Arten nimmt auch in der Natur der Kampf die schärfsten Formen an, weil beide Parteien die gleichen Ziele verfolgen. Das ist naturgemäss und wird durch die schönsten Wünsche nicht aus der Welt geschafft. Ruhige Kampfbereitschaft bildet überall noch die zuverlässigste Bürgschaft für den Frieden, der allen philanthropischen Ideen zum Trotz ein unnatürliches Kunstprodukt menschlicher Kultur bleibt. Wir sind eben keine Pflanzen und wären wir in der Lage, wie sie zu leben, so würde der Kampf um die Nahrung doch nicht aufhören, weil sie nicht schnell genug nachwüchse. Wenn uns der Kampf ums Dasein nicht dezimierte, dann müssten wir unsere Kinder selbst totschiagen“ (S. 22 u. 23).

Inwiefern soll das Totschiagen der Erwachsenen im Kriege besser sein als das Totschiagen der Kinder? Ob das „Totschiagen“ der Kinder nicht schon sowieso geschieht (schlechte Pflege!) und ob es nicht human durchführbar wäre (Einschränkung der Geburten!), davon spricht unser Lobpreiser des grausamen Kampfes nicht. Wir sehen, dass selbst der Krieg als eine ganz in der Ordnung liegende Erscheinung betrachtet wird. Sie werde nur ethisiert (nach den Satzungen des Völkerrechts geführt!). Wenn der Krieg nun mal zum gesunden sozialen Leben gehört, warum wäre denn irgendein anderer grausamer Kampf (Raubmord u. s. w.) unerlaubt? Wird irgendein Krieg durch die „Ethisierung“ ungrausam und milde?! Zu viele Fragen lassen die Anhänger des grausamen Kampfes offen.

Zu den Anhängern des grausamen Kampfes gehören viele berühmte Gelehrte und Feldherren (siehe Hertwig 2, Nicolai, Novikow). Es ist höchst beachtenswert, dass nicht nur viele Philosophen, Naturwissenschaftler und kriegführende Personen, sondern selbst Theologen, welche angeblich die Lehre von der Nächstenliebe predigen, zu Anhängern des grausamen Kampfes, ja sogar des Krieges gehören (siehe Fülster).

Die Meinungen der Anhänger des grausamen Kampfes sind

oft ziemlich überzeugend vorgeführt, und deshalb scheint selbst der unbarmherzigste Kampf in der Tat ganz in der Ordnung der Dinge zu sein. Der Kampf herrsche in der ganzen Natur und ohne den Kampf sei kein Fortschritt. Die Grausamkeit des Kampfes in der Natur ist nun in der Tat nicht zu leugnen: zahlreich sind die Parasiten und Raubtiere, ungeheuer viele Pflanzen sterben durch die Beschattung u. s. w.

Es will scheinen, als ob G. Schmöller in der Tat recht habe, wenn er schreibt, dass der Kampf, selbst der grausamste, bestehen müsse und dass man nur dafür zu sorgen habe, dass er nicht allzu heftig werde. Wir hören ja so oft von einem goldenen Mittelwege, und es will scheinen, dass man auch in dem Daseinskampfe nur einen goldenen Mittelweg anzustreben hat. Gewissermassen wird von dem goldenen Mittelwege selbst in der Wissenschaft gesprochen, wobei er als das Optimum bezeichnet wird. Es ist allgemein bekannt, dass in bezug auf die Ernährung das Optimum — der goldene Mittelweg — gültig ist: nicht nur zu wenig, sondern auch zu viel Nahrung ist schädlich, und nur eine gewisse mittlere Quantität ist für das gesunde Leben am besten und deshalb zu erstreben. Eine zu hohe Temperatur ist ebenso schädlich wie eine zu niedrige, und nur eine gewisse mittlere Wärme ist für den Ablauf der Lebensvorgänge am günstigsten — optimal. Das Optimum ist gültig in bezug auf die körperliche und geistige Arbeit, auf die Erholung, auf das Geschlechtsleben und auf andere Lebensbedingungen. Es will deshalb ganz natürlich erscheinen, dass auch für den Daseinskampf ein gewisses Optimum oder der goldene Mittelweg gültig sei und dass so etwas ganz in der Ordnung der Dinge liege. Aber zahlreich sind auch die Meinungen, die auf entgegengesetztem Standpunkte stehen. Wo ist die Wahrheit? Das lässt sich nicht anders feststellen, als wenn wir das ganze Naturleben möglichst vollständig in Betracht ziehen und sehen, wie der Kampf in der Natur verläuft. Erst wann es uns klar ist, wie der Kampf ums Dasein in der Natur verläuft, können wir einen richtigen und begründeten Schluss in bezug auf den Kampf zwischen den Menschen ziehen.

### **Was ist „der Kampf ums Dasein“?**

Die meisten Menschen, welche den grausamen Kampf mit dem Schlagworte „der Kampf ums Dasein“ für berechtigt anse-

hen, wissen gar nicht, was man eigentlich unter dem Begriffe „Kampf ums Dasein“ in der Wissenschaft versteht. Wir müssen uns deshalb darüber klar werden, was man unter diesem Begriffe zu verstehen hat. Darwin I hat, wie er selbst schreibt, diesen Begriff „in einem weiten und metaphorischen Sinne“ aufgefasst. Es ist nach ihm unter dem Kampfe ums Dasein ein Kampf „mit feindlichen Bedingungen“, d. h. mit allerlei Faktoren, welche das Leben und die Fortpflanzung zu beeinträchtigen bestrebt sind, zu verstehen. Das ist keineswegs nur ein Kampf mit anderen Organismen, sondern ebenfalls ein Kampf mit den Fährlichkeiten der leblosen Natur, mit den ungünstigen klimatischen Faktoren (Kälte, Hitze, Dürre, Stürme, Glatteis u. s. w.), mit ungünstigen Bodenverhältnissen, mit Überschwemmung u. s. w. Darwin schreibt: „Man kann mit Recht sagen, dass zwei hundartige Raubtiere in Zeiten des Mangels um Nahrung und Leben miteinander kämpfen. Aber man kann auch sagen, eine Pflanze kämpfe am Rande der Wüste um ihr Dasein gegen die Trockenheit, obwohl es angemessener wäre zu sagen, sie hänge von der Feuchtigkeit ab. Von einer Pflanze, welche alljährlich tausend Samen erzeugt, unter welchen im Durchschnitte nur einer zur Entwicklung kommt, kann man noch richtiger sagen, sie kämpfe ums Dasein mit anderen Pflanzen derselben oder anderer Arten, welche bereits den Boden bekleiden“ (S. 85). Also besteht der Kampf ums Dasein:

- 1) zwischen den Organismen und den unbelebten oder anorganischen Widerwärtigkeiten und Gewalten,
- 2) zwischen verschiedenen Organismen (Abhängigkeit der Lebewesen voneinander).

Darwin hat ganz richtig eingesehen, dass der Kampf mit den anorganischen Faktoren oder Naturgewalten besonders wichtig ist. Zum Kampfe ums Dasein gehört nach Darwin „nicht allein das Leben des Individuums, sondern auch die Sicherung seiner Nachkommenschaft“ (S. 84). Nun hat das Klima „einen wesentlichen Anteil an Bestimmung der durchschnittlichen Individuenzahl einer Art, und ich glaube, dass ein periodischer Eintritt von äusserster Kälte oder Trockenheit zu den wirksamsten aller Hemmnisse gehört“ (S. 90)... „insofern aber das Klima hauptsächlich die Nahrung vermindert, veranlasst es den heftigsten Kampf zwischen den Individuen, welche von derselben Nahrung leben, mögen sie nun einer oder verschiedenen

Arten angehören“ (S. 91). Unter günstigeren Verhältnissen wird eine „ungeheure Zerstörung“ durch die Konkurrenz um Nahrung oder Wohnort hervorgerufen. Wenn aber die äusseren Lebensbedingungen hart und ungünstig werden, so tritt an Stelle der Konkurrenz mit Lebewesen der Kampf gegen die ungünstigen unbelebten Faktoren in den Vordergrund. „Erreichen wir endlich die arktischen Regionen oder die schneebedeckten Bergspitzen oder vollkommene Wüsten, so findet das Ringen ums Dasein hauptsächlich gegen die Elemente statt“ (Darwin 1, S. 92; namentlich gegen die Kälte u. s. w.). Es ist ohne Zweifel klar, dass durch die Kälte, Dürre, Überschwemmungen, Waldbrände und andere Faktoren der unbelebten Natur ungeheuer viele Lebewesen vernichtet werden. Trocknet z. B. im Frühling eine Pfütze aus, so können dabei Tausende von Froscheiern u. s. w. untergehen. Durch strenge und langdauernde Winterkälte erliegen grosse Mengen von kleinen Vögeln (Drosseln, Meisen, Amseln u. a.). Überhaupt ist der Kampf mit den unbelebten Naturfaktoren gar nicht zu unterschätzen (siehe auch Кропоткин, Wiman, Hesse 1, Abel 1, 2).

Neben dem Kampfe mit den ungünstigen Bedingungen der unbelebten Natur hat jeder Organismus den Kampf mit anderen Organismen auszufechten. Man kann dabei zwischen direktem und indirektem Kampfe unterscheiden. Bei dem direkten Kampfe wird das Leben des Organismus unmittelbar durch feindliche Angriffe gefährdet, und es sind darunter die Kämpfe zwischen den Raub- und Beutetieren, die Kriege zwischen den Ameisenvölkern und zwischen den menschlichen Staaten u. ä. zu verstehen. Bei dem indirekten Kampfe finden keine feindlichen Angriffe statt, aber dessenungeachtet ist selbst in diesem Kampfe die Vernichtung oft sehr gross. Den indirekten Kampf kann man als Konkurrenz oder Wettbewerb bezeichnen. Die verschiedensten Organismen konkurrieren miteinander um Nahrung, um denselben Wohnort, um Licht, Luft, Wärme u. s. w. Sehr deutlich ist die Konkurrenz in einem jungen Walde zu beobachten. In einem 15–20-jährigen gesäten Kiefernwalde kann man z. B. Individuen von verschiedener Grösse finden. Einige Kiefern wachsen üppig, sind hoch, haben eine grössere Anzahl von grünen Zweigen und einen ziemlich dicken Stamm. Ein grosser Teil der Kiefern ist dagegen schwächer entwickelt, ist niedriger, dünner und hat weniger Zweige. Nun ist es aber sehr vielen jungen Bäumen so

schlecht ergangen, dass sie nur einzelne grüne Zweige haben, recht dünn und niedrig geblieben oder schon ganz abgestorben sind. Es hat zwischen den wachsenden Kiefern eine heftige Konkurrenz um das Licht bestanden, und die vorläufig etwas langsamer wachsenden Bäumchen sind von den schneller wachsenden beschattet worden. Da aber die Pflanzen ohne genügendes Licht nicht wachsen können, so sterben die schwächeren ab. Solch eine Konkurrenz um das Licht findet in jedem Walde, wo die Bäume zu dicht wachsen, statt. Und der Wettstreit im Walde ist dermassen weitreichend, dass von 1000 Sämlingen gewöhnlich nur ein einziger oder nur wenige zu grossen Bäumen aufwachsen können. Also in jedem Walde, der uns so schön erscheint, findet eine grausame vernichtende Konkurrenz in sehr hohem Grade statt (s. Морозов). Eine ganz ähnliche Konkurrenz sehen wir auch auf einer Wiese u. s. w.

Zwischen den Tieren, insbesondere zwischen denen, welche unter ähnlichen Bedingungen leben, dieselbe Nahrung und Wohnung beanspruchen, besteht oft eine heftige Konkurrenz. So werden z. B. viele australische Beuteltiere von den Kaninchen, Schafen und Rindern verdrängt. „So wurde z. B. *Plagiolepis longipes* vor längerer Zeit aus Cochinchina nach der Insel Réunion verschleppt und hat daselbst eine Reihe der hier ansässigen Ameisenarten vertrieben; ferner hat die aus Südamerika stammende sogenannte argentinische Ameise, *Iridomyrmex humilis*, in den Vereinigten Staaten, wo sie vor einigen Dezennien eingeschleppt wurde, sich in erschreckender Weise ausgebreitet und ist zu einer ernststen Plage geworden; dabei hat sie ebenfalls viele der heimischen Ameisen verdrängt“ (K. Eschrich 1). „So weichen die endemischen Vögel Neu-Seelands vor Amsel, Star und Stieglitz; so räumen fast überall auf der Südhalbkugel die eingeborenen Regenwürmer den eingeschleppten Lumbriciden das Feld“ (R. Hesse 1). Die weisse Rasse hat die Indianer in Amerika nicht nur durch den direkten Kampf, sondern in hohem Masse auch durch die Konkurrenz beinahe verdrängt. In der gleichen Weise werden verschiedene Tiere von dem Menschen wenigstens teilweise durch die Konkurrenz verdrängt (teilweise auch durch direkten Kampf).

Wie wir schon gesehen haben, ist nach Darwin unter dem Kampfe ums Dasein nicht nur der Kampf um das individuelle Leben, sondern noch insbesondere die Sicherung der Nach-

kommenschaft zu verstehen, und gerade die Sicherung der Nachkommenschaft wird von ihm als noch wichtiger bezeichnet. Zur Kampffrage schreibt er (2, S. 184) noch folgendes:

„Bei hochzivilisierten Nationen hängt der beständige Fortschritt in untergeordnetem Grade von der natürlichen Zuchtwahl ab; denn solche Nationen verdrängen und vertilgen einander nicht, wie wilde Stämme es tun. Nichtsdestoweniger werden im Laufe der Zeit die intelligenteren Mitglieder innerhalb derselben Gemeinschaft besser vorwärtskommen als die geringer beanlagten, und eine zahlreichere Nachkommenschaft hinterlassen, und dies ist eine Form der natürlichen Zuchtwahl. Die wirksamsten Ursachen des Fortschritts scheinen in einer guten Erziehung während der Jugend, wenn das Gehirn noch eindrucksfähig ist, zu bestehen, ferner in einem hohen Massstabe der Vortrefflichkeit, wie er sich in dem Charakter der tüchtigsten und besten Menschen ausprägt, sich in den Gesetzen, Sitten und Traditionen der Nation verkörpert und von der öffentlichen Meinung verstärkt wird.“

Also können wir sagen, dass irgendeine Art, Gattung, Varietät, Rasse, irgendein Volk u. s. w. erfolgreich im Kampfe ums Dasein ist, wenn sich die betreffende systematische Einheit relativ stark vermehrt. Es ist ausserordentlich wichtig im Auge zu behalten, dass gerade der Erfolg in der Fortpflanzung entscheidend ist. Eine Art oder ein Volk kann wohl sehr stark und mächtig sein, aber wenn das Volk sich schwach fortpflanzt, so dass es verhältnismässig oder relativ in der Abnahme begriffen ist, dann wird es im Kampfe ums Dasein immer mehr zurückgedrängt. Einer zu schwachen Fortpflanzung kann rasch das Aussterben folgen. Es ist beachtenswert, dass die Verdrängung z. B. eines sich schwächer fortpflanzenden Volkes durch ein sich stärker fortpflanzendes ziemlich schnell vor sich gehen kann. Es seien zwei Völker oder Volksschichten A und B im Anfang in der gleichen Zahl vorhanden, also 50 % der Gesamtzahl. Wenn nun in der A-Gruppe auf jede Familie durchschnittlich 3 Kinder aufgezogen werden und zur Fortpflanzung kommen, in der B-Gruppe dagegen 4 Kinder, so steigt die Zahl der B-Gruppe im Verhältnis zur A-Gruppe ziemlich schnell. Obgleich dabei die A-Gruppe sogar wächst, wird sie dennoch von der B-Gruppe bald in den Hintergrund gedrängt. Es sind die relativen Mengen der A- und B-Gruppe nach 100 und 300 Jahren berechnet worden

bei der Annahme, dass die Dauer einer Generation 33 Jahre beträgt (F. Lenz):

	A-Gruppe	B-Gruppe
Im Anfang	50 %	50 %
Nach 100 Jahren	28 %	72 %
Nach 300 Jahren	7 %	93 %

Wenn also die A-Gruppe in jeder Familie 3 Kinder, die B-Gruppe dagegen 4 Kinder grosszieht, so wird nach 300 Jahren die A-Gruppe schon mehr als 13-mal kleiner sein, als die B-Gruppe, obgleich beide im Anfange gleich waren! Ein Mensch kann im wirtschaftlichen Konkurrenzkampf sehr erfolgreich sein, er kann sehr reich und alt werden, aber wenn er keine Kinder hinterlässt, so ist er „aus dem Leben der Rasse ein für allemal ausgemerzt“ (Siemens). Der biologische Kampf ums Dasein ist somit nicht das, was der wirtschaftliche Kampf ist. Natürlich, ohne einen gewissen Erfolg im wirtschaftlichen Kampfe wird man keine Kinder aufziehen können, aber ein grosser Erfolg im wirtschaftlichen Konkurrenzkampf bürgt noch keineswegs dafür, dass viele Kinder aufgezogen werden. „Es ist deshalb in hohem Masse irreführend, den Ausdruck „Kampf ums Dasein“, wie das so oft geschieht, auf das wirtschaftliche Leben anzuwenden. Dass ein Mensch durch Klugheit und Tatkraft im sozialwirtschaftlichen Wettkampf siegreich ist, schliesst nicht im geringsten aus, dass er im „Kampf ums Dasein“ unterliegt. Denn der „Kampf ums Dasein“ ist ein biologischer Begriff, und der Sieg im Kampf ums Dasein besteht niemals in etwas anderem als darin, dass der Sieger mehr Kinder hat als der „Ausgemerzte“. Der Kampf ums Dasein ist also letzten Endes ein „Geburtenkampf““ (H. W. Siemens). Mit dem Worte „Geburtenkampf“ hat Siemens den Kampf ums Dasein wohl treffend charakterisiert, da der Erfolg im Daseinskampfe in der Tat letzten Endes nach der Vermehrung zu messen ist. Die Vermehrung aber hängt von den Geburten und vom Erfolge im Aufziehen der Nachkommenschaft ab. Es wäre noch treffender, den Kampf ums Dasein als Vermehrungskampf zu bezeichnen. Dabei haben die Organismen um die Nahrung, gegen Naturgewalten, Feinde u. s. w. zu „kämpfen“.

Wie Siemens ganz richtig schreibt, ist „der Kampf ums Dasein“ ein biologischer Begriff, und er ist dem wirtschaftlichen

Kämpfe, den Kriegen u. s. w. nicht gleichzusetzen. Um nun vom Kampfe ums Dasein eine möglichst richtige Vorstellung zu erhalten, ist es notwendig, diesen Vorgang in der Natur einer möglichst gründlichen Betrachtung zu unterziehen. Wie hat das ganze Leben im Laufe der geologischen Perioden ums Dasein gekämpft und wie kämpft es noch jetzt? Man wird die Wahrheit eher erkennen, wenn man nicht nur nach den menschlichen Kämpfen oder nach den Kämpfen der Tiere und Pflanzen in der Gegenwart urteilt, sondern auch das ganze Leben der Vergangenheit möglichst weitgehend in Betracht zieht. Wenn wir nicht nur von den jetzigen Daseinskämpfen, sondern auch von denen während der vielen früheren Jahrtausenden ausgehen, erhalten wir eine breite Basis, um eine richtige Vorstellung davon zu gewinnen, wie der Kampf ums Dasein vor sich geht und welche Kampfmethoden die erfolgreichsten sind. Erst auf Grund des Lebens im Laufe der langen früheren Zeitperioden und in der ganzen jetzigen Natur wird uns der Kampf ums Dasein in richtigem Lichte erscheinen, und erst dann werden wir entscheiden können, welche Kampfarten in der menschlichen Gesellschaft anzuwenden sind.

## II.

### **Die Masse und der Kampf ums Dasein.**

Um vom Kampfe ums Dasein eine bessere und richtigere Vorstellung zu gewinnen, ist es äusserst wichtig festzustellen, mit welchem Erfolge dieser oder jener Organismus ums Dasein kämpft. Es ist nun eine Frage, nach welchen Kriterien man den Erfolg festzustellen hat. Zum Teil lässt sich diese Frage einfach lösen. Haben wir es z. B. mit einer bestimmten Art zu tun, so ist es am einfachsten, nach der Individuenzahl zu urteilen. Wenn z. B. die Individuenzahl der Füchse auf der Erde abnimmt, so kämpft diese Art unter den gegebenen Bedingungen keineswegs erfolgreich, und man wird gerade zahlenmässig feststellen können, mit welchen Resultaten der Kampf ums Dasein verläuft. Leider sind aber bisher noch wenig genauere Angaben vorhanden, um selbst in bezug auf eine bestimmte Art den Erfolg im Kampfe zahlenmässig festzustellen. Nur wenige Arten sind in solchem Masse erforscht, dass man von diesem Erfolge eine ziemlich gute Vorstellung haben kann. Unter anderem lässt es sich ziemlich befriedigend feststellen, mit welchem Erfolge der Kampf zwi-

schen den Menschenrassen und auch zwischen den Völkern stattfindet.

Das Urteilen wird schwieriger, wenn wir Organismen verschiedener Arten, insbesondere solche von sehr abweichender Grösse und Form, zu vergleichen haben. Wir möchten z. B. wissen, ob in einem gegebenen Zeitintervall die Fledermäuse im Kampf ums Dasein erfolgreicher sind als die Termiten. Wir möchten wissen, welche von ihnen eine wichtigere Stellung im Naturleben einnehmen. Einfach nach der Individuenzahl der Fledermäuse und der Termiten zu urteilen, wäre nicht richtig, da diese Tiere zu verschieden sind. Am einfachsten und leichtesten lässt es sich feststellen, welche Stelle im Naturleben diese oder jene Art einnimmt, wenn man die betreffenden Arten nach ihrer Masse oder nach ihrem Gewichte beurteilt. Das Gesamtgewicht aller Individuen bildet die bequemste Grundlage zum Vergleichen, obgleich selbst diese Methode gewisse Mängel hat (bei vielen Formen bilden die abgestorbenen Stütz- und Schutzbestandteile grosse Massen!). Wenn nun eine Tier- oder eine Pflanzenart mit einem grossen Gesamtgewichte oder einer grossen Masse vertreten ist, so ist sie im Kampfe ums Dasein erfolgreich, und umgekehrt, ist die Masse einer Art gering, so hat sie im Kampfe wenig Erfolg. Wenn man z. B. feststellt, dass der Haussperling auf der Erde mit grösserem Gesamtgewicht vertreten ist, als der Pirol, so wird man sagen können, dass unter den heutigen Verhältnissen der Sperling im Kampfe ums Dasein erfolgreicher ist, da er eine wichtigere Stellung in der Natur einzunehmen und sie zu behaupten imstande gewesen ist. Wenn wir nur die Massen eines Zeitpunktes miteinander vergleichen, so werden wir jedenfalls kein vollständiges Bild vom Daseinskampfe erhalten. Es kann z. B. eine Art mit grosser Masse in schneller Ahnnahme, eine andere Art mit kleinerer Masse dagegen in schneller Zunahme begriffen sein. In solch einem Falle verläuft der Daseinskampf der Art mit grosser Masse mit geringerem Erfolge und umgekehrt.

Erst dann können wir uns also den Verlauf des Kampfes richtig vorstellen, wenn wir nicht nur die Massen eines Zeitpunktes, sondern noch das in Betracht ziehen, wie sich die Masse dieser oder jener Art im Laufe der Zeit ändert. Das Vergleichen der Massen eines bestimmten Zeitpunktes kann uns nur zeigen, welche Stellung diese oder jene Tier- oder Pflanzenart ein-

zunehmen und zu behaupten imstande gewesen ist. Jedenfalls erst durch das Vergleichen der Massen oder der Gesamtgewichte wird man genauer feststellen können, wie der Kampf ums Dasein verläuft.

Gewiss sind wir noch sehr weit davon entfernt, die Massen der verschiedensten Tier- und Pflanzenarten zu ermitteln. Sehr oft werden wir nur nach dem allgemeinen Eindrücke zu urteilen haben, und nur in wenigen Fällen sind genauere Angaben vorhanden. Aber dessenungeachtet ist das Vergleichen auf dieser Grundlage durchaus nicht ganz hoffnungslos. Wir werden oft grosse systematische Einheiten in Betracht ziehen, und gewöhnlich sind die Unterschiede dabei genügend gross, um wenigstens eine für unsere Zwecke befriedigende Antwort auf unsere Frage zu erhalten. Im grossen und ganzen wird das Bild, wie die Lebewesen den Kampf ums Dasein führen und welche Kampfmethoden die erfolgreichsten sind, unverkennbar deutlich sein.

Ich habe keine Arbeiten gefunden, welche die Frage des Daseinskampfes von dem eben hier aufgestellten Standpunkt behandelt hätten. Hier will ich eine systematische Behandlung der Frage nur in den Hauptzügen vornehmen.

### **Bakterien.**

Es ist sehr wahrscheinlich, dass die Bakterien zu den ersten Organismen gehören (Osborn). Es sind Bakterien in der Tat in sehr alten Erdschichten gefunden worden. Walcott hat in Montana in den proterozoischen Schichten (1913, algonkische Kalksteine) Bakterien entdeckt (siehe Schuchert).

Obleich winzig klein, mit unbewaffnetem Auge ganz unsichtbar, spielen die Bakterien in der Natur eine recht grosse Rolle. Einige von den krankheitsregenden Bakterien gehören zu den am meisten gefürchteten Feinden des Menschen. Wo nur das Leben möglich ist, sind überall Bakterien zu finden. Nicht nur in allerlei Wasserbecken, in der Erde und in der Luft, sondern selbst im Darmkanal der Tiere und parasitierend in den tierischen und pflanzlichen Geweben sind sie vertreten.

Die Bakterien können sich unter günstigen Bedingungen sehr schnell fortpflanzen. Oft können aus einer Bakterie schon nach je 20 Minuten durch Teilung zwei entstehen. Es scheint, als wäre das gar keine besonders schnelle Fortpflanzung, aber wenn

man nachrechnet, so findet man, dass schon nach 15 Stunden aus einer einzigen Bakterie über 10 Milliarden entstanden sind. Nach weiteren 15 Stunden können aus jeder von ihnen wieder über 10 Milliarden neue Individuen entstehen! Die Vermehrungsgeschwindigkeit ist also geradezu ungeheuer gross. Die Berechnungen zeigen uns, dass schon die Nachkommenschaft einer einzigen Bakterie nach einigen Tagen die ganze Erdoberfläche einnehmen könnte, wenn sie nur günstige Lebensbedingungen vorfände. Die Nachkommenschaft einer einzigen Bakterie könnte nach ganz wenigen Tagen Massen bilden, die der ganzen Erdmasse gleichkommen.

Es fragt sich nun, mit welchem Erfolge diese sehr frühzeitig entstandenen und mit ausserordentlich grosser Fortpflanzungsfähigkeit versehenen Organismen ums Dasein kämpfen? Sind sie sehr massenhaft vorhanden und nehmen sie in der Natur eine dementsprechend wichtige Stellung ein? Da die Bakterien sich ausserordentlich schnell fortpflanzen, so könnten sie sehr massenhaft vorkommen. Die Untersuchungen haben aber gezeigt, dass die Bakterien der Masse nach keine allzu bedeutende Stellung einnehmen. Zahlreich sind sie wohl überall anzutreffen, aber da sie winzig klein sind, so bilden sie jedenfalls nur ziemlich unansehnliche Massen. Verschiedene Pflanzen kommen in grossen Massen vor (Wälder, Gebüsche, Wiesen u. s. w.), ebenso sind verschiedene Tiere in grossen Herden, Scharen u. s. w. vertreten. Die Bakterien sind aber nur sehr selten in grossen Massen zu finden (in Abwässern). In erster Linie wollen wir in Erfahrung bringen, wie zahlreich die Bakterien im Meere sind. Das Meer nimmt den grössten Teil der Erdoberfläche ein (beinahe dreiviertel der ganzen Erdoberfläche), und im Meere gedeiht ein reiches Leben, sogar des grösseren Teiles aller Lebewesen, der Masse nach gerechnet. Wenn nun die Bakterien im Meere sehr massenhaft vorkämen, so würden sie in der Lebewelt der Erde eine sehr wichtige Stelle einnehmen. Im Meere sind die Bakterien nur stellenweise reichlicher vertreten (s. Steuer). So sind z. B. die Bakterien zahlreicher zwischen den Azoren und Portugal, wo die Bank Gorringe mit ihrer üppigeren Tierwelt gelegen ist. Im Meerwasser sind Bakterien reichlicher in den oberflächlichen Schichten vertreten, wo überhaupt die meisten Meeresorganismen (insbesondere die sogenannten schwebenden Planktonorganismen) vorkommen. Die

Wasserproben grösserer Tiefen sind sehr keimarm. Nach Fischer sind bis 200 Meter Tiefe in 1 Liter Meerwasser durchschnittlich 785.000 Bakterien enthalten. Obgleich die Zahl, über  $\frac{3}{4}$  Millionen, gross ist, so ist die Masse doch unbedeutend. In 20 Kubikmetern Meerwasser wird man nur 15.700 Millionen Keime finden können, welche aber nur 15,7 cmm Raum, d. h. nicht ganz den 64-ten Teil eines Kubikzentimeters einnehmen (zit. nach Steuer). Verschiedene andere pflanzliche und tierische Organismen sind im Meerwasser viel massenhafter vertreten, als die Bakterien. Die Bakterienmasse wird geradezu als überraschend klein bezeichnet, da sie wenigstens 25 mal kleiner gefunden worden ist, als die Masse der Organismen des Netzplanktons (s. Lohman 2). In den Seen von Wisconsin bilden die Bakterien 160 bis 3000 mal weniger organische Substanz als die Protisten, die Einzelligen (Birge und Juday). Es ist also nachgewiesen worden, dass die Bakterien der Masse nach in den Meeren und Seen nur einen kleinen Bruchteil der Lebewesen ausmachen.

Recht zahlreich sind die Bodenbakterien (siehe Горовиц, Омелянский). In einem gut gedüngten Boden kommen auf 1 gr der Erde bis 100 Millionen Bakterien. Die Durchschnittszahlen sind jedenfalls noch viel niedriger. In einem Kubikzentimeter sind folgende Mengen von Bakterien enthalten:

in Walderde	1) auf der Oberfläche	600.000
	2) 1 Meter tief	128.000
in Wiesenerde	1) auf der Oberfläche	1.400.000
	2) 1 Meter tief	134.000
in Ackererde	1) auf der Oberfläche	1.500.000
	2) 1 Meter tief	330.000

In einer Tiefe von 4 Metern sind gewöhnlich fast keine Bakterien mehr vorhanden. Da die Zahl der Bakterien mit der Tiefe schnell abnimmt und da sie sich nur in der ziemlich dünnen Oberflächenschicht finden, so bilden sie auch in der Erde keine besonders beachtenswerten Massen. Bei den entsprechenden Untersuchungen und Berechnungen würde es sich zweifellos herausstellen, dass die Masse der Wurzeln und der in der Erde lebenden Tiere und Pflanzen die Bakterienmasse viele Male übertrifft. Nach F. Löhnis enthält 25 cm tiefe Ackerkrume von 1 ha Oberfläche 400 kg Bakterien und 600 kg aller übrigen Lebewesen, letztere nach mässiger Schätzung. Wir müssen jedoch

noch in Betracht ziehen, dass die Masse der in der Erde liegenden Wurzeln sehr beträchtlich ist (vgl. Braun-Blanquet). Wenn wir aber die in der Erde sowie die auf der Erdoberfläche lebenden Organismen in Betracht ziehen, so fallen die Zahlen noch viel mehr zu Ungunsten der Bakterien aus.

Schon in der äussersten Schicht der Erdoberfläche ist die Bakterienmenge wegen der Lichtwirkung geringer. Auf der Erde, auf und in den Tieren und Pflanzen gibt es durchschnittlich recht wenig Bakterien. Reichlich sind sie im Darmkanal der Tiere vorhanden, aber der Inhalt der Darmkanäle besteht nur zum Teil aus Bakterien, und dieser Inhalt ist im Vergleich mit der Tiermasse keineswegs gross. Obgleich die Zahl der Bakterien in der Luft durchaus nicht unbeträchtlich ist, sind sie doch der Masse nach auch da sehr spärlich und ausserdem anabiotisch. Wenn wir einerseits alle auf und in der Erde, in der Luft, in den Tieren und Pflanzen vorkommenden Bakterien und andererseits alle anderen in und auf der Erde befindlichen Tiere und Pflanzen der Masse nach feststellten, so würde sich wohl herausstellen, dass die Bakterienmasse etwa 100 bis 1000 mal kleiner ist, als die Masse der anderen Organismen, wenn nicht noch kleiner.

Die Bakterien spielen im Naturleben zweifellos eine viel grössere Rolle, als man, nach ihrer Masse urteilend, ihnen zusprechen möchte. Sie verursachen die so sehr wichtige Verwesung, wobei die verschiedensten tierischen und pflanzlichen Substanzen zersetzt werden. Bei der Verwesung entstehen aus den hochmolekularen organischen Verbindungen einfachere, für die Ernährung der grünen Pflanzen notwendige Kohlen- und Stickstoffverbindungen. Ausserdem werden durch die Verwesung aus den Zellen Mineralstoffe befreit, welche in der gleichen Weise für das Gedeihen der grünen Pflanzen unentbehrlich sind. Die Blätter, die abgestorbenen Wurzeln, die tierischen Kadaver u. s. w. sind für die grünen Pflanzen ganz unausnutzbar, und erst durch die Bakterien werden allerlei tierische und pflanzliche Substanzen in verwertbare Stoffe zersetzt. So spielen sie nicht nur im Boden, sondern auch in den Gewässern eine sehr wichtige Rolle (s. С е р б и н о в).

Sehr massenhaft können die Bakterien insbesondere wegen ihrer Ernährungsweise nicht vorkommen. Sie sind hauptsächlich heterotroph. Sie können also nur auf Kosten der in der Verwesung begriffenen pflanzlichen oder tierischen Substanzen (Sapro-

phyten), oder gerade in den lebenden Organismen (Parasiten) gedeihen. Sie brauchen zu ihrem Leben die in den organischen Stoffen aufgespeicherte Energie und können in der Regel selbst keine Sonnenenergie ausnützen. Nur wenige Bakterienarten brauchen keine Energie der organischen Stoffe, da sie auf Kosten der Energie einiger anorganischer Verbindungen (des Schwefelwasserstoffs, selbst des Schwefels, der Nitrite, des Ammoniaks, des Wasserstoffs) leben können (s. Сербинов). Da aber diese Energiequellen keineswegs reichlich vorhanden sind, so können die betreffenden autotrophen Bakterien nicht massenhaft vorkommen. Die Sonnenenergie können vermutlich nur die Purpurbakterien ausnutzen. Selbst die heterotrophen Bakterien können keineswegs eine sehr grosse Masse bilden, da die Verwesung ziemlich schnell verläuft und schon die Masse der verwesenden Substanzen beschränkt ist. Die Masse der parasitischen Bakterien ist im Vergleich mit derjenigen der Verwesungsbakterien klein.

Zusammenfassend können wir somit sagen, dass die Bakterien der Masse nach keine besonders wichtige Stellung in der Organismenwelt einnehmen. Da sie sehr frühzeitig entstanden sind, so hätte man erwarten müssen, dass sie im Laufe der langen Zeit an die verschiedensten Lebensverhältnisse sich anpassen und wegen ihrer grossen Fortpflanzungsfähigkeit sehr massenhaft hätten vorkommen können. In Wirklichkeit aber haben die Bakterien den Kampf ums Dasein nicht besonders erfolgreich geführt: sie sind keineswegs sehr massenhaft vertreten. Wenn die Bakterien in der Tat die ersten Lebewesen waren, so konnten sie sogar in jenen Zeiten, wo sie mit anderen Lebewesen gar nicht zu konkurrieren hatten, keineswegs mit grosser Masse vertreten sein, da sie die Sonnenenergie kaum ausnutzen können, die anderen Energiequellen aber kaum jemals sehr reichlich vorhanden gewesen sind.

### **Einzellige Organismen.**

Ogleich bei vielen Einzelligen speziell ausgebildete Körperteile (Organellen) auftreten, und ogleich selbst ein einziger Einzelliger verschiedene Organellen aufweisen kann (beim Glockentierchen z. B. Wimpern, Zelmund, Zellafter, Vakuolen, Myoneme oder zusammenziehbare Fibrillen), sind sie dessenungeachtet im grossen und ganzen immer noch einfache Lebewesen. Manche Auto-

ren behaupten, die Einzelligen seien gar nicht einfacher, als z. B. ein Wirbeltier. Es sei eine geradezu wunderbar verwickelte Erscheinung, dass eine einzige winzige Zelle verschiedene Lebensvorgänge — Nahrungsaufnahme, Verdauung, Ausscheidung, Erregbarkeit und Bewegung, Fortpflanzung und Vererbung — aufzuweisen imstande ist. Es ist wohl wahr, dass das wunderbar verwickelt ist, aber es ist auch wahr, dass z. B. ein Frosch viel verwickelter, komplizierter ist als eine Amöbe. Ein weisses Blutkörperchen eines Frosches ist seiner Zusammensetzung und seinem Bau nach einer Amöbe ausserordentlich ähnlich. Wenn wir nun auch mit allen Lebensvorgängen eines weissen Blutkörperchens sehr gut bekannt wären, so würden wir dessenungeachtet ohne weitere Forschung nicht wissen, wie die Lebensvorgänge des ganzen Froschkörpers, namentlich wie die Tätigkeit der Nieren, der Verdauungsorgane, des Herzens, des Gehirns, der Augen u. s. w. verlaufen. Es ist somit gar nicht daran zu zweifeln, dass der Frosch verwickelter, mehr differenziert und somit ein höher ausgebildetes Lebewesen ist, als es die Einzelligen sind (Hesse 2, Franz).

Es fragt sich nun, mit welchem Erfolge diese kleinen und einfach gebauten Organismen ums Dasein kämpfen. Ganz wider Erwarten werden wir sehen, dass schon diese schwachen und schutzlosen Wesen eine wichtige Stelle im Leben der Natur eingenommen haben.

**Protophyten.** Die eigentliche Heimat der einzelligen Pflanzen oder der Protophyten ist das Wasser, wo sie sich in der Regel schwebend als sogenannte Plankton- oder Auftrieborganismen aufhalten. Die pflanzlichen Planktonorganismen sind meistens einzellig. Im Wasser, insbesondere im Meerwasser, sind für die pflanzlichen Organismen alle notwendigen Mineralstoffe und Gase gleichmässig enthalten, so dass die Zellen dieselben nicht erst aufzusuchen brauchen, sondern sie direkt aus der Umgebung aufnehmen können. Einzeln im Wasser zerstreut, können die Planktonpflanzen am leichtesten aus dem Wasser alle nötigen Nährstoffe beziehen; in grössere Massen zusammengeballt würden dagegen die inneren Zellen an der Nahrungsaufnahme und Abgabe der unnötigen Stoffe verhindert sein (s. Stiasny). Ausser der gegenseitigen Behinderung bei der Nährstoffaufnahme würden die in grössere Gruppen vereinigten Zellen einander beschatten, ohne dass irgendwelche sonstigen Vorteile daraus entstünden. Ausserdem fallen die grösseren Zell-

gruppen den Tieren leichter zur Beute. Wenn aber die einzelnen einzelligen Pflanzen möglichst gleichmässig im Wasser verteilt sind, so werden keine von ihnen an Nährstoff- und Lichtmangel zu leiden haben. In der Tat halten sich die sehr mannigfaltigen Planktonpflanzen des Meerwassers — Kieselalgen (Diatomeen), Peridineen, Chrysomonadinen, Cryptomonadinen, Coccolithophoriden, Silicoflagellaten, Schizophyceen — als einzelne Zellen schwebend auf. Das Wasser verliert dadurch beträchlich an Durchsichtigkeit. Da in tieferen Schichten Lichtmangel herrscht, so sind die Pflanzenorganismen hauptsächlich in den oberflächlichen Wasserschichten zu finden, bis zu einer Tiefe von 200 Metern. Lohmann 1 schreibt über seine Untersuchungen des Atlantischen Ozeans während der Fahrt der „Deutschland“ nach Buenos Aires (im Jahre 1911) folgendes: „ . . . Im ganzen Fahrtgebiet machen die Peridineen und Coccolithophoriden überall einen wesentlichen Bestandteil des Planktons aus; sie bilden somit den Grundstock des Hochsee-Auftriebes“. Im Durchschnitt betrug die Zahl der pflanzlichen Organismen für 0 bis 200 Meter Tiefe für das ganze Fahrtgebiet pro Liter:

Schizophyceen . . . . .	69
Diatomeen (Kieselalgen) . . . . .	903
Peridineen . . . . .	666
Coccolithophoriden . . . . .	800
Nackte Chrysomonadinen . . . . .	57
Cryptomonadinen . . . . .	300

Da nun die im Meerplankton vorkommenden Peridineen, Coccolithophoriden, nackten Chrysomonadinen und Cryptomonadinen mit wenigen Ausnahmen einzellig sind, so machen gerade die einzelligen Pflanzen einen wesentlichen Bestandteil des Phytoplanktons aus. Durchschnittlich waren in 1 Liter 3035 Organismen enthalten, und davon waren 2832 Protophyten (einzellige Pflanzen). Also besteht die Hauptmasse des Planktons aus einzelligen Pflanzen.

Im Süsswasser liegen die Verhältnisse ähnlich. Auch dort gehört das Übergewicht in der Regel den einzelligen Pflanzen, insbesondere den kleinsten Planktonorganismen (Nannoplanktonen), welche mit wenigen Ausnahmen einzellig sind. Das Nanno- oder Zwergplankton scheint nach den bisherigen Untersuchungen im Süsswasser überhaupt „eine sehr viel grössere Entwicklung

als im Meere“ (Lohmann 2) aufzuweisen. Nach Birge und Juday war in den Seen von Wisconsin das Nannoplankton mit einer 2—4 mal grösseren Masse organischer Substanz vertreten als das Netzplankton, d. h. die grösseren im Netz fangbaren Planktonorganismen (siehe auch K. Lampert).

Zusammenfassend kann man sagen, dass die einzelligen Pflanzen im Plankton der Gewässer mit einer sehr grossen Masse vertreten sind, d. h. im Wasser können die einzelligen Pflanzen mit gutem Erfolge ums Dasein kämpfen.

Ganz anders liegen die Verhältnisse auf dem Lande (s. Oltmanns). Protokokken, Pleurokokken, Hormidien, Chlorellen u. a. bilden oft auf feuchten Baumstämmen, Felsen, Steinen, alten Wänden, Zäunen, Dächern u. s. w. einen grünlichen, staubartigen Überzug. Einige einzellige Pflanzen (Diatomeen oder Kieselalgen u. a.) können auch im Boden gedeihen. Sie bilden aber nirgends grössere Massen. Selbst der Überzug auf den Baumstämmen u. s. w. ist dünn, in der Regel weit unter 1 Millimeter. Eine Protokokkenschicht kann überhaupt nicht dick werden, da sonst die äusseren Zellen nicht genug Wasser und Mineralstoffe erhalten würden. Ohne Leitungsgefässe kann ja das Wasser von unten nur langsam zu den obenliegenden Zellen durchdringen und diese mit Nährstoffen versorgen. Die untenliegenden Zellen dagegen hätten unter dem Kohlensäure- und Lichtmangel zu leiden. Es ist somit das Gedeihen der einzelligen Pflanzen nur in ziemlich dünnen Schichten möglich. Da nun aber selbst solche dünne Schichten keineswegs sehr oft vorkommen, so ist es klar, dass die einzelligen Pflanzen auf dem Lande mit geringer Masse vertreten sind. Neben der grossen Masse, die von allerlei Flechten, Moosen, Farnen und allerlei Blütenpflanzen auf dem Lande gebildet wird, ist die Masse der Einzelligen ganz unansehnlich. Es ist geradezu verblüffend, dass in Gewässern einzellige Pflanzen der Menge nach die erste Stelle eingenommen haben, auf dem Lande dagegen ganz zurückgedrängt sind. Die Lebensbedingungen auf dem Lande sind viel ungünstiger als im Wasser. Auf dem Lande haben die Lebewesen schon mit dem Wassermangel zu kämpfen. Eine kleine einzellige Pflanze kann für sich weder Wasservorräte aufspeichern, noch Wasser aus den tiefen Schichten der Erde herausholen. Während der Trockenheitsperioden können die einfachen Land-

pflanzen nicht anders verfahren, als ihre Lebenstätigkeit wegen Wassermangels einstellen, und zu neuem Leben können sie erst aufblühen, nachdem es wieder geregnet hat. Die Temperatur schwankt auf dem Lande viel mehr als im Wasser, insbesondere hat eine Landpflanze in höheren Breiten unter der Kälte zu leiden. Auf dem Lande ist der Kampf ums Dasein überhaupt viel schwerer, und deswegen haben die kleinen und schwachen Einzelligen auf dem Lande sehr wenig Erfolg.

**Einzellige Tiere (Protozoen).** Die einzelligen Tiere sind im Plankton mit einer viel kleineren Masse vertreten als die einzelligen Pflanzen. Anders könnte es selbstverständlich auch nicht sein, da die Protozoen selbst keine organischen Nährstoffe produzieren können und sich von pflanzlichen Organismen nähren müssen (direkt oder indirekt). Es ist nun leicht zu verstehen, dass die „Zehrer“, die Tiere, keineswegs in so grosser Menge vertreten sein können, wie die „Schaffer“, d. h. die organische Substanzen bildenden grünen Pflanzen. Im Atlantischen Ozean hat Lohmann **1** durchschnittlich für die Tiefe von 0 bis 200 m im Liter 2832 Protophyten und nur 230 Protozoen gefunden.

Immerhin kommen einige Protozoen im Meere in beträchtlichen Mengen vor (s. Doflein **1**, Stiasny, Franz, Steuer). So z. B. verursacht die Cystoflagellate *Noctiluca* das nächtliche Leuchten der Meere und verleiht dem Wasser eine rötliche Farbe. Mannigfaltig und zahlreich sind in tropischen Meeren Radiolarien, die mit ihren aus Kieselsäure bestehenden Skeletten auf dem Meerboden den Schlack bilden. Foraminiferen bilden mit ihren Kalkskeletten grosse Schlammmassen (Globigerinaschlamm!). In den früheren Erdperioden haben die einzelligen Tiere eine sehr grosse Rolle gespielt: aus ihren Skeletten bestehen mächtige Schichten. Sie sind schon in sehr alten Erdschichten zu finden: Radiolarien in vorkambrischen, Foraminiferen in kambrischen Schichten.

Man sollte nun meinen, dass ebenso wie die einzelligen Pflanzen im Wasser (im Plankton) die erste Stelle einnehmen, so auch die einzelligen Tiere der Menge nach gegenüber den vielzelligen überwiegen werden. Die Zahl der Einzelligen im Plankton ist wohl viel grösser, als diejenige der Vielzelligen. Wenn man aber in Betracht zieht, dass die Einzelligen in der Regel sehr klein sind, und dass schon wenige vielzellige Tiere gegenüber einer Menge von Einzelligen der Masse nach überwiegen, so fällt das Urteil anders aus. Die Untersuchungen haben in der

Tat ergeben, dass im Zooplankton die Vielzelligen die Hauptmasse darstellen. Die tierischen Organismen müssen zur Nahrung Pflanzen oder andere Tiere aufsuchen, wobei die Bewegungsfähigkeit von Vorteil ist. Die Einzelligen sind nun darin den Vielzelligen unterlegen, dass letztere zu schnellen Bewegungen mit Muskeln ausgerüstet sind. Bei den Vielzelligen entwickeln sich noch Sinnesorgane (Augen!), welche das Auffinden von Beuteorganismen ausserordentlich erleichtern. Die schwachen, blinden und sich langsam bewegenden einzelligen Tiere kämpfen also selbst im Plankton der Gewässer ums Dasein weit weniger erfolgreich, als die einzelligen Pflanzen. Die Protozoen sind von den vielzelligen Tieren (Metazoen), die sich später entwickelt hatten, an eine verhältnismässig unbedeutende Stelle gedrängt worden. Selbst im Wasser haben die einzelligen Tiere mit den vielzelligen keineswegs erfolgreich konkurrieren können.

Auf dem Lande sind die Protozoen mit einer recht unbedeutenden Masse vertreten (s. D o f l e i n 1, H e s s e 1). In der feuchten Erde können manche Protozoen gedeihen (Amöben, einige Infusionstierchen und Geisseltierchen), aber man findet sie da nicht massenhaft. In der trockenen Erde, auf trockenen Felsen, Stämmen, Blättern u. s. w. können die Einzelligen überhaupt kein aktives Leben führen. An solchen Stellen können sie nur dann gedeihen, wenn genug Feuchtigkeit da ist (nach dem Regen u. s. w.), sonst aber müssen sie wegen Wassermangels ihre Lebenstätigkeit einstellen. Während der Trockenzeit führen sie gleichsam ein Scheindasein, wobei sie unbeweglich in der Hülle liegen (enzystiert), keine Nahrung aufnehmen und sich auch nicht fortpflanzen können. Unter rauheren und schlechteren Lebensbedingungen können sie sich nicht zurechtfinden und führen nur unter verhältnismässig günstigen Bedingungen (genügende Feuchtigkeit) ihr Dasein weiter. Viele Einzellige kommen im Darmkanal der Tiere vor (z. B. bei Wiederkäuern). Mannigfaltig sind auch die parasitischen Protozoen. Es ist aber klar, dass die Masse der im Darmkanal lebenden oder der parasitierenden Protozoen viel kleiner ist als selbst die Masse der betreffenden höheren Tiere. Im Ganzen treten die Protozoen neben den höheren Tieren auf dem Lande ganz in den Hintergrund. Weder die einzelligen Pflanzen, noch die einzelligen Tiere können auf dem Lande erfolgreich ums Dasein kämpfen. Zu den gröss-

ten Hindernissen zählt wohl dabei die Austrocknungsgefahr. Die mikroskopisch kleinen Organismen haben nun eine verhältnismässig sehr grosse Oberfläche, und deshalb ist die Austrocknungsgefahr gerade für sie besonders gross. Es wäre auch schwer, für diese winzigen Organismen irgendwelche sehr wirksame Mittel zur Vorbeugung der Austrocknung zu erfinden.

### Koloniale Organismen.

Durch die Kolonienbildung wird gewöhnlich recht wirksam gegen die Gefahr des Sinkens gekämpft. Sehr oft sind einzelne Zellen zu starren Fäden, Stäben oder Bändern zusammengeslossen, die gekrümmt sind. Ein gerader, starrer Zellfaden würde rasch zu Boden sinken, sobald er „auf den Kopf“ gestellt wird, d. h. gerade mit der Spitze nach unten kommt. Wenn aber ein Faden gekrümmt ist, so leistet er in jeder Lage einen grösseren Widerstand als ein gerader, „auf den Kopf“ gestellter Faden, und somit wird die Senkung erschwert (Oltmanns). Damit eine einzelne Zelle schweben kann, muss sie mit irgendwelchen leichten Stoffen (Fetttröpfchen!) oder längeren Fortsätzen oder Geisseln versehen sein. In Form von krummen Stäben und Bändern brauchen die Zellen solche spezielle Anpassungen nicht und können ohnedem in oberflächlicheren Wasserschichten, wo das für das Pflanzenleben notwendige Licht noch vorhanden ist, sich schwebend aufhalten. Vereinigen sich die Zellen zu biegsamen Fäden, zu Ketten, so ist das Sinken in der gleichen Weise erschwert, ohne dass die Zellen dabei anderer besonderer Anpassungen bedürften. Bilden die zu Ketten vereinigten Zellen Fortsätze, so brauchen die Fortsätze weder zahlreich, noch nach sehr verschiedenen Seiten gerichtet, noch gekrümmt zu sein, wie bei der einzelnen Zelle, da bei einer Kette immer eine grössere Anzahl von Fortsätzen verschiedener Zellen dem Absinken Widerstand leisten wird. Sind die Zellen zu einem Hohlnetze vereinigt (Coelastrum proboscideum), so wird dadurch „das Absinken vermöge des Filtrationswiderstandes der Maschen“ gehemmt. „Eine Vollkugel aus Zellen der gleichen Art, wie die vorliegenden zusammengesetzt, würde wohl unfehlbar in kürzester Zeit auf den Boden der Gewässer „abstürzen““ (F. Oltmanns). Die Schwebefähigkeit wird auch durch Gallerte erhöht. Werden viele Zellen zu einer gemeinsamen Gallertkugel vereinigt, so braucht eine einzelne Zelle vielleicht nicht so viel Gallertsubstanz zu produzieren,

wie es sonst notwendig wäre. Durch die Koloniebildung wird also das Schweben erleichtert.

Es ist nun sehr beachtenswert, dass die kolonialen Algen im Plankton oft in sehr grossen Massen vorkommen. Verschiedene fäden-, bänder- und kettenbildende Diatomeen sind nicht nur in Meeren, sondern auch im Süsswasser zahlreich. Blaualgen kommen im Süsswasser oft in so grossen Mengen vor, dass sie die sogenannte Wasserblüte hervorrufen. Sogar unter den Nannoplanktonen gibt es koloniale Formen, welche massenhaft vertreten sind (*Trichodesmium*). Oft bilden die kolonialen Algen die Hauptmasse des pflanzlichen Planktons (Netzplanktons) und machen sogar durchschnittlich einen sehr grossen Teil davon aus (vielleicht bis etwa 50%; siehe Lampert, Oltmanns, Stiasny, Zacharias).

Die kolonialen Algen sind eigentlich einzellig: alle Zellen sind in der Regel gleich und führen ein voneinander ziemlich unabhängiges Leben. Eine Gallertkugel, eine Kette u. s. w. kann geteilt werden, ohne dass damit die Kolonie dem Untergange geweiht wäre. Der Zusammenschluss der einfachen und gleichen Zellen zur Kolonie ist aber immerhin so erfolgreich gewesen, dass die kolonialen Algen eine ausserordentlich wichtige Stelle im Plankton einzunehmen und zu behaupten imstande gewesen sind. Und die Vereinigung zu Kolonien hat deswegen hier eine so günstige Wirkung ausgeübt, weil dadurch die Schwebefähigkeit erhöht wird. Wir sehen somit, dass sogar der Zusammenschluss gleicher Zellen im Kampfe ums Dasein von grosser Bedeutung sein kann.

Koloniale Algen nehmen unter den Bodenorganismen (Benthos) eine ziemlich beachtenswerte Stelle in Gewässern und sogar auf der Erde ein (Oltmanns). Koloniale Blaualgen sind an Steinen, Pfählen u. s. w. oft recht zahlreich, und einige von ihnen können in wärmeren Regionen bei genügender Feuchtigkeit epiphytisch auf den Landpflanzen in grösseren Mengen vorkommen. Obgleich die kolonialen Algen auf den Blättern u. s. w. der tropischen Bäume eine nicht zu übersehende Stelle einnehmen, so sind sie dennoch im grossen und ganzen auf der Erde in verhältnismässig sehr geringer Masse vertreten. Einfache einzellige und koloniale Algen kommen in den Gewässern massenhaft vor, auf der Erde dagegen können sie keinen erfolgreichen Kampf ums Dasein führen.

Bei den kolonialen tierischen Organismen liegen die Verhältnisse im ganzen ähnlich wie bei den pflanzlichen. Auch von Protozoen sind in Gewässern verschiedene koloniale Formen zu finden (Glockentierchen, Epistylis, Zoothamnium, Carchesium, Sphaerocoum, Ophrydium u. a.). Der Masse nach aber nehmen die kolonialen Protozoen in Gewässern keine besonders beachtenswerte Stelle ein. Auf dem Lande kommen die kolonialen Protozoen überhaupt kaum in Betracht. Weder die kolonialen Tiere noch die kolonialen Pflanzen sind dem Landleben gewachsen.

### **Arbeitsteilung und Sonderung (Differenzierung).**

Die Kolonien können aus zahlreichen Zellen bestehen. Die einzelnen Zellen sind aber dabei in der Regel von gleichem Bau und Aussehen. Höhere Tiere und Pflanzen sind auch alle aus einer grossen Zahl von Zellen zusammengesetzt. Die Zellen eines höheren Organismus sind dagegen nicht gleichartig, sondern sie sind gewöhnlich sehr verschieden an Form, Grösse und Bau. Kein höherer Organismus ist aber von Anfang an aus verschiedenartigen Zellen zusammengesetzt. Ein höherer Organismus entsteht bekanntlich in der Regel aus einer Zelle, der Eizelle. Es ist geradezu ein Wunder, dass aus einem befruchteten menschlichen Ei, das nur 0,3 Millimeter im Durchmesser beträgt, ein Mensch sich entwickelt, welcher denken und arbeiten kann und äusserlich gar keine Ähnlichkeit mehr mit der Eizelle besitzt.

Jegliche Entwicklung kommt in erster Linie dadurch zustande, dass die Eizelle sich teilt und die bei der Teilung entstandenen Zellen zusammenbleiben. Die Zellteilung geht immer weiter, eine immer grössere Anzahl von Zellen häuft sich in einem Organismus zusammen. Zuerst sind die durch die Teilung entstandenen Zellen dem Bau und der Zusammensetzung nach einander gleich. Allmählich aber treten hier und da in den Zellen verschiedene Änderungen ein. Jede Zellenart erhält eine besondere Aufgabe, spezielle Tätigkeit oder Funktion, und je nach der Tätigkeit bilden sich die Zellen verschieden aus. In den Drüsenzellen bilden sich Körnchen, die sich in Sekret verwandeln. In den Muskelfasern entstehen Fibrillen, die sich verkürzen oder kontrahieren und so allerlei Bewegungen verursachen können. Den Nervenzellen entspringen längere oder kürzere Fortsätze, durch welche die im Körper entstehenden Erregungen fortgeleitet werden. Ein Teil der Zellen häuft Farbstoffe auf und wird zu Pig-

mentzellen (im Auge, in der Haut). Einige Zellen füllen sich mit Fett und werden zu Fettzellen. Zur Fortpflanzung werden verhältnismässig grosse mit Reservestoffen gefüllte unbewegliche Eizellen und kleine sich bewegende Samenzellen gebraucht. Es bilden sich somit in den Zellen zusammenziehbare Fädchen, Körnchen, die Zellen scheiden verschiedene Stoffe aus, bilden Fortsätze u. s. w. Durch eine solche allmähliche Entwicklung entstehen verschiedene Gewebe und Organe, und aus einer Eizelle mit verhältnismässig sehr einfachem Bau entsteht ein sehr komplizierter Organismus.

In einem aus einer grossen Zahl von Zellen bestehenden Organismus können nicht mehr alle Zellen gleichartig sein und gleiche Tätigkeiten oder Funktionen ausüben. Stellen wir uns einen auf der Erde sich befindenden pflanzlichen vielzelligen haufenförmigen Organismus vor. Das Sonnenlicht hat Zugang nur zu den oberen Zellen, die unteren dagegen sind beschattet. Die untersten Zellen können direkt aus der Erde Wasser und Mineralsalze beziehen, die anderen dagegen nicht mehr. Der Sauerstoff der Luft hat nur zu den obersten Zellen freien Zugang. Wären alle Zellen ganz gleich, so würden sich die innersten Zellen unter den schlechtesten Bedingungen befinden: sie würden mehr oder weniger vollständig vom Sonnenlicht, von der Kohlensäure und dem Sauerstoff der Luft und von den Mineralsalzen abgeschnitten sein. Sie würden zum Hungern verurteilt sein. Ein aus gleichartigen Zellen bestehender Organismus ist somit nicht lebensfähig. In den vielzelligen Organismen sind infolgedessen die Zellen verschiedenartig, und jede Zellenart hat ihre besondere Funktion auszuüben (vgl. Hertwig 3).

Mit Hilfe der von den Chlorophyllkörnern aufgefangenen Sonnenenergie wird in den Blattzellen die Kohlensäure zerspalten, und daraus und aus anderen aufgenommenen Nährstoffen werden Kohlenhydrate, Eiweissstoffe und Fette bereitet. Die Blätter sind somit die wichtigsten chemischen Fabriken der Pflanze. In der Erde sind dagegen keine Zellen mit Chlorophyll vorhanden. Die Wurzeln sind mit Wurzelhaaren bedeckt, welche aus farblosen, langen und dünnen Zellen bestehen. Sie haben das Wasser mit gelösten Mineralstoffen aufzunehmen. Die Blätter können ohne Wasser und Mineralstoffe nicht leben, und andererseits brauchen die Wurzeln Kohlenhydrate, Eiweissstoffe und Fette, die sie für sich selbst nicht herstellen können (ohne

Sonnenlicht und Chlorophyll!). Um den Austausch der Stoffe zwischen den Wurzeln und Blättern zu ermöglichen, sind aus besonderen Zellen Gefässe entstanden. Es sind auch besondere Zellen mit verdickten Wänden zu finden, von welchen die Festigkeit der Pflanze abhängt, so dass der Stamm und die Zweige aufrecht stehen und die Blätter ausgebreitet werden, wodurch das Sonnenlicht besser aufgefangen wird. Die Blätter und der Stamm sind noch von besonderen Zellen mit verdickten Ausenwänden umhüllt, wodurch das Austrocknen der Zellen vermieden wird. Wir sehen, dass hier verschiedene Zellen, je nach Lage und Bau, verschiedene Tätigkeiten oder Funktionen auszuüben haben. Es ist eine Arbeitsteilung unter den Zellen zustande gekommen. In der gleichen Weise wie die höheren Pflanzen, bestehen auch höhere Tiere aus einer grossen Zahl von Zellen, zwischen welchen eine Arbeitsteilung durchgeführt ist. Ausserordentlich verschiedenartig sind die Zellen eines Menschen und sehr verschieden sind auch ihre Funktionen (s. Stöhr).

Die Zellen mit gleicher Funktion schliessen sich zusammen und bilden ein Gewebe. Mehrere verschiedene Gewebe vereinigen sich zu einem Organ, das eine bestimmte Funktion auszuführen hat. Mehrere Organe bilden ein Organsystem.

Es entsteht nun die Frage, warum nicht jede Zelle an und für sich, selbständig und unabhängig lebt? Jede Zelle lebt ja, und die einzelne Zelle ist allein lebensfähig, wie das durch zahlreiche einzellige Tiere und Pflanzen bewiesen wird. In der gleichen Weise ist ja im Organismus jede Zelle ein primitives Lebewesen für sich. Jede Körperzelle lebt, wie das insbesondere durch die Explantation bewiesen wird. Wird z. B. dem Frosch etwas Blut genommen und dasselbe steril aufbewahrt, so sind die Bewegungen der weissen Blutkörperchen lange Zeit zu beobachten. Werden Hautstücke in eine Nährlösung gebracht, so können die Hautzellen dort immer weiter wachsen. Sie nehmen nicht nur Nahrung auf, sondern sie können sich sogar noch teilen, d. h. sich vermehren. In die Nährlösung gebrachte junge Nervenzellen können noch Fortsätze bilden, Muskelzellen noch lange Zeit Zusammenziehungen ausführen (Herzstücke!). „Und Ebeling vermochte, fast klingt es unglaublich, eine Bindegewebekultur, deren Wachstum 128 oder 129-mal durch eine Waschung mit Ringerscher Lösung und Übertragung in ein frisches Medium unterbrochen war, län-

ger als elf Monate am Leben zu erhalten“ (A. Ooppel). Also können die Zellen, welche von einem Organismus abgetrennt werden, unter günstigen Bedingungen auch ausserhalb des Organismus noch weiter leben, oft noch wachsen und sich vermehren, sie sind somit in der Tat jede für sich ein Lebewesen. Warum haben nun die Zellen ihr selbständiges Leben aufgegeben und sich zu einem Organismus zusammengeschlossen? Warum sind vielzellige Tiere und Pflanzen entstanden? Die Menschen schätzen ja die Unabhängigkeit in der Regel sehr hoch: die meisten von ihnen sind bestrebt, irgendeine selbständige und möglichst unabhängige Stellung einzunehmen. Selbst die Zwergbauern und die Zwerghändler u. s. w. fühlen sich selbständig, unabhängig und schätzen das in der Regel hoch. Die Arbeit in den Fabriken unter Aufsicht und Leitung, die Arbeit, wo der sich Betätigende keine freie Wahl in dem Arbeitstempo, in der Arbeitszeit und den Arbeitsmethoden hat, wo somit der Persönlichkeit beinahe keine Selbständigkeit bleibt, ist in der Regel unbeliebt. Selbst die Zelle scheint durch den Zusammenschluss viel zu verlieren. Das Leben einer Knochenzelle, einer Wurzelrindenzelle u. s. w. scheint kaum beneidenswert zu sein: gleich Gefangenen sind sie an eine Stelle gebunden und vollständig auf die Hilfe anderer Zellen angewiesen (Nahrung u. s. w.). Ganz abgeschlossen sind sie von der äusseren Welt, von der Sonne und vom Wasser, sie können weder frei umherschwimmen noch unabhängig sich ernähren. In den nächsten Abschnitten werden wir uns nun hauptsächlich mit der Frage zu beschäftigen haben, was die Folgen des Zusammenschlusses vieler Zellen zu einem Organismus und der damit verbundenen Arbeitsteilung sind.

### **Vielzellige Wasserpflanzen.**

Es gibt Formen, die einen ganz allmählichen Übergang von den einzelligen über koloniale Algen zu den typischen vielzelligen Pflanzen bilden. Einige von diesen Übergangsformen werden sehr oft beschrieben (*Eudorina*, *Volvox*!).

Es ist interessant zu vermerken, dass eigentliche vielzellige pflanzliche Organismen im Plankton nicht vertreten sind. Wie schon erläutert, bilden Zusammenschluss und Arbeitsteilung keine Vorteile fürs Leben der Pflanzen im Plankton: einzeln lebend kann die pflanzliche Zelle unbehin-

dert Sonnenlicht ausnutzen und Nährsalze direkt aus dem Wasser beziehen. Anders liegen dagegen die Verhältnisse auf dem Boden der Gewässer. In seichteren Gewässern (in der Uferzone oder dem Litoralsystem) würde das Licht viel mangelhafter zur Ausnutzung kommen, wenn keine besonderen Bodenpflanzen da wären. Die im Wasser schwebenden Pflanzen können in der Uferzone in der Regel nicht bedeutend dichter sein als in der pelagischen Zone der Gewässer: der Wellenschlag und die Wasserströmungen (durch Wind u. a. Faktoren hervorgerufen) wirken einer Anhäufung in der Uferzone entgegen. Auf einem weicheren Boden bis zu der Tiefe, wo die Wirkung des Wellenschlages noch reicht, können die Einzelligen sich kaum erhalten: die Gefahr der Zuschüttung durch Schlamm, Sand u. s. w. ist sehr gross. Auf Steinen, Pfählen u. s. w. können die Einzelligen nur eine dünne Schicht bilden, da sonst die unten liegenden Zellen verschattet würden, sowie auch der Zutritt von Mineralsalzen und Kohlensäure zu ihnen erschwert sein würde. Ganz anders ist es mit den Fadenalgen. Besonders an Steinen, Felsen und Pfählen sind sie oft in grossen Mengen vorhanden, indem sie dichte und massenhafte Polster bilden (Oltmanns). Wenn fadenförmige Algen sich an der Unterlage anheften und mit den freien Enden in das Wasser hineinragen, so können die Sonnenstrahlen sogar zu den untersten Zellen Zutritt haben, und es sind ausserdem keine Hindernisse bei der Aufnahme der Mineralstoffe und der Kohlensäure vorhanden. Es können somit auf der Unterlage zahlreiche lange, recht dicht wachsende Fadenalgen entstehen, die eine viel grössere Masse bilden als es für die Einzelligen möglich wäre. Die zahlreichen Algenfäden können mit ihrer viel grösseren Oberfläche viel mehr Sonnenstrahlen auffangen und so die Sonnenenergie viel besser ausnutzen, als das bei der schichtenweisen Anordnung der Einzelligen möglich wäre. Da die Oberflächenbildung im Pflanzenleben eine sehr grosse Rolle spielt, so sei hier noch ein Vergleich zur Erläuterung dieser Frage angeführt. Stellen wir uns ein grünes Roggen- oder Weizenfeld vor. Die einzelnen Halme mit ihren Blättern können ziemlich dicht nebeneinander wachsen und keiner von ihnen hat unter Lichtmangel zu leiden. Wenn nun dieselben Getreidehalme in der gleichen Dichtigkeit auf der Erde lägen, so würden die tiefer gelegenen stark beschattet werden. Wird das, zu dicht gesäte Getreide vom Regen oder Hagel stark niedergeschlagen, so

schreitet das weitere Wachstum, in erster Reihe wegen der starken Beschattung, sehr schlecht vorwärts. Ähnlich wie beim Getreide, werden die Algenfäden nicht verschattet, falls sie schwebend voneinander etwas abstehen und nicht alle auf der Unterlage dicht zusammengedrängt liegen. Es ist bei den Fadenalgen eine Arbeitsteilung entstanden: die unterste Zelle hat zur Aufgabe die Befestigung an die Unterlage, die anderen Zellen können alle anderen Lebensvorgänge ausführen. Die Haftzelle ist oft speziell ausgebildet, länger, fast farblos und mit krallenähnlichen Fortsätzen (Chaetomorpha) ausgestattet. Hier haben wir ein schönes Beispiel dafür, wie schon eine einfache Arbeitsteilung unter den Zellen grosse Folgen nach sich zieht: durch Anheftung an die Unterlage und fadenförmige Anordnung der Zellen wird auf dem Boden der Gewässer den Pflanzen ein Leben in grösseren Massen ermöglicht.

Von den einfachen, aus einer Zellreihe bestehenden Fadenalgen führen Übergänge zu den höheren Algen, welche schon aus vielen Zellschichten zusammengesetzt sind. Während die Fadenalgen ganz dünn sind und nur die Länge von einigen Zentimetern erreichen, gibt es höhere Algen, welche eine Länge von mehreren Metern, im äussersten Falle sogar bis 200 Meter, und eine Dicke von vielen Zentimetern erreichen können. Auf dem Meeresgrunde, wo noch genügend Sonnenlicht vorhanden ist, sind oft sehr reiche Bestände von vielzelligen Algen, insbesondere von Braunalgen und von Rotalgen, zu finden. Grosse Braunalgen können geradezu waldartige Bestände bilden. Laminariaceen sind „polare Gewächse“ und bilden „vielfach ungemein ausgedehnte und für viele Meere ganz charakteristische Bestände, welche an festes Gestein u. s. w. gebunden, teils die litorale, teils die sublitorale Zone einnehmen“ (F. Oltmanns). Rotalgen „finden sich durch alle Meere aller Zonen verbreitet“. Der Bau der Algen ist oft schon ziemlich kompliziert. Zur Anheftung an den Meeresgrund haben sich bei ihnen Haftscheiben oder Krallen gebildet. Die äussersten Zellen enthalten Chromatophoren und dienen zur Bildung der organischen Stoffe. Die Wände der inneren Zellen sind oft erheblich verdickt (Laminarien), wodurch die Alge den Wellenbewegungen und der Brandung Widerstand zu leisten imstande ist. Oft gibt es Zonen, wo besondere Zellen sich reichlich vermehren (Wachstumszone, Dickenwachstum!). Zur Fort-

pflanzung sind bei den Algen besondere Organe ausgebildet. Es ist also bei den Algen eine ziemlich weitgehende Arbeitsteilung unter den Zellen eingetreten, und im Zusammenhange damit sind die Zellen von verschiedenem Bau, sind differenziert. Da die Vielzelligen grössere Oberflächen bilden, so nutzen sie die Sonnenstrahlung besser aus. Es wird dadurch in seichten Gewässern ein viel massenhafteres Leben ermöglicht, als es ohne solche vielzellige Organismen der Fall wäre. Durch den Zusammenschluss der Zellen zu einem grösseren Organismus haben die Algen den Lebensraum erweitert. In Form von vielzelligen Organismen können in den seichteren Gewässern die Zellen in viel grösserer Anzahl und in viel grösserer Masse gedeihen, als es für die unabhängigen einzelnen Zellen überhaupt möglich wäre.

### Landpflanzen.

In den frühesten Erdperioden haben auf dem Lande keine eigentlichen Landpflanzen gelebt. Im Kambrium kamen z. B. auf dem Lande vielleicht nur Bakterien und einige Algen (insbesondere Blualgen) vor, aber in den Ablagerungen sind davon keine Spuren gefunden worden. Eine solche wahrscheinliche Lebenswelt des Landes konnte zu jenen Zeiten nur recht kärglich, massenarm sein. Erst seit dem Silur sind vielzellige Landpflanzen bekannt. Zu den ersten bisher entdeckten Landpflanzen gehören namentlich die silurischen Algen *Rhynia* und *Hornea*. Das sind kleine, nicht über 8 Zoll hohe Pflanzen. Die ersten Farne hat man erst später, im mittleren Devon gefunden. Koniferen, nadelbaumartige Bäume sind erst seit dem späteren Devon vertreten. In den karbonischen Ablagerungen kommen schon verschiedenartige baumförmige u. a. Pflanzen vor. Im Karbon ist die Erde von den Landpflanzen schon ganz erobert (vgl. Schuchert, Hirmer).

Die Eroberung des Landes für ein reichlicheres Pflanzenleben war keine leichte Aufgabe. Es konnten ja schon früher auf dem Lande ein- und wenigzellige Pflanzen — Bakterien und Algen — leben, aber sie waren dort recht hilflos. Nur an Steinen, Felsen u. s. w. konnten Algen ohne besondere Gefahren gedeihen und bis etwa 1 Millimeter dicke Schichten bilden. Auf einem lockeren Boden dagegen hatten die Algen viel weniger Aussicht auf gefahrloses Leben, da ihnen bei Regengüssen und durch die Wir-

kung des Windes die Gefahr drohte, von Erdteilchen zugeschüttet zu werden. Das Regenwasser kann kleine Pflanzenorganismen leicht mitreissen und an niedrigeren Orten in grösseren Mengen zusammenhäufen, so dass sie vom Sonnenlichte abgeschnitten werden und deswegen vor Hunger sterben müssen. Insbesondere haben die ein- und wenigzelligen Pflanzen auf dem Lande hart mit dem Wassermangel zu kämpfen. Dauerte ein schönes trockenes Wetter auch nur wenige Tage, so hatten die Algen stark unter Wassermangel zu leiden; sie mussten ihre Lebenstätigkeit einstellen, in erster Reihe die an der Oberfläche einer Algen-schicht liegenden Zellen. Die kleinen einzelligen Pflanzen können für sich so gut wie gar kein Wasser aus der Erde beziehen. Konnte nun auf dem Lande nur ein spärliches Algenleben vertreten sein, so konnten auch Bakterien und Pilze nur in kleinen Mengen vorkommen, da sie ja ohne organische Stoffe, die von grünen Pflanzen gebildet werden, nicht imstande sind zu gedeihen.

Ein reichlicheres Leben auf dem Lande wurde erst möglich, nachdem die Pflanzen entstanden waren, welche mit ihren Wurzeln oder Rhizoiden aus der Erde Wasser herausholen konnten und somit nicht mehr direkt vom Regenwasser abhängig waren. Die Bildung der Wurzeln gehört zu den wichtigsten „Erfindungen“ der Pflanzen. Aber das allein macht noch nicht viel aus. Ausser einer glücklichen Entscheidung der Wasserversorgungsfrage, ist für eine Landpflanze von ausserordentlich grosser Wichtigkeit die Ausbildung einer grösseren Oberfläche, um möglichst viel Sonnenlicht ausnutzen zu können. Es werden zu diesem Zwecke Blätter gebildet. Im Wasser geht die Ausbildung grösserer Oberflächen ohne besondere Schwierigkeiten von statten: die blatt- oder zweigartigen Bildungen der Algen brauchen keine Stützorgane, da sie vom Wasser getragen werden (K. Lampert). Die Luft dagegen hilft der Pflanze so gut wie gar nicht die Blätter tragen, und deshalb ist für eine Landpflanze die Ausbildung der Stützgewebe unentbehrlich. Erst zahlreiche Zellen mit ihren stark verdickten und festen Wänden können mit Erfolg die Blätter in die Höhe bringen und sie aufrecht halten.

Zu den einfachsten Pflanzen, welche die Frage der Wasserversorgung und der Oberflächenbildung mehr oder weniger gelöst haben, gehören die Moose. Ein Moos ist schon mit Rhizoiden, aus einer Zellenreihe bestehenden „Wurzeln“ versehen, die

aus der Erde Wasser und durch letzteres gelöste Mineralstoffe aufnehmen können. Das Stützgewebe ist bei Laubmoosen schon ziemlich gut entwickelt. Der Stengel eines Bürstenmooses *Polytrichum* steht z. B. gerade, und an ihm sind zahlreiche kleine Blätter spiralartig angeordnet. Es ist bei den Moosen schon eine weitergehende Arbeitsteilung unter den Zellen entstanden. Aber die Moose sind immer noch verhältnismässig mangelhaft dem Landleben angepasst. Es sind bei den Moosen keine eigentlichen Gefässe vorhanden, so dass die Versorgung der Blätter mit Wasser und Mineralstoffen nur langsam verlaufen kann. Die Rhizoiden sind kurz und können keineswegs aus tieferen Bodenschichten Wasser heraufschaffen. Deswegen können die Moose überhaupt nicht gross werden, und bei einer längeren Dürrezeit trocknen sie so stark aus, dass das Leben stillstehen muss und eine Neubelebung erst nach einem Regen möglich ist.

Obgleich somit die Moose noch verhältnismässig mangelhaft ausgebildete vielzellige Organismen sind, können sie dennoch mit den ziemlich strengen Bedingungen des Landlebens viel erfolgreicher kämpfen als die einzelligen oder kolonialen Algen. Unter höheren Breiten, insbesondere im Norden, trifft man weite Moosmoore. Es sind weite, niedrigere und wasserreichere Flächen in den Tundren mit Moosen bedeckt. Torfmoose sind ziemlich verbreitet. Moosrasen ist in den Wäldern oft stark ausgebildet. Oft ist Moos selbst auf den Wiesen unter dem Grase vorhanden. Auf Felsen, Steinen, Mauern, alten Dächern, Baumstämmen (insbesondere am Fusse alter Baumstämmen) wachsen Moose. Besonders massenhaft sind epiphytische Moose auf den Stämmen tropischer Bäume anzutreffen. Die Moose gehören zusammen mit den Bakterien, Blaualgen und Flechten zu den Pionieren, welche an den unfruchtbarsten Orten den Boden für höhere Pflanzen vorbereiten (Warming-Graebner, Warburg).

Obwohl somit die Moose sehr verbreitet sind und oft ziemlich massenhaft vorkommen, stehen sie dessenungeachtet im Vergleich mit den höheren Pflanzen der Masse nach an keiner besonders beachtenswerten Stelle. Die Moose sind immer noch verhältnismässig klein, sie bilden auch keine dickeren Schichten. Wo die Bedingungen es nur zulassen, sind auf einer Oberflächeneinheit verschiedene höhere Pflanzen mit ihren hohen Stämmen (Bäume, Sträucher, Gräser u. s. w.) in viel grösserem Masse vertreten als Moose.

Zu den nächsthöheren Pflanzen gehören die Farne. Bei ihnen ist die Arbeitsteilung unter den Zellen und beziehungsweise die Differenzierung schon beträchtlich weiter fortgeschritten. Die Farne sind schon im Besitze gut ausgebildeter Gefässe, durch welche einerseits das Wasser und die Mineralsalze leicht und schnell aus den Wurzeln zu den Blättern, und andererseits die in den Blättern gebildeten organischen Stoffe in die Wurzeln gelangen können. Der Stoffaustausch zwischen den Wurzeln und den Blättern ist somit ausserordentlich erleichtert und kann schnell verlaufen. Der Stengel der Farne ist mit einem gut ausgebildeten mechanischen Gewebe versehen, so dass er grosse Farnblätter in der Luft ausbreiten kann. Wegen der guten Ausbildung des Gefässsystems und der Stützgewebe können die Farne sogar zu grossen Organismen aufwachsen. Es sind unter den Farnen sogar Arten, welche Baumgrösse erreichen. Mit ihren starken und langen Wurzeln können sie das Wasser sogar aus tieferen Erdschichten hervorholen, und deswegen haben sie bei weitem nicht so unter der Dürre zu leiden, wie die Moose. Wenn es auch längere Zeit nicht geregnet hat, so brauchen die Farne ihre Lebenstätigkeit noch nicht gleich den Moosen einzustellen, da sie das Wasser aus der Erde beziehen.

Man könnte nun meinen, dass diese recht hoch ausgebildeten Pflanzen sehr erfolgreich ums Dasein kämpfen. Dem ist aber nicht ganz so. Die Farnpflanzen im weitesten Sinne (einschliesslich die Wasserfarne, Schachtelhalme und Bärlappgewächse) gehören zu den sehr frühen Landpflanzen. Während des Karbons sind sie sehr mannigfaltig gewesen und haben grosse Wälder gebildet (Kalamiten, Lepidodendren, Sigillarien, baumartige Farne u. a.). Die Farnpflanzen gehörten während jener Zeit zu den herrschenden Formen. In der jetzigen Zeit dagegen gehört die herrschende Stellung nicht mehr ihnen: sie sind von den Samenpflanzen oder Blütenpflanzen stark überflügelt worden. Farne und Bärlappgewächse sind wohl recht oft in den Wäldern anzutreffen. Schachtelhalme kommen auf Äckern, Wiesen, in Wäldern u. s. w. ziemlich oft vor. In den tropischen Wäldern wachsen verschiedene Farne epiphytisch, d. h. auf Bäumen. Stellenweise bilden baumartige Farne sogar Wälder (z. B. in Australien). Obgleich aber die Farne oft „grosse Flächen bedecken“, „den vorwiegenden Bestandteil des Unterholzes bilden“, obgleich „epiphytische Farne häufig“ sind (F. O. Bower) u. s. w., so nehmen

sie dennoch im ganzen eine zurückgedrängte Stellung ein. Die Farne kommen in Massen nur stellenweise vor (Warming-Graebner). Ausserdem sind die Farne meistens immer noch verhältnismässig kleine Individuen. Der Masse nach stehen sie weit hinter den Samenpflanzen zurück, welche die früher den Farnen gehörende herrschende Stellung eingenommen haben.

Es ist eine ausserordentlich interessante Frage, warum die Farnpflanzen von den Samenpflanzen überflügelt worden sind. Die Farnpflanzen herrschten während des Karbons und waren recht hoch entwickelte, differenzierte Gewächse, aber dessenungeachtet haben sie die herrschende Stellung anderen Pflanzen abtreten müssen. Warum haben die Farne ihre herrschende Rolle nicht behaupten können? Die grösste Aufmerksamkeit verdient bei der Entscheidung dieser Frage folgende Tatsache: die Farne wachsen in der Regel an feuchten Orten. Eine genügende Feuchtigkeit ist nicht so sehr notwendig für die Farne selbst, als für das Prothallium. Für dieses kleine und zarte, meistens aus einer einzigen Zellschicht bestehende Gebilde ist ausgiebige Feuchtigkeit unentbehrlich. Insbesondere kann keine Befruchtung ohne Wasser stattfinden, da die Spermatozoiden aus den Antheridien in das Archegon herüberschwimmen, um dort mit der Eizelle zu verschmelzen. Es ist nun äusserst wahrscheinlich, dass die Farne gerade deswegen im Daseinskampfe unterliegen mussten, weil sie ein grosses Bedürfnis nach Feuchtigkeit hatten, und insbesondere weil ihre Fortpflanzung von reichlicherer Feuchtigkeit abhängig war. Während des Karbons hat ein warmes und recht feuchtes Klima geherrscht, und gerade letzterer Umstand ist für die Farnpflanzen sehr günstig gewesen. Später, im Perm und in der Trias, wurde das Klima trockener und kälter (vgl. Arldt, Schuchert). Es ist nun äusserst wahrscheinlich, dass namentlich solch ein Klimawechsel für die Farne verhängnisvoll gewesen ist. Wahrscheinlich haben sie nicht mit Erfolg gegen trockeneres Klima zu kämpfen vermocht. Die meisten von ihnen starben aus, und ihre Stelle haben die Samenpflanzen eingenommen.

Jeder Same enthält mehr oder weniger reichliche Reservestoffe, auf deren Kosten bei der Keimung in erster Reihe die Wurzeln gebildet werden. Durch die Wurzeln wird die junge sich entwickelnde Pflanze erfolgreich mit Wasser versorgt. Die Befruchtung der Samenpflanzen kann unbehindert selbst während der Dürrezeit vor sich gehen, da die Pollenzellen in der von der Narbe

ausgeschiedenen Flüssigkeit keimen. Die Samenpflanze bezieht somit auch das für die Befruchtung notwendige Wasser aus der Erde, die Farne dagegen sind bei ihrer Befruchtung von äusserer Feuchtigkeit abhängig, da die Befruchtung am Prothallium ohne Regen- oder Tauwasser nicht vor sich gehen kann. Es ist deshalb äusserst wahrscheinlich, dass das trockene Klima für die Farnpflanzen verhängnisvoll wurde und nach ihnen die Samenpflanzen (Nadelhölzer u. a.) zur Herrschaft gelangen konnten. Die Farne hatten wenig Erfolg im Kampfe mit dem arideren Klima.

Von den Samenpflanzen haben nun den grössten Teil des Mesozoikums hindurch die Gymnospermen oder die nacktsamigen Blütenpflanzen geherrscht. Die Koniferen, Ginkophyten und Cycadophyten (Palmenfarne) waren die herrschenden Gewächse. Die Nacktsamigen sind hoch differenzierte Pflanzen, aber dessenungeachtet haben sie die Herrscherrolle, die ihnen während des Mesozoikums gehörte, nicht behaupten können. An der Grenze zwischen unterer und oberer Kreide vollzog sich wieder eine grosse Umwälzung der Pflanzenwelt. Zu dieser Zeit treten Bedecktsamige (Angiospermen) auf, und nun beginnt eine allmähliche Verdrängung der Nacktsamigen. In der Jetztzeit nehmen die Bedecktsamigen eine durchaus vorherrschende Stellung ein. Unter höheren Breiten kommen wohl auch recht grosse Nadelholzwälder vor, aber im Vergleich mit den Laubholzwäldern und Gebüschern sind sie der eingenommenen Fläche nach gar nicht besonders beträchtlich. In den tropischen und subtropischen Gegenden haben die Nacktsamigen noch viel weniger Erfolg gehabt als unter höheren Breiten. Sie sind dort verhältnismässig selten. Bedecktsamige bilden nicht nur Wälder und Gebüsche, sondern auch Steppen, Savannen, Wiesen u. s. w. Sie bedecken in Form von Gräsern selbst den Boden der Nadelholzwälder. Die Bedecktsamigen sind dermassen erfolgreich im Kampfe ums Dasein gewesen, dass sie selbst in Gewässern, insbesondere im Süsswasser, eine wichtige Stelle errungen haben (Potamogeton, Helodea, Zostera, Posidonia u. a.). Selbst nach der Artenzahl stehen die Bedecktsamigen ganz im Vordergrund: sie sind mit etwa 150.000 Arten, die Nacktsamigen dagegen mit etwa 500 Arten vertreten. Es ist überhaupt kein Zweifel, dass die Bedecktsamigen der Masse nach die Nacktsamigen vielfach überwiegen.

Es entsteht auch in diesem Falle die wichtige Frage,

warum die Bedecktsamigen oder eigentlichen Blütenpflanzen so erfolgreich im Kampfe ums Dasein gewesen sind und warum die Nacktsamigen ganz im Hintergrunde stehen. Es hat sehr wahrscheinlich auch in diesem Falle die Fortpflanzungsweise entscheidend gewirkt. Bei den Bedecktsamigen sind die sich entwickelnden Geschlechtszellen gut vor Unbilden geschützt. Die Staub- und Fruchtblätter sind in der Blütenknospe durch eine Anzahl von Hüllblättern (Kelch- und Kronblättern) bedeckt. In gut geschützter Lage befindet sich die Samenanlage mit ihrer Eizelle in einem Fruchtblatte, und so kann die Entwicklung der Eizelle zu einem vielzelligen Embryo oder Keim gefahrlos verlaufen. Ausserdem ist bei den Angiospermen oder Bedecktsamigen die vegetative Vermehrung sehr verbreitet: Wurzelstöcke oder Rhizome, Wurzelknollen, Zwiebeln und Sprossknollen. Die Letzteren dienen insbesondere zum Überleben der ungünstigen Jahreszeit, zur Überwinterung. Zu Ende des Mesozoikums hat nun das Klima sich verschlechtert. Es ist deshalb wahrscheinlich, dass gerade durch die Klimaänderung die Fortpflanzung der Nacktsamigen stark beeinträchtigt wurde, und dass dagegen bei den Bedecktsamigen die Entwicklung der Geschlechtszellen und der Samen in besser geschützter Lage gefahrlos verlaufen konnte. Ausser dem etwaigen Schutz vor niedrigeren Temperaturen und vor Temperaturschwankungen fällt dabei vielleicht noch der Schutz vor parasitischen Pilzen, vor Austrocknungsgefahr u. s. w. ins Gewicht. Es ist auch noch beachtenswert, dass die bedecktsamigen Bäume viel schneller wachsen als die Nadelhölzer; die Letzteren laufen somit eher Gefahr verschattet zu werden (Морозов). Wie dem im einzelnen auch sei, so ist doch kaum daran zu zweifeln, dass gerade die grössere Fortpflanzungsfähigkeit der Bedecktsamigen unter den verschlechterten klimatischen Bedingungen ihnen zur herrschenden Stellung verholfen hat.

### **Die wichtigsten Folgen der Arbeitsteilung unter den pflanzlichen Zellen.**

Wir haben gesehen, dass in den Gewässern die einzelligen und kolonialen Pflanzen bei weitem die Hauptmasse darstellen. Auf dem Lande dagegen ist das Übergewicht der vielzelligen Pflanzen geradezu auffallend. Die Masse der einzelligen und kolonialen Algen auf dem Lande ist verschwindend klein im Vergleich

mit der Masse der Flechten, Pilze, Moose, Farne und Blütenpflanzen. Auf dem Lande können nur vielzellige Organismen erfolgreich ums Dasein kämpfen. Aber selbst die Vielzelligen sind nicht alle in der gleichen Weise dem Landleben gewachsen. Es erscheinen z. B. die Moose und Farne recht zurückgedrängt. Wie wir gesehen haben, sind sie eigentlich deswegen mit relativ kleiner Masse vertreten, weil sie keinen erfolgreichen Kampf gegen den Wassermangel zu führen imstande sind. Der Bau der Moose ist noch mangelhaft: sie sind nicht im Besitze ausgebildeter Gefäße und eigentlicher Wurzeln. Die Farne hingegen können sich wohl reichlich mit Wasser versorgen, da bei ihnen die Gefäße und Wurzeln gut entwickelt sind. Die schwache Seite der Farne liegt aber darin, dass für sie zur Fortpflanzung Regen- oder Tauwasser unentbehrlich ist. Die Samenpflanzen können alles sowohl zu ihrem Leben, als auch zu ihrer Fortpflanzung nötige Wasser aus der Erde beziehen. Sie haben das Wasserversorgungsproblem erfolgreich gelöst und können deswegen unter den Landpflanzen eine Herrscherrolle spielen.

Durch die Vereinigung der Zellen zu einem Organismus erwachsen den Lebewesen ganz neue Fähigkeiten. Eine einzellige Pflanze kann kein Wasser aus den tieferen Erdschichten beschaffen und ist gezwungen ihre Lebenstätigkeit einzustellen, sobald das sie umgebende Wasser ausgetrocknet ist. Eine vielzellige Pflanze dagegen kann Wasser und Mineralsalze aus tieferen Erdschichten herausholen („handhohe“ Wüstenpflanzen „haben Wurzeln von 3—4 Meter Länge“, Kerner-Hansen), und deswegen ist das Leben einer vielzelligen Pflanze sogar unter solchen Bedingungen möglich, wo eine einzellige vielleicht nur eine ganz kurze Zeit lebenstätig sein könnte. In den Wüsten, wo der Regen zu den Seltenheiten gehört, verläuft das Leben der Kakteen u. a. monatelang ohne Regen ungehindert. Keine ein- oder wenigzellige Pflanze ist imstande, in der Wüste längere Zeit ihre Lebenstätigkeit fortzusetzen, aber ein vielzelliges Lebewesen, welches im Besitze langer Wurzeln ist und in seinem Körper Wasser aufspeichern kann, ist dazu fähig. Also hat ein Organismus mit Millionen von Zellen die Fähigkeit unter solchen Bedingungen zu leben, welche für Einzellige unerträglich sind. Die Wirkung der Zusammenarbeit von zahllosen Zellen ist geradezu wunderbar. Insbesondere durch das Zusammenwirken von Zellen wird der Lebensraum erweitert. Das Leben von vielzelligen Orga-

nismen kann, selbst wenn es an recht ungünstigen Orten mehr oder weniger unterbrochen wird, gedeihen.

Einzellige Pflanzen bilden auf dem Substrate (Steine, Baumstämme u. s. w.) nur eine verhältnismässig dünne Schicht. Vielzellige Pflanzen dagegen bilden einen Stamm oder Stengel, welcher sich oft noch verzweigt und zahlreiche Blätter trägt. Auf diese Weise wird eine grosse Oberfläche gebildet, an welcher ein reichlicheres Auffangen des Sonnenlichtes und eine Aufnahme der Kohlensäure stattfinden kann. Nur durch die reichliche Verzweigung und Ausbreitung der Blätter wird auf einem grossen Baume der Zugang des Sonnenlichtes mehr oder weniger zu allen Blättern ermöglicht. Wenn man z. B. von einem Ahorn alle Blätter aufsammelte und auf der Erde auf der von der Kronenprojektion eingenommenen Fläche ausbreitete, so würden die Blätter dort so dicht zusammengedrängt liegen, dass die meisten von ihnen ganz verschattet, von dem Sonnenlichte ganz abgeschlossen wären! Man braucht nur im Herbst im Parke zu sehen, wie dicht die von den Bäumen abgefallenen Blätter auf der Erde liegen, um zur Überzeugung zu kommen, dass die Blätter so massenhaft und zahlreich nur auf den Bäumen ausgebreitet wachsen konnten. Die vielzelligen Pflanzen können also mittels ihrer grossen Blattoberfläche reichlich Sonnenstrahlen auffangen und somit viel mehr Sonnenenergie ausnutzen, als das für einzellige je möglich wäre.

Da nun die vielzelligen Pflanzen sowohl die Sonnenenergie, als auch das in der Erde aufgespeicherte Wasser und die Mineralsalze viel ausgiebiger auszunutzen imstande sind, als das für ein- oder wenigzellige möglich ist, so können sie auch viel mehr lebende Substanz bilden. Die Ein- und Wenigzelligen hätten auf der Erde nur eine dünne Schicht bilden können, die vielzelligen Pflanzen dagegen bilden recht grosse Massen der lebenden Substanz nicht nur auf der Erde, sondern auch in der Erde. Die Masse der Wurzeln in der Erde ist ziemlich gross (s. Braun-Blanquet). Die Masse der lebendigen pflanzlichen Substanz kann recht gross sein schon auf einer Wiese, einem Klee-, Korn-, Sonnenblumen- oder Maisfelde. Viel grösser kann aber die pflanzliche Masse in einem Walde sein, da dort nicht nur die Bäume, sondern auch das Unterholz, die Sträucher, Gräser, Moose, Flechten und Pilze in Betracht kommen. Eine erstaunlich grosse Masse von pflanzlicher Sub-

stanz kommt auf eine Oberflächeneinheit des tropischen Waldes. Um sich eine Vorstellung davon zu machen, wie reich das Pflanzenleben im tropischen Walde ist, sei eine Schilderung desselben nach der „Pflanzengeographie“ von E. Warming und P. Graebner angeführt:

„Rings um die Erde findet man in den äquatorialen Ländern eine Waldzone, an die man gewöhnlich denkt, wenn der Ausdruck „Urwald“ genannt wird . . . Es gibt Vereine, deren Raum sehr stark besetzt ist. Man findet gewöhnlich so viele Stockwerke der Pflanzen, dass das Ganze beinahe ein zusammenhängendes Wirrwarr ist. Die Unordnung ist für den tropischen Regenwald äusserst charakteristisch. Es gibt einen „Wald über dem Walde“, sagt Humboldt treffend. Unter dem höchsten Stockwerke der Bäume, das sich mit schlanken, dicken, zweiglosen Stämmen vielleicht bis zu 40—50 m Höhe und höher erhebt, wachsen andere Bäume von mittlerer Grösse, welche die Zweige jenes Stockwerkes erreichen; unter ihnen wieder andere: schlanke, dünnstämmige, niedrige Palmen, Baumfarne u. s. w., und zwischen diesen Sträucher und Halbsträucher der Urticaceen, Piperaceen, Myrsinaceen, Rubiaceen, Acanthaceen, Melastomataceen u. a. Mächtige, 4—5 m hohe Kräuter von den Typen der Scitamineen und der Araceen sind eingestreut; in afrikanischen Wäldern kommen auch hohe Gräser und Cyperaceen vor; ist noch eine Stelle auf dem Waldboden übrig, wohin Licht herabdringen kann, so wird sie von dunkelgrünen Farnen, Selaginellen, Moosen und ähnlichen Schattenpflanzen eingenommen. Der Raum wird ausgefüllt, und zwar vorzugsweise von hohen „Phanerophyten“. Auf dem javanischen Vulkane Gedeh, sagt Domin, ist die jährliche Regenmenge fast 500 cm; es ist hier schwer Etagen des Waldes zu unterscheiden; der Raum wird vom Boden bis zu den Gipfeln des Waldriesen mehr oder minder erfüllt, es herrscht hier tatsächlich ein wahrer „horror vacui“, wie Junghuhn treffend gesagt hat. In anderen Wäldern hat man aber bestimmte Etagen gefunden: z. B. Burkill fand im Ost-Himalaya in den Regenwäldern drei Stockwerke, ein oberstes von Baumriesen mit relativ kleinen Blättern und Windverbreitung der Samen, ein mittleres von grossblättrigen kleineren Bäumen und zur Verschleppung durch Tiere angepassten Früchten resp. Samen, und eine Bodenvegetation, in welcher die Pflanzen nicht so grossblättrig waren, ausgenommen die längs der Waldwege. Die Lichtstärke in einem von diesen Wäldern fand er bis auf 0,005—0,002 des vollen Sonnenlichts reduziert<sup>1)</sup>. — Es gibt jedoch auch Urwälder, in denen der Boden fast ganz nackt ist . . .“

„Äusserst charakteristisch und zahlreich wegen der grossen Luftfeuchtigkeit in allen Regenwäldern sind die Scharen der Epiphyten, welche Stämme und Zweige, jedenfalls in den Kronen der Bäume, wo die Lichtmenge hinreichend ist, bedecken: Orchideen, Araceen, Bromeliaceen, Piperaceen u. a. Blütenpflanzen, in Amerika und Afrika, auch Cactaceen (Rhipsalis), ferner Farne, Moose u. s. w. Die Bäume in den Wäldern der javanischen und der molukkanischen Nebelregion sind in einen durchnässten Moosfilz, bisweilen hoch oben bis in die Kronen, eingehüllt, der selbst dicker als die Stämme sein kann und ihnen ein sonderbares, dunkles Aussehen verleiht. Von Farnen sind hier

1) Es ist somit in solch einem Walde recht dunkel.

namentlich die moosähnlichen Hymenophyllaceen heimisch, die nach ihrem anatomischen Bau „wahre Nebelpflanzen“ darstellen. In den beständig von Regenwolken umhüllten Farnwäldern auf Samoas Bergen gibt es nach Reching er buchstäblich nicht einen Baum oder Strauch, der nicht epiphytische Farnkräuter trägt, z. B. *Polypodium subauriculatum*, dessen Blätter eine Länge von 2–3 m erreichen können. Selbst die Blätter von immergrünen Arten können dicht von epiphyllen Algen, Lebermoosen und kleinen Flechten bedeckt sein . . . Die Moose können . . . zuletzt so zahlreich und schwer werden, dass die Zweige der Bäume brechen . . . Endlich gibt es eine grosse Menge Lianen . . .“

Weder die Bakterien, noch die ein- oder wenigzelligen Algen, welche wahrscheinlich während der frühesten Perioden auf dem Lande lebten, konnten daselbst in einer nennenswerten Masse vorkommen. Erst nachdem die vielzelligen Pflanzen entstanden waren, konnte sich auf dem Lande ein so üppiges und massenreiches Leben entwickeln, für das wir eben ein Beispiel gesehen haben. Nur hochentwickelte vielzellige Pflanzen haben das Land für ein reichliches Leben erobert. Ein- oder wenigzellige Pflanzen waren nicht imstande die Möglichkeiten auszunutzen, welche in der Wirklichkeit vorhanden waren. Wenn sich viele vereinigen, so können sie das ausführen, was für das einzelne ganz ausserhalb des Möglichkeitsbereiches liegt.

Es sei hier ausdrücklich noch darauf hingewiesen, dass durch die Entstehung der vielzelligen autotrophen oder grünen Pflanzen sogar für heterotrophe (saprophytische und parasitische) Pflanzen und auch für Tiere neue Möglichkeiten entstanden. Erst nachdem die grünen vielzelligen Pflanzen das Land erobert hatten, konnten auch verschiedene Verwesungsbakterien, saprophytische und parasitische Pilze, parasitische Blütenpflanzen und Tiere reichlich Nahrung finden und gedeihen. Die Flechten und Moose wurden von den höheren Pflanzen nicht ganz verdrängt, sondern sie konnten auf Baumstämmen, Zweigen u. s. w. Unterkunft finden. Selbst der Mensch hätte nicht entstehen können, wenn die grünen vielzelligen Pflanzen nicht ein reichliches Landleben erschlossen hätten. Vielzellige grüne Pflanzen haben das ehemals fast ganz unausgenutzte Neuland gewonnen und nicht nur für sich, sondern auch für heterotrophe Organismen weite Lebensmöglichkeiten eröffnet. Die Eroberung des Landes durch vielzellige Pflanzen gehört zu einem der wichtigsten Ereignisse in der Geschichte der Lebewelt. Das ist eine beispiellose Erweiterung des Lebensraumes, eine Erweiterung der Existenzmöglichkeiten. Die vielzelli-

gen grünen Pflanzen haben einen Kampf ums Dasein geführt, welcher ausserordentlich und unvergleichlich erfolgreich gewesen ist. Solch ein Kampf ums Dasein gewinnt unsere volle Sympathie, und mit Prof. G. F. Nicolai können wir sagen: „Wo Neuland gewonnen wird, ist der Kampf sinnvoll, lebenspendend und gut; — wo aber nur anderen etwas weggenommen werden soll, ist der Kampf sinnlos, lebentötend und schlecht“. Man ist der Meinung, die Masse der lebendigen Substanz sei konstant, d. h. sie habe seit den ältesten Zeiten weder sich vergrössert noch abgenommen (siehe Vernadsky). Es ist aber möglich, dass mit dem Entstehen eines üppigen und reichlichen Landlebens die Masse der lebendigen Substanz vergrössert wurde. Sonst müsste man annehmen, dass mit der Entwicklung des Lebens auf dem Lande die Masse der Lebewesen in den Gewässern eine starke Abnahme erlitt, was aber zum mindesten fraglich sein dürfte. Die Möglichkeit etwaiger Schwankungen wird man jedenfalls auch zugeben müssen.

In einem gewissen Sinne scheint es dennoch berechtigt zu sein, von der Konstanz der Masse der lebendigen Substanz zu sprechen. Aller Wahrscheinlichkeit nach haben die Lebensbedingungen eine Tendenz zur Verschlechterung, insbesondere wegen der Temperaturabnahme. Es ist eine fast allgemeine Überzeugung der sachkundigen Gelehrten, dass die Temperatur während des Paläozoikums gegenüber den späteren Zeiten höher war. Zweifellos droht nun die Temperaturabnahme die Masse der Lebewesen herabzusetzen. Der Wirkung der Temperaturabnahme wird nun seitens der Organismen Widerstand geleistet: es werden verschiedene Anpassungsmittel ausgebildet, die das Leben selbst unter sehr schlechten Temperaturverhältnissen ermöglichen (Polarländer, hohe Berge). Es wird gegen schlechte klimatische Verhältnisse gekämpft.

Zusammenfassend können wir feststellen, dass durch den Zusammenschluss vieler Zellen zu einem Organismus, worin die Arbeit zwischen den verschieden ausgebildeten (differenzierten) Zellen geteilt ist, für das Leben der Zellen ganz neue Möglichkeiten entstanden sind: zahllose Zellen können in Form von „Zellenstaaten“ ohne wesentliche Unterbrechungen an Orten leben (regenarme Wüsten und Steppen), wo Einzellige nur in ganz geringer Zahl und nur während ganz kurzer Perioden lebensfähig zu sein imstande sind.

Die Daseinsmöglichkeiten sind durch die Vereinigung der Zellen wie zeitlich, so auch räumlich erweitert worden. Nur viele eine Gemeinschaft bildende Zellen sind mit vereinten Kräften imstande grosse Oberflächen zur ausgiebigeren Ausnutzung der Sonnenenergie und lange Wurzeln zur Ausnutzung des Bodenwassers und der im Boden befindlichen Mineralstoffe zu bilden, wodurch eine ganz gewaltige Anzahl von Zellen die Möglichkeit auf dem Lande zu leben erobert hat. Die Einzelligen sind machtlos unter den Bedingungen, wo Vielzellige gut gedeihen können. Erst vielzellige Pflanzen können mit Erfolg gegen die auf dem Lande herrschenden härteren und strengeren Lebensbedingungen (Trockenheit, Kälte u. s. w.) kämpfen. Durch das auf Arbeitsteilung beruhende Zusammenwirken grosser Zellengruppen sind Organismen entstanden, welche einen viel grösseren Erfolg im Kampfe ums Dasein aufweisen, als das je für ein- oder wenigzellige Lebewesen möglich ist. Die Erweiterung der Lebensmöglichkeit ist die Hauptfolge der Arbeitsteilung und der Zusammenarbeit vieler Zellen in Form von Organismen. Durch den Zusammenschluss zu einem Organismus haben die Zellen ihre Selbständigkeit und Freiheit verloren, dafür aber können sie in viel grösserer Zahl das Leben geniessen. Die Zellen eines vielzelligen Organismus sind alle mit Nahrung versorgt, sie sind kaum vom Wassermangel bedroht, Regen oder Wind werden sie kaum mit Erde verschütten können, wie das bei den Einzelligen so häufig der Fall ist. Das Leben der Zellen in einem Organismus dürfte gar nicht „schlecht“ sein, wenigstens nicht schlimmer, als wenn sie allein lebten.

### III.

#### Vielzellige Wassertiere.

Die Bedingungen des Tierlebens sind ganz andere als diejenigen des Pflanzenlebens. Da kein Tier Sonnenlicht zur Herstellung organischer Stoffe ausnutzen kann, so ist es auf pflanzliche oder tierische Nahrung angewiesen. Eine Pflanze erhält Kohlensäure und alle notwendigen Mineralsalze unmittelbar aus dem umgebenden Wasser, ein Tier dagegen ist in der Regel gezwungen seine Beute aufzusuchen. Zufällig würde ihm sehr wenig in den Mund fallen! Dass nun das Tier seine Beuteorganismen möglichst

schnell aufzufinden vermag, dafür ist seine Bewegungsfähigkeit von ausserordentlich grosser Wichtigkeit. In der Tat sind nun die meisten Tiere mit Bewegungsorganen versehen. Bei höheren Tieren bestehen die Bewegungsorgane aus verschiedenen speziell ausgebildeten, differenzierten Zellen. Die Bewegungsorgane eines Fisches sind z. B. aus Muskelzellen, Bindegewebszellen (Sehnenzellen, Perimysienzellen u. s. w.), Knorpel- und Knochenzellen, aus Nerven und Gefässen zusammengesetzt. Das leichtere Auffinden der Beuteorganismen wird durch Sinnesorgane ermöglicht. Durch das Riech- oder Sehorgan wird die Anwesenheit der Beute schon von weitem erkannt, so dass das Tier nicht so viel blindlings umherzuirren braucht, wie dieses sonst notwendig wäre. Eigentliche Sehorgane, mittels deren ein Tier schon entfernte Objekte erkennen kann, sind erst bei hochentwickelten Tieren ausgebildet worden (Krebse, Kopffüsser, Fische). Ein sehendes Tier kann nicht nur mit geringerer Mühe genügend Nahrung auffinden, sondern es wird auch viel eher seine Feinde bemerken. Ausserdem tragen die Augen zur Bewegungsschnelligkeit viel bei, da ein blindes Tier Gefahr läuft, auf Hindernisse zu stossen und sich zu verwunden.

Obgleich somit die Bewegungs- und Sinnesorgane für die Tiere von grosser Bedeutung sind, so gehört dennoch unter den Planktontieren das Übergewicht solchen Vielzelligen, bei welchen die genannten Organe noch verhältnismässig mangelhaft ausgebildet sind. Besonders reichlich sind im Meeresplankton kleine Krebstiere (insbesondere Ruderfüsser oder Copepoden<sup>1)</sup>) vertreten. „D'après des calculs faits dans la mer Baltique, on estime que les Copépodes nageant dans un cube d'eau d'un mille de côté représenteraient un poids de 1.500.000 kilogrammes“ (E.-L. Trouesart). „Der nordische Copepode *Calanus finmarchicus* färbt durch seine gewaltigen Mengen die Meeresoberfläche nicht selten auf weite Strecken braun“ (R. Hesse 1). Die Hauptnahrungsquelle der Tiere wird von kleinen Planktonpflanzen gebildet. Ein grösseres Tier müsste nun erst sehr viele von diesen kleinen Pflanzen auffangen, um sich ernähren zu können. Das ist aber keine leichte Aufgabe. Am besten lassen sich kleine Organismen

---

1) Die Copepoden stellen „im kalten wie im warmen Wasser mehr als 90 % aller Metazoen“ dar. R. Hesse, Tiergeographie auf ökologischer Grundlage, Jena 1924, S. 247.

durch das Filtrieren auffangen. Viele Fische filtrieren das Wasser durch ihre Kiemen. Dabei werden aber höchstens nur mittelgrosse Planktonorganismen, insbesondere kleine Krebstiere, erbeutet. Die Einzelligen und unter ihnen vorzugsweise die winzigen Nannoplanktonten gehen frei durch die Kiemenspalten. Nur sehr wenige Tiere können die Kleinlebewelt ausnutzen: die Appendikularien filtrieren das Wasser und sedimentieren die darin enthaltenen Nahrungsbestandteile (vgl. Bückmann). Aber die Filtrierapparate zum Erbeuten von kleinsten Planktonten verstopfen sich leicht, und einem grösseren Tiere ist es so gut wie unmöglich sich von winzigen Planktonten zu ernähren. Kleineren vielzelligen Tieren gelingt es viel eher, sich von Planktonpflanzen zu ernähren, und von ihnen ist im Plankton eine grosse Menge vorhanden (insbesondere kleine Krebstiere, Copepoden und Phyllopoden). Diese kleinen vielzelligen Tiere dienen nun ihrerseits grösseren pelagischen, vom Boden unabhängigen Tieren zur Nahrung. Wegen solcher Abhängigkeit der pelagischen Meeresorganismen voneinander ist es verständlich, dass das Übergewicht kleineren vielzelligen Tieren gehören muss; grössere Tiere können nur insofern vertreten sein, als sie mit Hilfe eines Nahrungsmaterials in Form von kleineren Planktontieren gedeihen können. Zu den hochdifferenzierten pelagischen Tieren gehören die Knochenfische, Haie, Kopffüsser, manche zehnfüssige Krebse, schliesslich die Seeschlangen und die Wale. Die letzteren Tiere sind aus Landformen entstanden (Lungen!).

Unter den Bodentieren nehmen die grösseren vielzelligen Tiere eine noch wichtigere Stelle ein. Man braucht sich hier nur der verschiedensten Mollusken (Muscheln, Schnecken), Krabben, Seesterne, Seenadeln, Seeigel, Würmer (Sandpier) u. a. zu erinnern (vgl. Hesse 1). Im ganzen lässt sich sagen, dass in der Tierwelt der Meere den Vielzelligen das Übergewicht gehört und dass unter diesen schon zahlreiche Formen hoch entwickelt sind. Die hochdifferenzierten Meerestiere (höhere Krebse, Kopffüsser, Fische) nehmen eine ziemlich ansehnliche Stelle ein.

Es würde zu weit führen, sich eingehender mit der ausserordentlich mannigfaltigen Tierwelt der Meere zu beschäftigen. Für unsere Zwecke sind schon die obigen kurzen Hinweise genügend.

### Vielzellige Landtiere.

Landtiere konnten selbstverständlich erst dann entstehen, als die Pflanzenwelt auf dem Lande schon mehr oder weniger ausgebildet war. Wie wir schon gesehen haben, ist das Landleben für die Pflanzen schwieriger, als das Leben im Wasser. Das ist auch für die Tiere der Fall. In erster Reihe müssen die eigentlichen Landtiere das Wasserversorgungsproblem lösen. Ohne Wasser ist kein Leben möglich. Zarte wasserreiche Zellen trocknen in der Luft schnell aus, und somit sind sie in der Regel dem Untergange geweiht. In der Luft können deshalb keine solchen Tiere mit weichem Körper gedeihen, wie sie in Gewässern häufig vorkommen (Würmer, Weichtiere, Aktinien, Quallen u. a.). Landtiere mit zarter Körperbedeckung, wie z. B. Regenwürmer, können nur in der feuchten Erde leben, da ihre Haut für das Wasser leicht durchlässig ist. Selbst Frösche und andere Lurche oder Amphibien sind noch keine typischen Landtiere. Auch die Haut der Frösche ist dermassen zart, dass sie keineswegs vor Austrocknung schützt. Zu eigentlichen Landtieren konnten erst solche Tiere werden, die eine genügend wasserdichte Körperbedeckung erworben hatten. Von den Wirbellosen gehören zu ihnen die Insekten und Spinnen, die mit Chitin bedeckt sind. Von den Wirbeltieren sind ganz an das Luftleben angepasst Reptilien, Vögel und Säuger. Die Haut der genannten Wirbeltiere ist entweder mit einer Hornschicht oder mit hornigen Schuppen und Platten versehen. Die Zellen der Keimschicht teilen sich, die oberen von den entstandenen Zellen verhornen sich, die Kerne gehen unter, und die Zellen trocknen aus. Solch eine aus vertrockneten Zellen bestehende Hornschicht bildet für die inneren zarteren Zellen einen guten Schutz. Die sich verhornenden Zellen sind dem Untergange geweiht, da sich der Zellenstaat nicht erhalten lässt, ohne dass Zellen im Kampfe mit der Austrocknungsgefahr geopfert würden. Bei einem Versuch hat eine Amphibie (*Triton cristatus* oder Kammolch) im Laufe von 2 Tagen in der Luft über 40% Wasser verloren, eine Eidechse dagegen in derselben Zeit nur 7%, d. h. beinahe 6 mal weniger (J. Gray)! Erst eine ziemlich wasserdichte Körperbedeckung hat die Möglichkeit eröffnet, gefahrlos in der Luft zu verweilen, sogar in der trocknen Luft der Wüsten und Steppen. Kein einzelliges oder wenigzelliges Tier vermag erfolgreich gegen die Austrocknungs-

gefahr zu kämpfen. Für grosse Zellverbände, wo verschiedene Zellen je eine entsprechende Aufgabe zu erfüllen haben, bildet die Lufttrockenheit keine Gefahr mehr. Wir sehen wieder, dass ein vielzelliges Tier unter Bedingungen leben kann, welche für einzellige unerträglich sind. Mit gemeinsamen Kräften lässt sich das ausführen, was dem Einzelnen unmöglich ist. Die Erwerbung einer genügend wasserdichten Körperbedeckung ist für die Tiere von ausserordentlich grosser Bedeutung gewesen, und erst dadurch ist das Entstehen eines reichen Tierlebens auf dem Lande möglich geworden.

In der Erde haben nur verhältnismässig wenige Tierarten ihre Unterkunft gefunden. Das dürfte damit im Zusammenhange stehen, dass die Bewegung in der Erde zu schwierig ist und dass es für Tiere schwieriger ist in ihr Nahrung zu finden, als auf der Erde. Die grösseren Wurzeln sind oft zu hart, die kleineren aber zu dünn und allzusehr in der Erde zerstreut. Verwesendes Pflanzenmaterial sagt nur wenigen Arten zu. Auf der Erde dagegen sind nicht nur Blätter und Früchte, Gras und Holz, sondern auch Pollen und Nektar der Blüten, Pilze, verschiedene Tiere u. s. w. reichlich vorhanden. Unter den in der Erde lebenden Tieren spielen die vielzelligen die Hauptrolle. Zu den bekanntesten von ihnen gehören die Regenwürmer, dann noch die Fadenwürmer und Enchytraeiden. Zeitweilig in der Erde leben verschiedene Insektenlarven (Drahtwürmer oder Schnellkäferlarven, Maikäferlarven oder Engerlinge, die Larven des Walkers, der Sandlaufkäfer, der Ameisenlöwe, einige Fliegenlarven u. s. w.). Unter den wichtigsten wirbellosen Landtieren sind die Mollusken und Gliederfüsser (Insekten, Spinnen, Asseln, Tausendfüsser u. a.) zu verzeichnen. Die Haut der Mollusken ist zart, und vor Trockenheit sind sie meistens durch die Schale oder auch durch den Schleim geschützt. Bei mangelhafter Anpassung an das Leben in der trocknen Luft sind sie noch ausserdem träge, wenig bewegliche Tiere, weshalb sie weder zu fliehen noch schnell Nahrungsquellen aufzusuchen imstande sind. Augenscheinlich können die Mollusken wegen solcher Eigentümlichkeiten keineswegs besonders massenhaft vorkommen. Die Spinnentiere sind recht mannigfaltig. Aber auch sie sind im Vergleich mit den Insekten wenig beweglich, und nehmen zum Teil anscheinend deshalb unter den Landtieren nur eine verhältnismässig unbedeutende Stelle ein. Die Insekten haben die Flugfähigkeit erworben, wodurch die Auffin-

derung der Nahrung und auch das Fliehen vor Feinden ausserordentlich gefördert wird. Als kleine Tiere können sie sich noch ziemlich leicht in Borkenrissen, in der Erde, im Grase u. s. w. verstecken. Wenn auch im Vergleich mit grösseren Tieren kraft- und machtlos, haben die Insekten dennoch auf dem Lande eine ausserordentlich wichtige Stellung errungen und behaupten dieselbe zäh. Sie sind unvergleichlich massenhafter vertreten, als die Mollusken, Spinnentiere, Tausendfüsser und Krebse (Asseln u. s. w.). Die Zahl der Insektenarten wird auf über eine Million veranschlagt! Gross ist die Individuenzahl der Fliegen, Stech- und Kriebelmücken, Bremsen, Blattläuse, Schaben, Heuschrecken, Wasserjungfern, Käfer (Rosskäfer u. a.), Schmetterlinge u. s. w. Die wichtigste Stelle unter den Insekten nehmen aber die Ameisen und Termiten ein, die insbesondere in den tropischen Ländern sehr massenhaft vorkommen.

Obgleich nun die Insekten hochdifferenziert und mit gut entwickelten Bewegungs- und Sinnesorganen ausgerüstet sind, so gehören dennoch nicht sie, sondern die Wirbeltiere zu den herrschenden Landtieren. Das äussere Skelett der Insekten ist nicht besonders zweckmässig. Die Chitinbedeckung bildet ein Hindernis beim Wachsen, und deshalb müssen die Insektenlarven sie öfters abwerfen, um wachsen zu können. Das geht aber nicht ganz gefahrlos. Ausserdem können Tiere mit einem Skelett von aussen keine ansehnlichere Grösse erreichen. Bei den Landtieren wird nicht ein grosser Teil des Körpergewichtes vom Wasser getragen, wie das bei den Wassertieren der Fall ist, und deswegen muss das Skelett der Landtiere einen starken Bau aufweisen. Das Skelett von aussen müsste nun, um genügend stark und widerstandsfähig zu sein, bei grösseren Formen dick sein. Ein dickes Chitinskelett würde aber zu schwer sein und somit die Beweglichkeit stark hindern. Bei den Tieren mit innerem Skelette braucht das Gerüst gar nicht besonders schwer zu sein, um eine genügende Stütze zu bilden, und bei ihnen kann das Wachstum ohne Hindernisse vor sich gehen. Deshalb können Tiere mit innerem Skelett eine ansehnliche Grösse erreichen und dadurch stark und machtvoll werden. Die grossen Wirbeltiere sind im Zusammenhang damit zu eigentlichen Herrschern auf dem Lande geworden. In der Tierwelt geht es ähnlich wie in der Technik. Eine technische Vorrichtung erweist sich oft besser und zweckmässiger als die andere, und die schlechtere wird von der besseren verdrängt. So

haben sich z. B. die Motorluftfahrzeuge besser bewährt als die Gasballons (vgl. R. Hesse 2).

Zu den Landwirbeltieren gehören die Amphibien oder Lurche, die Reptilien oder Kriechtiere (Eidechsen, Schildkröten, Schlangen, Krokodile), die Vögel und die Säugetiere. Die Amphibien (Frösche, Kröten, Salamander, Molche, Blindwühlen u. a.) sind noch mangelhaft an das Landleben angepasst. Bei den meisten von ihnen verläuft sogar noch die embryonale Entwicklung und das Larvenleben im Süßwasser. Die Haut der Amphibien ist dermassen für Wasser durchlässig, dass sie durch die Haut „trinken“. Ein Frosch kann sogar aus einem nassen Tuche, das um ihn gewickelt ist, Wasser aufnehmen. Die Amphibien sind überhaupt unter den Landwirbeltieren die niedrigsten Formen. Die Froschlungen sind verhältnismässig mangelhaft ausgebildet, und die Atmung erfolgt bei ihnen noch in erheblichem Masse durch die Haut (gleichwie bei den Erdwürmern!). Die zum Atmen dienende Oberfläche der Lungen ist bei einem Frosche sogar etwas kleiner als die Hautoberfläche! Bei Säugern dagegen ist die Lungenoberfläche 50 bis 100 mal grösser als die Körperoberfläche, und auf solch einer grossen Fläche kann bei ihnen der Gaswechsel (Sauerstoffaufnahme!) sehr ergiebig vor sich gehen (vgl. Buddenbrock). Das Herz besteht bei den Amphibien nur aus drei Abteilungen, so dass beinahe keine Trennung des sauerstoffreichen und sauerstoffarmen Blutes stattfindet. In den Arterien strömt deswegen kein reines sauerstoffreiches Blut wie bei den Vögeln und Säugern, sondern gemischtes, sauerstoffarmes Blut.

Die primitiveren Amphibien gehören zu den frühesten Landtieren. Schon im Karbon sind verschiedene Formen vertreten gewesen. Zu jenen Zeiten fehlten noch die höchsten Landtiere, und die Amphibien konnten dann eine recht wichtige Stelle einnehmen. In der Jetztzeit dagegen sind die Amphibien recht zurückgedrängt. Man trifft sie wohl zuweilen in ziemlich grossen Mengen an (Frösche im Frühling an Laichstellen!), aber die Verbreitung der Amphibien ist ziemlich beschränkt. Sie können weder trockene Gebiete (Wüsten, Steppen u. s. w.) noch Meere bewohnen. Die Amphibien sind meistens verhältnismässig klein, und somit sind sie auf der Erde im ganzen mit einer geringen Masse vertreten (vgl. Franz, Hesse I, Gadow u. a.).

Die Reptilien haben sich schon recht vollkommen dem Landleben angepasst: zu ihrer Fortpflanzung sind keine Wasser-

becken notwendig, und sehr viele Arten können die trockensten Orte bewohnen. Gerade in den Steppen und Wüsten sind die Reptilien zahlreich. Einige Reptilien haben das Landleben aufgegeben und sind wieder zu Wassertieren geworden (Seeschlangen, Wasserschildkröten). Besonders arten- und individuenreich sind die Reptilien in heissen Ländern, in den tropischen Regionen. Eine ganze Anzahl von Reptilien erreicht eine beträchtliche Grösse (Krokodile, Riesenschlangen, Riesenschildkröten, einige Echsen). Es ist im ganzen klar, dass die Reptilien mit einer bedeutend grösseren Masse auf der Erde vertreten sind, als die Amphibien. Solch ein Übergewicht hängt von der höheren Differenzierung der Reptilien (wasserdichte Haut, Lungen mit grösserer Oberfläche, besser ausgebildetes Herz u. s. w.) ab. Selbst die Artenzahl der Reptilien (etwa 4000) übertrifft die der Amphibien (etwa 1300) um ein beträchtliches (vgl. Gadow, Brehm u. a.).

Die ersten Reptilien sind schon in paläozoischen Ablagerungen gefunden worden (vom Oberkarbon an). Die paläozoischen Reptilien waren noch verhältnismässig primitiv und erreichten nur eine mässige Grösse. Während des Mesozoikums gehörten sie zu den herrschenden Tieren. Sie waren damals die grössten, stärksten, gefährlichsten und verbreitetsten Tiere. Nicht nur auf dem Lande lebten verschiedene, oft gewaltige Saurier (Dinosaurier), die Reptilien hatten auch ihre mächtigen Vertreter in Meeren (Ichthyosaurier, Plesiosaurier, Mosasaurier), und als fliegende Formen in der Luft (Pterosaurier). Überall waren sie zu jenen Zeiten reichlich vertreten. Sie haben aber ihre Herrschaft nicht behaupten können. Im Kampfe ums Dasein sind insbesondere die grössten und stärksten Formen unter ihnen untergegangen, und die herrschende Stellung ist von den Säugetieren eingenommen worden (vgl. Abel 1 u. 2, Franz).

Es ist nun eine äusserst wichtige Frage, warum die mesozoischen Reptilien ausgestorben sind und warum die Säugetiere die herrschende Stelle in der Tierwelt errungen haben. Warum haben die gewaltigen und mächtigen Reptilien des Mesozoikums nicht weiter erfolgreich ums Dasein zu kämpfen vermocht? Sind sie von den Säugern im Konkurrenzkampfe verdrängt worden? Nach allen unseren Kenntnissen vom Leben der Vorzeit wird man behaupten müssen, dass das Aussterben der Reptilien keineswegs durch den grausamen Konkurrenzkampf mit den Säu-

getieren verursacht worden ist. Ich möchte auch hier E. Hennig zu Worte kommen lassen: „Eine übertriebene Anwendung des an sich wahrlich gewichtigen Wortes vom Kampfe ums Dasein lässt gern den Untergang eines Geschlechtes durch die höhere Lebenstüchtigkeit jüngerer aufstrebender Typen herbeiführen. In dieser Beziehung ist nun aber lehrreich zu sehen, wie oft ein Niedergang schon einsetzt, ehe der vermeintliche „Feind“ recht aufkommt. Noch einleuchtender ist der Fall der Saurier und Säuger, die ja das Mesozoikum bzw. Neozoikum beherrschen und hervorragend kennzeichnen. Die Grenze ist auffallend scharf, das Aufblühen der Säuger im allerersten Tertiär ein selten schöner Beleg für explosive Entfaltung; das Aussterben grosser bis dahin blühender Reptiliengruppen in der Oberkreide höchst auffallend. Geht aber auch hier das Aussterben deutlich voran, statt höchstens gleichzeitig mit dem Emporblühen des Neuartigen zu sein, so kommt noch hinzu, dass die Säuger schon seit dem Ende der Trias bestehen und entgegen der Regel erst nach einer äusserst langen Periode von Jura und Kreide in Front gehen. Ihr Aufkommen will so lange geradezu unterdrückt erscheinen; erst als das Sauriergeschlecht vom Schauplatz ziemlich unvermittelt abtritt, strömen sie in den leergewordenen Raum und dehnen sich mit gewaltiger Geschwindigkeit darin aus.“ Es kann fast gar kein Zweifel darüber bestehen, dass die Reptilien nicht infolge des Konkurrenzkampfes mit den Säugetieren, sondern infolge der Klimaverschlechterung ausgestorben sind. Die Reptilien sind wärmebedürftige Tiere, und zu ihrer Entwicklung ist insbesondere eine ziemlich hohe Temperatur notwendig. Die Reptilien-eier werden sehr oft in trockene, von der Sonne gut durchschienene Erde (Sand!) oder in verwesende pflanzliche Massen abgelegt. Bei einigen Formen tritt zur Förderung der Entwicklung Brutfieber auf (Riesenschlangen). Lebendigegebärende Formen können sich reichlich an der Sonne wärmen. Da die jetzigen Reptilien, deren Vorfahren kältere Perioden überlebt haben, immer noch recht wärmebedürftig sind, so ist es ganz natürlich anzunehmen, dass die mesozoischen Reptilien noch viel mehr auf eine höhere Temperatur angewiesen waren. Zu Ende des Mesozoikums hat sich das Klima verschlechtert. Es ist deshalb äusserst wahrscheinlich, dass gerade durch die Temperaturherabsetzung die embryonale Entwicklung und das Gedeihen der Jungen so stark beeinträchtigt wurden, dass die empfindlichsten Reptiliengruppen ausstarben

(A. Audova). Nicht der Konkurrenzkampf mit anderen Tieren, insbesondere mit Säugern, hat also das Aussterben der mesozoischen Reptilien verursacht, sondern die Klimaverschlechterung. Weder für die Säugetiere noch für die Vögel war die Klimaverschlechterung gefährlich. Die Körpertemperatur dieser Tiere ist hoch und konstant. Die Vögel legen Eier und brüten dieselben aus. Die Entwicklung der Säugetierembryonen verläuft im Mutterkörper. Somit geht sowohl bei den Vögeln als auch bei den Säugern die embryonale Entwicklung bei einer hohen und günstigen gleichmässigen Temperatur vor sich. Das kühlere Klima konnte deswegen weder den Vögeln noch den Säugern Schaden zufügen. Und gerade wegen solch einer physiologischen Besonderheit, wegen der hohen und gleichen Körperwärme (Homoiothermie), konnten die Säuger und Vögel der Klimaverschlechterung Widerstand leisten und eine wichtige Stelle in der Tierwelt des Landes erobern. Ausserdem wurde die Fortpflanzung der Säuger und Vögel noch durch erhöhte Brutpflege gefördert. An der Wende des Mesozoikums und Känozoikums ist eine grosse Änderung in der Tierwelt nicht wegen des heftigen und grausamen Konkurrenzkampfes zwischen den verschiedenen Tierarten zustande gekommen, sondern eine entscheidende Wirkung hat dabei der Kampf mit den unbelebten Naturfaktoren, mit der herabgesetzten Temperatur ausgeübt. Aus dem Kampfe mit der Temperaturherabsetzung sind die Säuger und Vögel als Sieger hervorgegangen, die Reptilien dagegen haben im Kampfe mit der Klimaverschlechterung sehr wenig Erfolg gehabt. Im allgemeinen ist ja gar nicht zu bezweifeln, dass der Konkurrenzkampf eine grosse Rolle spielen kann, aber durch zahlreiche Tatsachen lässt sich beweisen, dass der Kampf mit ungünstigen Lebensbedingungen der unbelebten Natur (Konstitutionalkampf) wenigstens zeitweise gewaltig in die Lebewelt eingreift und die weniger angepassten Organismen ausmerzt. Und oft sind dabei die grössten und mächtigsten Organismen nicht die am besten angepassten! Der Kampf muss gerade mit einer drohenden Gefahr geführt werden. Gegen eine Klimaverschlechterung lässt sich nun nicht einfach mit Grösse und Mächtigkeit kämpfen, dagegen hat sich die Erwerbung einer hohen und konstanten Körpertemperatur in diesem Kampfe gut bewährt. Die Meinung, dass der Kampf ums Dasein

fast nur im Konkurrenzkampfe und Kampfe gegen Feinde bestehe, ist durchaus einseitig und un begründet (vgl. auch H. Schmidt).

Wir haben wiederholt gesagt, dass die Vögel im Kampfe gegen die Klimaverschlechterung erfolgreich gewesen sind. Es ist in der Tat nicht zu bezweifeln, dass der Masse nach den Vögeln vor den Reptilien das Übergewicht gehört. Unter den Vögeln finden sich allerdings keine so grossen Formen wie unter den Reptilien. Aber viele Vögel erreichen dennoch eine beträchtliche Grösse (Strausse, Kondore, Schwäne u. s. w.). Grosse Reptilien sind nur in der tropischen Zone vorhanden, und selbst dort nicht besonders zahlreich. Unter den höheren Breiten dagegen sind die Reptilien klein und ausserdem noch in kleiner Individuenzahl vertreten. Die Vögel dagegen sind gerade unter höheren Breiten oft grösser (Bergmannsche Regel), und sie sind zahlreich sogar unter den Breiten, wo keine oder fast keine Reptilien vorhanden sind. Vogelberge, wo zahllose Vögel nisten, sind sogar im Eismeere zu finden. Wenn man ausserdem noch die Hausvögel (Hühner, Gänse, Schwäne, Truthähne u. s. w.) in Betracht zieht, so dürfte es wohl klar sein, dass die Vögel auf der Erde mit einer beträchtlich grösseren Masse vertreten sind als die Reptilien. Die Vögel haben somit eine wichtigere Stelle im Naturleben errungen als die Reptilien, denen seinerzeit die herrschende Rolle gehörte. Selbst die Zahl der Vogelarten (etwa 25.000) übertrifft die der Reptilien (etwa 4000) beträchtlich (vgl. Brehm, Hesse I, Gadow).

Was nun die Säugetiere anbelangt, so steht es fest, dass sie nicht nur die stärksten und grössten unter den jetzigen Tieren sind (Wale, Elefanten, Flusspferde, Nashorne u. a.), sondern dass sie auch der Masse nach an erster Stelle stehen. Wie gewöhnlich bei den herrschenden Formen, so ist auch bei den Säugetieren der Lebensraum nicht nur auf das Land beschränkt geblieben, sondern sie haben auch andere Lebenskreise bis zu einem gewissen Grade erobert (adaptive Radiation). Es sind typische Wassersäuger (Wale, Delphine) und viele Übergangsformen (Robben, Eisbären u. a.) entstanden. Eine Anzahl von Säugetieren ist zu fliegenden Lufttieren geworden (Fledermäuse, Flughunde, Blutsauger). Die Säuger sind artenreich (es gibt ihrer 7000 Arten), und sie sind auf der ganzen Erde verbreitet. Wie die tropischen Länder, so sind auch die Polarländer von Säugern bewohnt (Eisbär, Eisfuchs, Ren, Lemming, Polar-

und Schneehase, Moschusochs, Wolf, Hermelin). Sehr viele Säuger sind recht grosse Tiere, insbesondere im Vergleich mit den Amphibien sowie mit den meisten Vögeln und Reptilien. Eine ansehnliche Grösse wird nicht nur von den Riesen unter den Säugern (Wale, Elefanten, Nilpferde u. a.), sondern auch von den Hausrindern, Büffeln, Wisenten, Bisonen, Pferden, Kamelen, Elchen, Hirschen, Elefantenrobben, Giraffen, Walrossen, Eisbären und vielen anderen erreicht. Die Säuger sind auch ziemlich individuenreich vertreten. In den Savannen Afrikas und in den Steppen anderer Weltteile (Asien) bilden verschiedene Säuger sehr grosse Herden. Kaninchen sind in Australien zu einer ernststen Plage geworden. Zahlreich sind auch verschiedene Haustiere — Rinder, Pferde, Schweine, Ziegen, Schafe, Kamele, Hunde, Katzen u. s. w. Selbst der Mensch gehört ja zu den Säugetieren. Wenn man alles das in Betracht zieht, so ist es klar, dass die Säuger der Masse und der Bedeutung nach in der Tat in der Lebewelt an die erste Stelle gestiegen und zu wirklichen Herrschern auf der Erde geworden sind. Unter den Säugern hat der Mensch den ersten Rang erobert (vgl. Brehm, Hesse 1, Trouessart, Elton).

Zusammenfassend können wir somit feststellen, dass unter den Wirbellosen die wichtigste Stelle die Insekten, unter den Wirbeltieren — die Säugetiere errungen haben. Sowohl die Insekten als auch die Säuger sind vielzellige Organismen; dabei vielzellige mit hochentwickelter Arbeitsteilung unter den Zellen. Die herrschenden Tiere sind hochdifferenzierte vielzellige Formen. Weder ein- noch wenigzellige Tiere können so erfolgreich mit härteren Lebensbedingungen kämpfen wie vielzellige. Der stärkste Herrscher, der Mensch, ist aus Billionen Einzelzellen zusammengesetzt. Schon im Blute allein sind über 10 Billionen Zellen enthalten (vgl. Walter). Und erst durch die Vereinigung einer so ungeheuren Menge von Zellen zu einem Organismus konnte das machtvollste Lebewesen entstehen.

### **Gesetze der Arbeitsteilung.**

**Formelemente und Arbeitsteilung.** Durch die mikroskopische Untersuchung ist festgestellt worden, dass die herrschenden Formen (Landorganismen, Bodenorganismen) aus einer

grossen Anzahl von sehr verschiedenen Zellen bestehen. Je zurückgedrängter eine Art ist, desto einfacher ist in der Regel ihr Bau, d. h. desto weniger verschiedenartig sind die sie zusammensetzenden Zellen. In der menschlichen Gesellschaft ist es ja auch ähnlich: je zurückgedrängter und kulturell niedriger ein Volk ist, desto weniger Spezialarbeiter hat es aufzuweisen. Die niedrigsten Vielzelligen sind nur aus einer kleinen Anzahl von verschiedenen Zellen zusammengesetzt. Der kleine Süsswasserpolypp Hydra besteht aus Ekto- und Entodermzellen, Nessel-, Drüsen-, Nerven-, Ei- und Samenzellen. Es sind interessanterweise bei diesem Tiere noch keine eigentlichen Muskelzellen da: die Ekto- und Entodermzellen sind Epithelmuskelzellen, d. h. sie dienen teils als Deck-, teils als Muskelzellen. Bei einem Regenwurm, der schon grösser und höher organisiert ist, ist die Zahl verschiedenartiger Zellen schon viel grösser, d. h. die Arbeitsteilung unter den Zellen ist viel weiter fortgeschritten. Beim Regenwurm sind z. B. schon die Muskelzellen gut differenziert, von den Epithelzellen abgesondert. Die Drüsenzellen eines Regenwurmes sind schon verschieden (Schleimzellen, Eiweisszellen, Chyluszellen), ebenso die Nervenzellen, „Nierenzellen“, Zellen der Geschlechtsorgane. Bei einem Regenwurm sind auch Lymph-, Blut- und Bindegewebszellen vorhanden. Es wäre unnütz alles aufzuzählen. Wenn nun die Arbeitsteilung schon unter den Zellen des Regenwurmes recht weitgehend ist, so ist das noch bei weitem nicht die Grenze des Möglichen. Bei den Insekten oder auch beim Menschen findet man z. B. ausser den Zellen, die schon beim Regenwurme vorhanden sind, eine grosse Anzahl von anderen Zellen. Die Drüsenzellen des Menschen sind sehr verschieden (Speichel-, Magen-, Darm-, Bauchspeichel-, Schweiß-, Talgdrüsen, Drüsen der inneren Sekretion u. s. w.). Die Knochen-, Knorpel-, Periost-, Perichondriumzellen fehlen beim Regenwurme. Die Augen, Ohren und die anderen Sinnesorgane bestehen aus einer grossen Anzahl von verschiedenen Zellen. Auch bei den Insekten kommen verschiedene Drüsen-, Sinnes- u. a. Zellen vor, die beim Regenwurm nicht zu finden sind. Es ist klar, dass der menschliche Körper aus einer viel grösseren Anzahl von verschiedenartigen Formelementen, Zellen, aufgebaut ist, als es die Würmer und die anderen niederen Organismen sind. Und nicht nur die Zahl der Zellen, sondern auch die Zahl der verschiedenen Organe ist beim Menschen viel grösser

(Hände, Füße, Augen, Ohren u. a.). Die frühesten Organismen waren von einfachem Bau, und erst allmählich sind Organismen entstanden, in welchen die Zahl von ungleichartigen Zellen grösser wurde; also sind mit dem Entwicklungsgange während der Jahrmillionen immer neue Zellformen und Organe entstanden (Gesetz der Form). Die Mannigfaltigkeit des Aufbaues ist grösser geworden. Das Gleiche ist der Fall bei der embryonalen Entwicklung; auch da entstehen aus gleichartigen Zellen ungleichartige. Es hat sich nicht nur die Form der Zellen vermehrt, auch die Funktionen der Zellen sind im Zusammenhange damit immer spezieller geworden. Es haben sich sozusagen Spezialarbeiter ausgebildet. Die Tätigkeit des Urmenschen war sehr mannigfaltig, die eines Spezialarbeiters (Briefträgers u. s. w.) dagegen ist oft sehr einseitig, spezialisiert. Bei den niederen Organismen übt eine Zelle verschiedene Funktionen aus (bei der Hydra dient z. B. eine Entodermzelle noch zur Verdauung und Bewegung, ausserdem scheidet sie Abbauprodukte aus und atmet), bei den höheren Formen dagegen ist für jede Tätigkeit eine spezielle Zellenart ausgebildet worden (vgl. Buddenbrock, Schneider, Müller-Lyer 1). Die Arbeitsteilung unter den Zellen — die Differenzierung oder Sondernung — hat im Laufe der Zeit immer zugenommen (Gesetz der Differenzierung), und zu herrschenden Formen sind immer nur hochdifferenzierte Organismen geworden. Es ist deshalb nicht zu bezweifeln, dass die Arbeitsteilung in der Organismenwelt eine ausserordentlich wichtige Rolle spielt und dass sie im Kampfe ums Dasein äusserst vorteilhaft ist.

**Zusammenwirken (Integration).** Im engsten Zusammenhange mit der Differenzierung oder Sondernung, der Ausbildung mannigfaltiger Zellen mit verschiedenen Funktionen, ist das Zusammenwirken oder die Integration verlaufen. Die Arbeitsteilung oder die Bildung der gesonderten Zellen mit voneinander abweichenden Funktionen würde unmöglich sein, wenn kein entsprechendes Zusammenwirken zwischen den differenzierten Zellen stattfände. Ein Schneider würde nicht leben können, wenn er nicht alles zu seinem Leben Notwendige auf dem Tauschwege von anderen Arbeitern erhielte. So ist auch das Leben einer Körperzelle nicht ohne Dienstaustausch mit anderen Zellen möglich. Eine Muskelzelle des Menschen kann nicht selbständig

Nahrungstoffe aufnehmen und verdauen, sondern sie erhält alle vorverdauten Nährstoffe durch den Körpersäftestrom. Selbst die Zusammenziehungen der Muskelzellen verlaufen nicht unabhängig oder selbständig: dazu werden sie erst durch Erregungen aus dem Nervensystem veranlasst. Eine Magendrüsenzelle kann sich weder bewegen noch direkt Nahrung aufnehmen und verdauen, sie hat nur den Magensaft auszusondern, und alles andere wird für sie von anderen Zellengruppen besorgt. In der gleichen Weise sind die Zellen der Augen, Ohren u. s. w. von anderen Zellengruppen (Verdauungs-, Bewegungs- u. a. Organen) abhängig. (Vgl. Hertwig 3, Häckel, Abderhalden 1.)

Eine Amöbe oder ein Pantoffeltierchen bewegt und ernährt sich, scheidet Abbauprodukte aus, vermehrt sich und lebt überhaupt in Form einer einzigen Zelle ganz selbständig, unabhängig von anderen Zellen der gleichen Art. Höchstens bei der Fortpflanzung wird zwischen einem Zellenpaar auf einige Zeit ein Bündnis geschlossen. Beim Süßwasserpolypen Hydra sind die Zellen schon voneinander abhängig, aber die Abhängigkeit ist, wie in der Regel bei einem niedrigen Organismus, keineswegs weitgehend. Eine Hydra kann man in viele Stücke zerteilen, und aus jedem Stücke regeneriert sich eine neue Hydra. Selbst kleine Zellgruppen sind hier noch recht selbständig, sie sind, auch vom Organismus abgetrennt, nicht dem Untergange geweiht. Eine einzelne Zelle, z. B. die Nesselzelle, ist aber auch in diesem Falle nicht mehr lebensfähig. Wird ein Regenwurm in mehrere Stücke zerschnitten, so regeneriert sich jeder Teil zu einem ganzen Organismus und lebt weiter. Auch hier sind grössere Abschnitte noch recht selbständig. Beim Menschen aber ist der Zusammenhang der Teile noch viel inniger. Weder die Hand noch das Bein, weder die Lungen noch das Herz u. s. w. können sich selbständig ohne andere Organe erhalten. Sie können sich nicht zu einem ganzen Organismus regenerieren. Die Regenerationsfähigkeit ist beim Menschen überhaupt sehr gering. An eine Zerteilung in zwei Hälften wie bei einem Regenwurm ist gar nicht zu denken! Sogar ein einziger Finger oder ein Fingerglied wird nicht mehr neugebildet. Weder das Auge noch das Ohr, weder ein Knochen noch selbst ein Nagel wird von neuem gebildet, wenn er vollständig abgetrennt ist. Eine Muskel- oder Nervenzelle u. s. w. des Menschen, vom Körper abgetrennt, trocknet aus und stirbt ab (vgl. Nussbaum u. a.). Überhaupt ist keine Zelle des vielzelligen

Organismus zu einem selbständigen Leben fähig. Erst alle Zellenarten zusammen bilden einen Organismus, welcher selbständig sich bewegen, ernähren und fortpflanzen kann gleichwie ein einzelliger Organismus. Wir sehen somit, dass die Zellen eines vielzelligen Organismus ihre Selbständigkeit verloren haben und alle voneinander abhängig geworden sind. Die Abhängigkeit der Zellen voneinander ist dabei desto grösser geworden, je höher eine Pflanze oder ein Tier organisiert ist, d. h. je weiter die Arbeitsteilung unter den Zellen fortgeschritten ist (Gesetz der Integration).

Ein vielzelliger Organismus wäre lebensunfähig, wenn nicht alle Zellen in einer bestimmten Weise zusammenarbeiten. Besonders genau muss das Zusammenwirken der Zellen (bzw. der Organe) bei den höchsten Organismen verlaufen. Beim Schlucken müssen z. B. verschiedene Muskeln sehr genau zusammenwirken, so dass die Luftröhre gerade in dem Momente zugeschlossen wird, wenn der Bissen durch den Schlund geht. Wird die Luftröhre nicht zur rechten Zeit durch den Kehledeckel verschlossen, so gelangen Nahrungsbrocken in die Luftröhre und in die Bronchien, fallen dort der Verwesung anheim und bilden eine Gefahr für den ganzen Organismus. Nimmt man irgendeine Sache in die Hand, so müssen verschiedene Muskeln genau zusammenwirken: hielte der Daumen z. B. den Bleistift zu schwach, so würde er aus der Hand fallen. Insbesondere beim Stehen muss das Zusammenwirken verschiedener Muskeln in der richtigen Weise verlaufen. Es sind beim Stehen immer kleine Schwankungen des Körpers zu beobachten. Neigt man sich z. B. nach vorne, so werden unter anderem die Wadenmuskeln gedehnt, wodurch die betreffenden Nervenendigungen gereizt werden, und hierdurch werden diese Muskeln reflektorisch zur Kontraktion gebracht, so dass das Nachvornefallen verhindert wird. In der gleichen Weise wird dem Neigen nach der anderen Seite entgegengewirkt. Wenn man läuft, so müssen nicht nur verschiedene Skelettmuskeln in der richtigen Weise tätig sein, sondern auch das Herz und die Atmungsmuskeln müssen stärker arbeiten, um die Skelettmuskeln reichlicher mit Sauerstoff und Nährstoffen zu versorgen. Ist das Herz beim Treppensteigen u. s. w. nicht imstande, genügend schnell seine Tätigkeit zu erhöhen, so kommt man ausser Atem. Wie wichtig das richtige Zusammenwirken

verschiedener Muskeln ist, tritt erst bei krankhaften Erscheinungen ganz klar zutage. Ist das Kleinhirn erkrankt oder entfernt, so sind die Bewegungen stark gestört. „Es werden die Pfoten abnorm hoch gehoben, schleudernd und unter Kraftanwendung aufgesetzt. Es fehlt die Koordination der Bewegung der Vorder- und Hinterbeine vollkommen. Die Bewegungen selbst erfolgen sprungartig, abrupt und brüsk. Sie sind unbeherrscht. Kleinhirnlose Hunde und Katzen stehen keinen Augenblick ruhig da. Die erwähnten Bewegungen hören dann auf, wenn die Pfoten statisch beansprucht — gestreckt oder belastet — werden. Immer sind noch Zitterbewegungen zu sehen. Ferner schwanken die Tiere häufig beim Gehen“ (E. A b d e r h a l d e n 1).

Bei körperlicher Tätigkeit wird mehr Nährstoff aufgebraucht, und deshalb ist eine vermehrte Nahrungsaufnahme notwendig. Durch die Hungerempfindung wird der Organismus dazu veranlasst. Es wird somit die Nahrungsaufnahme je nach dem Bedarfe geregelt, reguliert. Wird stark gearbeitet, so entsteht im Körper viel Wärme. Zur Vermeidung der Überhitzungsgefahr fängt die Sekretion der Schweißdrüsen an, und die Hautgefäße erweitern sich. Die Sekretion der Verdauungsdrüsen und die Bewegungen des Magendarmkanals müssen nach Bedarf verlaufen, entsprechend der Zusammensetzung und der Menge der aufgenommenen Nahrung. Ungeheuer mannigfaltig und oft sehr fein ist die Regulationsarbeit des Nervensystems bei der Regelung der verschiedenen Bewegungen und der Sekretion der Drüsen (M a g n u s, M ü l l e r). Eine weitgehende gegenseitige Beeinflussung der Zellen wird ausserdem noch durch chemische Stoffe bewirkt. In dieser Hinsicht spielen die sogenannten Drüsen der inneren Sekretion eine sehr grosse Rolle. Diese Drüsen geben dem Blute bestimmte Stoffe — Inkrete oder Hormone — ab, welche dann auf andere Zellen bzw. Organe bestimmte Wirkungen ausüben. Damit das Leben des Organismus gesund sei, muss die Inkretabgabe in bestimmten Grenzen verlaufen. Wird z. B. bei einem jungen Tiere die Schilddrüse ausgeschnitten, so wächst das Tier nicht mehr. Bei ungenügender Tätigkeit der Schilddrüse ist der Stoffwechsel herabgesetzt, die Haut ist geschwollen, die geistige Regsamkeit vermindert (verlangsamtes Denken und Sprechen, sogar Verblödung). Bei der Überfunktion dagegen ist der Stoffwechsel gesteigert (Abmagerung), die geistige Tätigkeit ist rege, die Augen vorgewölbt u. s. w. Bei der Schwangerschaft wird in den Eier-

stöcken ein Stoff gebildet, durch den die Milchdrüsen zu stärkerer Entwicklung veranlasst werden, so dass nach der Geburt dem Neugeborenen die Milch zur Verfügung steht. Das ist ein schönes Beispiel, das uns beweist, wie wichtig ein richtiges Zusammenwirken aller Körperteile ist. Wenn die Milchdrüsen mit ihrer Tätigkeit nicht in der richtigen Zeit einsetzten, so würde der Neugeborene Gefahr laufen, vor Hunger zu sterben, oder aber er müsste eine weniger passende künstliche Nahrung aufnehmen. Überhaupt sind die Regelungen der Tätigkeit im Organismus ausserordentlich mannigfaltig, und es würde uns zu weit führen, bei dieser Frage eingehender zu verweilen. Sobald diese oder jene Körpertätigkeit nicht in genügender Weise reguliert wird, tritt eine krankhafte Erscheinung auf. Es sei hier noch ein Beispiel angeführt, das uns beweist, wie wichtig ein harmonisches oder friedliches Zusammenwirken der Organe oder der Zellgruppen ist. Es kommt vor, dass sich einige Zellen den Forderungen des ganzen Organismus nicht fügen und sich selbständig und ungehindert vermehren (vgl. Ribbert, Steche I). So entstehen die Geschwülste. Die Vermehrung von Zellen gutartiger Geschwülste kann oft sehr lange dauern, und die Geschwülste können riesengross werden (Knorpel-, Knochengeschwülste u. s. w.). Bei bösartigen Geschwülsten fängt früher oder später der Zerfall an, was verhängnisvoll wirkt. Durch die Geschwülste wird der Organismus in seiner normalen Tätigkeit behindert, und nur zu oft wird er dem Tode zugeführt. Es stirbt dann nicht nur der Organismus, sondern es sterben in gleicher Weise auch die Geschwulstzellen, welche unbegrenzt weiterwachsen wollten. Es ist überhaupt klar, dass die Zusammenarbeit der Zellen und der Zellgruppen (Organe) gut geregelt sein und harmonisch verlaufen muss, damit ein Organismus lebensfähig sei. Ähnlich ist es ja auch z. B. in einer Fabrik: die grösste Unordnung und Verwirrung würde bald eintreten, wenn nicht die Tätigkeit aller Arbeiter in einer gewissen Weise geregelt wäre.

**Konzentration.** Es ist bekannt, dass die Nervenzellen und Ganglien bei höheren Tieren immer mehr an einer Stelle konzentriert werden. Diese merkwürdige Gesetzmässigkeit ist nicht nur in Bezug auf das Nervensystem gültig; auch bei verschiedenen anderen Organsystemen lässt sie sich feststellen. Ein schönes Beispiel dafür wird durch die Ausscheidungsorgane

gegeben. Bei dem Süßwasserpolypen Hydra sind noch keine Ausscheidungsorgane vorhanden: die Zellen können ihre ausscheidbaren Stoffe direkt in das Wasser abgeben. Beim Regenwurm gibt es dazu in jedem Körpersegment je ein Paar von Nephridien (vgl. Sedgwick u. Wilson). Beim Menschen sind nicht mehr viele Ausscheidungsorgane vorhanden, sondern nur ein Paar (Nieren): die Ausscheidungstätigkeit ist somit sehr weitgehend konzentriert. Beim Regenwurm wird die vorwärtstreibende Kraft der Blutzirkulation durch fünf Aortenbögen (die Speiseröhre umgebende Gefäße, „Herzen“) und ausserdem durch das Rückengefäss geliefert. Beim Menschen wird das Blut nicht von vielen, sondern von einem einzigen Herzen zum Kreislauf gebracht. Bei niedrigeren Würmern — Strudelwürmern — ist der Darmkanal verzweigt und erfüllt zugleich die Aufgabe des Gefäßsystems. Aber schon bei höheren Würmern hat sich das Gefäßsystem entwickelt, und die Verdauungsarbeit ist auf ein enger begrenztes System beschränkt worden. Die Atmung verläuft beim Regenwurm und vielen anderen niederen Tieren direkt durch die Haut. Bei höherstehenden Formen ist die Atmungsfunktion schon an bestimmten Stellen konzentriert (Kiemen!). Ein Frosch atmet nicht nur durch die Lungen, sondern sehr weitgehend noch durch die Haut. Bei höheren Wirbeltieren ist die Atmung dagegen fast nur auf die Lungen konzentriert (s. Buddenbrock). Niedrigere Gliedertiere, insbesondere Tausendfüßer und auch noch Krebse, sind mit zahlreichen Beinpaaren versehen, bei höheren dagegen bilden sich die wenigen Beinpaare stärker aus, und somit werden die Bewegungsorgane an einer enger begrenzten Stelle konzentriert. Bei den höheren Krebsen sind 5 Beinpaare stark, die anderen Paare dagegen schon sehr schwach ausgebildet. Bei den Spinnen sind nur 4, bei den Insekten 3 Beinpaare vorhanden. Es gibt überhaupt zahlreiche Beispiele, die uns beweisen, dass bei den niedrigeren Tieren eine bestimmte Tätigkeit auf viele und zerstreute Körperstellen oder Organe verteilt ist, bei den höheren und insbesondere den herrschenden dagegen wird jede Funktion sehr weitgehend konzentriert, auf eine kleinere Anzahl von Organen und auf eine enger begrenzte Stelle beschränkt (Gesetz der Konzentration). Ähnlich ist es mit der Arbeit in der menschlichen Gesellschaft: je inniger die gesellschaftlichen Verhältnisse werden und je höher somit eine Gesellschaft steigt, desto mehr wird jede Arbeit

auf enger begrenzte Orte beschränkt. Das Spinnen, Weben u. s. w. wird nicht mehr in jedem Bauernhause ausgeführt, sondern dazu sind spezielle Fabriken entstanden, die allmählich grösser geworden sind.

**Zentralisation.** Es ist eine äusserst wichtige Tatsache, dass bei der Regelung der Tätigkeit ein Streben nach Zentralisation beobachtet wird (vgl. Rogers). Bei der Hydra fehlen Anhäufungen von Nervenzellen: sie sind im ganzen Körper mehr oder weniger gleichmässig zerstreut, diffus. Es ist bei dem Süswasserpolyphen Hydra somit kein Zentralorgan vorhanden, welches die Funktionen von einem Mittelpunkte aus regeln würde. Bei einem Regenwurm aber sind die Nervenzellen zu Ganglien vereinigt, welche paarweise in jedem Segmente liegen und durch aus Zellenfortsätzen gebildete Konnektiven miteinander in Verbindung stehen. Aber selbst beim Regenwurm ist die Zentralisation noch mangelhaft ausgebildet. Die Gehirnganglien sind nur etwas stärker entwickelt als die Bauchganglien. Dementsprechend unterscheidet sich die Funktion der Gehirnganglien nur wenig von derjenigen der Bauchganglien. Bei den Insekten als höheren Tieren ist nun die Zentralisation viel weiter fortgeschritten. Die Gehirnganglien sind bei ihnen viel stärker entwickelt als die Bauchganglien, und überhaupt werden oft die Ganglien vorne konzentriert. Die Tätigkeit eines Insekts hängt nun auch hauptsächlich von den Gehirnganglien ab: werden diese entfernt, so ist ein Insekt zum weiteren selbständigen Leben ganz unfähig. Ein Regenwurm mit entfernten Gehirnganglien dagegen kann ohne besondere Schwierigkeiten weiterleben: die Regelung der Körpertätigkeit hängt bei ihm nicht so weitgehend von den Gehirnganglien ab (vgl. Buddenbrock, Hempelmann, Plate). Sehr deutlich ist die Zentralisation auch bei den Wirbeltieren ausgeprägt. Es ist sehr beachtenswert, dass das regulierende Zentralorgan bei höheren Organismen im Verhältnis zu dem Körpergewichte immer grösser wird. Schon längst ist es ja bekannt, dass das Gehirn der Fische, Frösche u. a. einen viel kleineren Teil des Körpergewichtes ausmacht als das der Vögel und der Säuger. Unter den Säugetieren hat der Mensch ein relativ sehr grosses Gehirn. Das lässt sich durch folgende Zahlen gut illustrieren (Hempelmann):

	Hirngewicht im Verhältnis zu Körpergewicht
Löwe	1 : 546
Hund	1 : 450—190
Gorilla	1 : 220
Schimpanse	1 : 75
Mensch	1 : 35—40

Beim Menschen macht das Gehirn den vierzigsten Teil, beim Gorilla aber weniger als den zweihundertsten Teil des Körpergewichtes aus! „Bei dem halbparasitischen Schleimfisch (Myxine) ist das Rückenmark dem Gehirn an Grösse sehr überlegen“ (R. Hesse 3), bei Säugern dagegen ist das Gehirn beträchtlich grösser als das Rückenmark (beim Igel 4 mal, beim Menschen 26 mal). Je höher ein Säugetier, desto besser ist das Gehirn ausgebildet, desto reicher an Furchen und Windungen. Ein Gehirn mit zahlreichen Windungen enthält viel Grausubstanz mit Nervenzellen und ist somit reich an Zellen, welche leitend und regulierend in das Leben des Organismus eingreifen. Schon nach dem relativen Gewichte könnte man meinen, dass dem Gehirne bei höheren Tieren immer grössere Bedeutung zukommt. Das ist in der Tat so. Ein gehirnloses Insekt — mit weitgehender Zentralisation! — ist zum Weiterleben unfähig, ein Regenwurm aber ist dazu fähig. Dass dem Zentralnervensystem bei höheren Tieren immer grössere Bedeutung zukommt, wird sehr deutlich an dem Beispiel der Wirbeltiere bewiesen. Ein gehirnloser Fisch kann noch frei umherschwimmen. Grosshirnlose Frösche „benehmen sich, nachdem die schädigende Wirkung der Operation verklungen ist, in jeder Hinsicht genau wie normale Tiere. So verstehen sie ebenso geschickt wie jene Fliegen und Würmer zu erhaschen, schwimmen, klettern und springen genau so gut, die sexuellen Instinkte sind völlig normal entwickelt u. s. w. Schrader kommt zu dem abschliessenden Ergebnis, dass er nicht in der Lage ist, normale und grosshirnlose Frösche an ihrem Gebaren zu unterscheiden“ (W. v. Buddenbrock). Bei Reptilien aber ist der Unterschied zwischen einem normalen und einem grosshirnlosen Tier deutlich ausgeprägt. „Die normale Schlange reagiert auf Annähern der Hand durch Flucht oder durch Aufreissen des Rachens und wütendes Zischen; die grosshirnlose tut weder das Eine noch das Andere“ (W. v. Buddenbrock). Ein gehirnloser Hund ist teilnahmslos

gegenüber allen Gegenständen seiner Umgebung. Er erkennt nicht mehr seinen Wärter, die Peitsche erschreckt ihn nicht; ihn zu irgend etwas abzurichten ist kaum möglich. Selbst sein Futter erkennt der grosshirnlose Hund nicht. Umherzugehen ist er imstande. Eine grosshirnlose Taube kann auf Körnerhaufen stehend verhungern. Bei den Affen sind nach Entfernung des Grosshirnes die Bewegungen (sog. Einzelbewegungen) der Hände und Füsse gestört. Der grosshirnlose Mensch dagegen kann sich nicht von der Stelle fortbewegen. Ein grosshirnlos geborenes Kind konnte selbst nach 3 Jahren weder gehen noch sprechen, weder irgendwelche Sachen noch Menschen erkennen u. s. w. Der Mensch ist somit ohne Grosshirn vollkommen hilflos und unfähig zu selbständigem Leben (vgl. Gellhorn, Abderhalden 1, Höber 1).

Bei höheren Tieren wird die Tätigkeit des Organismus als eines Ganzen von einer gut ausgebildeten Zentralstelle aus geregelt. Je besser sich die Zentrale entwickelt hat, desto verwickelter kann sich die Tätigkeit des Organismus äussern. Die Bewegungen eines Frosches sind z. B. ziemlich einfach und wenig mannigfaltig. Ein Hund kann schon recht verschiedene Bewegungen ausführen. Die Bewegungen eines Menschen können nun so ausserordentlich mannigfaltig sein, dass auf dieser Grundlage die verschiedensten Handarbeiten, Tänze, sportlichen Körperbewegungen u. s. w. sich entwickelt haben. Der Mensch ist imstande mit seinen Händen die verschiedensten Arbeiten auszuführen, wobei gestossen oder gezogen, geschraubt oder gebohrt, geschlagen oder gestrichen wird. Nur dadurch ist der grosse technische Fortschritt möglich geworden, der zur Folge gehabt hat, dass so zahlreiche Menschen auf der Erde leben können. Alle Bewegungen werden von einer Zentralstelle aus in ihrer Geschwindigkeit, Stärke und Ausdehnung reguliert. Bei einer feineren Arbeit muss dabei die Genauigkeit oft sehr gross sein (Metallarbeiter, Zeichner u. s. w.), wozu die Fähigkeit erst durch längere Übung erworben wird. Wird eine Last gehoben, so sind zahlreiche Muskeln in Tätigkeit (Arm-, Bein-, Rumpfmuskel u. s. w.). Es ist klar, dass das Heben überhaupt unmöglich wäre, wenn kein richtiges Zusammenwirken aller betreffenden Muskeln stattfände. Das Zusammenwirken wird nun aber von dem Zentralnervensystem bestimmt. Besässe z. B. jeder Muskel oder jedes Gliedmass seine eigenen und unabhängigen Nervenganglien, so wäre das Arbeiten vieler Muskeln oder der

Gliedmassen im Interesse der Ausführung einer gemeinsamen Aufgabe ganz unmöglich. Je weitgehender die Zentralisation des Nervensystems, desto verschiedenartigere Tätigkeiten werden von einer einzigen Zentralstelle aus geregelt und desto inniger werden die einzelnen Teile des Organismus zu einem Ganzen verbunden. Es ist im Tierreich unverkennbar: je höher ein Tier steht, desto stärker ist bei ihm die Zentralisation der Regelung oder Regulation ausgeprägt (Gesetz der Zentralisation). Es ist dabei sehr beachtenswert, dass bei den herrschenden Tierformen (bei den Insekten unter den Wirbellosen und bei den Säugern unter den Wirbeltieren) die Zentralisation am meisten fortgeschritten ist. Dadurch ist eine feinere Regulierung der Funktionen ermöglicht und somit auch eine grössere Fähigkeit zum Daseinskampfe erworben.

**Grösse.** Wie gesagt, sprechen unsere Kenntnisse dafür, dass die ersten Lebewesen einzellig und somit auch klein waren. Selbst während des ganzen, äusserst langdauernden archäozoischen Zeitalters lebten wahrscheinlich nur Tiere mit weichen Körpern, und keines von ihnen „erreichte einen Zoll im Diameter“ (Ch. Schuchert). Die Lebewesen sind aber nicht so klein geblieben, und mit der Zeit sind in der einen oder anderen systematischen Gruppe grosse Organismen entstanden. Die ersten Landpflanzen waren klein (die devonische *Rhynia maior* war 40 bis 50 Zentimeter hoch). Im Karbon aber sind schon hohe, baumförmige Sporenpflanzen in grosser Zahl vorhanden. Die frühesten paläozoischen Ammoniten waren verhältnismässig klein, unter den mesozoischen sind viel grössere, zum Teil geradezu riesige Formen vertreten (über 2 Meter Schalendurchmesser!). Die paläozoischen Reptilien sind noch verhältnismässig klein und nicht mannigfaltig. Unter den mesozoischen Reptilien sind aber viele sehr grosse vorhanden (der *Brontosaurus* und *Diplodocus* 22 Meter, der *Mosasauros* 12 Meter, der *Elasmosaurus* über 12 Meter Körperlänge, das *Pteranodon* bis 8 Meter Flugweite u. s. w.). Die ersten Vögel (Urvogel, Jura) sind von Rabengrösse. Unter den späteren Vögeln aber sind Riesen zu verzeichnen (*Strausse*, *Moa* u. a.). Die ersten Säuger waren schon lange vor dem Aufblühen ihres Geschlechtes auf der Erde vertreten, seit Anfang des Mesozoikums (*Trias*), aber während der vielen mesozoischen Jahrtausenden waren nur kleine, unansehnliche und schwache mäuse- oder ratten-

grosse Formen vorhanden. Aus diesen kleinen Formen sind nun während des Känozoikums verschiedene grosse uns bekannte Säugetiere entstanden. In den verschiedenen Säugetiergruppen ist die Vergrösserung oft sehr gut zu beobachten. Als ein sehr bekanntes Beispiel gilt die Entwicklung des Pferdes. Seine frühen Vorfahren waren von Schafsgrösse, und erst allmählich hat das Pferd seine jetzige Grösse erreicht. Es ist also sowohl unter den Pflanzen als auch unter den Tieren eine beachtenswerte Gesetzmässigkeit festzustellen: es wohnt in den Organismen das Streben, sich zu vergrössern (Gesetz der Grösse). Das ist freilich nicht so zu verstehen, als ob jede Art mit der Zeit grösser werde. Es wird zuweilen gerade das Gegenteil beobachtet. Im grossen und ganzen aber ist das Grösserwerden unverkennbar. Insbesondere äussert sich das Streben grösser zu werden bei den jeweils herrschenden Formen. (Vgl. Depéret, Hirmer, Schuchert, Lull, Zittel.)

Je grösser nun ein Organismus wird, aus desto mehr Zellen ist er in der Regel zusammengesetzt. Es treten somit immer mehr und mehr Zellen zu einem Verbände zusammen. Zu herrschenden Formen sind immer relativ grosse, aus einer sehr grossen Zahl von Zellen zusammengesetzte Pflanzen und Tiere geworden. Einzellige Organismen sind klein und schwach, und insbesondere auf dem Lande haben sie wenig Erfolg im Kampfe ums Dasein.

### **Folgen der Arbeitsteilung und des Zusammenwirkens der Zellen.**

Wir haben schon gesehen, dass durch den Zusammenschluss der Zellen zu einem Organismus die Zellen bzw. Organe voneinander abhängig wurden: sie können erst dann erfolgreich ums Dasein kämpfen, wenn das Zusammenwirken harmonisch verläuft. Die Selbständigkeit und Unabhängigkeit ist verloren gegangen. Haben nun die Zellen durch den Zusammenschluss zu viel verloren? Sind ihre Lebensbedingungen zu schlecht geworden? Auf den ersten Blick könnte man das in der Tat meinen. Eine Knochen- oder Knorpelzelle sitzt z. B. wie im Gefängnis, abgeschlossen von der äusseren Welt. Kein Sonnenstrahl hat zu ihnen Zutritt; sie können sich nicht bewegen; und nur durch feine, die Grundsub-

stanz des Knochens durchziehende Kanälchen können die einzelnen Zellen in Verbindung treten. Die Zellen der Oberhaut verhornen sich in grossen Mengen, sterben ab, und die oberflächlichen abgestorbenen Zellengruppen schelfern in Form von Schuppchen ab. Kein beneidenswertes Schicksal!

Man könnte sich damit trösten, die Interessen der einzelnen Zellen seien zum Vorteil des ganzen Organismus vernachlässigt worden. Es kann uns Achtung einflössen, dass durch den Zusammenschluss der Zellen Organismen mit ganz neuen Fähigkeiten entstanden sind, Organismen, welche dabei viel lebensfähiger sind als die Einzelligen. Eine Eidechse kann ununterbrochen in einer Wüste leben, wo eine Einzellige nur eine kurze Zeit ihre Lebenstätigkeit zu entfalten imstande ist (nur nach dem Regen!). Höhere Tiere haben die wunderbare Fähigkeit erworben, schon von weitem die Gegenstände zu erkennen — zu sehen. Sie können schon von weitem die Form, die Farbe, die Grösse u. s. w. der Gegenstände unterscheiden. Ein höheres Tier kann hören, verschiedene Geräusche und Töne unterscheiden. Ein Vogel oder Säugetier kann während des kalten Winters frei umherlaufen, was für kein anderes Tier möglich ist. Selbst kein Insekt, kein Frosch, keine Eidechse oder Schlange kann Bewegungen, Nahrungsaufnahme u. s. w. bei Winterkälte fortsetzen, geschweige denn die Einzelligen. Überhaupt ist die Wirkung des Zusammenschlusses der Zellen geradezu wunderbar. Für viele zu einem Organismus vereinigte Zellen ist etwas möglich, was für eine einzelne Zelle ganz ausserhalb der Möglichkeit liegt. Das Sehen, Hören, ein erfolgreicher Kampf gegen Trockenheit und Kälte — alles das ist für die Einzelligen unmöglich. Der Zusammenschluss der Zellen zu einem Organismus hat geradezu Wunder gewirkt.

Durch die Vereinigung der Zellen sind ausserdem auch ganz neue Quellen der Freude erwachsen. Der Mensch freut sich über schöne Farben und Formen, über Gesang und Musik, über Schauspiele und Tänze u. s. w. Es ist auch kaum zu bezweifeln, dass selbst für die Vögel das Singen und für sehr verschiedene Tierarten das Spielen angenehm ist (vgl. Groos). Vielleicht könnten wir auch diese neuen höheren Freuden als genügendes Entgelt für den Verlust der Selbständigkeit der Zellen ansehen.

Man könnte versuchen, sich vielleicht auch damit zu trösten,

dass durch die Vereinigung der Zellen zu Organismen eine viel grössere Zahl von Zellen die Möglichkeit zu leben erworben hat (auf dem Lande wenigstens). Jede einzelne Zelle hat dabei vielleicht recht viel verloren, aber im ganzen, in der Gesamtsumme, hat sich gar nichts verändert. Man könnte sich vielleicht folgenderweise ausdrücken: die Lebensfreude einer jeden einzelnen Zelle hat abgenommen, aber die Gesamtsumme ist immer die gleiche, da die Zahl der Zellen sich vergrössert hat.

Wenn wir aber etwas eingehender die Frage betrachten, so haben wir kaum ein Recht von einem Verlust durch die Vereinigung der Zellen zu sprechen. Das Leben einer einzelnen Zelle darf man sich gar nicht als besonders schön vorstellen. Die Bewegungsfreiheit geht nicht nur den Organismenzellen ab, sondern sogar sehr vielen freien, insbesondere auf dem Lande lebenden Zellen. Nicht nur viele pflanzliche, sondern auch viele tierische Einzellige (Parasiten insbesondere) besitzen keine freie Bewegungsfähigkeit. Im Gegensatz dazu ist ein Teil der Zellen im Organismus zu freier Bewegung fähig (weisse Blutkörperchen). Durch die Wirkung des Regens oder des Windes kann ein auf dem Lande lebendes einzelliges Lebewesen mit Erde zugeschüttet werden. Auf dem Boden eines Wasserbeckens droht die gleiche Gefahr durch die Wellentätigkeit. Und diese kleinen Einzelligen sind so schwach und hilflos, dass sie dabei rettungslos zugrunde gehen. Unzählige Mengen von einzelligen Tieren und Pflanzen leben in Pfützen, kleinen Teichen, Gräben, Bächen, auf feuchter Erde u. s. w. Sobald aber das Wasser austrocknet, müssen diese winzigen Lebewesen ihre Lebenstätigkeit einstellen. Das gleiche geschieht bei der Winterkälte. Schwach ist eine einzelne Zelle, und kaum kann sie sich gegen Feinde schützen. Unzählige von ihnen werden aufgefressen. Gerät ein einzelliges Tierchen an einen Ort, wo zu wenig Nahrung zu finden ist, so ist es in grosser Gefahr: nur langsam und blind tastend kann es umherschwimmen, und es ist nicht imstande von weitem eine futterreiche Stelle zu erspähen. Wir sehen somit, dass ein einzelliges freies Lebewesen unter schlechteren und rauheren Verhältnissen hilflos und rettungslos dem Untergange geweiht ist. In grossen Mengen werden diese kleinen, blinden und tauben, stummen und dummen Wesen vernichtet. Zweifellos verbringen sie ihr Leben ohne jegliches Verständnis für die Schönheit der Umwelt (blind und taub!). Dagegen ist

das Leben der Zellen in einem vielzelligen Organismus keineswegs so schlecht, wie man es anzunehmen geneigt ist. Alle Zellen sind in der Regel in genügendem Masse mit Nährstoffen und Wasser versorgt, so dass sie weder Hunger noch Durst zu leiden haben. Die Zellen eines vielzelligen Landorganismus können sogar während der Trockenzeit unverhindert weiterleben, da die hoch differenzierten vielzelligen Pflanzen und Tiere entweder Wasser aus tieferen Erdschichten herausholen, oder Wasserbecken aufsuchen, Wasservorräte anlegen können und eine wasserdichte Körperbedeckung erworben haben. In einem Organismus werden sehr oft grössere Nährstoffvorräte aufgespeichert (bei Tieren insbesondere Fett, Fettbuckel bei Kamelen, Zeburind u. s. w.), so dass selbst eine länger dauernde Hungerperiode gefahrlos verläuft. Zu einem vielzelligen Organismus vereinigt, können sich die Zellen überhaupt gegen allerlei äussere Gefahren viel erfolgreicher schützen als das für Einzellige möglich ist. Der Kampf gegen Naturgewalten ist mit vereinten Kräften erfolgreich.

Es ist im Kampfe gegen ungünstige Lebensbedingungen ein sehr merkwürdiges Streben zu verzeichnen: es wohnt dem Organismus die Tendenz inne, für das Zellenleben möglichst gleichmässige oder beständige (konstante) Lebensbedingungen zu schaffen. Sehr viel geschrieben worden ist über die Konstanz des osmotischen Druckes. Bei höheren Tieren ist der osmotische Druck des Blutes konstant. Die Zellen leben unter gleichmässigen Bedingungen. Die Konstanz des osmotischen Druckes wird nun nicht ohne Regelung hergestellt. Werden mit der Nahrung zu viel Salze oder Zucker aufgenommen, so gelangen diese Stoffe in das Blut, und dadurch würde die Blutzusammensetzung eine Änderung erleiden, wenn sich keine Regulation einstellen würde. Der Zucker wird in Form von schwerer löslichen oder unlöslichen Stoffen in den Zellen abgelagert, ebenso ein Teil der Salze; das Übermass an Salz wird aber möglichst bald durch die Nieren ausgeschieden. Durch solch eine Regelung wird der osmotische Druck, der Gehalt des Blutes an Salz und anderen löslichen Stoffen konstant erhalten. Die niederen Tiere dagegen sind „in osmotischer Hinsicht ein Spielball ihrer Umgebungsbedingungen“ (R. Höber 2). Wird die Krabbe *Maja verrucosa* in verdünntem Meerwasser gehalten, so nimmt der osmotische Druck ihrer Körperflüssigkeit ab, in konzentrierterem Wasser

dagegen steigt er. Dabei schrumpft in der konzentrierteren Lösung die Körpersubstanz mehr oder weniger ein, in der verdünnten dagegen tritt Quellung ein. Es ist festgestellt worden, dass „Crustazeen und Echinodermen in konzentriertem Meerwasser an Gewicht verlieren, Froschlarven, die man in 0,8%-ige Kochsalz- oder in 8%-ige Rohrzuckerlösung bringt, schrumpfen nach Overtönen innerhalb 24 Stunden sichtlich so ein, dass sie in ihrer Haut förmlich wie in einem zu weiten Kleide schlottern, und ausgewachsene Frösche verhalten sich ähnlich“ (R. Höber 2). Solche Schrumpfungen oder Quellungen sind für die Lebenstätigkeit der Zellen nicht gleichgültig und nicht vorteilhaft. Schon bei Knochenfischen wird der osmotische Druck des Blutes ziemlich zähe festgehalten, bei Vögeln und Säugern aber ist die Konstanz gut ausgebildet. Sehr wahrscheinlich entspricht der Salzgehalt des Blutes der höheren Wirbeltiere der Zusammensetzung des Meerwassers, wie sie zu jenen Zeiten herrschte, als die Vorfahren der Landwirbeltiere das Meerleben aufgaben. Die Zellen der Landtiere leben somit immer noch gleichwie in einem Meerwasser von derselben Konzentration, wie sie während der früheren Perioden herrschte. Jedenfalls haben die Organismen viele Jahrmillionen hindurch die Zusammensetzung der Blutsalze unverändert erhalten (vgl. Macallum).

Konstant ist nicht nur der Salzgehalt des Blutes, sondern auch verschiedene andere Stoffe sind im Blute in fast unveränderlicher Menge vorhanden. So wird z. B. der Zuckergehalt des Blutes recht genau reguliert. Kaum ändert sich auch der Eiweissgehalt des Blutes. Das Blut ist überhaupt eine Nährlösung von sehr weitgehender Beständigkeit. Eine Änderung der Blutzusammensetzung ist für den Organismus geradezu gefährlich: es stellt sich Krankheit ein. Werden blutfremde Eiweiss- oder andere Stoffe in das Gefässsystem gebracht, so greift der Organismus gleich zu Massnahmen, wodurch die fremden Stoffe unschädlich gemacht und aus dem Blute entfernt werden (Abderhalden 2).

Bei höheren Tieren — Vögeln und Säugern — ist auch die Körpertemperatur konstant. Die Temperatur eines Frosches oder einer Eidechse ist in der Regel etwas höher als die der Umgebung, und ihre Körperwärme steigt oder sinkt je nach den örtlichen, täglichen und jährlichen Temperaturschwankungen. Bei einer höheren Temperatur verlaufen nun alle Lebensvorgänge

viel schneller als bei einer niedrigeren. Bei den Temperaturen, welche nur wenige Grade über  $0^{\circ}\text{C}$  betragen, sind bei sehr vielen Tieren die Lebensvorgänge ausserordentlich stark verlangsamt, oft fast vollkommen eingestellt. Viele Samen (Gurke, Zuckermelone u. a.) keimen erst bei einer Temperatur über  $10^{\circ}\text{C}$  (s. Molisch). Die embryonale Entwicklung der Hühnereier fängt erst bei  $25^{\circ}\text{C}$  an (s. Herbst). Zur Entwicklung der Bienenlarven ist eine ziemlich hohe Temperatur ( $35^{\circ}$  bis  $36^{\circ}$ ) unentbehrlich, da sie sonst untergehen. Viele Reptilien verweigern bei Temperaturen unter  $20^{\circ}$  bis  $16^{\circ}\text{C}$  die Nahrungsaufnahme und werden lethargisch, untätig. Empfindlichere Reptilien verenden sogar bei Temperaturen unter  $12^{\circ}\text{C}$  (s. Audova). Es gibt somit für den Verlauf der Lebensprozesse eine bestimmte optimale oder günstigste Temperatur, oberhalb oder unterhalb welcher die Lebensvorgänge mehr oder weniger behindert sind. Wie es im Laboratorium gar nicht leicht ist eine konstante Temperatur zu erzielen, so sind auch nicht die niederen, sondern nur die höheren Tiere imstande ihre Körpertemperatur zu regulieren. Erst bei ihnen können alle Lebensvorgänge unabhängig von äusseren Temperaturschwankungen und somit viel gleichmässiger verlaufen. Die Tätigkeit der Nerven, Muskeln, Drüsen, die Zellteilungen u. s. w. werden durch äussere niedrige Temperatur nicht verlangsamt. Bei der winterlichen Kälte kann ein eigenwarmes Tier sich ebenso gut bewegen und ernähren wie bei der Sommerhitze. Es sind somit im Körper der höheren Organismen — der Vögel und Säuger — für das Leben der Zellen weitgehend beständige, konstante Lebensbedingungen hergestellt. Im ganzen ist eine Gesetzmässigkeit unverkennbar: je höher eine Pflanze oder insbesondere ein Tier organisiert ist, desto konstantere Lebensbedingungen sind in ihnen für die Zellen hergestellt (Gesetz der Konstanz).

Konstantere Lebensbedingungen sind nun für Menschen viel angenehmer als unbeständige und unsichere. Es würde einem Menschen keine Freude machen, zeitweilig im Überfluss zu schwelgen, dann aber wieder unerwartet unter Nahrungs- und Wassermangel zu leiden zu haben. Keinem würde es gefallen, bald unter der Kälte, bald unter der Hitze zu leiden. Viel angenehmer ist eine gleichmässigeren und günstigen Temperatur. Alle möchten mit Sicherheit wissen, dass sie weder brot- noch obdachlos bleiben werden, dass sie zu jeder Zeit eine warme Wohnung und

warme Kleidung haben werden. Da nun im Körper der höheren Organismen konstante Lebensbedingungen hergestellt sind, so müssen wir wohl zugeben, dass die Lebensbedingungen der Zellen in einem vielzelligen Organismus, insbesondere bei höheren Tieren, im ganzen sehr günstige sind. Eine Zelle hat weder unter Nahrungs- noch Wassermangel, weder unter Schwankungen der Temperatur noch des osmotischen Druckes zu leiden. Es würde nicht der Wahrheit entsprechen, wenn man behaupten wollte, die Zellen seien unfrei, gleich Gefangenen ganz auf den Dienst des ganzen Organismus angewiesen, sie seien vernachlässigt und versklavt. Gewisse Opfer sind im Kampfe mit rauhen äusseren Bedingungen zuweilen unvermeidlich (Hautzellen!). Im ganzen aber sind für das Leben der Zellen die Lebensbedingungen im Organismus besser als in der freien Natur. Der Kampf gegen Naturgewalten ist mit vereinten Kräften leichter.

Unter anderem kann man noch eine beachtenswerte Tatsache feststellen: in einem vielzelligen Organismus ist die Lebensdauer der meisten Zellen viel grösser als diejenige der Einzelligen. Die Einzelligen sind eigentlich wohl potentiell unsterblich, aber bei ihnen folgen die Zellteilungen in der Regel nach wenigen Stunden, und somit ist das Leben eines einzelligen Organismus als eines bestimmten Individuums nur von kurzer Dauer. Nach der Teilung leben ja schon zwei andere Individuen. In einem vielzelligen Organismus dauert das Leben einer jeden Zelle oft wenigstens einige Monate (Zellen der Baumblätter u. s. w.), nicht selten aber viele Jahre oder Jahrzehnte hindurch. Die Lebensdauer der Muskelfasern und der Nervenzellen ist gleich der des Organismus, und sie kann somit bei manchen Tierarten mehrere Jahrhunderte ausmachen (Elefanten). Die Lebensdauer gewisser Zellen der Bäume kann bis auf viele Jahrzehnte steigen (vgl. Korschelt, Lipschütz).

### Zusammenfassung.

Die ersten Lebewesen waren aller Wahrscheinlichkeit nach Bakterien. Während der frühesten Perioden herrschten einzellige und koloniale, oder aber höchstens solche vielzellige Organismen, welche aus mehr oder weniger gleichartigen Zellen bestanden. Die einzelligen und kolonialen Pflanzen sind bis zur Jetztzeit die in den

Gewässern herrschenden Formen geblieben. Die herrschenden tierischen Organismen dagegen sind auch in den Gewässern vielzellig. Es ist äusserst beachtenswert, dass insbesondere die Land- und auch die Bodenorganismen in den meisten Fällen weder einzellige noch zu wenig differenzierte Formen geblieben sind. Eine immer grössere Anzahl von Zellen hat sich zu Organismen zusammengeschlossen, und immer weiter ist die Arbeitsteilung unter den Zellen fortgeschritten. Es hat somit keineswegs ein Krieg jeder einzelnen Zelle gegen alle anderen Einzelligen bestanden, sondern der Zusammenhang zwischen den Zellen ist immer inniger geworden. Durch die Vereinigung ist allerdings die Selbständigkeit der Zellen verloren gegangen. Bei den höchsten Formen insbesondere nimmt das Zentralnervensystem immer mehr und mehr die regelnde und leitende Rolle im Organismus ein, so dass die anderen Organe in sehr hohem Masse von ihm abhängig werden. Die Abhängigkeit ist jedenfalls gegenseitig. Aber nur auf dem Wege der Vereinigung der Zellen zu grossen Organismen (Bäume u. a.) und auf dem Wege des immer vollkommener werdenden Zusammenwirkens zwischen den Zellen konnte das Land für ein reichliches Leben erobert werden. Massenhaftes Landleben ist möglich nur deswegen, weil vielzellige Pflanzen mit weitgehender Arbeitsteilung unter den Zellen entstanden, Pflanzen, welche aus der Erde Wasser und Mineralsalze herausholen können und dadurch nicht mehr direkt vom Regen- oder Tauwasser abhängig sind wie z. B. die Flechten. Nicht nur die Eroberung des Landes für ein reichliches Leben, sondern auch alle anderen sehr merkwürdigen Fortschritte des Lebens sind auf dem Wege der Vereinigung und der Arbeitsteilung entstanden. Die höheren Tiere können laufen und fliegen, sehen und hören, singen und spielen u. s. w. Man ist gar nicht berechtigt von einer Versklavung oder Verknechtung der Zellen im Organismus zu sprechen. Gerade im Gegenteil. Mit gemeinsamen Kräften schaffen die Zellen für sich günstige Lebensbedingungen und erweitern ihren Lebensraum. Einzeln und jede für sich allein, sind die Zellen in der Regel machtlos und hilflos, insbesondere unter ungünstigen, veränderlichen Lebensbedingungen, wie auf dem Lande u. s. w. Aber durch den Zusammenschluss und durch das harmonische Zusammenwirken entstanden starke und lebensfähige Organismen, und die Zellen konnten in viel grösserer Menge leben, konnten sich reichlich

vermehrten, insbesondere auf dem Lande. Und in den höchsten Organismen sind für die Zellen sehr günstige und konstante Lebensbedingungen geschaffen worden. So ist die Körpertemperatur der Säuger und Vögel ziemlich hoch und konstant, günstig für die Entwicklung und für das Leben der Zellen. Günstig sind auch die Ernährungsbedingungen, da die Zusammensetzung des Blutes konstant ist. Die Zellen brauchen weder zu hungern noch zu dursten u. s. w. Das Leben der Zellen eines Organismus kann in der Regel viel längere Zeit dauern als das der freien, einzeln lebenden Zellen. Den höchsten Organismen sind sogar ganz neue Quellen der Freude erschlossen worden: sie können die Schönheiten der Formen und Farben, der Bewegungen und Töne u. s. w. genießen.

Es ist im ganzen kein Zweifel, dass der Kampf ums Dasein unter ungünstigeren Bedingungen nur mit vereinten Kräften am erfolgreichsten verläuft. Zu herrschenden Landpflanzen und zu herrschenden Land- und Wassertieren sind vielzellige Organismen geworden, und gerade das beweist uns am überzeugendsten, dass die Vereinigung der lebendigen Einheiten — der Zellen — die beste Kampfmethod ist.

---

## ZWEITER TEIL.

### SYMBIOSE.

#### Einleitung.

Wir haben gesehen, dass die Zellen einzeln und frei leben können. Das einsame Leben ist aber sehr oft aufgegeben worden, und die Zellen haben sich zu einem Organismus zusammengeschlossen. Die Vereinigung organischer Einheiten zu Einheiten höherer Ordnung beschränkt sich nun keineswegs auf den Zusammenschluss der Zellen zu Organismen, sondern sehr oft vereinigen sich Organismen verschiedener Arten oder auch Organismen einer und derselben Art. Die Vereinigung von Organismen ungleicher Arten zum Kampfe mit gemeinsamen Kräften führt entweder zu zusammengesetzten Organismen, wobei die eine Art mit der anderen eine einzige, körperlich gebundene Einheit bildet, oder aber die Individuen der beiden zusammenlebenden Arten sind voneinander körperlich frei, dabei aber sonst jedenfalls voneinander mehr oder weniger abhängig. Die Verhältnisse zwischen den Organismen ungleicher Arten sind äusserst mannigfaltig, selbst auch diejenigen Verhältnisse, die auf gegenseitigen Vorteilen beruhen. Wir werden alle diese mannigfaltigen, auf dem Vorteil für beide Teile beruhenden Verhältnisse als *Symbiose* bezeichnen und die Symbioseformen, in welchen die beiden Arten miteinander körperlich verbunden sind, gesondert von denjenigen, wo die Arten körperlich voneinander getrennt sind, einer Betrachtung unterziehen.

Es leben zusammen, mit gegenseitigem Nutzen, Pflanze mit Pflanze, oder Pflanze und Tier, oder auch Tier und Tier. Die Vereinigungen sind sehr verschieden und bisher noch in vielen Fällen mangelhaft untersucht. Die Organismen, welche miteinander in Symbiose leben, sind voneinander in grösserem oder

geringerem Grade abhängig, und die aus dem Zusammenschlusse erwachsenen Vorteile können, je nach dem Falle, grösser oder kleiner sein.

## I.

### **Körperlich vereinigte Symbiosen.**

#### Symbiose zwischen Pflanzen.

Eine recht beachtenswerte Gruppe der symbiotischen Organismen bilden die Flechten, welche aus einzelligen Algen und gewissen Pilzen bestehen. Die grünen Algenzellen wachsen zwischen dichtgeflochtenen Pilzfäden, und so entsteht aus zwei voneinander sich unterscheidenden Organismenarten ein zusammengesetzter Organismus. Die Pilzfäden sind zum selbständigen Leben unfähig, sie können für sich selbst keine organischen Stoffe herstellen, sondern sie beziehen dieselben von den Algenzellen. Die Algenzellen dagegen können unabhängig von anderen Organismen gedeihen, da sie imstande sind, aus einfachen Bestandteilen der Luft und der Erde, namentlich aus Kohlensäure und Mineralstoffen, organische Nährstoffe für sich selbst herzustellen. Warum haben sich nun die Algen, die zu einem selbständigen Leben fähig sind, mit den Pilzen vereinigt und dadurch ihre Selbständigkeit aufgegeben? Der Pilz ist der aktivere Teil, und es ist beobachtet worden, dass die Pilzfäden in die Algenzellen eindringen und dieselben zur Nahrung aufbrauchen können. Es ist behauptet worden, dass der Pilz die Alge ausbeute. Für den Pilz ist der Zusammenschluss ohne Zweifel vorteilhaft, da er auf Kosten der Alge lebt. Aber die Algenzellen selbst ziehen zweifellos aus dem Zusammenleben mit dem Pilze einen gewissen Nutzen. Schon die Tatsache, dass die Algenzellen in den Flechten grösser werden, als bei freiem Leben, verdient unsere Beachtung. In der Flechte werden die Algen somit bessere Lebensbedingungen vorfinden. In der Tat entsteht bei der Atmung des Pilzes Kohlensäure, und somit steht dieser unentbehrliche Stoff den Algen reichlicher zur Verfügung, als das sonst der Fall wäre. Es ist auch sehr wahrscheinlich, dass die Algenzellen in den Flechten weniger unter Wassermangel zu leiden haben: dicht geflochtene Pilzfäden werden das Wasser wohl länger aufhalten können als einzelne Zellen. Wichtig wird noch folgende Tatsache sein: durch die Pilzfäden werden die Algenzellen zusammenge-

halten und an der Grundlage befestigt. Lose auf der Erde liegende Algenzellen würde das Regenwasser oder der Wind leicht fortführen, in grösseren Mengen an einer Stelle zusammenhäufen und oft auch mit Erde zuschütten können. Besonders wichtig dürfte aber das sein, dass in den Flechten den Algenzellen ein massenhafteres oder reichlicheres Vorkommen ermöglicht wird. Einzellige Algen hätten auf Steinen, Baumstämmen, Zweigen, auf der Erde u. s. w. nur eine dünne Schicht bilden können. Die Flechten nehmen aber sehr oft Blatt- oder Strauchform an und bilden auf solche Weise grössere Oberflächen. Nun können die Algen auf einer grösseren Oberfläche reichlicher Sonnenlicht auffangen und ausnutzen, und dadurch können sie zweifellos viel massenhafter vorkommen, als wenn sie nur eine dünne Schicht bildeten. Strauchartige Flechten können auf sandigen Böden recht grosse Massen bilden, und dadurch ist dort den Algenzellen ein reichliches Vorkommen ermöglicht. Das Zusammenleben mit dem Pilze ist somit zweifellos auch für die Algenzellen von Vorteil, und es ist verfehlt, das Verhältnis zwischen Alge und Pilz als Parasitismus oder Helotismus (Sklaverei) zu bezeichnen. Die Pilze sind keineswegs gleich nutzlosen Herren, für welche die Algen zu arbeiten haben, sondern das Verhältnis beruht auf gegenseitigen Vorteilen.

Die Symbiose ist für beide vereinigten Teile vorteilhaft. Die Flechten sind sehr wenig differenzierte Organismen, d. h. die Arbeitsteilung steht bei den Flechtenzellen auf einer niedrigen Stufe. Aber ungeachtet der niedrigen Organisation haben die Flechten eine ziemlich beachtenswerte Stelle unter den Landpflanzen erobern und behaupten können: die Vereinigung der Kräfte hat die Bildung sehr lebensfähiger Organismen zur Folge gehabt. Sie können vollständig austrocknen und bei Wiederbewässerung weiterwachsen. Sie können „schroffe, nackte, von der Sonne durchheizte Felsen bewohnen“. Als krusten-, blatt-, strauch- und fadenförmige Organismen bedecken sie mehr oder weniger Steine, Felsen, Baumrinde und Zweige, Wände, Mauern, trockene Erde u. s. w. In Regionen mit niedriger Temperatur, im hohen Norden, auf hohen Bergen und an trockenen Orten, wo keine höheren Pflanzen zu finden sind, trifft man Flechten. Selbst Nebel und Tau genügen ihnen zur Deckung des Wasserbedürfnisses. Im hohen Norden sind weite Flechtenheiden und Flechtentundren vorhanden. In trocknen Wäldern kommen Flechten massenhaft

vor. In tropischen Ländern wachsen sie auch auf den Blättern der Bäume. Die Flechten gehören neben den Bakterien und Algen zu den ersten Ankömmlingen, den Pionieren, die auf den noch unbesetzten, ungünstigsten Stellen wachsen können und die Unterlage allmählich zum Boden umwandeln, auf dem später auch höhere Pflanzen zu leben imstande sind (vgl. Warming-Gräbner, Warburg).

Einzellige Algen haben auf dem Lande keine ansehnlichere Stelle erobern können. Aber in Symbiose mit Pilzen sind sie ziemlich massenhaft vertreten. Und da in den Flechten die Pilze auf Kosten der Algen leben, so ist durch diese Symbiose auch der Lebensraum der Pilze erweitert worden. Die Flechten sind wieder ein schönes Beispiel, das uns zeigt, dass nicht der Krieg aller gegen alle der richtige Kampf ums Dasein ist, sondern dass zum Daseinskampf die Kräfte vereinigt werden müssen.

Wie schon gesagt, sind die Flechten noch wenig differenzierte oder niedrig organisierte Lebewesen, und deshalb können sie mit den höheren Pflanzen nicht konkurrieren. Die höheren Pflanzen können aus tieferen Erdschichten Wasser und Mineralsalze schöpfen, und deswegen können sie auf mehr oder weniger günstigen Böden üppig gedeihen, so dass für die Flechten oft kein Platz mehr übrig bleibt. Auf trocknen Böden aber, wo kein oder wenig Gras wächst, und auf der Rinde der Bäume können sie unverschattet gedeihen.

Sehr beachtenswert ist die Symbiose zwischen den Bakterien und den Leguminosen oder Hülsenfrüchtigen (vgl. Beneke-Jost, Warming-Gräbner). An den Wurzeln der Erbsen, Bohnen, des Klee und anderer Leguminosen kann man kleine Knöllchen beobachten, in denen Bakterien reichlich Unterkunft finden. Diese Bakterien besitzen die Fähigkeit, freien Luftstickstoff in stickstoffhaltige organische Verbindungen (Eiweiss u. s. w.) zu verwandeln. Die Stickstoffverbindungen sind nun für die Pflanzen unentbehrlich zum Aufbau des Protoplasmas. Die höheren Pflanzen können den Luftstickstoff nicht ausnutzen und sind in der Regel auf die in der Erde befindlichen Nitrate oder Ammoniaksalze angewiesen. Die erwähnten Stickstoffquellen (Nitrate, Ammoniaksalze) sind nun aber löslich und werden leicht aus dem Boden mit dem Regenwasser ausgelaugt. Es besteht deshalb in den Böden oft ein Mangel an verwendbaren Stickstoffverbindungen. Wenn aber in der Erde auch nur ein

einzigster notwendiger Mineralstoff in zu geringer Menge vorhanden ist, so wird dadurch das Gedeihen der Pflanzen stark behindert. Da nun die Knöllchenbakterien sogar den freien Luftstickstoff ausnutzen, so können die Leguminosen mit Hilfe der Bakterien auch auf einem solchen Boden gut wachsen, wo für andere Pflanzen zu wenig Stickstoffverbindungen vorhanden sind. Hafer oder Gerste können auf reinem Quarzsande nur dann gedeihen, wenn sie mit Nitraten gedüngt werden. Die Leguminosen dagegen wachsen auf solch einem Sande, wenn die Knöllchenbakterien da sind. Ohne Knöllchenbakterien können auch die Leguminosen auf dem Quarzsande nicht gedeihen. Ohne Bakterien können sie nicht gegen Stickstoffmangel kämpfen. Obgleich das Verhältnis nicht immer ganz friedlich ist und obgleich die Bakterien zuweilen als Parasiten angesehen werden, so kann dennoch kein Zweifel daran bestehen, dass die Symbiose für die Leguminosen von Nutzen ist. Es ist kaum daran zu zweifeln, dass nur dank der Symbiose mit den Bakterien die Leguminosen auf nährstoffarmen (speziell stickstoffarmen) Böden wachsen können und auch eine viel grössere Masse bilden, als das ohnedem der Fall wäre. „Es wäre möglich, dass die Knöllchenbakterien das ungemein üppige, herdenweise Gedeihen zahlreicher Leguminosen (*Lupinus*, *Lotus*, *Astragalus*, *Ornithopus* u. s. w.) auf reinen Sandböden Südeuropas und Nordafrikas begünstigen oder erst ermöglichen“ (Braun-Blanquet). Die Leguminosen sind überhaupt in der ganzen Welt recht verbreitet. Es werden unter ihnen über 12 000 Arten unterschieden. Durch die Symbiose wird nicht nur der Lebensraum der Leguminosen erweitert, sondern auch der Boden wird ausserdem mit Humus- und Stickstoffverbindungen angereichert. Im Zusammenhange damit können in dem Boden verschiedene Verwesungsbakterien, Pilze, Regenwürmer und andere Organismen viel reichlicher gedeihen. Durch die Symbiose ist überhaupt ein massenreicheres Leben ermöglicht worden. Schon lange bevor die Chemiker den Luftstickstoff ausnutzen gelernt hatten, ist er bei der Bakterien- und Leguminosensymbiose verwertet worden. Durch diese Symbiose hat das Leben wieder eine Methode erfunden, grössere Massen der lebendigen Substanz zu bilden.

Bei vielen tropischen Rubiaceen und Myrsinaceen befinden sich an den Blatträndern knotige Verdickungen, welche mit Bakterien gefüllt sind. Selbst in den Samen dieser Pflanzen sind Bakterien vorhanden, so dass eine jedesmalige Infektion des Keim-

lings nicht nötig ist, wie das bei den Leguminosen beobachtet wird. Auch diesen Pflanzen ist die Symbiose mit Bakterien von Vorteil, und „ohne Stickstoffverbindungen im Substrat gedeihen sie (die Rubiacee Pavetta) nur dann, wenn sie in Symbiose mit ihren Bakterien lebten“ (Benecke-Jost). Also können auch diese, in den Blättern befindlichen Bakterien den freien Luftstickstoff in Stickstoffverbindungen umwandeln.

An den Wurzeln der Erle und anderer Pflanzen (Elaeagnus, Myrica, Hippophae oder Sanddorn) kommen Knöllchen vor. Als Knöllchenbildner werden bei der Erle ziemlich einfache Organismen (Aktinomyceten) angesehen. „Nobbe und Hiltner konnten denn auch zeigen, dass sie ohne Knöllchen nur bei Zugabe von Stickstoffverbindungen zu wachsen vermögen, während sie nach Ausbildung von Knöllchen mit dem Luftstickstoff auskommen“ (Benecke-Jost). Also werden auch in diesem Fall durch die Symbiose bessere Lebensbedingungen geschaffen, so dass die Pflanze unter sonst ziemlich ungünstigen Bedingungen zu gedeihen imstande ist.

Die Symbiose zwischen Pilzen und Samenpflanzenwurzeln — Mykorrhiza — ist „von überraschend grosser Verbreitung“ (Benecke-Jost). Die Pilzfäden dringen mehr oder weniger tief in die Wurzeln und Wurzelzellen hinein. Die Orchideen sind vom Pilze dermassen abhängig, dass oft sogar die Keimung des Samens ohne denselben nicht erfolgt (vgl. H. Molisch). Die Symbiose mit dem Pilze ist somit für die Orchideen wesentlich, unentbehrlich. Die Pilze können scheinbar Stoffe des Humus ausnutzen, welche für die Blütenpflanzen unbrauchbar sind. Die Blütenpflanze erhält nun vom Pilze Nährstoffe, die dieser aufgenommen und verarbeitet hat. Die Blütenpflanze kann Kohlenhydrate bilden, und ein Teil davon kann dem Pilz als Entgelt abgegeben werden. Es besteht somit zwischen dem Pilz und der Blütenpflanze ein Austausch von Stoffen, der für beide Teile von Vorteil ist. Ausser den Orchideen gehören zu Pflanzen mit Mykorrhiza Heidekrautgewächse, Arum, Allium, Monotropa u. a. Sehr verbreitet ist die Mykorrhiza bei waldbildenden Bäumen, namentlich bei Birken- und Buchengewächsen, bei Nadelhölzern u. a.

Viele von den erwähnten Pflanzen sind recht verbreitet, und zu ihrem massenhaften Vorkommen dürfte die Symbiose mit dem Pilz beträchtlich beigetragen haben. „Da er (P. E. Müller) durch ausgedehnte Kulturen und Versuche gefunden hat, dass

die Bergkiefer in Jütland auf ganz humusfreiem Boden der Heidegegenden gut gedeiht, die Fichte aber nicht, dass dagegen die Fichte, wenn sie mit Bergkiefern zusammen gepflanzt wird, gut gedeiht, so glaubt er, dass es die Kiefer ist, die durch die Mykorrhizen den Stickstoffhunger der Fichte befriedigt“ (Warming-Graebner). Die eine Pflanze hilft somit der anderen einen Standort mit ungünstigen Lebensbedingungen besiedeln. Nach alledem, was wir von der Symbiose wissen, ist es höchst wahrscheinlich, dass viele Pflanzen sich nur durch Symbiose aus einem Boden Nahrung zu verschaffen vermögen, wo sie sonst überhaupt nicht hätten wachsen können.

### Symbiose zwischen Tieren und Pflanzen.

In einer Reihe von einzelligen Tieren, Protozoen, sind Algenzellen entdeckt worden. Grüne Algenzellen oder Zoochlorellen bilden Symbiose mit gewissen Protozoen (*Amoeba viridis*, *Paramecium bursaria* u. a.). Von den vielzelligen Tieren sind mit Zoochlorellen versehen gewisse Süßwasserpolyphen (*Hydra viridis*), Strudelwürmer (*Convoluta roscoffensis*) und Süßwasserschwämme. Braune oder gelbliche Algenzellen — Zooxanthellen — leben in vielen Meertieren, namentlich in vielen Radiolarien und Foraminiferen, dann auch in Hydroidpolyphen, Schwämmen, Korallenpolyphen, Lappenquallen und Strudelwürmern. Von den Radiolarien befindet sich sogar die „weitaus grösste Zahl“ in Symbiose mit Zooxanthellen. Obgleich die Verhältnisse zwischen dem tierischen und dem pflanzlichen Symbionten zum Teil noch wenig aufgeklärt sind, ist es doch kaum zu bezweifeln, dass in der Regel die Symbiose für beide Teile von Vorteil ist. Zwischen den zusammenlebenden Formen kann Austausch von Gasen und auch Nährstoffen stattfinden. Bei der Atmung des Tieres entsteht Kohlensäure, die den Algen zum Aufbau von organischen Verbindungen zupass kommt. Bei der Kohlensäureassimilation der Algen dagegen entsteht Sauerstoff, der für die Atmung des Tieres notwendig ist. Die Alge produziert viel Kohlenhydrate, und ein Teil davon kann von dem Tiere in Form von Zucker aufgebraucht werden. Beim Stoffwechsel des Tieres dagegen entstehen einfachere stickstoffhaltige Substanzen, welche der Pflanze bei ihren Eiweissynthesen zunutze kommen. Zur Ausscheidung der stickstoffhaltigen Stoffe dienen bei Tieren in der Regel spezielle Ausscheidungsorgane. Es ist nun äusserst merkwürdig, dass der

Strudelwurm *Convoluta roscoffensis* keine Ausscheidungsorgane besitzt, während das sonst bei den Strudelwürmern die Regel ist. Die Sache wird sich hier wohl so verhalten, dass die stickstoffhaltigen ausscheidbaren Stoffe von den Algenzellen aufgebraucht werden, so dass keine Ausscheidungsorgane nötig sind. Also werden bei der Symbiose in diesem Falle die Stoffe, welche für einen Teil unbrauchbar geworden sind, von dem anderen Teil mit Nutzen aufgebraucht. Indem solche in Überschuss gebildete Stoffe gegenseitig ausgewechselt werden, erwächst daraus beiden Teilen ein Vorteil, und dabei entsteht ein zusammengesetzter Organismus, welcher mit grösserem Erfolg ums Dasein zu kämpfen fähig ist. Es ist in der Tat festgestellt worden, dass insbesondere für das Tier die Symbiose oft geradezu unentbehrlich ist. Man hat Seerosen in Seewasser, aus welchem durch Filtrieren zur Nahrung brauchbare Organismen entfernt wurden, teils hell, teils dunkel gehalten. Die Helltiere waren nach 6 Monaten immer noch vollkommen frisch, die Dunkeltiere dagegen starben nach einem Monat ab, wobei sie vorher „die degenerierenden Algen, in Schleimfetzen gehüllt“ (O. Steche 2) auswarfen. Das beweist uns, dass in den Helltieren die Algenzellen Nährstoffe synthetisieren, und deswegen konnten mit ihrer Hilfe die Tiere gedeihen. In der Dunkelheit dagegen können die Algenzellen für sich keine Nährstoffe herstellen, und darum ist auch dem Tiere nichts abzugeben, und das Tier verhungert. Auch die Strudelwürmer *Convoluta roscoffensis* und *C. paradoxa* können sich ohne symbiontische Algen nicht erhalten. Es hat sich auch erwiesen, dass die mit Algenzellen behafteten Protozoen leichter und länger sich kultivieren lassen, als algenlose Protozoen. Radiolarien können in Symbiose mit Algenzellen wochenlang in filtriertem Meerwasser, welches keine Nährstoffe mehr enthält, weiterleben. Die Symbiose ist somit in der Regel für beide Teile, insbesondere aber für das Tier, von Vorteil.

Wir haben gesehen, dass das Tier oft ohne symbiontische Algen überhaupt nicht mehr lebensfähig ist. Sehr oft dagegen können beide Symbionten auch allein und selbständig leben. In diesen Fällen ist das Verhältnis noch nicht sehr eng geworden und die Abhängigkeit nicht weit fortgeschritten (Süsswasserschwamm u. a.).

Gewiss sind keineswegs immer die Verhältnisse zwischen den in Symbiose lebenden Teilen ideal friedlich, auf Grundlage

beiderseitiger Vorteile beruhend. Insbesondere unter ausserordentlichen Lebensbedingungen kann das Verhältnis zu einem feindlichen umschlagen. So werden z. B. die Zooxanthellen verdaut, wenn die *Convoluta roscoffensis* in der Dunkelheit hungern muss. Sie stirbt dabei zuletzt auch selbst. Auch wenn die *Convoluta* alt ist, werden die Algen verdaut und sie „geht schliesslich nach Aufzehrung ihrer Ernährer zugrunde“ (O. Steche 2). Eine Verdauung der Algen ist auch bei verschiedenen anderen Formen beobachtet worden. Bei der *Amoeba viridis* wird sogar immer ein „Teil der Algen in Nahrungsvakuolen eingeschlossen und in Zerfall“, d. h. halb verdaut, gefunden. Andere Tiere dagegen wie z. B. „marine Foraminiferen und Aktinien scheinen ihre Algen niemals anzugreifen“ (O. Steche 2). Gewöhnlich werden die Algenzellen auch von dem Strudelwurm *Convoluta* nicht angegriffen, sondern der Wurm lebt von Stoffen, die die Pflanze gebildet hat. Erst unter aussergewöhnlichen Umständen tritt der Umschlag zu unfriedlichen Verhältnissen ein.

Da die Symbiose für beide Teile von Nutzen ist, so erwerben dadurch die symbiontischen Organismen eine ansehnliche Lebensfähigkeit oder Dauerfähigkeit. Durch das Zusammenwirken beider zusammenlebenden Teile werden die Lebensbedingungen verbessert. Viele Tiere mit niedriger Organisation können höchstwahrscheinlich nur deswegen massenhaft und weit verbreitet vorkommen, weil sie mit Algen Symbiose bilden. Die Radiolarien spielen im Meere eine sehr grosse Rolle und kommen oft in ungeheuren Mengen vor. Das Gleiche ist mit den Foraminiferen der Fall. Radiolarien- und Foraminiferenschalen bilden in Meeren oft mächtige Schichten. Insbesondere während der früheren Zeitalter haben diese Tiere oft eine grosse Rolle gespielt. Ebenso massenhaft sind in Meeren Hydroidpolypen, Korallen und Seeanemonen vertreten, welche oft in Symbiose mit Algen leben.

„Das gewaltige Wachstum der Rifff Korallen in den oberflächlichen Wasserschichten hängt aufs engste mit dem Eindringen des Lichtes zusammen. Die Polypen dieser Korallenstöcke sind nämlich dicht angefüllt mit symbiontischen Algen, Zooxanthellen, die entweder in die Zellen der Darmwand eingebettet sind oder frei im Darmraum liegen. Gardiner konnte für eine ganze Reihe von Gattungen (*Pocillopora*, *Prionastraea*, *Madrepora*, *Euphyllia*) den Nachweis liefern, dass sie einen merklichen Betrag von Sauerstoff abgeben, was auf lebhaftes Assimilationsvorgänge hinweist. Niemals aber wurden bei diesen im Darmraum Organismen gefunden, die als aufgenommene Nahrung gedeutet werden könnten; ja bei *Prionastraea* ist sogar der Darmraum zwischen den Septen ganz geschwun-

den, und die Nahrung der Polypen scheint ganz aus den symbiontischen Algen zu bestehen. So wird also die für Tiere unumgänglich notwendige pflanzliche Ernährung hier in den Tieren selbst kultiviert. Damit wird es erklärlich, dass sie des Lichtes zu ihrem Gedeihen unbedingt bedürfen . . . Zugleich erklärt es sich aber auch, wie sie damit als Erzeuger zur Hauptgrundlage einer grossen Lebensgemeinschaft werden können“ (R. Hesse 1).

Ungeheure Mengen kohlen-sauren Kalkes werden von Korallen in den Meeren abgelagert. Massenhaft können auch Strudelwürmer vorkommen. „Bei Ebbe kommen an der Küste der Normandie, Englands und der Kanalinseln Unmassen kleiner, 3 mm langer grüner Strudelwürmer, *Convoluta roscoffensis* an die Oberfläche und bilden parallel der Küstenlinie oft viele Kilometer weit dunkelgrüne Streifen; nach Zählungen schätzt man auf ein Quadratmeter 3,35 Millionen solcher Würmchen; für die symbiontisch in ihnen lebenden Algen ist ihnen das Licht Bedürfnis“ (R. Hesse 1). Es ist kaum zu bezweifeln, dass nur infolge von Symbiose mit Algenzellen die erwähnten niedrig organisierten Tiere so massenhaft vertreten sein können.

Es ist dabei beachtenswert, dass nicht nur Tiere mit verhältnismässig niedriger Organisation, sondern auch sogar sehr viele hochorganisierte Tiere in Symbiose mit Pflanzen leben. In letzter Zeit ist festgestellt worden, dass die Symbiose zwischen den Insekten einerseits und den Bakterien oder Pilzen andererseits recht verbreitet ist. In dem Fettgewebe der Schaben, in den Zellen des Verdauungskanals der Ameisen, in den Darmsäcken der Olivenfliege *Daucus olea* sind Ansammlungen von Bakterien gefunden worden. Bei den Blattläusen liegt zwischen den Muskeln der Rückenseite ein Organ, dessen Zellen mit Mikroorganismen, wahrscheinlich mit Bakterien, angefüllt sind. Solche Organe sind bei allen Blattläusen entdeckt worden. Beim holzfressenden Käfer *Anobium*, bei den Stechmücken, blattminierenden und holzfressenden Schmetterlingsraupen, Zikaden sind symbiontische Pilze festgestellt worden. Bei vielen blutsaugenden Insekten oder anderen Tieren sind symbiontische Bakterien oder Pilze gefunden worden (Bettwanzen, Läuse, Lausfliegen, Motten, Zecken, Blutegel u. a.). (Vgl. Buchner.)

Es ist sehr beachtenswert, dass bei der Fortpflanzung meistens schon die Eier infiziert, d. h. mit symbiontischen Pflanzenorganismen versorgt werden. Schon die Tatsache, dass der tierische Organismus frühzeitig mit symbiontischen Bakterien oder Pilzen infiziert wird, spricht dafür, dass die Symbiose biologisch

wichtig ist. Der Nutzen der Pilze oder Bakterien für Tiere liegt meistens wahrscheinlich darin, dass von denselben zur Verdauung der Zellulose Fermente gebildet werden. Die Tiere können selbst keine zellulosespaltenden Fermente absondern (eine Ausnahme bilden Regenwürmer, Weinbergschnecken u. manche andere). Viele Insekten ernähren sich nun aber nur oder fast nur von Holz und trockenen Pflanzenteilchen, welche hauptsächlich aus Zellulose bestehen. Solch eine Nahrung würde für die Insekten ganz unverdaulich und somit ganz unausnutzbar sein, wenn keine zellulosespaltenden Bakterien oder Pilze zu Hilfe kämen. Ebenso kaum ausnutzbar für Tiere sind das Wachs und die Wolle, auf deren Kosten sich die Motten entwickeln. Bei den Stechmücken produzieren die Pilze Stoffe, welche „beim Stich Schwellung und Blutzufuhr bewirken“ (O. Steche 2). Der Pflanzensaft, der den Blattläusen zur Nahrung dient, ist sehr arm an Stickstoffverbindungen. Anscheinend kann die symbiontische Pflanze sich freien Luftstickstoff aneignen oder assimilieren und auch das Tier mit Stickstoffverbindungen versorgen. Solch ein Zusammenleben dürfte aber nicht nur dem Tiere, sondern auch der Pflanze von Nutzen sein: sie wird im Tierkörper ernährt und genießt dort Schutz vor Trockenheit u. s. w. Nur mit Hilfe von Bakterien und Pilzen sind die Insekten imstande Holz, Wolle, Wachs, Pflanzensaft u. s. w. auszunutzen. Zweifellos ist der Lebensraum der Insekten durch die Symbiose erweitert worden, und sie trägt das ihrige dazu bei, damit die Insekten in grosser Mannigfaltigkeit und in grossen Mengen vorkommen können. Selbst die Blattläuse, welche auf einer verhältnismässig niedrigen Organisationsstufe stehen und recht unwehrhaft sind, sind sehr verbreitet und kommen oft ziemlich massenhaft vor.

Es hat sich herausgestellt, dass bei vielen oder vielleicht bei allen leuchtenden Tieren (bei Fischen, Coelenteraten, Pyrosoma u. a.) das Leuchten durch die Bakterien oder Pilze, welche in den sogenannten Leuchtorganen gelegen sind, erzeugt wird. Die symbiontische Pflanze ist im Tierkörper mit Nahrung versorgt und vor äusseren ungünstigen Bedingungen gut geschützt. Dem Tier kommt das Leuchten bei der Anlockung des Geschlechtspartners oder der Beute, bei der Abschreckung der Feinde und bei der Flucht zunutze.

Eine recht wichtige Symbioseform ist die zwischen Bakterien und Wiederkäuern oder auch anderen Grasfressern. Das

Gras ist ziemlich arm an Nährstoffen. Der Klee ist fast 7 mal ärmer an Nährstoffen als die Weizenkörner! Ausserdem sind die Nährstoffe des Grases in ziemlich widerstandsfähige Zellulosehüllen eingeschlossen (der Klee enthält 5, 3% Zellulose oder Rohfaser, die Weizenkörner dagegen 2,4%), so dass das Gras für die tierische Verdauung fast ganz unausnutzbar ist. Ein so gründliches Zermahlen des Grases, dass wenigstens die meisten Zellulosehüllen zertrümmert würden, würde allzu zeitraubend sein, und es ist mit den den Tieren zur Verfügung stehenden Mitteln überhaupt kaum ausführbar. Da nun kein höheres Tier das Ferment zur Zelluloseverdauung abzusondern imstande ist, so würde ohne Symbiose das Gras für höhere Tiere als Nahrung fast ganz ungeniessbar sein. Aus dieser Schwierigkeit helfen nun die Bakterien, welche den Verdauungskanal des Grasfressers besiedelt haben. Im Pansen des Rindes befinden sich z. B. reichlich zelluloseabbauende Bakterien, so dass über 60% der Zellulose verdaut wird (Mangold). Erst durch reichlichen Zelluloseabbau wird das Zellinnere dem Zutritt der tierischen Verdauungssäfte freigegeben. Durch die Bakterientätigkeit wird auch zahlreichen Wimperinfusorien das Leben ermöglicht: sie ernähren sich von Bakterien.

So können mit Hilfe von Bakterien zahlreiche Grasfresser (Wiederkäuer insbesondere) sich von einer Substanz ernähren, die sie sonst kaum auszunutzen imstande wären. Die Symbiose ist nun nicht nur für die Grasfresser von Vorteil, sondern auch für die Bakterien: sie können sich im Verdauungskanal reichlich vermehren. Die Bakterien werden dort allerdings in grossen Mengen von Infusorien aufgeessen, aber das gleiche ist auch sonst in der freien Natur der Fall.

Verschiedene Grasfresser bilden in Steppen oft grosse Herden und sind überhaupt zahlreich vertreten. Es ist kaum zu bezweifeln, dass das in hohem Grade von der Symbiose abhängt. Durch die Symbiose mit den Bakterien haben die Säugetiere für sich den Lebensraum erweitert — die Steppen erobert. Sie haben für sich Neuland gewonnen. Da die Grasfresser in der Regel grosse Tiere sind, so sind sie in beachtenswerter Masse vertreten.

### Symbiose zwischen Tieren.

Wir haben schon die Symbiose der Bakterien mit den Wiederkäuern kennen gelernt. Eine ähnliche weitverbreitete Symbiose wird bei den Termiten mit den Wimperinfusorien (Tricho-

nymphiden) beobachtet. Den Termiten dienen zur Nahrung hauptsächlich verschiedene pflanzliche Substanzen, sehr oft selbst Holz. Ausser dem abgestorbenen Holz gehört zur beliebten Nahrung der Termiten trockenes Gras. Gewisse Termiten können ohne Hilfe der Urtiere nicht leben. Man hat die Termiten vierundzwanzig Stunden lang in einer Temperatur von 36° C gehalten und dadurch die in dem Darmkanal befindlichen Wimperinfusorien abgetötet. Solche Termitenindividuen, ohne symbiotische Infusorien, sterben nach 10 bis 12 Tagen ab, obgleich ihnen normale Nahrung gereicht wird. Sie können aber weiterleben, sobald sie wieder mit Infusorien infiziert werden. Die symbiotischen Trichonymphiden können die Zellulose verdauen, und nur deshalb können die Termiten von Holz leben (vgl. Wheeler). Die Termiten können jedenfalls auch ohne symbiotische Infusorien existieren, in diesem Falle müssen sie aber vorverdaute Nahrung erhalten (Humus, von den Pilzen verdaute Zellulose). Auch in der freien Natur ernähren sich höhere altweltliche Termitiden von Humus (die Zellulose des Humus ist von Bodenbakterien schon mehr oder weniger abgebaut) und von Pilzen. Auch diese Symbioseform ist für die Termiten zweifellos von grossem Nutzen, und nur auf dem Wege des Zusammenschlusses mit den Infusorien haben sie die Fähigkeit erworben, die zellulosereichen Pflanzenteile (Holz, trockenes Gras u. s. w.) auszunutzen. Das ist wieder ein schönes Beispiel dafür, dass durch die Symbiose der Lebensraum der Tiere erweitert ist. Die Termiten, die jetzt zu den ausserordentlich weit verbreiteten und massenhaft vorkommenden tropischen Insekten gehören, hätten ohne Hilfe der Infusorien kein Holz und Gras ausnutzen und somit auch nicht so massenhaft vorkommen können.

## II.

### **Körperlich getrennte Symbiosen.**

#### Symbiose zwischen Pflanzen.

Auf gegenseitigen Vorteilen beruht auch das Verhältnis zwischen den grünen Pflanzen einerseits und den Bakterien oder Pilzen andererseits. Durch die Entstehung der Landpflanzen wurde auch der Lebensraum der Bakterien stark erweitert: erst jetzt konnten verschiedene Bodenbakterien und Verwesungsbakterien in grossen Mengen entstehen und sich vermehren. Die abgestorbenen Teile der grünen Pflanzen sowie auch diejenigen der

Tiere dienen den Bakterien als Nährboden. Durch die grünen Pflanzen entsteht den Bakterien somit grosser Nutzen. Die Tätigkeit der Bakterien ist nun ihrerseits für die grünen Pflanzen von Nutzen. Wären keine abbauenden Bakterien oder Pilze vorhanden, so würden keine abgestorbenen Pflanzen oder Pflanzenteile zur Verwesung kommen. Mineralstoffe und Kohlensäure würden immer weiter aufgebraucht werden und in den pflanzlichen Organismen in Form von verschiedenen Verbindungen zurückbleiben, sie würden somit der Zirkulation entzogen werden. Keine grüne Pflanze ist ja imstande auf Kosten der unzersetzten Pflanzen oder Pflanzenteile zu wachsen. Blieben Blätter, Stämme u. s. w. unzersetzt, so würden sie das weitere Gedeihen der grünen Pflanzen nur hindern. Und da ausserdem noch die Vorräte der Mineralsalze und der Kohlensäure sich immer mehr vermindern würden, so müsste unvermeidlich ein Zeitpunkt eintreten, wo das weitere Gedeihen der grünen Pflanzen ganz unmöglich wäre. Und da jeder Organismus imstande ist, sich ausserordentlich schnell fortzupflanzen, so würde die weitere Entwicklung des Lebens sehr bald angehalten werden. Insbesondere durch die Tätigkeit der Verwesungsbakterien werden aber alle abgestorbenen Blätter, Stämme und alle anderen pflanzlichen sowie auch tierischen Rückstände recht schnell zersetzt. Es entstehen dabei wieder einfachere Stickstoff- und Kohlenstoffverbindungen, zuletzt Mineralsalze und Kohlensäure, d. h. gerade diejenigen Stoffe, welche zum Gedeihen der grünen Pflanzen unentbehrlich sind. Auf solch eine Weise wird das immer fortwährende Leben der grünen Pflanzen nur durch die Verwesungsbakterien und anderen Verwesungsorganismen (Pilze) ermöglicht.

Wir sehen, dass die grünen Pflanzen und Verwesungsbakterien gar nicht gegeneinander einen Kampf führen, sondern im Gegenteil, sich gegenseitig im Kampfe ums Dasein unterstützen. Die grünen Pflanzen können allein, ohne Verwesungsorganismen, auf die Dauer nicht existieren, ebenso auch nicht die Verwesungsorganismen ohne die grünen Pflanzen. Erst durch das Zusammenwirken beider Organismenformen ist ein reichliches und fortwährendes Leben möglich geworden. Die grünen Pflanzen führen einen Teil der Arbeit aus, sie sind Aufbauer oder „Schaffer“, die Verwesungsorganismen dagegen sind Abbauer, sozusagen „Zehrer“, und sie müssen den anderen Teil der Arbeit, den Abbau ausführen, damit wieder von

neuem der Aufbau erfolgen könne. Man kann hier von einer Arbeitsteilung sprechen. Wie immer bei der Arbeitsteilung und dem Zusammenwirken, so sind auch in diesem Falle beide Teile voneinander abhängig geworden. Es sind weder die grünen Pflanzen ohne die Verwesungsorganismen, noch umgekehrt, die Verwesungsorganismen ohne die grünen Pflanzen imstande dauernd zu leben. Es besteht somit zwischen den grünen Pflanzen und den Verwesungsorganismen ein äusserst verbreitetes (überall in der Natur findet ja Verwesung statt) und äusserst wichtiges Zusammenwirken. Das ist wieder ein schönes Beispiel, welches uns beweist, dass das Zusammenwirken im Kampfe ums Dasein eine äusserst wichtige Rolle spielt und überaus verbreitet ist.

#### Symbiose von Tieren und Pflanzen.

Die Tiere werden oft einfach als „Parasiten“ der Pflanzenwelt angesehen. Die Tiere ernähren sich ja in der Tat direkt oder indirekt von grünen Pflanzen, wobei die letzteren sehr oft mehr oder weniger stark zu leiden haben. Aber dessenungeachtet ist diese Auffassung nicht ganz richtig, da die Tiere den Pflanzen sehr oft auch nützlich sind. Von grosser Bedeutung ist schon das, dass durch die Tätigkeit der Tiere die Verwesung beschleunigt wird. In dieser Hinsicht spielen insbesondere die Erdwürmer eine grosse Rolle: sie ziehen Blätter u. s. w. in die Erde hinein, wo wegen der grösseren Feuchtigkeit die Verwesung viel schneller verlaufen kann, als auf der Erde, in der Luft. Ausserdem wird bei der Tätigkeit der Erdwürmer der Boden besser durchlüftet, was für das Gedeihen der Pflanzenwurzeln grosse Vorteile bietet.

Sehr beachtenswert ist das Verhältnis zwischen den Blütenpflanzen und den sie bestäubenden Tieren, meistens Insekten. Die Blüten werden von Insekten wegen des Nektars oder des Blütenstaubes besucht. Dabei übertragen sie die ihrem Körper anhängenden Pollenkörner von einer Blüte auf die andere. Es wird dadurch eine Kreuzung bewirkt, die von Vorteil ist. Durch die Kreuzung können mehrere günstige Merkmale oder Eigenschaften in einer einzigen Pflanze vereinigt werden, Merkmale, die alle früher bei mehreren Individuen getrennt vorkamen. Werden nun mehrere günstige Eigenschaften in einer einzigen Pflanze vereinigt, so entsteht dadurch ein Organismus, der

für den Kampf ums Dasein besser ausgerüstet ist. Findet die Bestäubung mit Hilfe von Insekten statt, so braucht die Pflanze nicht so viel Pollen zu produzieren, wie das bei der Bestäubung durch den Wind der Fall sein muss. Die vom Wind getragenen Pollenkörner gelangen an die verschiedensten Stellen, und nur zufällig kommen einige Körner an den richtigen Ort. Bei den Windbestäubern ist deshalb die Bildung von zahlreichen Pollenkörnern unentbehrlich. Durch die Insekten oder auch andere bestäubende Tiere (Kolibris u. a.) gelangt der Pollen viel sicherer an den richtigen Ort, und deshalb können die Pflanzen mit der Pollenproduktion viel sparsamer sein. Hier findet somit wieder ein friedliches Zusammenwirken auf Grund von gegenseitigen Vorteilen statt: die Pflanze braucht nicht übermässig viel Pollen zu produzieren, das Tier wird für die Übertragungsarbeit mit Nahrung (Nektar, Pollen) belohnt. Solch ein Zusammenwirken ist zweifellos recht vorteilhaft für die Pflanzen, da die von den Tieren zu bestäubenden Pflanzen massenhaft vorkommen und überaus verbreitet sind. Alle die zahllosen Pflanzen mit von weitem sichtbaren, oft farbigen und schönen Blüten werden von Insekten besucht. 80% der europäischen Blütenpflanzen sind Insektenblütler! (K. Escherich 3). Mit vereinten Kräften verläuft bei diesen zahlreichen Organismen der Kampf ums Dasein erfolgreicher, als das sonst der Fall wäre.

Viele Tiere tragen auch zur Verbreitung der Samen bei. Zahlreich sind die Beerenfrüchte (Himbeere, Johannisbeere, Weintraube, Wachholder, Mistel, Mehlbeere und viele andere) und Steinfrüchte (Kirschen, Pfirsiche u. s. w.). Ausser den Samen bestehen diese Früchte aus einem fleischigen oder saftigen, süssen und wohlschmeckenden Teil, welcher den Tieren zur Nahrung dient. Die Samen, die in den aufgezehrten Früchten waren, gehen wenigstens zum Teil ganz unbeschädigt durch den Verdauungskanal der Tiere, um mit den Exkrementen an einen weiter abgelegenen Ort zu gelangen. Es ist interessant, dass die reifen Früchte eine viel auffälligere Farbe annehmen als die unreifen, so dass sie von Tieren eher aufgefunden werden. Auch hier ist das Verhältnis mit Vorteilen für beide Teile verknüpft. Ausser den fruchtfressenden Tieren (beerenfressende Vögel, fliegende Hunde, Affen und viele andere) beteiligen sich auch die Insekten vielfach an der Verbreitung der Samen (vgl. Kraepelin, Kerner-Hansen).

Ausser diesen Beziehungen zwischen Tieren und Pflanzen mit Vorteil für beide Teile, gibt es noch viele ähnliche Verhältnisse, welche meistens weniger allgemein bekannt sind als die vorgeführten (die Bestäubung und die Verbreitung der Samen).

Eine interessante Symbiose ist bei den Borkenkäfern mit Pilzen festgestellt worden. Die Borkenkäfer legen ihre Eier in das Holz ab. Da an dem Körper des Käfers, „in den Unebenheiten der Hautbedeckung und in den Haaren“, die Sporen des symbiontischen Pilzes haften, so streift er beim Anbohren des Baumstammes die Sporen des Pilzes ab „und sät dadurch unbewusst den Pilz aus, verschafft diesem die erwünschte Weiterverbreitung und zugleich der eigenen Brut die künftige Nahrung“ (P. K a m m e r e r).

Die Pilzfäden dringen tief in das Holz hinein, in die Gefässe oder Tracheiden des Splintes, so dass sie genügend Nahrung finden können. An den in die Käfergänge hereinragenden Enden der Pilzfäden entstehen kugelförmige Verdickungen, welche von den Larven oder auch von den Käfern selbst aufgefressen werden. Für die Käfer ist der Vorteil aus der Symbiose ohne weiteres klar: sie können auf solch eine Weise auf Umwegen das Holz zur Nahrung verwenden, was ohne Hilfe des Pilzes unmöglich wäre. So haben die Käfer durch Symbiose ihren Lebensraum erweitert. „Sehr interessant ist die Tatsache, dass nur die im nährstoffarmen Holz fressenden Käfer Pilze züchten, nicht die in der reicheren Rinde und vor allem nicht die, welche in den reservestoffbeladenen Samen brüten... So geht klar hervor, dass die Pilzzucht eine Anpassung an das nährstoffarme Substrat darstellt“ (Doflein 2). Selbst für den Pilz ist die Symbiose von Nutzen: er kann mit Hilfe des Käfers ohne jegliche Schwierigkeiten in das Holz hineinkommen, was für ihn sonst kaum möglich wäre. So wird auch der Lebensraum der Pilze erweitert.

Es ist nun noch wichtig zu vermerken, dass die pilzzüchtenden Borkenkäfer „weit verbreitet“ sind, insbesondere in den tropischen Nutzpflanzen. Sie kommen in Orangenbäumen, Teesträuchern, Kakaobäumen, Zuckerrohr, Kautschukpflanzen vor. „Auch in Akazien, Ficusarten u. s. w. wurden solche Borkenkäfer mit Ambrosiapilzzuchten nachgewiesen, welche durch ihre Frassgänge und durch Holzfäule, die der Pilz verursacht, in tropischen Forsten und Plantagen erhebliche Verluste verursachen können“

(F. Doflein 2). Sie kommen auch in anderen Laubhölzern und in Nadelbäumen vor. Die weite Verbreitung solcher Borkenkäfer beweist uns, dass sie mit Pilzen vereinigt im Kampf ums Dasein einen ziemlich ansehnlichen Erfolg haben.

Ein ziemlich verbreitetes symbiontisches Verhältnis zwischen Tier und Pflanze ist dasjenige zwischen den Pilzen einerseits und den pilzzüchtenden Ameisen oder Termiten andererseits. Es gibt beinahe 100 pilzzüchtende Ameisenarten in dem tropischen Amerika. Bei Atta-Arten erreichen die Pilzgärten oft die Grösse eines Menschenkopfes, und solcher können mehrere in einem Neste vorhanden sein. In der von Gängen und Höhlen durchlöcherten Blattmasse wachsen Pilzfäden, aus welchen stellenweise kleine, stark eiweisshaltige, kugelige Anschwellungen hervorragen. Diese kohlrabiartigen Gebilde dienen den Ameisen zur Nahrung.

Ganz in der gleichen Weise, wie bei den Ameisen, wird der Pilzanbau auch bei den Termiten beobachtet. „Die Pilzzucht der Termiten ist sehr verbreitet, jedenfalls viel verbreiteter als die der Ameisen“ (K. Escherich 2). Zur Pilzzucht sind besondere Pilzkammern angelegt, und von diesen sind bei vielen Termiten in einem Neste mehrere vorhanden. Zum Pilzanbau werden Blätter sowie auch Holz verwendet. In die Nester „wandert also all das Holz, welches die Termiten draussen in der Natur und in den Wohnungen der Menschen zusammenräubern“ (Doflein 2). Die Pilze sind imstande auf Kosten der Holzmasse oder des zerkleinerten Grases zu wachsen, und dabei entstehen leichter verdauliche kuglige Körperchen oder Knötchen (Durchmesser  $1\frac{1}{2}$  bis  $2\frac{1}{2}$  mm) des Pilzes, welche die Termiten zu ihrer Nahrung verwenden. Auf solche Weise, mit Hilfe des Pilzes, können viele Termiten das Holz zu ihrer Nahrung ausnutzen. Das Verhältnis ist auch in diesem Fall für beide Teile vorteilhaft. Der Nutzen für die Termiten sowie auch für die Ameisen ist offenbar: schwer oder kaum verwendbare Stoffe werden mit Hilfe des Pilzes für die Tiere ausnutzbar. Die Insekten ihrerseits schaffen für den Pilz günstige Lebensbedingungen. Der Lebensraum der Pilze wird erweitert, und es ist dabei ganz natürlich, dass die Pilze als Entgelt dafür einen Teil ihrer Substanz an die Insekten zur Nahrung abgeben müssen. Die Holzmassen würden wohl auch sonst zur Verwesung kommen, jetzt aber können auf deren Kosten gewisse Pilze und Insekten sich vermehren.

Anstatt der Verwesungsbakterien oder auch der niederen Pilze können nun höhere Organismen — die Insekten und höhere Pilze — ihr Dasein führen. Die höheren Organismen sind ja überhaupt bestrebt, immer mehr an die Stelle der niedrigeren zu treten, insbesondere unter ungünstigeren Bedingungen (auf dem Lande, auf dem Boden der Gewässer).

### Symbiose zwischen Tieren.

Sehr gut bekannt ist die Symbiose zwischen den Einsiedlerkrebse und den Aktinien, wobei sowohl die in Symbiose lebenden Krebse, als auch die Aktinien ziemlich mannigfaltig sind. Die Einsiedlerkrebse verstecken ihren weichen Hinterleib in den Muschelschalen. Ausserdem suchen die Einsiedlerkrebse noch Schutz durch die Aktinien, welche auf den Muschelschalen Unterkunft finden und mit denselben mitgetragen werden. Die Nesselorgane der Aktinien sind recht wirksame Schutzmittel, und sie sind nicht nur den Aktinien, sondern auch den Krebsen von Nutzen. Auch für die Aktinie ist das Verhältnis von Vorteil: sie wird vom Krebs getragen, und indem sie sich fortbewegt, kann sie eher in genügendem Masse Nahrung finden. Oft werden von den Krebsen allerlei Bodenpartikelchen mit darin befindlichen Nahrungsbrocken aufgewirbelt, die den Aktinien zugute kommen. Solch ein Kampf ums Dasein mit vereinten Kräften ist für beide Teile vorteilhaft, und demgemäss hat sich ein recht inniges Verhältnis zwischen dem Krebs und der Aktinie eingestellt. Wird der Einsiedlerkrebs *Eupagurus Prideauxi* der Aktinie beraubt, so wird er „unruhig“ und sucht unermüdlich, bis er eine Aktinie gefunden und auf die Schale übergeführt hat. Ist der Krebs gross geworden und muss er in eine andere Muschelschale übersiedeln, so wird auch die Genossin mitgenommen. Die Aktinie *Adamsia palliata* ist für den Krebs *Eupagurus Prideauxi* von Nutzen noch dadurch, dass sie eine aus einer organischen hornigen Substanz bestehende Lamelle ausscheidet und dadurch die Wohnung des Krebses erweitert und die Notwendigkeit eines häufigen Umzuges aufhebt. Die Symbiose der Krebse mit den Aktinien ist ziemlich verbreitet.

Krebse treten in Symbiose auch mit Hydraktinien und Schwämmen. Zahlreiche Krabben sind mit Algen, Hydroiden, Schwämmen, Seepocken u. a. bewachsen, so dass sie gut maskiert sind, wodurch der Beutefang erleichtert wird. Mehrfach hat man eine regelmässige Ansiedlung von Hydroidkolonien sogar auf be-

stimmten Fischen beobachtet. Sehr verschiedenartige Lebewesen wachsen auf den Gehäusen oder Schalen der Schnecken und Muscheln.

Zwischen den Ameisen und Blattläusen findet sich eine interessante Symbiose, die sich mit der Viehzucht bei den Menschen vergleichen lässt. Der Kot der Blattläuse, die sich an den Pflanzen säugend ernähren, ist flüssig und stark zuckerhaltig. Der Zucker ist nun bei den Ameisen sehr beliebt, und die süßen Exkremeute der Blattläuse werden gern angenommen. Manche Ameisen leben lediglich von Blattlaussekrementen. Die Nährtiere werden teils ausserhalb des Nestes aufgesucht, teils direkt im Bau aufgezogen. Durch Berühren mit den Fühlern üben die Ameisen auf die Blattläuse einen Reiz aus, wodurch die letzteren zur Ausscheidung eines Exkrementtropfens angeregt werden. „Es versteht sich von selbst, dass die Ameisen solch angenehmen und nützlichen Tieren, wie die Blattläuse für sie sind, ihren Schutz und ihre Pflege zuteil werden lassen. Sie verteidigen dieselben auch nach Kräften gegen die vielen Blattlausfeinde (Coccinelliden-, Syrphiden-Larven u. s. w.), schleppen sie, gleich ihrer Brut, bei ernstest Störungen in Sicherheit oder bauen sogar feste Wälle und Zelte um sie. Bei Wurzelläusen sorgen die Ameisen auch dafür, dass die Wurzeln freigelegt und von Erde gereinigt werden, so dass die Läuse bequem saugen können . . . Auch die Eier der Blattläuse werden nicht selten in Gewahrsam und Pflege genommen, wie Huber, Lubbock, Forbes, Mordwilko u. a. beobachtet haben . . . “ (K. Escherich 1). Somit haben auch in diesem Fall beide Teile ihren Vorteil von dem Zusammenleben. Eine ganz ähnliche Symbiose ist auch zwischen den Ameisen und den Schildläusen beobachtet worden. Wie unter den Blattläusen, so scheint es auch unter den Schildläusen einige Arten zu geben, welche ausserhalb der Ameisennester niemals vorkommen. Sie sind somit geradezu zu Haustieren der Ameisen geworden.

Auch die höheren Wirbeltiere treten in Symbiose. „Es bestehen freundschaftliche Verhältnisse zwischen Zebra-, Büffel-, Antilopen- und Straussenherden, die sich innig untereinander mischen. Der Nutzen dieses Zusammengehens lässt sich durch das Sprichwort ausdrücken: „Vier Augen sehen besser als zwei“. Wenn die kraftvoll-übermütigen Tigerpferde sich in sorgloser Sicherheit wiegen, stellen die scheuen Antilopen Wächter aus;

und einen Feind, den die Antilopen, wenn sie noch so sehr umheräugen, hinter hohem Gebüsch nicht rechtzeitig wahrzunehmen vermögen, den erblicken die langhalsigen und langgestelzten Strausse schon aus weiter Ferne. Dafür trägt die Luft Antilopen, Büffeln und Zebras verdächtige Geräusche und Gerüche zu, wo die Strausse ruhig zu weiden fortfahren, weil sie meinen, die Luft sei rein. Schliesslich, wenn einem Feind der Überfall gelang, sind die Hufe der wilden Pferde, die Hörner der Büffel wirksamere Verteidigungswaffen für die gesamte Schar als die Schnäbel der Strausse und das zarte Gehörn der Antilopen“ (P. Kammerer). In der gleichen Weise leben zusammen die südamerikanischen Huanakos mit dem Pampasstrauß.

Säugetiere der afrikanischen Steppen und Wälder werden von Insekten und anderen Schmarotzern stark geplagt. Da sind es denn einige Vogelarten, insbesondere der Madenhacker und der Kuhreiher, die die Schmarotzer wegfangen, gewöhnlich aus der Haut herausziehen. — Die Nilkrododile „haben die Gewohnheit, sich auf Sandbänken zu sonnen und dabei den Rachen schlafend weit aufzusperren; das macht sich der Krokodilwächter zunutze: furchtlos läuft er auf den drohenden Kiefern hin und her und zieht die Blutegel aus dem Zahnfleisch, die Mahlzeitreste zwischen den Zähnen hervor. So gewährt ihm das Krokodil Nahrung und empfängt zugleich seinen Lohn: ein wohlgepflegtes gereinigtes Maul“ (P. Kammerer). Es sind noch verschiedene andere Tiersymbiosen beschrieben worden.

Symbiose des Menschen mit Tieren und Pflanzen.

Auch der Mensch lebt in Symbiose mit den Kulturpflanzen und Haustieren. Gewiss ist der Mensch dabei der aktivere Teil, der Herrscher, welcher wohl oft seine Macht auch missbraucht. Aber das Verhältnis zwischen den Kulturpflanzen und Haustieren einerseits und dem Menschen andererseits ist keineswegs nur für den Menschen von Nutzen. Der Mensch sorgt für die Haustiere, legt für sie Nahrungsvorräte an, füttert sie, baut für sie Ställe u. s. w. Nur mit Hilfe des Menschen können die Haustiere in einer recht grossen Anzahl sogar in Ländern mit längeren und strengeren Wintern leben. Der Mensch hat z. B. die Lebensmöglichkeiten der Rinder ohne jeglichen Zweifel stark erweitert. Der Mensch sorgt auch für die Kulturpflanzen, indem er den Boden bearbeitet, gegen Unkräuter und schädliche Insekten kämpft

u. s. w. Besonders wichtig ist aber, dass der Mensch den Boden düngt und oft auch künstlich bewässert. Der Mensch holt selbst solche Düngemittel hervor, die sonst ganz unausgenutzt bleiben würden (Kalisalze aus der Erdtiefe u. s. w.). Ohne den Menschen könnten die Kulturpflanzen nur in einem sehr beschränkten Masse existieren: sie würden bald von den wilden Pflanzen verdrängt werden. Es ist im ganzen klar, dass der Mensch für die landwirtschaftlichen Pflanzen günstige Lebensverhältnisse schafft und den Lebensraum der Kulturpflanzen stark erweitert. Es ist deshalb ganz natürlich, dass der Mensch dafür einen Teil der Samen, Früchte, Blätter, Knollen u. s. w. zu seiner Nahrung aufbraucht. Alle Samen hätten sowieso nicht Raum zum Wachsen finden können.

Je mehr der Mensch Düngemittel anwendet, je mehr er für gute Beackerung des Bodens und für Bewässerung u. s. w. sorgt, desto bessere und weitere Lebensbedingungen werden den Kulturpflanzen eröffnet. Schon jetzt können in den Treibhäusern verschiedene Pflanzen selbst in kalten Jahreszeiten gedeihen, und auch dadurch sind die Daseinsmöglichkeiten der Kulturpflanzen beträchtlich erweitert worden. Es ist wohl schwer zu sagen, ob durch die menschliche Tätigkeit die Gesamtmasse der lebendigen Substanz sich vergrößert hat. Es werden ja viele Wälder ausgerodet, wo unter natürlichen Verhältnissen oft vielleicht sogar reichlicheres Leben quillt als auf den Feldern. Zweifellos ist jedoch der Mensch bestrebt, aus dem bearbeiteten Boden den grössten Nutzen zu ziehen, was aber bis zu einem gewissen Grade ohne Vergrößerung der Masse der kultivierten Pflanzen nicht möglich ist. In näherer Zukunft dürfte die Ertragsfähigkeit des kultivierten Bodens jedenfalls noch beträchtlich zunehmen. Es ist wohl äusserst wahrscheinlich, dass durch den Einfluss des Menschen die Gesamtmasse der lebendigen Substanz im Zunehmen begriffen ist.

Die wilden Tiere und Pflanzen werden von dem Menschen immer mehr und mehr verdrängt. Es ist nicht unmöglich, dass eine Zeit kommen wird, wo nur äusserst wenige oder so gut wie gar keine Pflanzen oder Tiere auf dem Lande sein werden, die nicht irgendwie für den Menschen nützlich sind. Besonders trübe scheint die Zukunft der Haustiere zu sein. An die Stelle der Last- und Zugtiere treten immer mehr und mehr Fahrzeuge mit mechanischen Motoren. Tiere als Nahrungsmittelproduzenten

spielen vorläufig noch eine wichtige Rolle, aber es ist sehr fraglich, ob das auch bei der beträchtlichen Zunahme der Erdbevölkerung der Fall sein wird. Im Tierkörper werden ja die pflanzlichen Nahrungsmittel nur umgewandelt. Die Umwandlung der pflanzlichen Nahrungsmittel in Fleisch, Milch, Fett u. s. w. verläuft nun aber mit sehr grossen Verlusten. Wenn z. B. Schweine mit Kartoffeln gemästet werden, so kann man in Form von Fleisch und Fett nur  $\frac{1}{5}$  der Energie erhalten, die in den Kartoffeln enthalten war (vgl. Mayerhofer u. Pirquet). Es werden also rund viermal mehr Kartoffelstärke und Eiweisskörper im Tierkörper verbrannt (zur Bildung der eigenen Körperwärme, zur mechanischen Tätigkeit oder zur Lokomotion u. s. w. verwendet), als in Fleisch und Fett umgewandelt. Die Verluste sind ebenso gross auch bei der Milchwirtschaft.

Von diesem Standpunkt ausgehend hat die Tierzucht einen Sinn nur insoweit, als noch weite Grasflächen (Steppen, Tundren und ähnliches) vorhanden sind. In un bebauten Steppen und auf weiten nördlichen Grasflächen können Rinder, in Tundren Renntiere sich ernähren und für den Menschen unbrauchbare Substanzen (Gras, Heu, Flechten u. s. w.) in Milch und Fleisch umwandeln. Je wirksamer aber der Mensch den Boden ausnutzen muss, je weniger freie Steppen u. s. w. vorhanden sind, je ökonomischer der Mensch überhaupt mit den vorhandenen Nahrungsmitteln und Energiequellen umzugehen gezwungen wird, desto mehr wird man die Tierzucht aufgeben müssen, da dieselbe unökonomisch ist und unter engeren Verhältnissen geradezu eine Verschwendung wäre. Es werden ja schon heute in den dicht besiedelten Ländern verhältnismässig sehr wenig Tiere gezüchtet (China u. a.). Man wird anstatt tierischer Eiweissstoffe in genügender Menge vollwertige pflanzliche Eiweisskörper erhalten können (verschiedene Nüsse, Sojabohnen u. s. w.). Äusserst wahrscheinlich werden auch die Chemiker die pflanzlichen Rückstände besser auszunutzen imstande sein, als das durch die Tiere der Fall ist. Wird die Zahl der Haustiere abnehmen, so wird die Zahl der Menschen auch auf diesem Wege steigen können. Es ist auch ganz natürlich, dass die höchsten Tiere — die Menschen — die niedrigeren immer mehr verdrängen werden. In der Natur nehmen ja in der Tat immer die lebensfähigeren und stärkeren Formen die herrschende Stellung ein, vermehren sich stark und verdrängen schwächere Formen. Immer hat sich die Tier- und Pflanzenwelt geändert,

und immer besser angepasste und höhere Formen sind entstanden. Bei der Verdrängung einiger Organismen durch andere, besser angepasste, wird im ganzen das Leben in keiner Hinsicht schlimmer, eher (aber besser). Der vernichtende Kampf und die Konkurrenz findet überall in der Natur, im Wald und auf der Wiese, auf dem Lande und in den Meeren, unter den Tieren und Pflanzen statt. Wenn nun durch den Menschen die wilden Tiere und wildwachsenden Pflanzen immer mehr verdrängt werden, so wird dadurch das Leiden gar nicht vermehrt, sondern gerade das Gegenteil wird der Fall sein, wie wir noch später sehen werden. Die Verdrängung verläuft in der Regel kaum merklich grausamer, als der gewöhnliche Kampf, und sie ist eigentlich die Folge des täglich sich abwickelnden Kampfes. Die Symbiose des Menschen mit Pflanzen wird dagegen voraussichtlich immer inniger.

### III.

#### Allgemeiner Teil.

##### Entwicklungslauf der Symbioseformen.

Beziehungen der Arten auf Grund von gegenseitigen Vorteilen sind zweifellos sehr frühzeitig entstanden. Wie schon erläutert, wird das Zusammenwirken der autotrophen und heterotrophen Organismen sehr früh sich eingestellt haben. Gleichermassen ist es äusserst wahrscheinlich, dass die Symbiose der einzelligen Pflanzen und Tiere (insbesondere der Algen und Coelenteraten), der Algen und Pilze (Flechten), der Algen und Würmer recht frühzeitig entstanden ist, schon vor oder während des paläozoischen Zeitalters. Es sind Symbiosen zwischen paläozoischen Tieren beschrieben worden (vgl. D a c q u é). Aller Wahrscheinlichkeit nach spielte aber die Symbiose zu jenen Zeiten noch eine verhältnismässig geringe Rolle.

Zu den Symbioseformen, welche schon während des Paläozoikums vorhanden sein konnten, haben sich während des Mesozoikums andere Symbiosen gesellt. Die Nadelhölzer und die Blütenpflanzen entstanden und verbreiteten sich während des Mesozoikums, und deshalb konnte sich die Symbiose der Pilze und Samenpflanzen (Mykorrhiza) keineswegs früher ausbilden. Wie die Mykorrhiza, so konnte auch die Symbiose der Ameisen und Blattläuse frühestens während des Mesozoikums entstehen, da die

betreffenden Insekten zu den höheren und später entstandenen Formen gehören. Desgleichen konnte im Laufe dieses Zeitalters die Symbiose der Termiten und Ameisen mit den Pilzen (Pilzbau) zur Ausbildung kommen. Auch die Symbiose zwischen den blattminierenden Schmetterlingsraupen, Blattläusen, blutsaugenden Zweiflüglern einerseits und den Bakterien oder Pilzen andererseits dürfte frühestens während des Mesozoikums entstanden sein. Vielleicht war auch die Insektenbestäubung und die Verbreitung der Samen durch die Tiere in den ersten Anfängen im Mesozoikum vorhanden, nachdem die bedecktsamigen Blütenpflanzen zu Ende des Mesozoikums auf dem Schauplatz erschienen waren.

Erst im Känozoikum, nachdem die Säugetiere eine ansehnlichere Stelle in der Natur erobert hatten, konnten die Symbiosen der Säuger miteinander und mit anderen Organismen entstehen. Zu den am spätesten entstandenen Symbiosen gehört diejenige des Menschen mit den Haustieren und Kulturpflanzen.

Wie alles in der Lebewelt sich mehr oder weniger allmählich entwickelt, so ist es auch mit der Symbiose. Zweifellos sind verschiedene Symbiosen der niederen Tiere und Pflanzen recht frühzeitig entstanden. Diesen früheren friedlichen Verhältnissen haben sich im Laufe der Zeit immer neue Symbioseformen zugesellt, je nachdem neue Arten entstanden und somit neue Beziehungen sich ausbilden konnten.

Feindliche Beziehungen (Raubtiere, Parasitismus).

Die feindlichen Beziehungen zwischen den Organismen sind überaus mannigfaltig und weit verbreitet. Es würde zu weit führen, sich auch bei diesen Verhältnissen etwas eingehender aufzuhalten. Aber einige Hauptsachen wird man hervorheben müssen, damit die Frage des Daseinskampfes deutlicher vor die Augen trete. Die Raubtiere, die andere Tiere erbeuten und sich von ihnen nähren, sind ausserordentlich mannigfaltig. Sie sind zahlreich unter den Säugern und Vögeln, Reptilien und Amphibien, Fischen, Insekten, Spinnen und anderen wirbellosen Tieren. Immerhin aber ist die Zahl (noch mehr die Masse) der Raubtiere beschränkt. Alle Tiere leben ja in letzter Reihe auf Kosten der Pflanzen, da kein Tier organische Stoffe aus einfachen mineralischen Bestandteilen selbst herzustellen vermag. Alle Raubtiere ernähren sich direkt oder indirekt von den pflanzenfressenden Tieren. Es ist nun klar, dass die Raubtiere die Beutetiere nicht überwiegen können:

sobald zu viel Raubtiere entständen, würden bald die Beutetiere vertilgt werden, und die Raubtiere müssten aussterben. Die Zahl der Wölfe, Löwen und der anderen Raubtiere kann nicht die Zahl der pflanzenfressenden Beutetiere übertreffen. Deshalb sehen wir auch, dass z. B. unter den Säugetieren die pflanzenfressenden Formen die Raubtiere der Masse nach bei weitem übertreffen. Es ist noch eine interessante Regelmässigkeit zu verzeichnen: die Zahl der Raubtiere ist unter den primitiveren Formen grösser als unter den höheren (vgl. Doflein 2). So sind z. B. von den Wirbeltieren die Amphibien fast nur Raubtiere, die sich von Insekten und anderen Wirbellosen ernähren. Unter den Reptilien ist die Zahl der pflanzenfressenden Formen schon etwas grösser, aber sie nehmen immer noch im Vergleich mit den räuberischen Formen (Schlangen u. s. w.) eine unbedeutende Stelle ein. Unter den Vögeln und Säugern, als höchsten Tieren, nehmen aber die pflanzenfressenden Formen schon eine ungemein wichtige Stelle ein. Es ist nicht nur die Zahl der pflanzenfressenden Arten gross, sie sind auch sehr verbreitet, oft Riesenformen, und kommen massenhaft vor (vgl. Hilzheimer). Von den Säugern und Vögeln ist zu Pflanzenfressern mehr als die Hälfte der Arten geworden! Die üppige Pflanzenwelt kann den Tieren reichliche Nahrung liefern, und deshalb können die Pflanzenfresser in grossen Mengen gedeihen, die Zahl und insbesondere die Masse der Raubtiere dagegen bleibt unvermeidlicherweise ziemlich beschränkt. Die Pflanzenfresser haben noch gute Aussichten sich zu vermehren, da die Pflanzenwelt sich noch bedeutend vollkommener ausnutzen lässt, die Zahl der Raubtiere dagegen kann kaum steigen.

Sehr verbreitet sind auch die Parasiten. Die parasitischen Bakterien verursachen die verschiedensten Infektionskrankheiten (Typhus, Schwindsucht, Scharlach, Masern, Diphtherie, Influenza, Lungenentzündung, Cholera, Pest, Dysenterie, Pocken, Lepra u. s. w.). Unter den einzelligen Tieren und Pflanzen gibt es eine Reihe von parasitierenden Formen. Sehr verbreitet sind die parasitischen Pilze. Sehr zahlreich sind die parasitischen Würmer (Bandwürmer, Spulwürmer, Trichinen, Leberegel, Madenwürmer oder Pfiemenschwänze, Kratzer und viele andere). Von den niedrigeren Krebsen parasitieren verschiedene Ruderfüsser, Fischasseln u. a. Von den parasitischen Spinnentieren sind weit bekannt die Krätzmilben, Haarbalgmilben, Zecken, Grabmilben, Gallmilben. Zahlreich sind

die Parasiten auch unter den Insekten (Magenbremse, Biesfliege oder Hautdasselfliege, Schlupfwespen, Wanzen, Läuse u. s. w.). Unter den Wirbeltieren gehören die Neunaugen (Ektoparasiten) und Schleimfische (Endoparasiten) zu den Schmarotzern.

Es ist nun beachtenswert, dass die parasitierenden Formen in der Regel klein sind. Ein grosser Parasit würde das Leben des Wirtes zu sehr in Gefahr setzen, und wenn keine Wirte da wären, so könnte auch kein Parasit existieren. Obgleich also die Parasiten sehr verbreitet sind, nehmen sie doch der Masse nach sowohl in der Tier- als auch in der Pflanzenwelt nur eine ziemlich unbedeutende Stelle ein. Ausserdem ist es bemerkenswert, dass es unter den höheren Wirbeltieren keine echten Parasiten gibt, es sei denn, dass die blutsaugenden süd-amerikanischen Fledermäuse zu ihnen gezählt werden.

Aller Wahrscheinlichkeit nach wird der Mensch mit der Zeit die grösseren Raubtiere des Festlandes ganz vernichten. Wenigstens stark verdrängt werden auch die Parasiten.

Ausser dem gewöhnlichen Parasitismus müssen wir noch den Sozialparasitismus in Betracht ziehen. Es gibt Ameisen- und Wespenarten, die sich von Sklaven ernähren und pflegen lassen. Man hat den Verdacht erhoben, dass unter den Termiten einige Arten als „Diebstermiten“ zu gelten haben. Im ganzen ist aber der Sozialparasitismus unter den Tieren keineswegs verbreitet und der Masse nach gehört ihnen wohl nur eine sehr unbedeutende Stelle. Es ist noch beachtenswert, dass der Parasitismus in der Regel zur Entartung führt. Der Parasitismus bietet dem Leben keine weiten Möglichkeiten. Es gibt andere viel erfolgreichere Methoden des Kampfes ums Dasein.

### Zusammenfassung.

Wie im Kampf ums Dasein die Zellen sich zusammengeschlossen haben, so haben auch zahlreiche Organismen ungleicher Arten Vereinigungen gebildet, um mit gemeinsamen Kräften gegen die Ungunst der Umwelt zu kämpfen. Solch ein Zusammenwirken verschiedener Arten ist äusserst erfolgreich gewesen, wie das durch die ausserordentlich weite Verbreitung und grosse Rolle der symbiontischen Organismen in der Lebewelt bewiesen wird. Durch die Vereinigung der Kräfte haben die Organismen für sich den Lebensraum erweitert, ein massenreicheres Vorkommen ermöglicht. Nur durch die Vereinigung der Kräfte zweier verschiedener Arten

können Flechten, Leguminosen und verschiedene Waldbäume mit Mykorrhiza sehr verbreitet und massenhaft vorkommen. Verschiedene Insekten können nur mit Hilfe der Bakterien oder Pilze ungenießbare Substanzen (Holz, Gras u. s. w.) zur Nahrung verwenden. Die Blütenpflanzen, bei welchen die Bestäubung mit Hilfe der Insekten oder Kolibris verläuft, brauchen nicht so viel Pollen zu produzieren, wie die windbestäubenden Pflanzen. Die Symbiose wird selbst oft bei den höchsten Tieren und Pflanzen beobachtet. Im Leben des Menschen hat die Symbiose mit Tieren und Pflanzen eine ausserordentlich wichtige Rolle gespielt. Ohne Kulturpflanzen hätte der Mensch nur wie ein wildes Tier leben können. Ohne Zugtiere, Pferde, Ochsen, Kamele u. s. w. hätte die menschliche Kultur kaum so schnell die jetzige Höhe erreicht. Dass die Zugtiere bei der Entwicklung des Ackerbaus und der Handelsbeziehungen eine äusserst wichtige Rolle gespielt haben, steht ausser jeglichem Zweifel. Es ist beachtenswert, dass selbst ein hoch organisiertes Lebewesen, wie der Mensch, durch den Zusammenschluss mit anderen Organismen viel gewonnen hat.

Die Symbiose ist ausserordentlich weit verbreitet, sie ist sehr verbreitet selbst unter den herrschenden Pflanzen und Tieren. Im Laufe der Zeit sind immer neue Symbioseformen entstanden. Alles das beweist uns sehr überzeugend, dass die Vereinigung der Kräfte ungleicher Organismenarten den Daseinskampf fördert.

## DRITTER TEIL.

# GESELLSCHAFTEN ODER SOZIETÄTEN.

### I.

#### **Tiergesellschaften oder -sozietäten.**

Wir haben gesehen, dass der Zusammenschluss der Zellen äusserst erfolgreich gewesen ist. Erst vielzellige Organismen konnten das Land mit seinen rauheren Lebensbedingungen erobern und reichlich bevölkern. Allmählich entstanden Organismen mit immer grösserer Arbeitsteilung und mit immer vollkommener ausgebildeter Zusammenwirkung. Es ist nun äusserst interessant, dass die auf dem Wege des Zusammenschlusses der Zellen entstandenen hochdifferenzierten Tiere ihre Kräfte im Daseinskampf wieder zu grösseren Einheiten vereinigen. Bei hochstehenden Tieren ist der Zusammenschluss zu kleineren oder grösseren Gruppen sehr verbreitet, wobei Vorteile im Kampf ums Dasein erwachsen. Es wiederholen sich dabei dieselben Erscheinungen — Arbeitsteilung, Konzentration, Zentralisation u. s. w. — die wir schon bei den Zellverbänden festgestellt haben.

Die Vergesellschaftung von Tieren der gleichen Art zu grösseren oder kleineren Gruppen kommt äusserst oft vor. Keineswegs in jedem Falle entsteht dadurch ein Nutzen für die Einzeltiere. Wenn sich z. B. Aaskäfer, Aasfliegen oder aassfressende Vögel zum Aas versammeln, wenn viele Rosskäfer oder andere Käferarten beim Düngerhaufen zusammenfliegen, wenn zahlreiche Vögel sich an günstigen Orten zum Schlaf oder zum Nisten (Vogelberge) zusammenfinden, so entsteht dadurch für die sich versammelnden Tiere noch kein Nutzen oder Vorteil. Es ist nur „die Gunst des Ortes“, was die Tiere zusammenführt, und solche Versammlungen sind nur „zufällig“, akzidentell. In solchen Vergesellschaftungen ist zwischen den Mitgliedern keine Geselligkeit zu

beobachten. Die Einzeltiere sind miteinander gar nicht näher verbunden, nichts hält sie zusammen, und bei der ersten Veranlassung zerstreuen sich alle Mitglieder wie ganz Fremde (Deegener).

Eigentlich soziale Tiere werden durch den sozialen oder Geselligkeitstrieb zusammengehalten. Es wohnt den sozialen Tieren das Streben inne, mit ihresgleichen sich zusammenzufinden, und es werden dadurch mehr oder weniger beständige Herden, Rudel, Meuten, Scharen, „Tierstaaten“ u. s. w. gebildet. Es ist schlechthin verblüffend, dass gerade die höchsten Tiere, welche oft schon an und für sich recht differenziert, gross und mächtig sind, sich zu Verbänden vereinigen. Unter den niedriger organisierten Landtieren (Würmern, Mollusken, niederen Landkrebsen, Tausendfüßern, niederen Spinnentieren und primitiveren Insekten) finden sich keine eigentlichen sozialen Formen. Unter den Wirbellosen werden erst von den höchststehenden Mollusken (Kopffüßer) und Insekten (Ameisen, Termiten, Bienen, Hummeln, Wespen u. s. w.) Sozietäten gebildet. Viele junge und auch geschlechtsreife Fische (Blaufelchen, Gründling, Ellritze, Flunder, Bleie u. a.) halten sich in Herden zusammen. Unter den Amphibien und Reptilien sind soziale Formen selten (Alligatoren, Krokodile, Amblyrhynchus u. a.). Erst unter den höchsten Wirbeltieren — den Vögeln und Säugern — sind zahlreiche sozietätenbildende Formen vertreten. Bei sehr zahlreichen Vogelarten werden Sozietäten gebildet, wenn nicht ständig, so wenigstens zu bestimmten Zwecken (zur Wanderung). Es seien hier Hühner, Sperlinge, Dohlen, Krähen, Finken, Meisen, Alken, Pinguine, Strausse, Kraniche, Störche, Enten, Gänse, Wildtauben und Drosseln erwähnt. Unter den Säugetieren leben sozial verschiedene Robben, Känguruhe, verschiedene Nagetiere (Ziesel, Präriehunde, Murmeltiere, Viscacha, Bobak, Biber u. a.), Elefanten, gewisse Raubtiere (Wolf, Schakal, Hyänenhund u. a.), die verschiedensten Huftiere (Antilopen, Rinder, Wildschafe, Wildziegen, Wildesel, Zebra, Büffel, Gnu, Giraffen, Kamele, Lama, Schweine u. a.), die verschiedensten Affen (Makaken, Meerkatzen, Paviane, Schimpansen u. a.) u. s. w. Selbst der Mensch gehört zu den sozialen Tieren. Es ist eine wichtige Frage, was alle diese hochdifferenzierten Tiere zum sozialen Leben geführt hat. Was wird durch den Zusammenschluss gewonnen und auf welche Weise entsteht der Nutzen für die Einzeltiere, die sich vereinigen?

### Sozialer oder Geselligkeitstrieb.

Der Geselligkeitstrieb ist den höheren sozialen Tieren tief eingewurzelt und spielt eine sehr grosse Rolle. Bei den sozialen Insekten beruht der Geselligkeitstrieb wahrscheinlich in hohem Grade auf den Geruchs- und Geschmacksreizen. „Einzelne Bienen, die man vom Stock fernhält, gehen in kurzer Zeit ein. Sie bleiben länger am Leben, wenn ihnen der Stockgeruch und vor allem derjenige der Königin zugänglich ist. Stock und Königin brauchen dabei gar nicht in der Nähe zu sein; es genügt, wenn der Geruch dem betreffenden Behälter anhaftet. Im Gegensatz dazu ertragen solitäre Formen die Isolation ohne weiteres.“

„Nach Goetsch wirkt bei den Ameisen das Alleinsein als solches nicht lebenverkürzend, wofern das Tier seinem Pflege- und Bauinstinkt infolge Anwesenheit von Erde und Brut nachgehen kann. Bleibt einer dieser beiden Instinkte unbefriedigt, so sterben die Tiere; am raschesten gehen sie zu Grunde, wenn sowohl Baumaterial wie Brut fehlt. Ameisen bleiben unter den ungünstigsten Bedingungen am Leben, wofern ausser Baumaterial eine Königin oder aber Brut vorhanden ist. Vielleicht ist die Todesursache beim Fehlen von Königin und Brut nicht die Unmöglichkeit, den Pflegeinstinkt zu befriedigen, sondern der Mangel an jenen Stoffen, die sich die Ameisen durch Belegen verschaffen. Wenn in ein lange königinloses Nest eine neue Königin gesetzt wird, so können sich die Arbeiter im Belegen derselben nicht genug tun“ (F. A l y e r d e s).

Nach den Beobachtungen verschiedener Forscher wächst bei den sozialen Insekten (Ameisen, Bienen, Wespen, Hummeln, Hornissen u. a.) Mut und Angriffslust mit der Zahl der Gefährten.

„Bei der Honigbiene erwehrt sich ein kleines schwaches Volk seiner oft leicht zu überwältigenden Feinde nicht, ein starkes ist jederzeit angriffsbereit und vertreibt alle Eindringlinge (v. Buttell-Reepen). Nach Forel wird dieselbe Ameise, die inmitten ihrer Gefährten den grössten Mut zeigt, selbst vor einer viel schwächeren Ameise fliehen, sobald sie sich allein befindet . . .“

„Die einzelne Möwe und Krähe ist gegen viele Feinde machtlos; vereint aber führen die Mitglieder einer Möwen- oder Krähenkolonie vielfach Kämpfe gegen Raubvögel. Herden von Pferden und Hausschweinen gehen den Wolf an; das einzelne Pferd oder Schwein ist vielfach verloren. Entsprechend sind die Wölfe im Rudel viel draufgängerischer, als wenn sie allein jagen“ (F. A l v e r d e s).

Dass die sozialen Wirbeltiere ihre Unruhe und Nichtbefriedigung bekunden, sobald sie von Kameraden getrennt werden, ist allgemein bekannt. So wiehert das Pferd, heult der Hund oder jammert die Ziege, falls sie von ihresgleichen getrennt werden. Der Geselligkeitstrieb kann aber auch bis zu einem gewissen Grade durch das Sichbefreunden mit Individuen einer anderen Art

befriedigt werden. So kann ein Affe sich mit einem Schaf, Schwein, Kaninchen oder Papagei befreunden u. s. w.

Die Befriedigung des Geselligkeitstriebes spielt eine äusserst wichtige Rolle nicht nur bei den Tieren, sondern auch beim Menschen. Es seien noch einige Beispiele aus dem Tierreich angeführt: „Wurde ein Schimpanse zu Versuchszwecken isoliert, so gebärdete er sich wie unsinnig“ (F. Alverdes). „Ein Pferd, das allein im Stall steht, frisst nicht mit Appetit, sagt v. Maday. Es gibt auch Pferde, die überhaupt um keinen Preis fressen wollen, solange sie allein sind“ (F. Hempelmann). Bei uns ist es sogar zu einem Sprichwort geworden, dass die Ferkel oder Schweine gesellig besser fressen. Auch der Mensch ist bestrebt, sich wenigstens zeitweise mit seinesgleichen zusammenzufinden. Zusammenkunft ist angenehm, erzeugt Lustgefühle, insbesondere wenn die Interessen mehr oder weniger gleichartig sind. Selbst ohne irgend welche materielle Vorteile im Auge zu haben, finden sich kleinere oder grössere Gruppen von Menschen zusammen, um sich mit Unterhaltung oder mit Spielen zu beschäftigen. Der Geselligkeitstrieb äussert sich sehr stark schon in der Kindheit. Es ist ja gut bekannt, dass Kinder viel mehr gemeinsam als allein zu spielen lieben. Bei den „einzigsten“ Kindern entwickelt sich Selbstsucht, Egoismus. „Selbst bei sorgfältiger Erziehung wird das „einzigste“ Kind egoistisch, weil ihm das Geben und Nehmen der Gemeinschaft abgeht“ (E. A. Ross 1). Im späteren Leben werden sie oft sehr launisch, eifersüchtig und neidisch. Insbesondere die Mütter der „einzigsten“ Kinder klagen, dass ihr Kind zu wenig esse, schlecht schlafe, furchtsam sei u. s. w. Insbesondere das „einzigste“ Kind will sich nicht ärztlich untersuchen lassen: es schreit, strampelt mit den Füßen, läuft fort und schlägt sogar (A. Lütis). „In der Regel waren die gemeinsam unterrichteten Schüler den allein unterrichteten überlegen, nicht bloss brauchten sie weniger Zeit zu ihrer Arbeit, auch die Qualität der Arbeit war besser . . . Es ist also nicht weiter verwunderlich, dass auf die Frage, ob sie eine Aufgabe lieber in der Klasse oder allein, von dem Lärm der anderen ungestört, machen möchten, etwa achtzig Prozent der Schüler lieber in der Klasse arbeiten wollten“ (E. A. Ross 1).

Die Einzelhaft ist hauptsächlich nur deshalb so unangenehm und geradezu qualvoll, weil der soziale oder Geselligkeitstrieb unbefriedigt bleibt.

„Im Jahr 1821 wurden durch ein Gesetz des Staates New York achtzig Sträflinge des Auburn-Gefängnisses ohne Beschäftigung in Einzelhaft gebracht. Am Ende des Jahres waren fünf gestorben, einer hatte sich das Leben genommen, ein zweiter war irrsinnig geworden und der Rest melancholisch. Im nächsten Jahr gab man diesen Versuch wieder auf. 1842 begann man im Gefängnis von Pentonville in England die Gefangenen die ersten achtzehn Monate ihrer Verurteilung in Einzelhaft zu lassen. In den darauf folgenden acht Jahren war der Prozentsatz der Geisteskranken im Pentonviller Gefängnis mehr als zehnmal so hoch, wie in den anderen englischen Gefängnissen. Da die Einsamkeit für höher entwickelte Menschen am quälendsten ist, nimmt es nicht weiter Wunder, dass von den Fenier-Führern, die von 1865 bis 1867 in Mountjoy eingesperrt waren, nahezu die Hälfte noch vor ihrer Freilassung irrsinnig wurde und viele andere bald nach ihr starben . . .“

„Die Opfer einer lange aufgezwungenen Einsamkeit fallen gewöhnlich der Melancholie, Wahnvorstellungen und Halluzinationen zum Opfer. Sie werden rasch stumpf, erschrecken vor dem Anblick fremder Leute und kehren womöglich freiwillig in den willkommenen Schutz ihrer Zelle zurück. Auch die Eremiten zeigen die verschiedensten Formen geistiger Störung . . .“

„Erschütternd sind die Kämpfe des sozialen Ich gegen sein Absterben. In einem italienischen Gefängnis gewann Pellico neuen Lebensmut, als er einem Mitgefangenen mit einem Taschentuch zuwinken konnte; seine Lebensgeister erwachten neu beim blossen Anblick eines menschlichen Wesens. Die Zellenhäftlinge erfinden mancherlei scharfsinnige Signale, um sich gegenseitig ihre Teilnahme zu übermitteln . . . In ihrer heissen Sehnsucht nach Gesellschaft hängen die Eingekerkerten ihr Herz oft an Mäuse, Ratten und Vögel, ja sogar an Spinnen, Ameisen und Fliegen . . . Unverbesserliche Gefangene wurden zuweilen ganz umgewandelt und sanft, wenn sie kleine Tiere hätscheln oder ein Blumenbrett betreuen durften . . .“

„Selbst die Anfertigung von Gegenständen, die zur Bewunderung, zur Freude oder zum Nutzen anderer Menschen bestimmt sind, bringt dem Einsamen einen gewissen Trost“ (E. A. Ross 1).

Es wäre verkehrt zu meinen, dass in der Einzelhaft nur die eintönige Umgebung, die Armut an äusseren Reizen niederdrückend wirke. Ich erinnere mich lebhaft der Geschichte eines amerikanischen Künstlers, welcher mit seinen Freunden gewettet hatte, dass er gleich einem primitiven Menschen ohne jegliche kulturelle Hilfsmittel zwei Monate im Walde zu verbringen imstande sein werde. Es ging ihm in der Tat im Walde sonst recht gut, da er die Lebensweise der primitiven Menschen gut kannte, aber ganz unerwartet für ihn quälte ihn die Einsamkeit so stark, dass er oftmals den Wald verlassen hätte. Im Walde gibt es ja keine solche Armut an äusseren Reizen, wie in der Gefängniszelle. Kein Baum gleicht dem anderen, es ändert sich der Charakter des Waldes nach den Standorten, es ändert sich der Wind, der Sonnenschein, die Temperatur im Laufe des Tages

und der Nacht. Periodisch fällt der Regen. Man hört den Vogel-sang, man trifft verschiedene Tiere an u. s. w. Fische hat er gefangen, Beeren gelesen u. s. w. Es ist im Walde überhaupt nicht über die Einseitigkeit der Eindrücke zu klagen. Aber ungeachtet dessen hat unser Künstler sich nicht wohl gefühlt, weil er mit seinesgleichen nicht zusammenkommen konnte: sein Gesellschaftstrieb blieb unbefriedigt (Н о у л ь с). Die Ausgewanderten fühlen sich unter einem fremden Volke unbehaglich, wenn sie mit demselben keinen näheren Kontakt finden können.

„Nicht die blosse Anwesenheit anderer, sondern die Gegenseitigkeit der Gefühle stillt das Sehnen des Herzens. Wir lieben den, der sich um uns kümmert. . . . Dem freundlosen Neuankömmling erscheint die Einsamkeit der Grossstadt kaum weniger grausam als die der einsamen Farm. . . . Die Freude des einsamen Goldgräbers in der Wildnis, wenn er auf ein menschliches Wesen trifft, steigt, könnte man sagen, im umgekehrten Quadrat zu der Zeit, die verflossen ist, seit er zuletzt ein Menschenantlitz erblickte“ (E. A. Ross 1).

Zu einer von den grössten Befriedigungen gehört das Bewusstsein, dass man etwas für die Mitmenschen oder die Gesellschaft Nützliches geleistet hat. Wenn ein Gelehrter oder Erfinder irgendwelche wichtige Entdeckungen macht, so bereitet ihm das die höchste Freude. J. Liebig hat mit seinen Mitarbeitern getanzt, nachdem er gewisse Entdeckungen in der Chemie gemacht hatte. W. Ostwald war „in wunderbar gehobener Stimmung, nachdem er zur Überzeugung gekommen war, dass keine Kluft zwischen der Materie und der Energie liege“ („dass sich mir die Materie begrifflich in ihre energetischen Elemente auflöste“).

Kein Künstler, Erfinder u. s. w. würde befriedigt sein, wenn die von ihm geschaffenen Werke für immer unbekannt blieben oder verloren gingen! Der Mensch fühlt instinktiv, dass das soziale Leben ausserordentlich wichtig ist, er fühlt, dass keine Gesellschaft ohne nützliche Arbeit und friedliches Zusammenwirken bestehen kann, und deshalb ist eine tiefe Freude und Befriedigung unmöglich, wenn der Mensch den Mitmenschen oder der Gesellschaft schädlich ist. Selbst im grössten Reichtum kann der Mensch sehr unbefriedigt sein, dagegen aber fühlt sich ein Armer, der den Mitmenschen und der Gesellschaft von wirklichem Wert ist, befriedigt und oft sogar glücklich. Man denke an „ . . . jene sibirischen Sträflingen, von denen Dostojewskij (in den „Memoiren aus einem Totenhaus“) erzählt, dass sie froh und willig waren, wenn sie sich zweckvoller Arbeit hingeben durften, aber mürrisch und widerwillig wurden, sobald man ihnen, bloss um sie zu

beschäftigen, zwecklose Aufgaben zumutete, z. B. Sandgruben zu graben und sie dann wieder zuzuschütten; obgleich ihnen in diesem Fall doch das Ergebnis ihrer Anstrengungen gleichgültig hätte sein können“ (F. Müller-Lyer 2). Das Bewusstsein, dass man etwas den Mitmenschen oder der Gesellschaft Nützliches leistet, wirkt befriedigend, wohltuend. Wenn man aber den Mitmenschen und der Gesellschaft Schaden zufügt, so kann man nicht befriedigt sein. Es entstehen Gewissensbisse! Schon der alte Grieche, Aristoteles, hat den Menschen als ein soziales Tier bezeichnet. Eine tiefe Wahrheit liegt darin. Der Krieg aller gegen alle widerspricht der menschlichen Natur. Der Mensch will friedlich mit anderen Menschen leben, er will gesellschaftlich leben. Die Streitigkeiten und Kämpfe entstehen hauptsächlich infolge der Verteilung der Reichtümer oder teils auch als Folge der Machtfragen. „Der moderne Krieg dient daher weniger dem Willen zum Leben als dem Willen zur Macht“ (F. Lenz). Macht und verschwenderisches oder luxuriöses Leben, das sind „Werte“, bei deren Erstreben Kämpfe entstehen.

Es ist sehr beachtenswert, dass die Zeiten der Reaktion, wenn von den machthabenden Klassen Bestrebungen der ausgebeuteten Klasse zu gemeinsamen Lebensäusserungen unterdrückt werden, sehr niederdrückend wirken. Können die Menschen nicht in brüderlicher Gemeinschaft ihren gemeinsamen Interessen nachgehen, werden sie voneinander getrennt, so geht die Lebenslust verloren. Zahllose Menschen finden keinen Sinn im Leben, hoffnungslos sehen sie der Zukunft entgegen. Die Zahl der Selbstmorde steigt. Ganz anders ist es in den Zeiten, wenn grosse Menschengruppen zu gemeinsamen Tätigkeiten kommen, wenn grosse Massen mit vereinten Kräften ihre Lebenslage zu verbessern versuchen. Die Selbstmorde werden zur Seltenheit. Zahllose Menschen widmen sich mit Hingebung der Erfüllung verschiedener Aufgaben, die im Interesse der Gemeinschaft liegen. Selbst sich zu opfern sind sie oft gern bereit. Das Handeln im Interesse der Gesellschaft befriedigt den sozialen oder Geselligkeitstrieb, die Lebenslust steigt und der Mensch fühlt sich viel wohler, als wenn er unnütz oder gar der Gesellschaft schädlich ist (vgl. Войтоволковский). Wäre der Kampf aller gegen alle das Hauptgesetz des Lebens, so läge das Streben zur Geselligkeit wohl nicht in der Natur des Menschen und er könnte nicht die tiefste Genugtuung durch die Befriedigung des sozialen Triebes

finden. Der Mensch ist kein Raubtier (in bezug auf Mitmenschen), obgleich das von Osw. Spengler behauptet wird.

### Soziale Tiere — Herrscher in der Tierwelt.

Durch das soziale Leben wird der Erfolg im Kampf ums Dasein sehr begünstigt. Über verschiedene Einzelfragen werden wir später zu sprechen haben. Hier seien nur ganz allgemeine Grundlagen hervorgehoben. Wir haben schon gesehen, dass die Ameisen und Termiten oft Pilze anbauen und dadurch für sich die Ernährungsbedingungen verbessern und den Lebensraum erweitern. Der regelrechte Pilzanbau kommt nur bei sozialen Tieren vor, und augenscheinlich sind die Einzeltiere überhaupt zu klein und schwach dazu, um Pilze für sich zur Nahrung zu züchten. Mit vereinten Kräften können die sozialen Tiere nicht nur kleinere, sondern auch grössere Beutetiere erjagen und auch dadurch ihren Lebensraum erweitern. „Dringen die Raubameisen (Siafu) in die Häuser ein, so bleibt für die Bewohner nur die Flucht übrig. In kürzester Zeit sind die Behausungen vom Ungeziefer, Mäusen und Ratten gesäubert . . . Die grösste afrikanische Schlange, *Python natalensis*, wird von ihnen während der Verdauungsruhe angegriffen und zerstückelt. Nach einem Vosseler zugegangenen Bericht wurde in Tanga ein gefangener Leopard in einer Nacht von den Ameisen getötet und ausgehöhlt“ (H. Bischoff). Wölfe können nur mit vereinten Kräften Grasfresserherden überfallen und sich so ernähren. Gruppenweise kann man sich leichter schützen als einzeln (soziale Vögel, Grasfresserherden u. s. w.; vgl. Deegener, Alverdes, Hilzheimer u. a.). Mit gemeinsamen Kräften können die sozialen Tiere sich gute „Wohnungen“, Nester u. s. w. bauen. Sehr beachtenswert sind die Bauten der Termiten: „Die reinen Erdnester sind ausschliesslich oder fast ausschliesslich aus Erde aufgebaut, welche durch Beimischung von Sekreten (der Speichel- oder Darmdrüsen eine mitunter sehr grosse Festigkeit und Härte erlangt. Letztere kann einen solchen Grad erreichen, dass gewöhnliche Instrumente des Sammlers zur Öffnung eines Nestes durchaus unzureichend sind und nur mit schweren Werkzeugen oder gar nur mit Pulver und Dynamit etwas auszurichten ist“ (K. Eschrich 2). Und solche Nester sind oft 2 bis 4 Meter hoch, bei einigen Termiten erreichen sie sogar eine Höhe von über 10 Meter. „Die Bauten mancher Termiten erreichen solch enorme Dimen-

sionen, dass keine anderen Tierwohnungen auch nur annähernd ihnen an die Seite gestellt werden können . . . Nirgends im ganzen Tierreich finden wir ein zweites Beispiel, welches in so drastischer Weise zeigt, was vereinte Kräfte zu leisten vermögen, welche Macht im Sozialismus liegt“ (K. Escherich 2). Mit gemeinsamen Kräften schaffen die sozialen Tiere für die Entwicklung und das Gedeihen der Nachkommen oft sehr günstige Bedingungen, so dass die Fortpflanzung erfolgreich und ökonomisch, ohne grosse Verluste der Eier, Larven oder Jungen verlaufen kann (Bienen, Ameisen, Termiten u. a.). Mit vereinten Kräften geführt, verläuft der Kampf gegen verschiedene Naturgewalten am erfolgreichsten.

Infolge verschiedener Vorteile, welche durch das soziale Leben entstehen, sind die sozialen Tiere ausserordentlich zahlreich und massenhaft vertreten. Ausserdem sind sie überhaupt auf dem festen Lande die herrschenden Formen. Zu den zahlreichsten und wichtigsten wirbellosen Landtieren gehören insbesondere die Ameisen und Termiten. „Ganz besonders kennzeichnend aber sind für das Insektenleben der Tropen die Ameisen, und fast noch mehr die Termiten, die jenen in den Lebensgewohnheiten in vieler Beziehung so nahe stehen, dass sie von den Europäern als weisse Ameisen bezeichnet werden . . . Ameisen und Termiten bilden eine gewaltige Grossmacht, die ihre Einflüsse nicht nur auf die übrige Insektenwelt, sondern auf die ganze Tierwelt, ja sogar auf die Pflanzenwelt geltend macht; selbst der Mensch steht ihr meist hilflos gegenüber . . . Die Grösse der Heerscharen der Ameisen und Termiten mag auch die Erklärung dafür liefern, dass andere Raub- und Aasinsekten, wie Carabiden, Staphyliniden, Necrophoriden, neben ihnen wenig Platz finden, wie dies von den verschiedensten Forschern aus allen Teilen der Tropen übereinstimmend berichtet wird . . . Die ungeheuren Mengen, in denen Ameisen und Termiten in den Tropen vorkommen, führen wiederum dazu, dass sich hier eine auffällig grosse Zahl von Tieren verschiedenster Herkunft von diesen kleinen Insekten ernährt . . .“ (Hesse 1). Eine ganze Reihe von Säugetieren, oft von ziemlich ansehnlicher Grösse (Ameisenbären, Erdferkel, Gürteltiere, Schuppentiere, Echidna), viele Vögel, Reptilien und Amphibien gehören zu den Feinden der Ameisen und Termiten und können sich in grösserer Zahl von diesen Insekten ernähren (vgl. H e g h, Hesse 1).

„Beherrscherin des Urwaldes ist die Ameise . . . sie sind im Tropenwald überall am Boden häufig, wimmeln auf allen Sträuchern des Unterwuchses und steigen selbst bis in die Kronen der Bäume. Manche Arten sind ausschliesslich Baumbewohner . . .“

„In grossen Scharen durchziehen die Wanderameisen den Wald. Wunderbar ist die Mannigfaltigkeit der Ameisennester im Urwald. Bodennester treten zurück; unordentliche Reisighaufen, die deutlich das Gepräge des Vorübergehenden tragen, bilden die Nester der Wanderameisen. Meist sind die Bauten an und auf Bäume verlegt; Höhlungen morscher Stämme und Äste dienen den einen als Wohnung; andere siedeln sich unter der Baumrinde oder den Blättern von Schlingpflanzen an, die sich dieser angeklebt haben; noch andere bauen Kartonnester, die in langen Strähnen stalaktitenartig von den Ästen herabhängen; sehr auffällig sind die in Astwinkeln, teils im Strauchwerk, teils hoch in den Baumkronen stehenden Erdnester von *Camponotus femoratus* und mehreren *Azteca*-Arten . . . *Oecophylla*-Arten in den indomalayischen Wäldern und am Kongo und *Camponotus senex* im brasilianischen Urwald spinnen lebende Blätter zu einer zwiebelartigen Halbkugel zusammen . . . schliesslich wohnen manche Ameisen in vorgebildeten Hohlräumen, Internodien, Zweiganschwellungen, hohlen Akaziendornen ganz bestimmter „Ameisenpflanzen“ . . .“ (R. Hesse 1).

Auch in den Steppen sind Ameisen und Termiten sehr massenhaft vertreten. Nach dem Eintreten der Regenzeit steigen die geflügelten Geschlechtstiere „in Wolken aus den Bauten dieser Insekten auf“ (R. Hesse 1).

„In ungeheurer Menge finden sich Insekten. Selbst in der dünnen Zeit fehlen sie in Grasland und Steppe nicht ganz, wenn auch ihre Zahl dann sehr abgenommen hat. Es sind dann drei Gruppen, die sich noch bemerkbar machen, die Heuschrecken, die Ameisen und, in den tropischen und subtropischen Gebieten, die Termiten. In ungeheurer Zahl treten sie zeitweise auf und haben nicht nur auf die Gestaltung des Lebens in der Steppe, indem sie die Grundlage für die Existenz vieler Tiere bilden, sondern auch auf das Gesamtbild der Landschaft einen wesentlichen Einfluss . . . In gleicher Massenhaftigkeit, aber in weiterer Verbreitung als die Termiten finden sich in der Grasflur die Ameisen . . . Während die Ameisen in den Wäldern selten in den Boden bauen, legen in der Grasflur alle Arten ihre Wohnungen im Boden an; dabei graben sie ihre Schächte bis 3 m „occident ant“ der Prärien nach Mc Cook), ja bis 5 m und weiter in die Tiefe und erreichen zuweilen den Grundwasserspiegel“ (R. Hesse 1).

E. Hegg sagt, dass die Zahl der Termiten oft alles das übersteige, was man sich hätte vorstellen können. Besonders in Afrika kommen gar nicht selten 4 bis 6, ja zuweilen 10 bis 12 grosse Termitenbauten von 4 Meter oder sogar von 6 bis 7 Meter und noch mehr Höhe auf ein Hektar. In Katanga sind Termitenbauten von 7 bis 8 Meter Höhe voneinander nur 50 bis 100 Meter entfernt. Man ist berechtigt geradezu von Termitenstädten zu

sprechen. Auf den Bäumen errichten die Termiten für sich Holzkartonnester, welche 20 bis 50 Zentimeter oder noch mehr in der Länge betragen. Auch in der Erde sind Termiten zahlreich. In Afrika ist die ganze Erde, wo nicht länger dauernde Überschwemmungen das Termitenleben stark beeinträchtigen, von einem Galerienetz durchzogen. „Die ganze Erde Afrikas ist in der Wirklichkeit nur ein weites Termitennest“<sup>1)</sup>. Da die Termiten die Gebäude und die verschiedensten Sachen, ausser denjenigen aus Metall und Porzellan, angreifen und vernichten, so wird durch sie das Leben des Menschen in den Tropen stark erschwert. In den tropischen Gebieten hat der Mensch einen schweren und langwierigen Kampf mit diesen kleinen Tieren zu führen, welche oft sogar den Pflanzungen gefährlich werden (vgl. Hegh).

Ameisen sind massenhaft auch in den gemässigten Zonen zu finden. Von den sozialen Insekten kommen ziemlich zahlreich noch Bienen, Hummeln und Wespen vor. Nicht ausser acht zu lassen sind verschiedene andere soziale Insekten und Spinnen. Jedermann hat kleinere oder grössere Raupensozietäten zu beobachten Gelegenheit gehabt (Gespinstmotte, Ringelspinner, Goldafter, Gespinstblattwespen u. a.). Sogar die Spinnen, die in der Regel äusserst asozial sind, bilden oft entweder als junge oder auch als erwachsene Tiere Vergesellschaftungen. Eine Spinne *Anelosimus socialis* in Venezuela lebt zu mehreren Tausenden in einem gemeinsamen Netz. Ähnliche grosse Vergesellschaftungen bilden gewisse mexikanische Spinnen. W. Wheeler hat auf den Kanarischen Inseln ein Spinnennetz von 100 Fuss Länge und 6 oder 8 Fuss Breite mit Tausenden von Spinnen gesehen (*Cyrtophora*).

Zahlreich sind wohl auch verschiedene einzeln lebende Insekten, aber im ganzen dürfte dennoch der Masse nach den sozialen Gliederfüssern das Übergewicht zukommen, insbesondere wenn man die in den Wasserbecken sich entwickelnden Insekten nicht zu den echten Landtieren zählt. Verschiedene recht verbreitete Insektenlarven entwickeln sich ja in den Gewässern (Stechmücken, Kriebelmücken, Köcherfliegen, Eintagsfliegen, Wasserjungfern); sie ernähren sich dort von den Wasserorganismen und können deshalb bei der Betrachtung der Landtiere höchstens zum Teil in Rechnung kommen. Es ist sehr merkwürdig, dass die Zahl der

---

1) Constatons avec M. le Dr. J. Bequaert, que „la terre d'Afrique n'est, en réalité, qu'une vaste termitière“ (E. Hegh,

sozialen Insektenarten keineswegs gross ist. Von den eine ausserordentlich wichtige Rolle spielenden Insekten, wie Ameisen (etwa 5000 Arten) und Termiten (etwa 1200 Arten), ist nur eine verhältnismässig kleine Anzahl von Arten bekannt, während die Gesamtzahl der bekannten Insektenarten etwa 500000 erreicht (vgl. Brehms Tierleben, Escherich, Handlirsch). Die Stelle, die eine Tiergruppe in der Natur einnimmt, ist nicht nur von der Artenzahl abhängig. Es besteht kein Zweifel, dass die sozialen Insekten in der reichen Insektenwelt zu den herrschenden Formen gehören. Der Zusammenschluss zum Kampf ums Dasein mit gemeinsamen Kräften ist zweifellos sehr erfolgreich und wirkungsvoll.

Wie unter den Wirbellosen die sozialen Insekten, so sind unter den Wirbeltieren wiederum die sozialen Formen die Herrscher. Es ist allgemein bekannt, dass die sozialen Vögel zahlreich sind. In den gemässigten Zonen nehmen schon die Sperlinge, Stare, Krähen und Dohlen eine beachtenswerte Stelle ein. Familien und auch wenigstens periodische Sozietäten (Wandergesellschaften der Zugvögel) sind unter den verschiedensten Vogelarten zu beobachten. Unter den Säugetieren sind gerade die sozialen Formen sehr zahlreich. In den Steppen bilden die verschiedensten Huftiere (Antilopen, Zebras, Kamele, Giraffen, Bison, Kulan u. a.) oft sehr grosse Herden und sind überhaupt in grosser Zahl zu finden. Viele Steppennager bilden Sozietäten (Murmeltiere, Ziesel, Hamster, Präriehunde, Pfeifhasen, Bobak u. a.) und übertreffen nach Arten- und Stückzahl alle anderen Säugetiere. „Besonders auffällig ist es, wie häufig sich im offenen Gelände Tiere zu Herden oder Gesellschaften zusammenschliessen, weit allgemeiner als das im Walde ist, wo ja auch solche Vergesellschaftung nicht fehlt (Affen, Papageien, Meisen). Gerade die beiden Hauptgruppen von Säugern des offenen Landes, die wühlenden Nager und die Huftiere, kommen fast alle in grösseren Gemeinschaften vor. Die Nager der gleichen Art haben ihre Baue dicht beieinander, oft auf weite Strecken hin“ (R. Hesse 1). Viele Fledermausarten gehören zu den sozialen Tieren. „Nicht nur ihre Artenzahl, sondern auch Stückzahl ist sehr gross, und steht z. B. in Java vielleicht der von allen Vögeln zusammen, die in derselben Gegend vorkommen, nicht nach“ (R. Hesse 1). Die verschiedensten Affenarten sind alle soziale Tiere, und ihre Individuenzahl, besonders in den tropischen Wäldern, ist recht beträchtlich. Es ist im ganzen kein

Zweifel, dass gerade die sozialen Vögel und Säugetiere unter den Landwirbeltieren eine äusserst wichtige Stelle einnehmen. Äusserst wahrscheinlich gebührt, selbst der Masse nach beurteilt, den sozialen Formen unter den Wirbeltieren das Übergewicht, insbesondere wenn noch der Mensch und die Haustiere mitgerechnet werden. Also auf dem Lande sind wie unter den Wirbellosen so auch unter den Wirbeltieren die sozialen Formen zu den herrschenden Tieren geworden. In den letzten Jahrtausenden ist unter den herrschenden Tieren der Mensch zur mächtigsten und stärksten Form geworden. Selbst er ist stark geworden nur durch den Zusammenschluss der Kräfte zum gemeinsamen Kampf. Und nur durch die Vereinigung der Menschen zu grösseren Gruppen und durch die Häufung der Erfahrungen vieler Generationen konnte die technische Entwicklung solche Grade erreichen, dass der Mensch selbst die gefährlichsten und stärksten Tiere mit Leichtigkeit besiegen kann.

Es ist für uns wichtig hier noch zu konstatieren, dass die sozialen Tiere keineswegs immer auf dem Lande geherrscht haben. Wie schon gesagt, sind die sozialen Formen gerade die höchststehenden Tierarten. Die höheren Formen sind nun aber später entstanden als die niedrigeren. Die Insekten waren schon im Paläozoikum vorhanden, aber die paläozoischen Formen waren noch primitiv und kaum war unter ihnen das soziale Leben merkbar ausgeprägt. Selbst unter den jetzigen primitiveren Insektenarten ist das soziale Leben seltener als bei höheren Formen zu finden. Bei den echten sozialen Insekten — Bienen, Ameisen, Termiten, Wespen, Hummeln — ist das gesellschaftliche Leben oft sehr verwickelt. Es ist gar nicht möglich, dass die Bienen-, Ameisen-, Termitenvölker mit ihrer erstaunlich mannigfaltigen Tätigkeit der Individuen mit einem Mal plötzlich entstanden sind. Sie sind zweifellos erst allmählich aus primitiveren Vergesellschaftungsformen entstanden. Die sozialen Ameisen und Termiten sind wohl im Mesozoikum entstanden, aber erst in känozoischen Ablagerungen sind sie zahlreicher gefunden worden (vgl. Schröders Hndb., Zittel, Arldt).

Während des Mesozoikums herrschten unter den Landwirbeltieren die Reptilien. Unter den jetzigen Reptilien ist nun das soziale Leben ziemlich selten und schwach ausgebildet. Wahrscheinlich war das bei den mesozoischen Reptilien nicht anders. Im ganzen ist kaum zu bezweifeln, dass während des Meso-

zoikums das soziale Leben noch eine verhältnismässig kleine Rolle spielte.

Erst nachdem viele höhere Insektenarten entstanden waren (im Zusammenhang mit den Blütenpflanzen, in der Kreide), entwickelten sich auch neue soziale Formen (Bienen, Hummeln u. a.).

Nachdem die Vogelarten zahlreicher geworden, entwickelten sich auch unter ihnen verschiedene soziale Formen. Die verschiedensten sozialen Säugetiere, welche jetzt so zahlreich die Steppen, Wälder u. s. w. bewohnen, konnten erst im Känozoikum entstehen, wo die Säugetiere überhaupt erst eine ansehnlichere Stelle einnahmen. Der Mensch, dessen soziales Leben jetzt so hoch entwickelt ist, ist erst verhältnismässig spät (während der Eiszeit, Känozoikum) entstanden. Es steht im ganzen fest, dass im Laufe der geologischen Perioden die sozialen Tiere immer wichtigere und wichtigere Stellen eingenommen haben. Sie haben die anderen Formen immer mehr in den Hintergrund gedrängt und sind zu Herrschern geworden.

Die Tatsache, dass die sozialen Tiere zu den herrschenden Landtieren geworden sind, spricht am besten und überzeugendsten dafür, dass der Zusammenschluss zum Daseinskampf mit vereinten Kräften ausserordentlich erfolgreich gewesen ist. Die einzeln lebenden Formen haben mit den sozialen nicht konkurrieren können.

### **Vergrößerungstendenz der Sozietäten.**

Zweifellos sind die ersten Tiergesellschaften klein gewesen. Auch jetzt noch sind die primitiveren Sozietäten verhältnismässig klein, die hoch entwickelten Verbände mit weitgehender Arbeitsteilung dagegen oft sehr gross. In einem Hummelvolke werden im günstigsten Falle wenige hundert Individuen gezählt. Ein Bienenvolk als eine höhere Sozietät besteht schon aus 40.000 bis 70.000 Individuen. In grossen Ameisennestern sind Hunderttausende, in grossen Termitenbauten sogar bis zu mehreren Millionen Insassen zu finden. Ausserordentlich gross können zuweilen auch Säugetierherden werden. So z. B. wurde in Afrika eine Zebraherde von ungefähr 20.000, eine Springbockherde von 500.000 Einzeltieren beobachtet (vgl. Elton).

Während des früheren Paläozoikums waren noch keine Landwirbeltiere und keine Insekten vorhanden, und als sie schon

entstanden waren, wurden noch keineswegs gleich Sozietäten gebildet. Das Zusammenbleiben und Zusammenwirken der Brut oder gar der Kinder und Eltern erwies sich als nützlich (Insekten!); allmählich bildete sich der Geselligkeitstrieb aus, und aus einfachen Ansammlungen entstanden mit der Zeit echte Tiergesellschaften. Grosse Sozietäten mit weitgehender Arbeitsteilung und verwickeltem Zusammenwirken konnten erst allmählich aus kleineren und einfacheren entstehen. Zweifellos haben sich die Tiersozietäten mit der Zeit vergrössert.

Das Streben danach, dass eine immer grössere Anzahl von Individuen zu einer Einheit sich zusammenschliesst, ist nicht nur den Tiersozietäten, sondern auch den Menschensozietäten eigen. Es steht ja ausser jedem Zweifel, dass die menschlichen Sozietäten oder Verbände ursprünglich ebenfalls klein gewesen sind. Nur kleine Horden konnte der Urmensch bilden, da die Natur einem Jäger und Sammler von wildwachsenden Pflanzen nur kärgliche Nahrung bietet. Mit der Zeit haben sich die Menschensozietäten vergrössert, insbesondere im Zusammenhange mit der Erfindung der Kunst des Pflanzenbaues, wodurch die Nahrungsquellen bedeutend erweitert wurden. Die Horden schlossen sich zu Stämmen zusammen. Mit der Zeit entstanden aus den Stämmen Völkerschaften. Im Zusammenhang mit der Vervollkommnung der Verkehrsmittel wurden mehrere Völker zu einem Grossstaate verbunden. Und in der jetzigen Zeit sind die Beziehungen zwischen den Staaten so innige geworden, dass im Weltkriege schon mehrere Grossstaaten miteinander verbunden gegen die andere Grossstaaten-Gruppe Krieg führten. Eine so weitgehende Vereinigung zu einem gemeinsamen Ziele ist früher in der Geschichte noch gar nicht da gewesen, und sie ist erst infolge der guten Verkehrsmittel möglich geworden. Die Geschichte beweist uns unwiderleglich, dass der Zusammenschluss der Menschen immer weiter fortgeschritten ist, und schon diese Tatsache spricht überzeugend dafür, dass das Endziel solch einer Entwicklung die Vereinigung der ganzen Menschheit zu einem einzigen Weltreiche ist (vgl. Müller-Lyer 1 u. 2).

### **Die Arbeitsteilung (Differenzierung).**

In den einfachsten Fällen ist zwischen den Individuen des Verbandes keine Arbeitsteilung zu beobachten und alle sind noch gleich. Die Raupen der Prozessionsspinner wandern gemeinsam,

wobei die Marschordnung derart ist, „dass eine Raupe der anderen unmittelbar folgt, wobei jede Raupe den „Leithammel“ spielen kann“ (P. Deegener): wird die leitende Raupe entfernt, so nimmt die folgende die Stelle des Führers ein. Wird von einem Fische etwas verdächtiges bemerkt, so beschleunigt er plötzlich sein Schwimmen und ändert vielleicht auch die Schwimmrichtung. Diese Fluchtbewegung wird von anderen Individuen gesehen und in der Regel eilen alle in der gleichen Richtung fort. Jeder Fisch kann durch seine Bewegungen die ganze Schar zur Flucht veranlassen. Es ist dabei geradezu erstaunlich, wie schnell die Reaktion verläuft. Ähnlich ist es mit verschiedenen Vogelscharen und Säugerherden, nur mit dem Unterschiede, dass bei ihnen noch Warnungslaute ausgestossen werden. Letzteres dürfte jedem durch das Beispiel der Hühner, Stare und Sperlinge bekannt sein. In solchen Fällen ist die Verbandsbildung dadurch von Nutzen, dass Feinde eher bemerkt werden. Ist aber einmal die Gefahr bemerkt, so wird gleich die ganze Sozietät alarmiert. „Wenn in einer Murmeltierkolonie ein Individuum seinen Warnungspfeiff ertönen lässt, so ist durch seine Wachsamkeit die ganze Gesellschaft gewarnt und zieht sich in die Bauten zurück“ (F. Doflein 2).

Bei höheren Sozietäten stellt sich schon eine Arbeitsteilung ein. Bei vielen Säugetieren sind spezielle „Führer“, Leittiere, vorhanden, welche sich in der Regel durch besondere Stärke auszeichnen. Als Leittiere können aber nicht nur Männchen (bei vielen Affenarten, Grindwal u. s. w.), sondern auch Weibchen (Renntier u. a.) dienen. Auch bei Hühnern hat man von einem Leittier zu sprechen. Das Leittier hält oft Wache, nimmt als erstes den Kampf gegen die Gefahr auf und sorgt oft auch sonst für den Verband. Bei verschiedenen Arten werden Wachen ausgestellt. Von den Vögeln stellen Kraniche, Flamingos, Krähen, Gänse, Papageien u. a. Wachen auf. Beim Wolfe wird man auch gewissermassen von einer Arbeitsteilung sprechen können: „Bei der gemeinsam betriebenen Jagd teilt sich das Rudel in zwei Haufen; der eine Teil verfolgt die Beute, während der andere ihr den Weg abschneidet“ (F. Alverdes). Im ganzen ist aber bei den Vögeln und Säugetieren die Arbeitsteilung noch recht unentwickelt, und erst beim Menschen gelangt sie zu voller Blüte.

Auch bei den höchsten sozialen Insekten ist die Arbeitsteilung weiter vorgeschritten als bei Wirbeltieren. Selbst-

verständlich sind auch unter den Insekten niedrigere Grade der Arbeitsteilung vertreten. Bei den Hummeln, Wespen, Bienen, Ameisen und Termiten ist die engste Fortpflanzungsarbeit, die Begattung und das Eierlegen, zur Aufgabe bestimmter Individuen, der Geschlechtsindividuen, geworden. Alle anderen Arbeiten, wie die Brutpflege, Nahrungsbeschaffung, Bauen, Schutzdienst u. s. w., fallen auf die Arbeiter oder auf die Arbeiter und Soldaten. In einem Hummelvolke ist die Arbeitsteilung nur unvollkommen durchgeführt. Nur das Weibchen überwintert, und im Frühling muss es sich selbständig ernähren und für die Nachkommenschaft aus Wachs und Harz Waben bauen und die Nahrung beschaffen. Erst nachdem die ersten Arbeiter aufgezogen sind, kann die Königin die anderen Arbeiten aufgeben und sich nur mit dem Eierlegen beschäftigen. Die Hummelmännchen müssen sich selbst ihre Nahrung sammeln, aber an den sonstigen Arbeiten beteiligen sie sich nicht. Zwischen den Arbeitern soll die Tätigkeit aufgeteilt sein: „So kann man feststellen, dass gewisse Hilfsweibchen nur die Arbeit der Pflege der Larven, andere die Bautätigkeit, wieder andere das Ausfliegen und Einsammeln von Vorräten und Baumaterial übernehmen“ (F. Doflein 2). Bei starken unterirdisch nistenden Völkern sorgen „Trompeter“ für die Luftventilation, indem sie mit den Flügeln „ein kolossales Gebrumme“ vollführen (Doflein 2).

Bei den Bienen ist die Arbeitsteilung schon viel stärker ausgeprägt, als bei den Hummeln. Die Bienenkönigin beschäftigt sich niemals mit der Bautätigkeit oder Nahrungssuche. Sie legt nur Eier in die Wabenzellen ab, alles andere müssen aber Arbeiter tun, selbst die Königin und die Drohnen mit Nahrung versorgen. Die Arbeit der Drohnen ist nur auf die Begattung beschränkt, und sogar diese Pflicht wird nur von einem einzigen Männchen beim Hochzeitsfluge erfüllt. Es ist hier somit die engste Fortpflanzungsarbeit — die Begattung und das Eierlegen — von allen anderen Arbeiten scharf getrennt.

Bei den sozialen Insekten ist merkwürdigerweise die Arbeitsteilung auch anatomisch ausgeprägt. Die Männchen und Weibchen, denen die Fortpflanzungsarbeit zukommt, unterscheiden sich anatomisch von den Arbeitern. Bei den Bienen sind nur drei „Stände“ oder „Kasten“ vorhanden. Da aber alle von einem Weibchen abstammen, so sind die Insektenkassen mit den Kasten der menschlichen Staaten nicht zu vergleichen. Bei den Ameisen

und Termiten ist die Zahl der Kasten grösser als bei den Bienen. Bei ersteren sind ausser den Geschlechtsindividuen und den gewöhnlichen Arbeitern oft noch Soldaten vorhanden, welche sich durch starke Entwicklung des Kopfes und besonders der Kiefern auszeichnen. Auch die Arbeiter und Geschlechtsindividuen können verschieden sein. Bei den pilzzüchtenden Ameisen z. B. gibt es kleine und grosse Arbeiter. Den Soldaten fällt die Verteidigung und der Schutz des Volkes zur Aufgabe, oder aber auch andere Arbeiten (Zerkleinerung grosser Beutestücke, Herumtragen der Brut, bei *Colobopsis*-Soldaten das Verschliessen der Nestöffnung mit ihrem stark vergrösserten Kopfe). Bei den *Myrmecocystus*-Arten sind merkwürdigerweise lebendige „Honigtöpfe“ entstanden. Bei den Termiten sind zuweilen ausser den Soldaten noch besondere Individuen mit retortenförmig vorspringendem Fortsatze auf dem Kopfe (*nasuti*) vorhanden, welche dem Schutze und dem Wachtdienste obliegen. Wie bei den Ameisen, so können auch in einem Termitenneste verschiedene Arbeiter vorhanden sein. Es ist somit bei den höheren sozialen Insekten die Arbeit unter verschiedene Individuen verteilt, und die Arbeitsteilung äussert sich selbst in dem anatomischen Bau. Es sind wenigstens Geschlechtsindividuen und Arbeiter, oft aber noch Soldaten und andere abweichende Formen („Honigträger“, *Nasuti*, kleine und grosse Arbeiter u. s. w.) vorhanden. Aber ausser der mit dem Polymorphismus verbundenen Arbeitsteilung wird noch eine „auf rein psychischer Grundlage beruhende“ Arbeitszerlegung beobachtet, d. h. die Individuen der gleichen „Kaste“ und vom gleichen Körperbau können verschiedene Tätigkeiten ausführen. So z. B. bei Ameisen „beobachtete Lubbock, dass in einem seiner *Formica fusca*-Nester stets nur ein oder wenige Arbeiter zum Futterholen auszogen, und zwar waren dies immer die gleichen Individuen, wie sich durch Zeichnen mit Farbe leicht feststellen liess. Die Beobachtungen wurden über mehrere Monate fortgesetzt, so dass es sich also nicht um einen Zufall handeln konnte“ (K. Escherich 1). Ähnliches haben auch andere Forscher bei anderen Ameisenarten festgestellt.

Eine Arbeitsteilung findet sich sogar unter den Bienenarbeitern durchgeführt. Es ist nun bei dieser Arbeitsteilung höchst interessant, dass eine Arbeitsbiene sich gar nicht die ganze Lebenszeit mit nur irgendeiner bestimmten Arbeit beschäftigt, sondern die Arbeit wechselt je nach dem Alter der Biene. Eine

frisch entpuppte Biene hat die Zellen zu reinigen. Später, vom 3. bis zum 5. Lebenstag, sind die jungen Arbeiter mit der Fütterung der älteren Larven beschäftigt, indem sie Blütenstaub und Honig aus Vorratzzellen hervorholen und in die Brutzellen tragen. Vom 6. bis etwa zum 10. Lebenstage füttern die Arbeiter jüngere Larven. Zu dieser Zeit vergrößern sich ihre Speicheldrüsen und darin wird nahrhafter Speichel produziert, der für die jüngsten Bienenmaden leichter verdaulich ist, als sonstige Bienennahrung. Nach der Beschäftigung mit der Larvenfütterung kommt nun die Reihe an andere innere Arbeiten. Nun nimmt der Arbeiter den zurückgekehrten Sammlerinnen den Honig ab, füttert damit hungrige Bienenstockinsassen oder füllt ihn in die Wabenzellen. Er stampft auch den von den Sammlern abgelegten Blütenstaub in den Zellen fest zu. In diesem Alter sind die Arbeiter noch je nach Bedarf mit der Wachsproduktion, der Bautätigkeit und Reinigung des Stockes beschäftigt. Zuletzt, bevor die Biene zur Futtersammlerin wird, dient sie eine kurze Zeit, nur einige Tage, als Wächter. Erst in der letzten Lebensperiode, etwa vom 20. Lebenstage bis zum Tode, ist die Biene mit der Aussenarbeit beschäftigt, d. h. sie sammelt Honig und Blütenstaub. Das Sammeln dauert, bis die Flügel durch das Fliegen dermassen geschädigt sind, dass die weitere Sammelarbeit unmöglich wird. Es gibt also bei den Bienen weder spezielle Wächter oder Soldaten noch spezielle Sammler, sondern jede Arbeitsbiene macht im Laufe ihres Lebens alle Arbeiten der Reihe nach durch. Die Arbeitsteilung ist somit abhängig von dem Alter der Biene, und mit demselben ändert sich ihre Tätigkeit (vgl. Frisch).

Bei den Bienen ist ein solcher Arbeitswechsel verwirklicht, wie er den Menschen sehr zu wünschen wäre. Durch die Spezialisierung wird der Arbeitende für eine gewisse Tätigkeit geübter und geschickter, aber sie hat auch ihre Nachteile. Oft ist die menschliche Arbeit zu einseitig. In einer Fabrik wird häufig eine und dieselbe monotone Arbeit Jahrzehnte lang ausgeführt, was geradezu abstumpfend wirkt. Es gibt keinen Wechsel, weder nach Tages- noch nach Jahreszeiten. Gewiss, man hat beim Menschen ernstlich mit den natürlichen Anlagen und Neigungen zu rechnen, aber das bedeutet doch nicht, dass man ständig nur eine einseitige Arbeit verrichten müsse. Es wird zur geistigen Entwicklung des Menschen viel beitragen, wenn er verschiedene Arbeiten lernt, in verschiedenen Fabriken, auf ver-

schiedenen Gebieten u. s. w. tätig ist, da er dann viel mehr Erfahrungen zu sammeln imstande ist. Er wird dann viel besser allerlei soziale Verhältnisse verstehen lernen, er wird viel besser und viel mehr Menschen kennen lernen und im ganzen seinen Gesichtskreis bedeutend erweitern können. Gewiss braucht der Arbeitswechsel durchaus nicht so weit getrieben zu werden, dass dadurch die Fachausbildung erschwert wird, aber selbst bei dieser Beschränkung kann der Wechsel ein ziemlich weitgehender sein.

Es ist eine unleugbare Tatsache, dass die geistige Entwicklung vom Reichtum der Eindrücke abhängt.

Es ist nicht gleich, ob jemand in einem sehr abgelegenen Landwinkel oder in der Stadt aufwächst: in letzterem Falle kann er einen weiten Gesichtskreis erwerben, im ersteren dagegen wird er recht unentwickelt bleiben, wenn er an und für sich auch sehr gute Anlagen besitzt. Ein Mensch selbst mit den besten Anlagen wird z. B. unter unkultivierten Lappländern für die Kultur nichts leisten können. Die Entwicklung des Gehirnes und damit der geistigen Fähigkeiten steht im engsten Zusammenhange mit den äusseren Reizen oder Eindrücken. Werden einem neugeborenen Hunde die Augenlieder zugenäht, so werden die Nervenzellen seines Sehentrums nicht erregt und ihre Entwicklung bleibt auf der embryonalen Stufe stehen (Berger). Die Zellen bleiben klein und die Nervenfortsätze werden nur mangelhaft entwickelt. Ist aber das Gehirn unentwickelt, so sind auch die geistigen Fähigkeiten schwach ausgebildet. So z. B. ist bei den Ameisenmännchen das Gehirn im Vergleich zu den Weibchen und Arbeitern schwach entwickelt, und dementsprechend sind auch die geistigen Fähigkeiten der ersteren nur schwach („sehr schwache Instinkte und ganz rudimentäre oder mangelnde geistige Plastizität“; siehe Escherich 1). Man hat deshalb bei der Arbeitsteilung in der menschlichen Gesellschaft mit dem Reichtum an Eindrücken ernst zu rechnen, da sonst die Kenntnisse der Menschen zu einseitig bleiben. Es ist bekannt, dass die überspezialisierten Gelehrten zuweilen zu den absurdesten Schlüssen kommen (Conklin). Die Einseitigkeit kann verschiedene Schwierigkeiten im praktischen Leben hervorrufen.

### Das Zusammenwirken (Integration).

Die Ansammlungen von Tieren werden erst dann zu Sozietäten, wenn unter den Einzelindividuen irgendein gemeinsames Wirken stattfindet. Eine Ansammlung, in der sich Tiere nur zufällig zusammenfinden und durch weiter nichts zusammengehalten werden, zerstreut sich wiederum leicht, und die Einzelindividuen haben von derartigen Ansammlungen keinen Nutzen. In den Tiersozietäten sind verschiedene Grade des Zusammenwirkens zu verzeichnen. In den höheren Sozietäten ist das Zusammenwirken weitgehend, und die ganze Sozietät geriete bald in Verfall, wenn dieses aufhören würde. Solch ein grossartiger Wabenbau, wie er bei den Honigbienen beobachtet wird, wäre ganz unmöglich, falls bei der Bauarbeit keine Regelmässigkeit und kein Zusammenwirken herrschte. Es werden dabei die Kräfte nicht unmittelbar vereinigt, jede Biene arbeitet für sich, aber alle sind bei der gemeinsamen Arbeit tätig und das Bauen verläuft dermassen glatt, dass die Waben mit geradezu mathematischer Genauigkeit hergestellt werden. Wenn alle regellos arbeiteten, so wäre dies unmöglich. Findet eine Biene irgendeine ertragreiche Futterstelle, so „tanzt“ sie im Stocke und veranlasst dadurch ihre Stockgenossen auf die Suche zu gehen. Bald wird die Futterstelle von zahlreichen Bienen besucht. Das Zusammenwirken ist hier unverkennbar (Frisch). Bei den Oecophylla-Arten, Ameisen, die in Blattnestern leben, werden die Kräfte zu einer gemeinsamen Arbeit vereinigt. Die zu verbindenden Blätter werden gemeinsam von einer Anzahl Ameisen in die richtige Lage gebracht und zusammengehalten. Es ist äusserst interessant, dass „beim Zusammenziehen der Blattränder sich oft ganze Ketten von Arbeitern bilden“ (Escherich 1). Das Zusammenwirken ist hier aber nicht nur auf das Zusammenziehen der Blattränder oder die Kettenbildung beschränkt: indem die Blätter von einigen in der richtigen Lage gehalten werden, kommen andere Ameisen in grosser Zahl mit Larven im Maule, und nun wird zwischen den Blatträndern mit dem aus den Spinndrüsen der Larven hervorquellenden Material das Gespinst hergestellt.

Das ganze Leben der Bienen, Ameisen und Termiten verläuft nach bestimmten Regeln, wobei das Zusammenwirken oft geradezu wunderbar ist. Es ist grossenteils noch unbekannt, wie dasselbe zustande kommt. Wenn bei den Bienen kein Schwär-

men mehr bevorsteht und das Futter spärlicher geworden ist, so werden die Drohnen vertrieben oder erstochen („Drohenschlacht“). Nachdem ein Bienenstock schon ein- oder einigemal geschwärmt hat, werden die überzähligen Weiselzellen zerstört und die darin befindlichen jungen Königinnen getötet. Beim Schwärmen sind die „Spurbienen“ eifrig auf der Suche nach einem geeigneten Unterkunftsart (vgl. Frisch, Zander, Bischoff). Werden die Termitenbauten stellenweise zerstört, so kommen die Soldaten auf die Wache und der Bau wird von Arbeitern wiederhergestellt (vgl. Hegh).

Die Strassen, auf denen die ostafrikanische Treiberameise (Siafu) „sich bewegt und die gleichzeitig zur Heimschaffung der Beute dienen, werden sofort geglättet, ihre Seiten von Wachen, den grossen Soldaten besetzt“.

„Dicht gedrängt stehen sie, „Schulter an Schulter“ senkrecht zur Wegrichtung, den nach aussen gekehrten Kopf in ständig suchender Bewegung nach einem Eindringling. Die geringste Andeutung eines Gegners veranlasst sie, Brust und Kopf senkrecht zum Boden aufzurichten und die Fühler für den Moment des Zupackens an die weit geöffneten Zangen anzulegen. Wird längere Zeit kein Feind bemerkt, so vermindern sich die Wachen, unregelmässig verteilt bleiben fast nur noch die Riesen mit hoch erhobenem Kopf, griffbereiten Kiefern und vibrierenden Fühlern stehen. Unter diesem Schutz strömen die fleissigen Tiere stunden- und tagelang ihren Weg hin, oft nur in einer Richtung, oft schwer beladene gleichzeitig den vorwärts dringenden entgegen. Ab und zu flutet der ganze Strom zurück, die Wachen werden abgelöst.“

„Wird eine Strasse oder ein Wegenetz länger benutzt, so erhalten die Seitenränder einen Längswall. Kürzere Strecken werden auch vollständig überbaut, aber immer wieder von oben offenen Stücken unterbrochen. Auf der Innenseite der Wälle hängen die Wachen senkrecht mit nach rückwärts übergeneigtem Kopf so, dass die Häupter zweier gegenüber sich mit dem Scheitel fast berühren, ihre Körper eine Art durchbrochenen Tunneldachs bilden“ (J. Vosseler, zitiert nach Escherich 1).

Das Zusammenwirken ist hier offenbar. Es würde nicht gelingen, regelmässige grosse Bauten zu errichten (Kompassnester der Termiten!), alle Larven aufzuziehen, sich erfolgreich zu ernähren und zu schützen, falls die ganze Tätigkeit der sozialen Insekten regellos verlief. Nur ein mehr oder weniger harmonisches Zusammenwirken ist der Zauberstab, durch den das Leben in grossen Sozietäten ermöglicht wird. In der gleichen Weise würde ja in einer Fabrik alles bald in Unordnung geraten und die Arbeit müsste stocken, sobald das harmonische Zusammenwirken aufhörte.

In einer Insektensozietät haben die Einzelindividuen ihre Selbständigkeit mehr oder weniger verloren. Besonders in die Augen springend ist das bei den Bienen. Die Königin ist unfähig sich selbst zu ernähren. Sobald ein Bienenstock seine Königin verliert, ist er dem Untergang geweiht.

Es ist also nicht nur eine einzelne Biene zu selbstständigem Leben unfähig, sondern auch der ganze Bienenstock kann ohne die Königin nicht gedeihen. Wie die Bienen, so sind auch die Ameisen, Termiten und Wespen abhängig von der Sozietät, zu selbständigem Einzelleben unfähig. Bei den Bienen geht dies so weit, dass selbst volksarme Stöcke sich nicht behaupten:

„Wird ein schwaches, weiselloses Volk von zahlreichen Raubbienen eines anderen Stockes überfallen, so tritt bei dem geschwächten und verstörten Zustande meist gar kein Abwehren ein. Es ereignet sich angeblich sogar, dass die Bienen schliesslich gemeinsame Sache mit den Räubern machen und mit dem eigenen Honig beladen in den raubenden Stock fliegen. War der Stock weiselrichtig, aber schwach, so zeigt sich dasselbe Verhalten, und schliesslich zieht die Königin mit dem Reste der Bienen dem raubenden Stocke, der auf einem entfernteren Stande stehen kann, zu und wird dort zweifellos abgestochen. Da so vorzügliche Beobachter, wie v. Berlepsch (1873) und Busch, wie auch andere Imker diese Vorgänge festgestellt haben, so zweifle ich nicht an der Tatsächlichkeit“ (v. Buttell-Reepen).

Je weiter die Arbeitsteilung geht, desto mehr werden die betreffenden Individuen voneinander abhängig, desto mehr werden sie auch zu einem einheitlichen Verbände (System) zusammengeschlossen. Die Wilden sind voneinander verhältnismässig wenig abhängig, da sie alle beinahe ganz gleiche Kenntnisse und Erfahrungen besitzen. Aber ein Handwerker im Altertum oder Mittelalter hing schon stark von seinen Mitmenschen ab: ein Schneider z. B. konnte nicht mehr selbst für sich Nahrungsmittel und andere Bedarfsgegenstände produzieren. Alles, was er brauchte, musste er auf dem Tauschwege von anderen Arbeitenden beziehen. In der jetzigen Zeit sind die Beziehungen zwischen den Menschen geradezu unaussprechlich mannigfaltig und meistens dermassen innig geworden, dass an ein vollkommen selbständiges und unabhängiges Leben gar nicht zu denken ist. Ein jeder Kulturmensch ist jetzt von Millionen Arbeitenden, ja beinahe von der ganzen Menschheit abhängig.

Bei der Anfertigung der Kleidung eines jeden einzelnen sind vielleicht viele Tausende von Menschen mehr oder weniger unmittelbar tätig gewesen: Wollproduzenten oder Faserpflanzenanbauer, Eisenbahnarbeiter, Lastträger, Ar-

beiter in den Spinn- und Webefabriken, Verkäufer, Schneider, Arbeiter an den Zwirnfabriken, Nähmaschinen-, Nadel-, Scheren-, Knopffabriken u.s.w. waren dabei beteiligt. Eine Zeitung, die wir lesen, ist erst durch das Zusammenwirken der Reporter, Redakteure, Setzer, Arbeiter bei der Rotationsmaschine und der Verbreitung, Arbeiter in den Telegraphenagenturen, Papierfabriken, Druckfarbenfabriken u. s. w. in unsere Hände gekommen. Ebenso sind sehr viele Menschen mehr oder weniger unmittelbar an der Errichtung unseres Wohnhauses beteiligt gewesen (Glasfabriken, Holzsägereien u. s. w.). Die Uhren, Messer, Lampen, Stiefel, Möbel, Küchengeschirre und allerlei andere Bedarfsartikel sind ebenfalls durch das Zusammenwirken von zahllosen Menschen entstanden. Wenn wir noch in Betracht ziehen, dass jede Fabrik zu ihrer Tätigkeit Eisen, Kohle, Öle u.s.w. braucht, dass zum Transport der Fabrikate Eisenbahnen, Schiffe, Automobile u.s.w. unentbehrlich sind, so dürfte es verständlich genug sein, wie verwickelt die Verhältnisse geworden sind. Es ist klar, dass der Landwirt ganz selbständig oder selbst mit Hilfe seiner Familie nicht viel anzufangen imstande ist. Wenn nun die Arbeit des Landwirtes produktiv ist, so ist das der Fall nur infolge der technischen Entwicklung, infolge der Arbeitsteilung und des Zusammenwirkens. Und wenn das Pflügen, Mähen, Mahlen u.s.w. sehr schnell vor sich geht, so sind bei diesen Arbeiten nicht nur Landwirte beteiligt, sondern indirekt auch alle die Menschen, durch deren Arbeit Pflüge, Sensen, Maschinen u.s.w. entstanden sind. Die Arbeit des Landwirts ist jetzt nur deswegen produktiv, weil die Industriearbeiter für ihn technische Hilfsmittel verfertigen, und sobald dem Landwirt keine technischen Hilfsmittel und Dienste der Mitbürger mehr zur Verfügung ständen, würde er gleich spüren, wie wichtig das Zusammenwirken verschiedener sozialer Gruppen ist. Er käme dann zu der Überzeugung, dass die Arbeit der Industriearbeiter, der Gelehrten u.s.w. durchaus nicht zu unterschätzen ist. Unentbehrlich sind sehr verschiedene Industriezweige, unentbehrlich zur Erhaltung der jetzigen Menschenzahl sowie auch zur Erhaltung und Verbesserung ihrer Lebenslage.

Hochmütig sind die meisten Vertreter der regierenden Klassen. Hochmütig sind auch manche Gelehrte und Erfinder. Ein Gelehrter mag denken, dass er durch seine aufsehenerregende Entdeckung sehr viel geleistet hat. Und in der Tat kann das, was er entdeckt hat, sehr grosse Bedeutung haben. Aber in Wirklichkeit ist seine Entdeckung nicht nur seine Tat: ganz allein und selbständig ist keine bedeutendere Entdeckung zu erzielen. Wenn ein Mensch nicht mit Nahrungsmitteln, Kleidung und Wohnung durch die Arbeit seiner Mitmenschen versorgt wäre, wenn er ganz selbständig, ohne jegliches Zusammenwirken leben müsste, so wäre er genötigt gleich einem Wilden seine Nahrung zu suchen und in Höhlen oder in den einfachsten Hütten zu leben. Es ist klar, dass ganz allein — ohne Arbeitsteilung und Zusammenwirken — kein Mensch merkbar mehr zu leisten imstande ist als ein wildes Tier. Bei jeder Entdeckung z. B. haben alle diejenigen mitgeholfen, welche dem Entdecker Nahrung, Kleider, Wohnung, Heizung u.s.w. beschafften. Bei der Entdeckung haben auch alle die Menschen mitgearbeitet, welche die Bildung unseres Gelehrten ermöglichten. Aber die Entdeckung unseres Gelehrten hängt nicht nur von der jetzigen Generation ab, sondern es haben sogar frühere Generationen dazu beigetragen, dass er nun seine Entdeckung machen konnte. Ohne die entsprechende kulturelle Entwicklung hätte z. B. Röntgen seine X-Strahlen nicht

entdecken können. Hätten die Vorfahren nicht Kornanbau, Tierzucht, Metallbearbeitung, Feuergebrauch u.s.w. entdeckt, wäre die Anwendung der Elektrizität nicht entwickelt gewesen, so hätte kein Mensch die Röntgenstrahlen entdeckt. Die Tradition, die Übermittlung der Erfahrungen der ehemaligen Gelehrten, Techniker u.s.w. spielt in der menschlichen Sozietät eine sehr grosse Rolle. Die von den voraufgehenden Generationen vererbten Erfahrungen bilden die Grundlage, auf welcher jetzt weitergebaut wird. „Jeder Erfinder steht auf den Schultern von Vorgängern, keiner schafft völlig Neues“ (K. Kautsky). Erst infolge des Zusammenwirkens vieler Generationen und vieler Völker ist es möglich geworden, zu solchen Höhen emporzusteigen, von welchen frühere Generationen kaum zu träumen wagten.

Wie wenig ein Entdecker allein zu leisten imstande ist, lässt sich noch durch folgende Gedankenexperimente verdeutlichen. Nehmen wir an, dass unser Entdecker tüchtige Kenntnisse erworben und eine wichtige Entdeckung gemacht habe. Durch ein Unglück gerate er nun aber plötzlich in ganz primitive Verhältnisse. Was könnte da der Entdecker, abgeschnitten von der ganzen Kulturwelt, ausführen? Es ist klar, dass die Entdeckung unter solchen Umständen wertlos bleibt. Es sind keine Leute da, welche sie in der Gesellschaft verwerten könnten. Die Verwertung ist aber möglich nur durch die Arbeit, noch mehr — durch das Zusammenwirken vieler. Hätte z. B. jemand eine ausgezeichnete Olpflanze gezüchtet, so müsste man die Pflanze kultivieren, um davon Nutzen zu ziehen. Der Züchter als solcher kann ja allein zu wenig kultivieren! Entdeckt ein Chemiker eine einfache und billige Kautschuksynthese, so lässt sich das nur durch Errichten von Fabriken und Zusammenwirken sehr vieler Arbeiter verwerten. Unser Chemiker allein würde nichts Nennenswertes zu leisten, zu produzieren imstande sein. Sehr viele Menschen müssen zusammenwirken, erst dann wird eine Entdeckung wertvoll. Viele sehr nützliche Kenntnisse können ganz wertlos bleiben und tun dies auch in der Tat, falls sie nicht durch die Arbeit von Tausenden im täglichen Leben praktisch verwertet werden. Es nützt einem gar nichts, wenn man weiss, dass in Sibirien, Brasilien und Afrika ungeheuer grosse Wälder, oder dass viele grosse Wasserfälle noch unausgenutzt sind. Er kann dessenungeachtet unter Kälte in einem ungeheizten Zimmer oder unter Lichtmangel leiden. Es steht überhaupt ausser Zweifel, dass selbst die grösste Entdeckung wertlos bleibt, wenn sie nicht durch das Zusammenwirken zahlreicher Menschen verwertet wird.

Immer inniger wird der Zusammenschluss der Menschen, immer mehr wird der einzelne von dem sozialen Körper abhängig. Das Einzelindividuum ist zuletzt ebenso unfähig zum unabhängigen und selbständigen Kampfe ums Dasein wie eine isolierte Körperzelle. „Personal freedom must be subordinated more and more to social freedom, and pioneer society must give place to the more highly organized state, in which increasing specialization and cooperation are the companion principles of progress“ (Conclin).

Die Arbeitsteilung und die damit verbundene Zusammenarbeit ist der wahre Zauberstab, durch den alles Bedeutendere in der menschlichen Gesellschaft hervorgerufen worden ist. Sehr wenig nur gibt uns die Natur ohne Arbeit, und in der Regel ist es erst durch das Zusammenwirken sehr grosser Menschenmassen möglich, die verschiedensten Naturgaben reichlich zu beschaffen und zu verwerten. Der Zusammenschluss der Menschen zum Kampfe mit der Natur eröffnet ganz neue Möglichkeiten, erweitert den Lebensraum und versieht die Gesellschaft mit wunderbaren Fähigkeiten, die den Einzelindividuen vollkommen mangeln und ihnen unerreichbar sind. Nur infolge weitgehenden Zusammenwirkens konnte sich die Bevölkerung Europas im 19. Jahrhundert um mehr als das Doppelte vermehren. Durch die Vereinigung der Kräfte sind die Lebensmöglichkeiten stark erweitert worden. Erst durch das Zusammenwirken vieler Generationen und zahlloser jetziger Menschen ist es möglich geworden, erfolgreich gegen wilde Tiere und Krankheiten, gegen Kälte und Wassermangel zu kämpfen, Pflanzenbaumethoden und Nutzpflanzensorten zu verbessern u. s. w. Ein einzelner Mensch hätte niemals fliegen oder über Flüsse fahren können. Eisenbahnen, Schiffe, Brücken, alle grösseren Bauten (Häuser), Autos, Flugmaschinen, die ganze theoretische und technische Wissenschaft, die Kunst u. s. w. sind nur durch Zusammenwirken entstanden. Verbänden sind Dinge möglich, welche einzeln lebenden oder auch zu wenig zusammenwirkenden Menschen unmöglich sind. Die Macht der Vereinigung ist ungeheuer gross, sie wirkt geradezu Wunder. Nur durch das Zusammenwirken ist der Mensch machtvoll geworden (vgl. Müller-Lyer 1 u. 2). Die Vereinigung von Einzelmenschen zu Verbänden hat die gleichen Folgen wie die Vereinigung von Einzelzellen zu Organismen: es entstehen neue Möglichkeiten und werden neue Fähigkeiten erworben (Organismen: das Sehen, Hören bei vielzelligen Tieren, die Möglichkeit in grosser Zahl auf dem Lande zu gedeihen u. s. w.; soziale Verbände: Television, Telegraphie, Radio, erweiterte Lebensmöglichkeit durch Düngungslehre, Technik u. s. w.).

Unendlich schwach und hilflos ist jeder nur für sich und einzeln lebende Mensch; schwach sind auch sehr kleine, ganz unabhängige Menschengruppen.

Selbst die bedeutendsten Menschen können unmittelbar nicht viel leisten, und erst in Gesellschaft mit anderen kann ihre Wir-

kung gross werden. Die Wirkung ist dabei nicht durch diese Bedeutendsten allein, sondern sowohl durch sie als durch alle Mitwirkenden hervorgerufen. Selbst die grössten Wirkungen sind nur die Folge des Zusammenwirkens. Eine Nervenzelle, ja auch das ganze Gehirn allein und unabhängig ist schwach und hilflos: ohne Zusammenwirken mit anderen Organen geht es zugrunde. Das Gehirn eines Gelähmten kann die Gefahr (z. B. Feuersbrunst!) bemerken und erkennen, aber da die Muskeln mit dem Gehirne nicht zusammenwirken, muss der Gelähmte selbst in der grössten Gefahr hilflos daliegen und untergehen, falls nicht andere zu Hilfe eilen. Wir sehen, dass das wichtigste Organ allein, ohne das Zusammenwirken mit anderen Organen, hilflos ist. Ähnlich verhält es sich in der menschlichen Gesellschaft mit Gelehrten, Technikern, Landwirten u. s. w. Allein oder selbst in kleinen selbständigen Gruppen sind die Menschen schwach und hilflos, selbst die Stärksten und Klügsten. Niemand ist deshalb befugt, grosse Ansprüche auf Vorrechte in der Gesellschaft zu erheben.

Unendlich klein und machtlos ist der Mensch als Einzelwesen. Niemand braucht sich aber deswegen gedemütigt zu fühlen. Unendlich klein sind die Menschen einzeln, in Gesellschaft aber vereinigen sich die Kräfte, und die Wirkung der gemeinsamen Arbeit kann wunderbar und grossartig sein. Der einzelne Mensch ist keine Null und kein Nichts, da ohne die unendlich kleinen Grössen überhaupt keine grossen Taten möglich wären. Winzig klein sind die Atome, aber ungeheuer grosse Mengen von Atomen bilden gewaltige Himmelskörper. Sehr klein ist eine Zelle, schwach, hilflos, blind und taub ist sie; Milliarden von Zellen bilden aber schon einen Organismus, der ziemlich stark ist, sehen, hören, denken und fühlen kann. Klein und hilflos ist der einzelne Mensch, wenn jedoch viele Menschen harmonisch zusammenwirken, so werden sie unglaublich viel leisten können. Durch die Vereinigung werden die Kräfte eines jeden Individuums bei der Arbeit zeh-, hundert-, ja oft auch tausendfach wirkungsvoller sein, als vereinzelt oder in kleinen unabhängigen Gruppen. Es fällt uns schwer, uns eine Vorstellung davon zu machen, was die vereinigte Menschheit hätte leisten können, wenn sie harmonisch zusammengewirkt hätte. Es ist aber klar, dass für die vereinigte Menschheit vieles davon leicht durchführbar wäre, was jetzt einfach als Utopie bezeichnet wird,

Jeder Mensch, ob klein oder gross, ob einen unbedeutenden oder ansehnlichen Beruf erfüllend, hat einen objektiven Wert, wenn er in der richtigen Weise ums Dasein kämpft. Wer in der richtigen Weise den Daseinskampf führt, der kämpft nicht nur für die jetzt lebende Menschheit, sondern auch für die zukünftigen Generationen, und die Tätigkeit eines jeden einzelnen kann in diesem Sinne von Wert sein. Selbst die kleinsten und unansehnlichsten Zellen des Organismus sind von Bedeutung, und ein starker und lebensfähiger Organismus entsteht erst durch die Vereinigung der Zellen, sowohl der schwächeren als auch der stärkeren. Ebenso sind auch in der menschlichen Gesellschaft verschiedene mitwirkende Kräfte, ob stärkere oder schwächere, notwendig. „Der Fortschritt des Lebens liegt eben in der Organisation“ (H. G. Holle). „But if the evolution of human individual has come to an end, certainly the evolution of human society has not. In social evolution a new path of progress has been found, the end of which no one can foresee“ (Conklin).

### **Konzentration.**

Wir haben gesehen, dass im Organismus verschiedene Funktionen an bestimmten Stellen konzentriert werden. In der gleichen Weise ist auch in den Sozietäten eine Konzentration zu verzeichnen. Ein schönes Beispiel dafür bilden die Ameisen-, Bienen-, Wespen- und Termitenvölker, d. h. gerade die höchstorganisierten tierischen Gesellschaften. In diesen ist die Fortpflanzungsarbeit sehr weitgehend konzentriert. Es ist keineswegs jedes Individuum direkt an der Fortpflanzung beteiligt, sondern die Eiablage wird selbst in sehr grossen Sozietäten nur von einem einzigen oder wenigen Weibchen („Königinnen“) ausgeführt, und zur Begattung ist auch nur eine kleine Zahl von Männchen vorhanden. Bei den pilzzüchtenden Ameisen und Termiten werden nicht von einem jeden Einzeltier für sich winzige Pilzgärten angelegt und gepflegt, sondern der Anbau wird konzentriert. Mit gemeinsamen Kräften werden grosse Pilzgärten angelegt, und bei der Pflege wird oft Arbeitsteilung eingeführt. In gleicher Weise sind in den Ameisen- und Termitennestern nicht kleine, sozusagen individuelle, sondern grosse gemeinsame Vorratssammlungen zu finden. Auch bei den Strassenbauten werden die Kräfte konzentriert. Wie bei den Ameisen, so kommen auch bei den Termiten

sogar überwölbte Strassen oder Galerien vor (vgl. Escherich 1, Hegh). Das Anlegen der gemeinsamen grossen Strassen ist zweifellos sehr ökonomisch und vorteilhaft. Die Gewölbe und Galerien bieten den Tieren guten Schutz vor Feinden. Es würde aber ungeheuer viel Mühe erfordern, wenn ein jedes Insekt allein für sich eine Galerie bauen wollte! Eine Galerie kann in einer Sozietät von zahlreichen Individuen benutzt werden, dabei ist aber die Bauarbeit, die auf ein Individuum entfällt, verhältnismässig klein. Legen die Ameisen gemeinsame Gänge im Holze an, so wird dadurch an Mühe gespart: es ist nicht nötig für jedes Tier eine Ausgangsgalerie zu errichten, sondern es werden nur wenige gemeinsame Ausgänge benutzt.

Dadurch, dass Bienen ihre Zellen dicht aneinander (konzentriert) anlegen, wird es möglich, aus einer verhältnismässig kleinen Wachsmenge viel mehr Zellen zu bauen, als wenn jede Zelle ihre abgesonderten Wände hätte. Jede Zellenwand dient gleichzeitig zur Umzäunung zweier Zellen, und dadurch wird die Materialersparnis und die Arbeitersparnis beträchtlich. Es gelingt deshalb für die Larven und Nahrungsvorräte mit verhältnismässig geringer Mühe zahlreiche Zellen zu bauen. Durch die Konzentration erzielt man mit geringem Kraftaufwand ziemlich grosse Erfolge.

In gleicher Weise wird auch in der menschlichen Gesellschaft die Arbeit immer mehr und mehr konzentriert (Ross 1, Müller-Lyer 1). Noch vor einigen Generationen fand in jedem Bauernhause das Spinnen, Weben, Wollkämmen, Brotbacken, Räuchern der Schinken, Kochen der Seife, Anfertigen der Kerzen, Bretterschneiden und Anfertigen von allerlei landwirtschaftlichen Geräten aus Holz statt. Jeder Bauer musste einen Teil des Landwegs ausbessern. Nun aber sind Fabriken entstanden, in welchen das Spinnen, Weben, Wollkämmen, Brotbacken, Kochen der Seife u. s. w. konzentriert ist. Bretter werden nicht mehr in jedem Bauernhause mit der Handsäge gesägt, sondern auf den Holzsägereien. Die Landwege werden mit entsprechenden Maschinen (Wegehobel, Walze) verbessert. In den Städten kocht jetzt nicht mehr ein jeder für sich, sondern es sind zahlreiche grosse Speisehäuser entstanden, in welchen für Hunderte, Tausende, ja sogar für Zehntausende das Mittagessen verabreicht wird (Gottstein). Auch braucht nicht jedes Haus für sich eine Pumpe zu bauen, da die Wasserversorgung auf die Wasserleitung konzentriert worden ist. Das

Waschen der Wäsche wird ebenfalls immer mehr in speziellen Waschanstalten konzentriert. „Anfänglich müht sich von 100 Dorfbewohnern jeder mit der Anfertigung seiner Fussbekleidung, mit dem Abholen seiner Postsachen; später konzentriert sich diese Arbeit bei einem einzigen Schuhmacher, bei einem einzigen Postboten. Und so nimmt eine Lokomotive Tausenden von Beinen, eine Hackmaschine Tausenden von Kinnbacken, eine Zentralheizung allen Bewohnern des Hauses die Arbeit ab“ (Müller-Lyer 1). Eine bestimmte Arbeit wird zur Aufgabe gewisser Spezialisten oder eines gewissen Industriezweiges. Die Arbeit wird immer mehr und mehr verdichtet, und immer mehr werden gewisse Spezialarbeiter in grösserer Anzahl an einer Stelle konzentriert. So entstehen die Grossbetriebe, die insbesondere in den letzten Jahrzehnten immer grösser geworden sind. Die Konzentration zu Grossbetrieben ist nun zweifellos sehr ökonomisch. Werden mehrere Kleinbetriebe zu einem Grossbetriebe vereinigt, so werden die Ausgaben für Heizung, Beleuchtung und Arbeitskraft kleiner.

Wenn z. B. ein Grossbau von 2000 Personen bewohnt wird und dort jeden Tag auf 400 Einzelherden durchschnittlich für je 5 Individuen gekocht wird, so ist das gar nicht ökonomisch (vgl. Müller-Lyer 1). Jede der 400 Personen muss auf den Markt und in die Nahrungsmittelhandlungen gehen, Hunderte von Malen werden Stücke von Nahrungsmitteln abgeschnitten und abgewogen, 400 Herde werden geheizt, 400 Personen sind mit dem Kochen beschäftigt, 400 Tische werden gedeckt, die Küchengeräte werden überall einzeln gereinigt u. s. w. Ganz anders ist es, wenn in solch einem Hause für alle 2000 in einer Zentralküche gleichzeitig gekocht wird, selbst wenn es gleichzeitig verschiedene Speisen sind, um Personen mit verschiedenem Geschmack zu befriedigen. Anstatt 400 brauchen nur einige Personen auf den Markt und in die Handlungen zu gehen, höchstens nur ein paar Herde sind zu heizen, gekocht wird in grossen Kesseln u. s. w. Man hat nicht Hunderte von Kesseln und Pfannen zu reinigen, an hundert Stellen umzurühren und nachzusehen. Zum Waschen der Geschirre kann man in einer Grossküche Maschinen anwenden. Es ist nicht mehr nötig, eine grosse Menge von Kochkesseln und anderen Kochgeräten zu fabrizieren, und es ist auch nicht mehr nötig, Hunderte von Kochherden herzustellen, 400 spezielle Küchenräume zu haben. In einer Grossküche können schon wenige Arbeiter für Tausende kochen. Es ist klar, dass eine Zentralküche für 2000 Personen viel weniger Heizungs- und Baumaterial, Küchengeräte, Raum, weniger Herstellungskosten u. s. w. erfordert, als 400 Einzelküchen für dieselbe Personenzahl. In gleicher Weise ist die Arbeit ergiebiger in grossen Fabriken, Handlungen, Lehr- und Forschungsanstalten u. s. w. In einer kleinen Handlung muss die ganze Zeit jemand anwesend sein, obgleich oft nichts zu tun ist. In jeder kleinen Badeanstalt, Bibliothek u. s. w. gibt es Kassierer und Dienstpersonal, deren Arbeitskraft mangelhaft ausgenutzt wird. In einem grösseren Betriebe sind in der Regel

mehr und vollkommeneren Maschinen vorhanden, als in kleinen Unternehmungen (Buchbinderei, Druckerei u. s. w.).

Bei der Konzentration kann man viel produktiver und ökonomischer arbeiten, man kann mit weniger Kraftaufwand viel mehr leisten.

Bei der Konzentration der Arbeitskräfte wird die Arbeit anders, ökonomischer organisiert (grössere Arbeitsteilung u. s. w.), und durch ein zweckmässiges Zusammenwirken wird es möglich, mit viel weniger Mühe und Anstrengung viel mehr zu erreichen, als für die einzeln Arbeitenden jemals erreichbar wäre. Bei einem organisierten Zusammenwirken ist die Gesamtleistung viel grösser als die Summe der Leistungen, welche dieselbe Zahl der Arbeitenden einzeln und für sich zu vollbringen imstande wäre. Beim Zusammenwirken werden die Kräfte jedes einzelnen oft vervielfacht, so dass ein schwacher Mensch in der Organisation viel mehr leisten kann, als ein starker Riese allein und selbständig. „Wie ich schon einmal sagte und was ich dem Leser gern einprägen möchte als einen sehr merkwürdigen Zug des frühkapitalistischen Wirtschaftslebens: man spann, man spann, man spann“ (W. Sombart). Mit einer Spinnmaschine wird man wenigstens 800 mal mehr leisten, als mit dem Spinnrad! Je mehr und je bessere Maschinen zur Anwendung kommen, desto mehr steigt die Produktivität der menschlichen Arbeit. Das ist aber nur möglich in grösseren Betrieben, durch das Zusammenwirken! Erst in grossen Unternehmungen wird man die Arbeit sehr produktiv organisieren können (Automaten, das laufende Band!).

Wenn wir nun vom Standpunkte der Konzentration die jetzige Arbeitsorganisation betrachten, so ist es klar, dass sie noch äusserst mangelhaft und unökonomisch ist. Es gibt noch zu viel kleine Betriebe, wo keine oder zu wenig moderne Maschinen vorhanden sind (Buchbindereien, Schuhmacherwerkstätten, Bäckereien, Tischlereien, Kleinküchen, kleine Landwirtschaften u. s. w.). Volkswirtschaftlich ist das weiter nichts als Verschwendung der menschlichen Arbeitskraft.

Je mehr die Menschen mit der Nahrungsbeschaffung zu tun hatten, desto weniger konnten sie auf den anderen Gebieten leisten. Erst nachdem bereits eine grössere Anzahl von Menschen von der Nahrungsbeschaffung befreit war, wurde die stärkere Entwicklung der Industrie, der Technik und der Wissenschaft möglich. Je weniger

Leute mit der Landwirtschaft beschäftigt sind, desto mehr wird man in der Wissenschaft, Kunst und Technik leisten können. Erst dann wird man viele von den schwierigen Problemen der Wissenschaft lösen können (viele Ernährungsfragen, Hygienefragen, psychologische Probleme, Erziehungsfragen), wenn die Zahl der Forscher sich vergrössert, wenn zu diesem Zwecke mehr Arbeitskräfte zur Verfügung stehen. Es steht nun aber zweifellos fest, dass nur durch die Grosslandwirtschaft immer mehr Menschen von der Arbeit der Nahrungsbeschaffung frei werden und sich anderen Arbeiten widmen können (vgl. Studensky).

Es ist höchst beachtenswert, dass die Staaten, in denen kleine landwirtschaftliche Betriebe den Hauptteil der Bevölkerung beschäftigen, schwach und kulturell ziemlich unentwickelt bleiben. Die chinesischen Familien haben nur sehr wenig Land zur Verfügung, und dasselbe wird sehr intensiv (Gartenbau) bearbeitet. Sehr zahlreich ist das chinesische Volk, aber da die Industrie, die Technik und die Wissenschaft dort zu schwach entwickelt und verbreitet sind, so ist das Volk schwach. Die Arbeitsteilung ist mangelhaft entwickelt, es gibt nur verhältnismässig wenige Menschen in anderen Berufen. Die Konzentration der Arbeit ist mangelhaft. Auch in einem grossen Quallenorganismus sind nur wenige Organe entwickelt und befindet sich die Arbeitsteilung noch auf einer niedrigen Stufe, und daher ist eine Qualle einem hochentwickelten Tiere mit starken Muskeln und höheren Sinnesorganen (Augen, Ohren) unterlegen. Erst Tiere mit sehr verschiedenen Zellen und Organen sind stark und sind zu herrschenden Formen geworden. So verhält es sich auch mit den gesellschaftlichen Organisationen. Je weiter die Arbeitsteilung fortgeschritten, je stärker ausser der Landwirtschaft andere Produktionszweige entwickelt sind, um so stärker ist solch eine wirtschaftliche Organisation. Besteht ein Staat fast nur aus Kleinlandwirten, so ist es nicht möglich (auch nicht notwendig) gute Verkehrsmittel (Eisenbahnen, Schiffe, Luftschiffe, Automobile), starke und entwickelte leitende Organe (Regierungsanstalten, wissenschaftliche Institutionen) zu bilden. Er kann deswegen keine grössere Kraft entwickeln. Sind aber die leitenden Organe stark, die Verkehrsmittel gut und die Technik ausgebildet, so ist es leicht möglich grosse Massen zum Zusammenwirken zu bringen. Es ist dann die Möglichkeit gegeben nicht nur starke Heere zu bilden, sondern

auch gute Wohnhäuser, gute Wege und Strassen, grosse Brücken, gute Bildungs-, Erholungs- und Belustigungsanstalten zu errichten und hygienische Lebensbedingungen zu verwirklichen. Es ist ersichtlich, dass die Kleinwirtschaft zu wenig produktiv ist, und dass dabei zu wenig Kräfte für andere Zwecke übrig bleiben. Starke, gut organisierte und lebensfähige wirtschaftliche Einheiten bedürfen zu ihrer Entwicklung verschiedener Berufsarbeiter in genügend grosser Anzahl, und das ist am besten erreichbar bei der Organisierung der Landwirtschaft auf Grundlage grosser Betriebe. Die Entwicklung der stärkeren Staaten steht immer im Zusammenhang mit der Befreiung einer grösseren Anzahl von Bürgern von der landwirtschaftlichen Arbeit.

Die Konzentration und die ökonomische Organisation der Arbeit führen zum Siege im Kampfe ums Dasein. Das wird bewiesen nicht nur durch die Entwicklung der Tiersozietäten, sondern auch durch die geschichtliche Entwicklung des Menschen. Solange der Kampf unter den menschlichen Verbänden dauert, werden diejenigen siegen, welche die Konzentration und das harmonische Zusammenwirken am vollkommensten durchführen.

### Zentralisation.

Niedere Tiere bauen keine Nester, legen keine Nahrungsvorräte an, weisen keine Brutpflege auf und fühlen sich an allen mehr oder weniger günstigen Stellen zu Hause. Ganz anders ist es mit den brutpflegenden Tieren. Da sie für sich und für die Brut Nester anlegen, so sind sie damit an einen bestimmten Ort gebunden. Zum Auffinden des Nestes ist für sie das Gedächtnis unentbehrlich. Das Bauen, die Brutpflege, die Orientierung im Raume, die Nahrungsbeschaffung, das Erkennen der Feinde und Freunde u. s. w. — alle diese Prozesse sind bei den höheren Tieren oft sehr verwickelt, und werden nur bei Tieren mit einem ziemlich hoch entwickelten Gehirne beobachtet. Das Gehirn ist nun aber nichts weiter als eine Zentralstelle des Nervensystems.

Je mannigfaltiger und verwickelter die Tätigkeit des Tieres, desto mehr ist sein Nervensystem zentralisiert. Die gesamte Tätigkeit des Tieres als eines Ganzen hängt zuletzt vom Zentralnervensystem ab. Die Zentrale regelt und leitet jede Tätigkeit möglichst im Interesse des ganzen Organismus. Der Magendarmka-

nal, das Herz und andere innere Organe besitzen ein mehr oder weniger entwickeltes, eigenes Nervensystem, aber bis zu einem gewissen Grade sind auch diese von dem Zentralnervensystem abhängig. Durch letzteres wird ein schnelles und harmonisches Zusammenwirken der verschiedensten Muskeln, Drüsen u. s. w. hergestellt. Es verdient hierbei noch unsere grösste Beachtung die Tatsache, dass bei den herrschenden Tierformen die Zentralisation des Nervensystems sehr weit fortgeschritten ist.

In den Tiergesellschaften ist die Zentralisation im allgemeinen nur schwach entwickelt. Man ist aber berechtigt von Zentralisation in den Tierherden oder Scharen zu sprechen, in welchen Leittiere auftreten. In einer Hühnerschar ist es der Hahn, der als Leiter und Führer dient. Der leitende Hahn ist der stärkste, und er hat die Führerrolle im Kampfe erworben. „Er ist Despot über alle Hennen und lockt die letzteren sogar, wenn reichlich Futter vorhanden ist“ (F. Alverdes). In einer Hühnerschar pflegt „eine ganz bestimmte Rangordnung zu bestehen, indem ein „Spitzentier“ alle anderen vom Futter weghackt. Dann folgen weiter Hühner, die immer von den höheren Rängen gehackt werden, selbst aber die unter ihnen stehenden hacken. Unten endlich steht ein Huhn, das von allen gehackt wird. Die einmal geschaffene Rangordnung wird kaum je wieder umgestossen, denn ein gegenseitiges Hacken findet ausser beim ersten Zusammentreffen kaum statt. Die Tiere behalten also die bei diesem gemachten eindrucksvollen Erfahrungen, auch wenn sie nur ein einziges Mal einwirkten. Da es dreieckige Hackverhältnisse gibt, wo A—B, B—C und C—A hackt, so ist die körperliche Stärke nicht allein massgebend für die Rangordnung. Nach Katz und Toll spielt die Begabung, die „Klugheit“ eine wichtige Rolle“ (F. Hempelmann). Der Hahn nimmt somit in der Hühnerschar eine gewisse zentrale Stelle ein. Ganz Ähnliches wird in den Rinderherden und anderen Sozietäten der höheren Wirbeltiere beobachtet.

Von einer gewissen Zentralisation kann man auch bei den höchsten Insektensozietäten sprechen. Es gibt bei den Insekten allerdings weder ein Leittier noch einen ständigen Führer. Aber dessenungeachtet nehmen die Königinnen in den Bienen-, Termiten- und Ameisenvölkern eine zentrale Stelle ein. Bei den Bienen „erfreut sich die nesteigene Königin, solange sie genehm ist, beständiger Fürsorge. Sie wird auf ihren Wanderungen durch den

Stock stets von Arbeiterinnen begleitet, die sie mit Nahrung versorgen, belecken, mit den Fühlern betasten und bei der Eierlage u. s. w. im Kreise um sie stehen, die Köpfe der Königin zukehrend. . . . Auch eine gewisse Anhänglichkeit an Königin und Brut lässt sich nicht leugnen. Sobald die Königin mit einem Teil eines Schwarmes im Kasten ist, folgt der Rest willig nach“ (E. Zander). Insbesondere beim Schwärmen spielt die Königin eine wichtige Rolle.

„Fliegt die Königin nicht mit dem Schwarm aus, so kehren die betreffenden Bienen wieder in den Mutterstock zurück; das Gleiche geschieht, wenn die Königin verloren geht, bevor junge Larven vorhanden sind. Ziehen mit dem Schwarm mehrere Königinnen aus (die alte und mehrere junge), so werden alle bis auf eine getötet. Sowie die Königin entfernt wird oder stirbt, bemächtigt sich des Stockes die grösste Aufregung. Alle Individuen geben einen ganz charakteristischen Ton von sich, den „Heulton“, so dass der Verlust in kürzester Zeit im ganzen Stock bekannt ist. Einer dazugesetzten anderen Königin wird zunächst feindlich begegnet; nach 1—1½ Tagen wird sie angenommen. Stirbt die Königin und bleibt der Stock zu lange weisellos, so legen zahlreiche Arbeiter unbefruchtete Eier und eine neue Königin findet keine Aufnahme mehr; der Stock stirbt in kurzer Zeit aus“ (F. Alverdes).

Auch bei den Termiten nimmt die Königin eine zentrale Stelle ein. Die Königin und der König „verlassen die Königskammer nie und sind in dieser von zahlreichen Arbeitern umgeben“ (P. Deegener). Die Königin wird von Arbeitern ernährt und gereinigt. Die von ihr abgelegten Eier werden in die Brutkammern fortgetragen. Stirbt die Königin (oder auch der König), so werden aus besonderen Reservelarven, Nymphen, Ersatzgeschlechtstiere gezüchtet. Es ist im ganzen unverkennbar, dass in den höheren Insektensozietäten (auch bei Ameisen, Hummeln, Wespen) die Geschlechtstiere eine gewisse zentrale Stelle einnehmen.

Im Gesellschaftsleben des Menschen ist die Zentralisation in stetem Wachstum begriffen. Auf den niederen Kulturstufen lebte der Mensch in kleinen Horden und produzierte jede Horde alles, was sie brauchte, selbst. Allmählich entwickelte sich zwischen den benachbarten Horden der Tauschhandel. Als im Zusammenhang mit der Sklavenarbeit und dem Frohndienste der herrschaftliche Grosshaushalt und andererseits das freie Gewerbe entstanden, nahm die Bedeutung des Tauschhandels zu. Selbst im Mittelalter und in grossem Umfang auch später verlief die Produktion ohne jegliche Zentralisation. „Erst produzieren die einzelnen Betriebe ganz für sich, ohne Zusammenhang, in

gegenseitiger Feindseligkeit, aufs Geratewohl. Dann bilden verwandte Betriebe (behufs Arbeitersparung u. s. w.) ein Zentrum, das die Leitung für diesen Bezirk übernimmt (vgl. die Kartelle), über einer Anzahl solcher Zentren entsteht ein noch höheres Zentrum u. s. w., bis die gesamte Produktion in ein einheitlich geleitetes, wohlgeordnetes System hinübergeführt ist“ (F. Müller-Lyer 1). In den früheren Stadien haben alle Unternehmungen, wo sie noch unabhängig und meistens verhältnismässig klein waren, untereinander konkurriert. Oft sind aber bei der Konkurrenz die Verluste sehr gross gewesen, und es hat sich als vorteilhaft erwiesen, eine grössere oder kleinere Anzahl von Unternehmungen zu vereinigen oder unter eine gemeinsame Leitung zu bringen. Dadurch wurde die Konkurrenz stark gemildert, die wirtschaftlichen Krisen verliefen weniger heftig und unter geringeren Verlusten. Besonders stark hat die Zentralisation der Produktion in den letzten Jahrhunderten zugenommen. Es ist eine grosse Menge von Konzernen, Kartellen und Trusts entstanden. Riesige Vereinigungen haben sich in der Ölindustrie (Standard Oil Company u. a.), Stahlindustrie (United States Steel Corporation, Die Vereinigten Stahlwerke Akt. G.), Mühlenbauindustrie, Düngerindustrie (das Deutsche Kalisyndikat), Zeitungs- und Zeitschriftenindustrie (Hugenberg's Konzern) u. a. gebildet.

Es hat Zeiten gegeben, in denen zwischen den Staaten noch kein regelrechter Verkehr herrschte. Nun aber ist der regelmässige Verkehr zwischen allen Staaten durchgeführt (Post, Eisenbahn und Schifffahrt), und es gibt auch Zentren zur Regulierung des Verkehrs auf der ganzen Erde (Weltpostverein, Telegraphenbureaus u. a.).

Zur Leitung der verschiedensten Bewegungen sind internationale Vereinigungen entstanden. Zu den grössten von ihnen gehören die politischen Arbeitervereinigungen, die Arbeiterinternationalen. Es gibt internationale wissenschaftliche Organisationen (internationale Institute für Meeresforschung, für Erdmessung, für Erdbebenforschung, Mass- und Gewichtsbureau u. a.). Vegetarier, Esperantisten, Antimilitaristen, Freidenker u. a. haben internationale Zentren gebildet.

Das ganze Staatsleben ist jetzt ziemlich weitgehend zentralisiert. Die verschiedensten Schulen, Kurse u. s. w. werden in den Hauptlinien von einer Zentralstelle aus verwaltet und geleitet.

Zum Behuf des Kampfes gegen die Epidemien und gegen verschiedene sonstige Gesundheitsschädigungen ist eine Menge von Gesetzen veröffentlicht worden. Ebenso wird von einer Zentralstelle bis zu einem gewissen Grade der Handel reguliert u. s. w. Besonders stark ist die Zentralisation in dem Kriegswesen durchgeführt. Die leitende Rolle der Obrigkeit ist im Wehrstande besonders klar ausgeprägt. Es ist äusserst kennzeichnend, dass im Weltkrieg die Zentralisation der Heeresleitung verschiedener kämpfender Staaten sich als unentbehrlich erwies (ein gemeinsamer Oberbefehlshaber für Frankreich, England u. s. w.). Um möglichst grosse Erfolge zu erzielen, war es notwendig nach einem gewissen Plane mit vereinten Kräften zu wirken. Selbst eine grössere Last kann man nicht heben, wenn die Kräfte nicht nach einem bestimmten Plane zur Wirkung gelangen, gar nicht zu reden von anderen verwickelten Funktionen!

Die Produktion erfolgt je nach der geographischen Lage und den sonstigen Naturverhältnissen des Landes. Kautschuk, Kokosnüsse und verschiedene Südfrüchte lassen sich nur in tropischen Gebieten anbauen. Die Holzindustrie ist entwickelt in waldreichen Gegenden, wo ausserdem bessere Verkehrswege und eine grössere Bevölkerungszahl vorhanden sind. Metall-, Kohlen- und Ölgewinnung kann nur in jenen Ländern stattfinden, in denen die betreffenden Naturschätze sich finden. Da nun die Produktion eines jeden Staates verschieden ist, so werden die verschiedensten Produkte und Waren auf dem Handelswege ausgetauscht. Für das Kulturleben ist der Tauschhandel geradezu unvermeidlich. Die nördlichen Staaten brauchen z. B. verschiedene Kautschukartikel und können sie nicht selbst produzieren. Das Land, in dem sich keine Metalle, keine Kohle oder Erdöle finden, kann nicht ohne sie auskommen und ist gezwungen sie auf dem Tauschwege zu beziehen. Selbst die grössten Staaten können in der Gegenwart nicht ganz unabhängig von anderen, autarkisch sein. Ich möchte hier in dieser Frage Prof. H. Leiter zu Worte kommen lassen, der in einem grossen Sammelwerk im Artikel über „Weltverkehr und Welthandel“ folgendes schreibt:

„Während der letzten Jahre zeigte sich überall das Bestreben, grosse Zollgebiete zu bilden, durch die nicht bloss Zollstreitigkeiten wegfallen, sondern auch die für die Wirtschaft notwendigen Rohmaterialien leichter und unabhängig vom Auslande beschafft werden können, welcher letzterer Zustand meist nach

einem aristotelischen Ausdruck als Autarkie — Selbsthinlänglichkeit — bezeichnet wird. Letzten Endes ist diese Selbstgenügsamkeit für kein Staatsgebiet vorhanden, am meisten noch in China und in den Vereinigten Staaten von Amerika und vor allem im britischen Weltreiche. China hat sich dadurch und infolge seiner starken Sozialisierung lange vom Auslande abschliessen können, ist aber damit in dem wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Fortschritt weit zurückgeblieben, so dass ein ähnliches Schicksal auch anderen autarkischen Gebieten widerfahren könnte, wenn heute ein Abschliessen überhaupt noch möglich wäre. Das britische Weltreich wie die Vereinigten Staaten von Amerika haben die Haupterzeugung von mehreren wichtigen Welthandelsgütern, die im eigenen Gebiete nicht verbraucht werden können, darum müssen die beiden Staaten mit vielen anderen in Berührung kommen, die dafür den Überschuss ihrer Erzeugung verkaufen wollen. Die jüngsten autarkischen Bestrebungen vieler Staaten bringen im Zeitalter des Weltverkehrs manche Stockung des Handels und Änderung der Handelsbeziehungen mit sich“ (H. Leiter).

Zweifellos wird durch das Streben zur Absonderung oder Isolation die wirtschaftliche Lage weiter Staatsbürgerschichten nur erschwert. Sobald das verarmte Europa nach dem Weltkriege oder in Krisenzeiten nicht mehr in früherem Masse Nahrungsmittel einführen konnte, stockte der Weizenbau in Kanada und die Viehzucht in Argentinien (Sering). Wenn man in Betracht zieht, dass sowohl die verschiedenartigsten Bedarfsartikel, als auch technische und wissenschaftliche Entdeckungen und Erfindungen unter allen Staaten ausgetauscht werden, so ist es unbestreitbar, dass in der Jetztzeit kein Staat vollkommen selbständig oder unabhängig sein kann.

Obgleich nun die Staaten voneinander abhängig sind, obgleich somit die Menschheit in Wirklichkeit schon eine Ganzheit bildet, gibt es immer noch kein Zentrum, welches die Lebensäusserungen dieser Ganzheit regulieren würde. Mit der Entwicklung der Technik und der Wissenschaft wird die Abhängigkeit der Staaten voneinander immer grösser, und mit O. Steche können wir sagen: „immer mehr wirst du „Weltbürger““. Man kann mit demselben Autor die wissenschaftlichen Institute als Sinnesorgane der Menschheit bezeichnen. Leider aber fehlt das „Menschheitsgehirn“ (O. Steche 3), welches die Ordnung in das Leben der Menschheit einführen, die krankhaften wirtschaftlichen Krisen, Zollmauern und Kriege abschaffen würde. Der Völkerbund ist nur ein schwacher Versuch, aber jedenfalls ein Versuch in dieser Richtung.

Der Aussenhandel der Erde (Ein- und Ausfuhrbetrag) hat mit der Entwicklung der technischen Verkehrsmittel (Eisenbahnen, Dampfschiffe u. s. w.) ausserordentlich schnell und stark zu-

genommen. Die betreffenden Zahlen in Millionen Reichsmark sind folgende:

Jahr	Millionen Reichsmark
1800	6.050
1820	6.820
1840	11.500
1860	19.800
1885	60.000
1900	88.500
1913	161.520
1926	253.062 (Vorkriegswert 167.000).

„Die Summe der Einfuhr und Ausfuhr aller Staaten der Erde kann für 1913 mit 162 Milliarden Mark angegeben werden. Sie hatte sich durch die Vervollkommnung der Verkehrsmittel und durch die grosse Zunahme der Bevölkerung in den einzelnen Staaten seit 1800 bis 1913 von 6 Milliarden Mark auf 162 Milliarden Mark, also um rund 3000%, gehoben, seit 1860 von etwa 20 Milliarden auf die vorhin genannte Summe, somit um 850%, während seit 1885, in welchem Jahre der Aussenhandel der einzelnen Staaten mit rund 60 Milliarden Mark angegeben wird, die Steigerung nur mehr 280% ausmacht“ (H. Leiter) Die Zunahme des Welthandels ist nur zu einem kleinen Teile als Folge der Bevölkerungszunahme zu betrachten, da die Bevölkerung der ganzen Erde im Laufe derselben Zeit sich verhältnismässig viel weniger vergrössert hat. Es ist somit eine feststehende Tatsache, dass der Zusammenhang der Staaten miteinander schnell und stark zunimmt.

Immer dringender wird das Bedürfnis nach einer zentralen Verwaltung. Es sei hier noch folgendes angeführt: „Ein- und Ausfuhrverbote, hohe Zölle, Erschwerungen der Grenzüberschreitungen gelten noch immer als die Ursachen des tiefen Standes europäischer Wirtschaft. 1927 hatte sich eine Weltwirtschaftskonferenz mit diesem Problem befasst und eine Herabsetzung der Zollsätze empfohlen. In der Tat hat die Entwicklung den entgegengesetzten Weg genommen; darum sind Fachleute aus etwa 40 Staaten im Sommer 1929 zu einer Tagung der Internationalen Handelskammer zusammengekommen und bemühen sich, die Hemmnisse des Handelsverkehrs zu beseitigen oder doch zu mindern. Es ist nicht unmöglich, dass in den Beratungen der Kaufleute die Wirtschaftseinheit Europas angebahnt wird“ (H. Leiter). So äussert sich der Professor an der Hochschule für Welthandel in Wien. Wir müssen aber noch hinzufügen, dass der Aussenhandel in der Regel zunimmt, und je inniger dadurch der Zusammenhang der Staaten miteinander wird, desto dringender wird die Notwendigkeit nach einer Zentralverwaltung, nach der Regelung

der Produktion, des Handels und des Verkehrs. Früher oder später wird die wirtschaftliche Notwendigkeit zur Vereinigung aller Staaten zu einem einzigen Weltreiche führen, wo die verschiedenen wirtschaftlichen und anderen Lebensäusserungen der Völker aus einem Zentrum heraus geleitet und geregelt werden. Der Völkerbund ist der erste Schritt in dieser Richtung, er beweist uns unzweideutig, dass die Zeit zur weiteren Zentralisation gekommen ist. „The teaching of biology and of human history indicate that further social progress must lie in the direction of the rational co-operation of all mankind“ (Conklin).

### **Konstanz oder Beständigkeit der Lebensbedingungen.**

Wir haben gesehen, dass bei höheren Organismen die Zusammensetzung des Blutes, der osmotische Druck und die Körpertemperatur konstant geworden sind. Das gleiche Streben zu konstanten oder wenigstens gleichmässigeren Bedingungen ist bei den sozialen Tieren zu verzeichnen.

Bei den sozialen Tieren werden oft Nahrungsvorräte angelegt. Bei den Bienen z. B. dienen dazu der Blütenstaub und der Honig, welche während des ungünstigen Wetters sowie auch während des Winters aus den Vorratzzellen hervorgeholt und verzehrt werden. Sie brauchen somit auch in solchen ungünstigen Zeiten nicht zu hungern. Einige Ameisen sammeln in der gleichen Weise Honig zum Vorrat und speichern ihn in den lebenden „Honigtöpfen“, im Kropfe der Arbeiter auf. „In der mageren Jahreszeit nährt sich die ganze Gesellschaft von den in den „Honigträgern“ aufgespeicherten Vorräten. Die hungrigen Arbeiter steigen hinab in die Gewölbe, an deren Decke die Dickbäuche hängen, und betasten die letzteren, welche sich durch Abgabe eines Honigtropfens erleichtern“ (K. Escherich 1). Nicht nur die Ameisen, sondern auch Termiten und Bienen füttern einander gegenseitig. Diese Tatsache ist so wichtig, dass es wohl zweckmässig ist den Prozess näher zu betrachten:

„Legt man ein befeuchtetes Stück Zucker in ein Beobachtungsnest, in welchem eine kleine Ameisenkolonie sich befindet, so dauert es nicht lange, dass einige Ameisen herankommen und an dem Zucker zu lecken beginnen. Mit der Lupe erkennt man deutlich rasche rhythmische Bewegungen der breiten Zunge und der Labialtaster, während die Maxillen und ihre Taster dabei ziemlich ruhig bleiben. Das Gros der Ameisen hält sich in der anderen Ecke des Nestes auf und kümmert sich nicht um den Leckerbissen.“

„Die ersteren Ameisen dagegen verharren lange bei dem Zucker, unentwegt an ihm leckend; manchmal setzen sie wohl eine Weile aus, um ihre mit dem Sirup verpappten Fühler u. s. w. zu reinigen und wohl auch um ein wenig auszuruhen: dann geht es aber gleich wieder von neuem mit dem Lecken los. Dabei hat sich der Hinterleib ausgedehnt; die glänzenden Regionen der Segmentplatten, welche sonst zum grössten Teil verdeckt sind, treten mehr und mehr hervor; der Umfang des Abdomens kann beinahe um das Doppelte sich vergrössern, während die betreffenden Ameisen immer noch nicht genug zu haben scheinen.

„Wenn wir diesen hier geschilderten Vorgang als „Fressen“ auffassen, so müssen uns die Ameisen als „Vielfrasse“ ersten Ranges erscheinen. Sie sind aber nichts weniger als das! Was wir eben beobachtet haben, ist kein „Fressen“ im eigentlichen Sinne; denn es kommt fürs erste nichts in den individuellen Magen der betreffenden Ameisen, sondern die ganze Menge des aufgesogenen Zuckersaftes verbleibt zunächst in dem „sozialen“ Magen und dient zum grössten Teil zur Verteilung an die übrigen Mitglieder der Gesellschaft. Wir haben es also vielmehr mit einem Sammeln von Nahrungsvorräten zu tun. Forel hat auch Experimente darüber angestellt, indem er den Zucker mit Berlinerblau färbte: in den ersten Tagen war keine Spur der blauen Flüssigkeit, welche den Vormagen (sozialen Magen) füllte, in den („individuellen“) Verdauungsmagen eingedrungen; erst später färbte sich auch letzterer langsam mehr und mehr blau.

„Die Ameise „frisst“ erst dann wirklich, wenn sie den Verschluss des Vormagens öffnet und von dem darin aufgesammelten Nahrungsvorrat etwas in ihren eigentlichen Magen durchtreten lässt; denn nur diese Nahrung kommt ihrem eigenen Körper zugute.

„Kehren wir wieder zu unserem Beobachtungsnest zurück und verfolgen wir die paar leckenden Ameisen weiter. Haben sie endlich genug des Sirups eingesogen, so entfernen sie sich von dem Zuckerstück und begeben sich in die Ecke, wo die übrigen Ameisen sich aufhalten. Hier sitzen sie nun ruhig da, ihren Vorderkörper aufgerichtet. Es kommt eine hungrige Ameise (B) an einer (A) von diesen vorbei, betastet sie und erkennt sogleich, dass hier etwas zu holen ist. Sie schlägt nun die angefüllte Genossin (A) heftig mit den Fühlern und den Vorderbeinen auf die Oberfläche und die Seiten des Kopfes und beleckt die Mundgegend. Gleich darauf öffnet jene (A) ihre Mandibeln, um Platz zu machen, und beide Ameisen verbinden sich nun Zunge an Zunge. Wir sehen wieder dieselben rhythmischen Bewegungen der Zunge, die wir oben beim Auflecken des Zuckers beobachtet haben. Die Lippentaster sowohl als die Fühler und die Vorderbeine der beiden sind in steter Bewegung; besonders die futtererhaltende Ameise (B) wird nicht müde, den Kopf der Fütternden (A) in der aufgeregtsten Weise zu bearbeiten. Die Bewegungen der letzteren (A) sind ruhiger und langsamer. — Nachdem die beiden Ameisen längere Zeit so vereinigt waren, trennen sie sich wieder. Bald sehen wir aber mit der Ameise A eine andere Ameise (C) in gleicher Weise verbunden, dann wieder eine andere (D) u. s. w., bis der Vorrat der Ameise A erschöpft ist.

„Nun aber spielen die so gefütterten Ameisen (B, C und D) ebenfalls die Rolle von Fütternden, denn auch sie haben die aus dem Munde der A erhaltene Nahrung nicht vollständig für sich gebraucht, sondern einen Teil in ihrem

Vormagen aufbewahrt zu weiterer Verteilung. Die Ameise B füttert eine andere Ameise E, C füttert F u. s. w. — Derselbe Vorgang kann sich noch mehrfach wiederholen; und so sehen wir denn in kurzer Zeit das ganze Nest erfüllt mit solchen sich fütternden Paaren. . .

„Durch dieses System der gegenseitigen Fütterung erwachsen der Gesellschaft grosse Vorteile. Denn es braucht nur ein Teil der Ameisen zum Nahrungserwerb auszuziehen, während die übrigen sich ruhig den anderen Funktionen widmen können, wie dem Nestbau und vor allem der Brutpflege“ (K. Escherich 1).

Wegen solch einer gegenseitigen Fütterung wird es in einem Ameisenvolke nicht vorkommen, dass einige Individuen beständig überernährt sind, andere dagegen hungern oder durch Unterernährung leiden müssen. Auf solch eine Weise (gegenseitige Fütterung, Anlegung von Nahrungsvorräten u. s. w.) werden die Ernährungsbedingungen der sozialen Insekten möglichst gleichmässig oder konstant gestaltet. Eine sehr wichtige Rolle spielt dabei der Pilzanbau (Ameisen, Termiten), Blattlauszucht (Ameisen), die Anlegung von Nahrungsvorräten, welche bei Ameisen („körnersammelnde“ Ameisen, Honigameisen), Termiten und Bienen beobachtet wird. Man ist somit auch für schlechtere Zeiten versorgt, und weder Erwachsene noch Larven brauchen zu hungern. Mit einem Worte: die Ernährungsbedingungen sind bei den höchsten sozialen Insekten viel gleichmässiger und zum Gedeihen des Volkes viel günstiger gestaltet, als das oft selbst beim Menschen der Fall ist! Wir können uns nur damit trösten, dass die menschliche Gesellschaft erst relativ spät, viel später als die Insektensozietäten, entstanden ist und dass sie nur deswegen noch nicht zu einem harmonischen Gebilde geworden ist. Die menschliche Sozietät hat noch sozusagen Kinderkrankheiten durchzumachen.

Besonders beachtenswert ist es, dass die sozialen Insekten für die Larvenzucht möglichst günstige Bedingungen schaffen; Bedingungen, welche selbst auch Erwachsenen zusagend sind. Namentlich die Temperaturbedingungen werden durch das soziale Leben oft merklich verbessert. Verschiedene Ameisen bauen kuppelförmige Nester. So z. B. befindet sich das Nest der Waldameise „in nach Süden gerichteter, windstillen Lage“ (A. Steiner). Durch die Kuppel werden mehr Sonnenstrahlen aufgefangen, als durch die dem grössten Kuppeldurchschnitt entsprechende Fläche möglich ist. Insbesondere werden bei niederen Sonnenständen viel mehr Sonnenstrahlen aufgefangen, als ohne Kuppel der Fall wäre. „So ergibt die mathematische Berechnung für die

geographische Breite von Bern ( $47^{\circ}$ ), dass eine halbkugelförmige Kuppel am Mittag des 21. Dezember zweimal, an den Tag- und Nachtgleichen  $1\frac{1}{4}$  mal und am 21. Juni 1,05 mal mehr Sonnenstrahlen erhält als ihre Horizontalfläche (Steiner, 1929). Für die höheren Breitengrade verschiebt sich dieses Verhältnis immer stärker zugunsten der Kuppel“ (Steiner). Das kuppelförmige Nest wird nicht nur besser durchwärmt, sondern es werden ausserdem noch Mittel zur Herabsetzung des Wärmeverlustes angewendet: die Nestöffnungen werden zur Nacht geschlossen, die Kuppeldecke wird dick gebaut, das Nest ist mit inneren wärmeisolierenden Luftkammern versehen und besteht aus schlecht wärmeleitendem pflanzlichem Material. Auf diese Weise wird es erreicht, dass die Temperatur in dem Kuppelneste in einer Tiefe von 30 Zentimeter „im Sommer oft längere Zeit sich zwischen  $23^{\circ}$  und  $29^{\circ}$  bewegt und  $10^{\circ}$  über der entsprechenden Bodentemperatur steht“ (Steiner). Es wird somit mit gemeinsamen Kräften ein Nest gebaut, in welchem die Temperatur für die Entwicklung der Eier und Larven sowie auch für die Lebenstätigkeit der Erwachsenen sehr günstig ist. Um die Larven und Puppen vor der Abkühlung während der Nacht oder aber auch vor Überhitzung während eines heissen Mittags zu schützen, werden sie in tiefere Nestgänge fortgetragen. In kühlen Sommernächten wird eine höhere Temperatur noch dadurch erreicht, dass die Ameisen sich an einer Stelle zusammenhäufen.

Bei der Waldameise mit grossen Kuppelnestern wird eine erhebliche, durch die Nacht andauernde Wärmespeicherung erreicht, bei den Ameisen mit kleineren Erdkuppelbauten ist dagegen die Wärmespeicherung allerdings schwächer, aber immerhin wenigstens während des Tages deutlich merkbar. Und selbst bei den Ameisen mit kleineren Bauten aus Erde und pflanzlichem Material kann im Nestzentrum die Temperatur während der ganzen Nacht etwas erhöht sein.

Eine höhere und für die Larvenentwicklung günstigere Temperatur wird auch bei den höheren Faltenwespen beobachtet. Bei der gemeinen Wespe (*Vespa vulgaris*) hat man im Sommer während 5 Wochen die Temperatur gemessen und gefunden, dass dieselbe um  $12,27^{\circ}$  höher war als die Aussentemperatur. „Über  $12^{\circ}$  wärmer — das ist schon recht beachtenswert! Solch ein Wärmeüberschuss wird bei den Wespen insbesondere durch die Muskel-tätigkeit erzielt, da dadurch bei den Insekten ebenso Wärme

entsteht wie bei den Körperbewegungen des Menschen. Ausserdem wird auch bei den Wespen das Nest nach Süden angelegt, in abgeschlossene Räume eingebaut und die Waben werden durch Nesthüllen bis zu einem gewissen Grade vor stärkeren Temperaturschwankungen geschützt. Es ist höchst interessant, wie die Wespe *Polistes biglumis* L. ihr Nest vor Überwärmung schützt. Die Temperatur des „hüllenlosen und stets sonnig gelegenen“ Nestes steigt an sonnigen Tagen leicht zu hoch, wie die Versuche mit leeren Nestern zeigten. Bei einem Versuche Steiners war für 6 Sommertage die durchschnittliche Temperatur des leeren Kontrollnestes  $47,47^{\circ}$ , diejenige des bevölkerten Nestes dagegen nur  $35,43^{\circ}$ . Eine zu hohe Temperatur ist den Larven schädlich, und erst durch die Regulierung wird einer gefährlichen Temperatursteigerung vorgebeugt und für die Entwicklung eine möglichst günstige oder optimale Wärme erzielt. Die Wärme wird im gegebenen Falle dadurch geregelt, dass Wasser in das Nest getragen und durch Fächeln verdampft wird (A. Steiner).

Gewisse australische Termiten bauen besondere flache, 3 bis 4 oder mehr Meter hohe „Kompassnester“, welche mit den Schmalseiten nach Norden und Süden gerichtet sind. Da nun gerade die schmale Seite gegen die am meisten wärmende Mittagssonne liegt, so wird dadurch am besten der Überhitzung entgegengewirkt.

Wie bei den Ameisen mit kuppelförmigen Nestern, so ist auch bei den Wespen die Temperaturregulierung noch mangelhaft: die Temperatur ist zwar erhöht, aber sie unterliegt Schwankungen im Zusammenhange mit den Veränderungen der äusseren Temperatur. Bei der Honigbiene dagegen ist die Temperatur während der ganzen Brutzeit konstant. Die Temperatur im Stocke des brütenden Bienenvolkes liegt zwischen  $35^{\circ}$  und  $36^{\circ}$  C. Die Wärme ist dabei so gut reguliert, dass die Schwankungen im Laufe des Tages kaum einen Grad erreichen. In einem brütenden Bienenstocke ist somit die Temperatur ebenso gut und vollkommen reguliert wie in dem menschlichen Körper. Durch die Ventilation, „das gruppenweise Fächeln“, wird auch bei den Bienen der Überwärmung vorgebeugt. Im Körper jeder Biene (auch der Larven und Puppen) wird etwas Wärme gebildet, und da „sich bei kühler Witterung die Arbeitsbienen dicht auf den Brutwaben zusammendrängen, mit ihren Körpern die Brutzellen bedecken wie mit Federbetchen, so verhindern sie die Wärmeabgabe nach Möglichkeit“ (K. v. Frisch), und so wird dadurch eine sehr gleichmässige und hohe Temperatur

erzielt. Merkwürdigerweise ist die zur Entwicklung der Bienenbrut günstige Wärme beinahe ebenso hoch wie die menschliche Körpertemperatur.

Da es selbst in Laboratorien keineswegs leicht ist eine konstante Temperatur zu erzielen, so verdient die Gleichmässigkeit der Wärme im Bienenstocke unsere volle Beachtung. Es ist dabei offensichtlich, dass eine einzelne Biene gar nicht imstande ist die Temperatur recht hoch und konstant zu halten, wie das im Bienenstocke geschieht. Nur durch das Zusammenwirken Tausender von Individuen wird das erreicht; es wird mit gemeinsamen Kräften erfolgreich gegen Naturgewalten gekämpft und oft etwas wahrhaft Wunderbares erzielt. Was für die Kräfte der einzelnen oder kleiner Gruppen unerreichbar, wunderbar und utopisch ist, kann durch zweckmässige Vereinigung der Kräfte vieler Individuen mit Leichtigkeit ausgeführt werden.

Eine gegenüber der Aussentemperatur erhöhte Wärme wird bei den Bienen nicht nur im Sommer, sondern auch im Winter beobachtet. Sie schliessen sich während der kalten Jahreszeit zu Trauben zusammen, in deren Mitte die Temperatur  $13^{\circ}$  beträgt. Sinkt die Temperatur am Rande der Bienentraube auf 8 bis  $10^{\circ}$ , so beginnt eine lebhafte Bewegung der Tiere, sie nehmen Nahrung auf und die Stocktemperatur steigt wieder. Wir sehen somit, dass die Tiere bestrebt sind ihre Lebensbedingungen (Ernährung, Temperatur) möglichst gleichmässig zu gestalten, und das gelingt nur den am höchsten ausgebildeten Sozietäten (Bienen, Ameisen, Termiten, Wespen).

In der gleichen Richtung verläuft nun auch die menschliche Kultur. Auch der Mensch ist bestrebt, für sich möglichst gleichmässige oder konstante Lebensbedingungen zu schaffen (Gesetz der Konstanz), obgleich von dieser Gesetzmässigkeit kaum gesprochen wird. So z. B. ist in den Kulturstaaten die Hungersnot überwunden. Kein Mensch hungert in der Jetztzeit deshalb, weil keine Nahrungsmittel vorhanden sind. Die Arbeitslosigkeit sowie das damit im Zusammenhang stehende Hungern und die Unterernährung sind etwas ganz anderes: sie sind die Folge einer mangelhaften Organisation der Produktion und insbesondere der Verteilung. Es werden in der Jetztzeit oft Vorräte angelegt, und die Landwirtschaft ist unter den gegenwärtigen Verhältnissen

ertragreich genug, um allen Menschen Nahrungsmittel zur Genüge zu gewähren. Der Mensch ist bestrebt für sich immer bessere Wohnungen zu errichten. Weder in Höhlen noch in Zelten oder in primitiv gebauten Häusern ist man so gut vor Kälte und Regen, Wind und Schnee geschützt wie in den modernen Häusern.

Es wird oft behauptet, dass das Leben sich gar nicht verbessere. Ja, wenn man kürzere Zeitabschnitte im Auge hat, so kann es in der Tat so aussehen. Selbst eine Verschlechterung wird man zuweilen feststellen können. Wenn wir aber längere Perioden in Betracht ziehen, so ist der Fortschritt im grossen und ganzen nicht abzuleugnen. Vergleichen wir das Leben des Urmenschen mit dem unsrigen, so ist der Fortschritt unverkennbar. Sehr schwer war der Kampf des Urmenschen mit den Raubtieren, mit Krankheiten, mit Kälte, Feuchtigkeit, mit dem Mangel an Nahrungsmitteln und anderen Fährlichkeiten. Die Jagd und das Sammeln von Pflanzenprodukten ist keineswegs immer ertragreich, insbesondere während des Winters. Der Urmensch hat wohl oft genug Hunger leiden müssen, bevor er Vorräte anlegte (das Schimmeln infolge der Nässe!) und Pflanzenbau erlernte. In den halbdunklen und feuchten Höhlen, welche dazu im Winter noch ziemlich kalt (keine Öfen, keine Dielen und Türen u.s.w.) und mit Rauch erfüllt waren, konnte das Leben keineswegs besonders angenehm sein. Zweifellos fielen sehr viele den Raubtieren zur Beute oder starben an Krankheiten, welche durch ungünstige Lebensbedingungen verursacht waren. Wenn man von einem goldenen Zeitalter spricht, so gehört das Leben des Urmenschen nicht in diese Zeit hinein. Verhältnismässig gute Lebensbedingungen konnten die Vorfahren des Urmenschen geniessen. Das tropische Klima, das während des Tertiärs selbst in Europa herrschte, hat den Vorfahren des Urmenschen ziemlich günstige Lebensverhältnisse geboten. Aber mit dem Eintreten der Eiszeit änderten sich die Verhältnisse schroff, und der Urmensch hatte einen sehr schweren Kampf durchzuführen. Er konnte infolge der Abkühlung weder auf den Bäumen genügend Früchte, noch irgendwo das ganze Jahr hindurch essbare Sprossen finden. Er musste das Leben auf den Bäumen gänzlich aufgeben und Tiere zu erjagen lernen. Wegen der Verschlechterung des Klimas musste er Höhlen aufsuchen und sich kleiden lernen.

Die meisten jetzigen Menschen haben die Möglichkeit in Wohnungen zu leben, in denen weder Kälte noch Regen, weder

Feuchtigkeit noch Dunkelheit, weder Rauch noch Schimmelpilze, weder Raubtiere noch Ungeziefer sie dermassen belästigen, wie dies in den Höhlen des Urmenschen der Fall war. Auch haben sie kaum unter Hunger zu leiden. Die Sterblichkeit und die Zahl der Unglücksfälle haben zweifellos abgenommen. Im Vergleich mit den Verhältnissen des Urmenschen und durchschnittlich sind die Lebensbedingungen bessere geworden.

Aber es gibt immer noch sehr viele Mängel. Besonders in den letzten Zeiten sind die Lebensbedingungen für viele Millionen sehr schwer geworden. Über 20 Millionen Menschen sind arbeitslos. Kein Arbeiter ist vor Arbeitslosigkeit gesichert. Kein Mensch kann ruhig bei seiner Arbeit sein, da jede Minute ein Krieg ausbrechen kann, und dann ist es aus mit den gleichmässigen und günstigen Lebensbedingungen. Überall wirkt die wirtschaftliche Krise stark bedrückend. Das ganze Leben ist unsicher, schwankend, unbeständig.

Die Unbeständigkeit und Unsicherheit lässt aber keine Freude aufkommen. Das Streben nach gleichmässigeren oder konstanten Lebensverhältnissen liegt in der Natur des Menschen, oder eigentlich in der Natur aller höheren Lebewesen, wie wir schon gesehen haben. Aller Art Stabilisationen, Konsolidationen und Versicherungen laufen nur darauf hinaus, konstantere Bedingungen zu schaffen. Durch die Lebensversicherung wird die Familie mit mehr oder weniger Erfolg vor Mangel geschützt. Ist ein Haus gegen Feuer versichert, so wird man nach einer Feuersbrunst ohne Schwierigkeiten ein neues Haus zu bauen imstande sein. Alle möchten gegen die verschiedensten Unglücksfälle versichert sein, und demgemäss gibt es auch sehr mannigfaltige Versicherungsarten: Lebens-, Kranken-, Invaliden-, Unfall-, Diebstahl-, Vieh-, Maschinen-, Feuer-, Hagel-, Transport-, Glas-, Schiffs-, Aufruhr- und viele andere Versicherungen (vgl. Woytinsky). Versichert wollen sein Menschen mit Vermögen ebenso wie Arbeiter (Arbeiterunfall- und Arbeiterkollektivversicherungen). Gewiss, alle diese Versicherungen sind, besonders in der Gegenwart (Kriegsgefahren!), zu unsicher und mangelhaft. Obgleich die Versicherungen recht verbreitet sind, so sind sie doch bei weitem nicht imstande die Unsicherheit der Lebenslage zu bannen. Die meisten Menschen sind weder gegen Krankheit noch gegen Unfälle in vollkommen genügendem Masse versichert.

Aber das Streben nach gleichmässigeren Lebensbedingungen liegt in der Natur der Menschen, und man will ein gesichertes Leben verwirklichen. Und das ganze Streben wirklich human gesinnter Menschen läuft ja nur darauf hinaus, allen Menschen, starken und gesunden, jungen und alten, kranken und Krüppeln u. s. w. ein menschenwürdiges Dasein zu ermöglichen. Alle sollten stets mit Nahrung, Kleidung und Wohnung versorgt sein.

Die Tiere der höchsten Sozietäten haben für sich und besonders auch für die Brut sehr günstige Lebensbedingungen geschaffen. Diese wird sorgfältig und gut ernährt, vor Feinden und Unwetter geschützt und überhaupt gepflegt. Oft wird eine für die Entwicklung der Brut sehr förderliche Temperatur aufrecht erhalten. So günstige Lebensbedingungen kann nur eine Sozietät der Nachkommenschaft bieten. Nur die Vereinigung zum Daseinskampfe hat den sozialen Tieren den ausserordentlichen Erfolg gesichert. Da der Brut sehr günstige Bedingungen geboten werden, verläuft die Fortpflanzung der sozialen Tiere ökonomisch, ohne dass Eier, Larven und Puppen in grösserer Anzahl umkämen. Unter den Tieren ohne Brutpflege ist die Verwüstung in den Entwicklungsstadien oft geradezu ungeheuerlich (Froscheier und -larven, Fisch-eier und Jungfische u. a.!), die Entwicklung der Bienen-, Ameisen- und Termitenbrut ist aber dermassen gesichert, dass die Verluste in der Regel verschwindend klein sind! Die menschlichen Kinder sind bei weitem nicht immer so gut gepflegt und haben oft nicht so günstige Lebensbedingungen, wie bei den höchsten sozialen Tieren! Bienen, Ameisen und Termiten haben für sich und ihre Brut Bedingungen hergestellt, die uns Menschen in vielen Hinsichten zum Vorbild dienen könnten.

Ogleich die menschliche Gesellschaft noch mangelhaft ausgebildet ist, so ist doch kein Grund zum Pessimismus vorhanden. Die Not ist die beste Lehrmeisterin, so sagt ein Sprichwort, bis zu einem gewissen Grade mit Recht. Jedes Tier wird unter ungünstigen Verhältnissen unruhig und macht Versuche denselben zu entrinnen. Die Not zwingt auch die Menschen nach einem Auswege aus den Schwierigkeiten zu suchen. Es ist nicht richtig, dass die Not erfinderisch macht. Nein! Es wird ja auch eine Menge von unsinnigen Versuchen gemacht. Zahlreich sind auch unsinnige Pläne. Aber da wegen der Not stets nach den Ursachen derselben gefragt wird und immer wieder neue Versuche gemacht werden, so muss man

früher oder später den richtigen Ausweg finden. Durch die verschiedensten Versuche kommt die Menschheit zu der Überzeugung, dass dieses oder jenes Mittel zur Lösung der Schwierigkeiten untauglich ist. Vielleicht werden viele bei den Versuchen überhaupt jede Hoffnung verlieren und zu der Meinung gelangen, dass die Bestrebungen günstige und gleichmässige Lebensbedingungen zu erreichen nur Utopien seien! Wer aber die ganze Organismenwelt in Betracht zieht, der kann nicht daran zweifeln, dass die genannten Bestrebungen in der Entwicklungsrichtung des Naturlebens liegen. Durch Herstellung günstiger Lebensbedingungen werden die Sozietäten stark. Nur Sozietäten mit weitgehend günstigen und konstanten Lebensbedingungen können eine herrschende Stellung unter den Lebewesen einnehmen. So ist es im Tierreich und so ist es auch beim Menschen.

### **Zusammenfassung.**

Die Artenzahl der sozialen Tiere ist nicht sehr gross, aber dessenungeachtet sind gerade sie die herrschenden Tiere. Unter den wirbellosen Landtieren nehmen die sozialen Insekten (insbesondere die Ameisen und Termiten) die erste Stelle ein. Unter den Landwirbeltieren gehört den Vögeln und insbesondere den sozialen Säugetieren der Masse nach die wichtigste Stelle. Die in der Gegenwart herrschenden sozialen Tiere sind verhältnismässig spät entstanden, aber sie haben im Kampfe ums Dasein soviel Erfolg gehabt, das sie die anderen Tiere in den Hintergrund drängen konnten. Die Bildung der Sozietäten oder die Vereinigung der Kräfte zum Daseinskampfe ist somit zweifellos ausserordentlich erfolgreich gewesen.

Bei der Vereinigung der Individuen hat sich die Arbeitsteilung entwickelt, und je höher eine Sozietät gestiegen ist, desto stärker ist die Arbeitszerlegung ausgebildet. Unzertrennlich mit der Arbeitsteilung verläuft das Zusammenwirken. Um letzteres zu ermöglichen, ist eine Fühler-, Gebärden- oder Lautsprache mehr oder weniger entwickelt. Um möglichst erfolgreich zu wirken, tritt in höheren Sozietäten die Konzentration ein. Es werden die Zellen dicht aneinander, mit gemeinsamen Wänden gebaut, es werden grosse gemeinsame Pilzgärten, gemeinsame Wege oder Galerien und Nester angelegt. Mit der Entwicklung der Sozietäten stellt sich auch die Zentralisation ein. Bei den sozialen Insekten

gehört die zentrale Stellung den Königinnen, bei den sozialen Wirbeltieren den sogenannten Leittieren. Die sozialen Tiere sind bestrebt, mit vereinten Kräften möglichst konstante und günstige Lebensbedingungen herzustellen. Insbesondere wird den schädlichen Temperaturschwankungen und dem Nahrungsmangel entgegengewirkt (Vorräte, Pilzanbau u. s. w.). Hochentwickelte Sozietäten sind in der Regel auch gross. Bei den höchsten Sozietäten ist die Arbeitsteilung, die Konzentration und die Zentralisation am meisten fortgeschritten und die Konstanz der Lebensbedingungen am vollkommensten verwirklicht.

Die Arbeitsteilung, Konzentration und Zentralisation ist sehr erfolgreich. Auf diesem Wege können die sozialen Tiere mit verhältnismässig geringem Aufwand von Kräften beträchtliche Erfolge erzielen. Nur infolge der zweckmässigen Vereinigung der Kräfte kann die Fortpflanzung der sozialen Tiere mit verhältnismässig sehr kleinen Verlusten geschehen, günstige und verhältnismässig hohe Temperaturen erzielt werden u. s. w. In den Insektensozietäten ist die Arbeitsteilung, Konzentration und Zentralisation sehr weitgehend, und gerade diese Sozietäten sind sehr lebensfähig und stark. Die kleinen, an und für sich schwachen Insekten, welche hochentwickelte Sozietäten gebildet haben, sind zu einer Grossmacht in der Natur geworden. Die kleinen Ameisen und Termiten sind nur durch den Zusammenschluss zu herrschenden Formen unter den zahlreichen auf dem Lande lebenden Wirbellosen geworden. Die Vereinigung der Kräfte zum Kampfe ist so wirksam und vorteilhaft gewesen, dass diese kleinen Insektenarten äusserst zahl- und massenreich vorkommen können. Die kleinen, schwachen und blinden Termitenarbeiter können mit vereinten Kräften für sich grosse gemütliche Bauten errichten, Pilze zur Nahrung züchten, Nahrungsvorräte anlegen u. s. w.

Es ist äusserst beachtenswert, dass in der Lebewelt die Vereinigung der Kräfte zum Kampfe ums Dasein eine ausserordentlich wichtige Rolle spielt und immer weiter fortgeschritten ist. Sehr wichtig war schon die Vereinigung der Zellen zu vielzelligen Organismen: dadurch entstanden Pflanzen und Tiere, die das Land erobern und ein reiches Leben entwickeln konnten. Der Lebensraum wurde stark erweitert. Ausser der Vereinigung der Zellen hat auch der Zusammenschluss voneinander verschiedener Arten (Symbiose) eine grosse Rolle gespielt. Es wurde dadurch mög-

lich, selbst unter recht ungünstigen Bedingungen zu leben, unverdauliche Stoffe auszunutzen, sich erfolgreicher zu schützen u. s. w. Nachdem hochstehende vielzellige Organismen entstanden waren, trat in der Natur wieder in einer neuen Erscheinungsform die Vereinigung der Kräfte zum Daseinskampfe hervor. Es entstanden die Tiergesellschaften oder Sozietäten. Die Vereinigung der Individuen ist für die betreffenden Arten wieder sehr segensreich gewesen. Sehr oft sind sogar potenzierte oder multiplizierte Vereinigungen entstanden: zahlreiche 1) vielzellige Organismen (Zellverbände) bilden gleichzeitig 2) Symbiosen und auch 3) Gesellschaften (Ameisen, Termiten, Mensch u. a.), also dreifache Vereinigungen.

Die Vereinigung war immer erfolgreich, ganz gleich, ob sich Zellen oder verschiedene Arten oder Individuen einer und derselben Art zusammenschlossen. Durch die Vereinigung sind immer lebensfähigere Formen entstanden, welche die anderen Pflanzen und Tiere in den Hintergrund gedrängt haben. Wie die Zellverbände, so sind auch die Verbände der Individuen zu Herrschern geworden. Sie sind äusserst verbreitet und nehmen der Masse nach die erste Stelle ein. Vereinigt haben sich oft ungeheure Zellmengen (Billionen im Menschenkörper u. s. w.), oder Millionen von Einzelindividuen (Termiten). Die herrschende Rolle der vielzelligen Organismen und der sozialen Tiere beweist mit unumstösslicher Sicherheit, das die Vereinigung der Kräfte die beste Methode des Daseinskampfes ist. Es waltet in der Natur nicht der Krieg aller gegen alle, sondern immer weiter geht die Vereinigung der lebenden Einheiten.

## II.

### **Der wirkliche Daseinskampf des Menschen.**

Der gewaltige Siegeslauf des Menschen ist nur durch die Vereinigung der Individuen zu Gesellschaften ermöglicht worden. Hilflos ist der einzelne Mensch gegen wilde Tiere und gegen die Fährlichkeiten der Natur. Erst durch das Zusammenwirken ist der Mensch zum mächtigsten Lebewesen geworden und hat sich stark vermehren können. Durch die Vereinigung der Kräfte konnte der Feld- und Gartenbau und die Tierzucht entstehen. Und gerade auf diesem Wege sind die grössten Erfolge im Kampfe

ums Dasein erzielt worden. Nicht durch Kämpfe und Kriege sind die Nahrungsmittel und die verschiedenen Bedarfsartikel des Menschen stark vermehrt worden, sondern durch friedliche Arbeit.

Die Menschheit kann sich noch stark vermehren. Der Berliner Professor der Geographie Alb. Penck kommt in der „Zeitschrift für Geopolitik“ (1925) zu dem Schlusse, dass „die höchste denkbare Einwohnerzahl der Erde 15,9 Milliarden ist, welche eine mittlere Volksdichte von 107 voraussetzen würde. Diese Zahlen erscheinen uns als ein äusserster Grenzwert, welcher schwerlich erreicht werden dürfte. Die wahrscheinlich grösste Einwohnerzahl der Erde ergibt sich als nur halb so gross, zu 7,689 Milliarden, also unwesentlich anders als nach der berechtigten Schätzung von Fircks . . . Es ist also unser Schlussergebnis bereits in den Hunderten der Millionen unsicher, und wir dürfen es unbedenklich auf 8 Milliarden abrunden. Aber auch diese Zahl erscheint noch keineswegs gesichert. Sie erhöht sich um 1,4 Milliarden, wenn wir als potentielle Dichte des feuchtheissen Urwaldklimas das Mittel aus Wojeikofs und unserer Schätzung annehmen. Es dürfte sich die potentielle Bevölkerung der Erde zwischen 8 und 9 Milliarden bewegen. Dem steht eine faktische von rund 1,8 Milliarden gegenüber. Es ist also der Lebensraum der Menschen nur etwa zu  $\frac{1}{5}$  erfüllt“. Dass die Erde eine rund 5 mal grössere Einwohnerzahl ernähren könnte, ist eine ziemlich bescheidene Schätzung, was aus Folgendem zu ersehen ist. A. Penck behauptet, dass die Volksdichte des Deutschen Reiches (125), wie sich im Kriege erwiesen habe, grösser sei, als durch das Land ernährt werden kann und dass im Britischen Weltreiche das Stammland „absolut übervölkert sei . . . mit einer potentiellen Bevölkerung von 30 Millionen“. Nach M. Hindhede, Leiter des Staatsinstituts für Ernährungsforschung, dagegen ist sogar die Bevölkerung Deutschlands und Englands vermehrbar, im ersteren Staate auf das 2,8 fache, in letzterem auf das 1,2 fache. M. Hindhede setzt bei dieser Berechnung voraus, dass die Bevölkerung „ausschliesslich von Getreide, Wurzelgemüse und Grünzeug . . . ja noch mit etwas Milch“ leben kann. Bei dieser Voraussetzung würde somit England 57 Millionen Einwohner (jetzt 46) ernähren können, nach Penck aber nur 30 Millionen. Wir zitieren eine Stelle aus A. Penck: „Würde man durch entsprechende Düngung die Brache ausschalten können, so könnten im Graslande am Urwaldsaume 600 Menschen auf dem Quadratkilometer

leben . . . dass die Tropen mehr als dreimal so dicht besiedelt werden könnten als die gemässigten Zonen“. Zieht man das früher Gesagte und dies in Betracht, so kann man nicht bezweifeln, dass die Bevölkerung der Erde ohne jegliche Schwierigkeit auf das Fünffache vermehrbar ist. Nach verschiedenen Gelehrten (Fischer, Fircks, Ballod, Aust u. s. w.) wäre die Einwohnerzahl der Erde auf das 3- bis 4-fache vermehrbar (vgl. M o m b a r t).

Es ist aber möglich, anstatt Getreide viel ertragreichere Pflanzen zu kultivieren (Wallnussbäume, Bananen, Kokos, Soja- oder Ölbohne, Kartoffel, Zuckerrübe u. a.), die Kulturpflanzen durch Zucht immer weiter zu veredeln, die Düngung immer besser durchzuführen. Der Gartenbau, welcher viel ergiebiger ist als der Feldbau, lässt sich noch stark erweitern. Besonders erfolgreich dürfte gerade dieser Weg sein (Treibhäuser!). Es lassen sich mit verhältnismässig wenig Mühe und Kosten sehr grosse Flächen in zu trockenen Gebieten unter Kultur nehmen, wenn künstliche Bewässerung eingeführt wird, was in der Jetztzeit technisch keine besonderen Schwierigkeiten bietet. Diese trockenen, sonnenreichen Gebiete würden durch künstliche Bewässerung zu äusserst ertragreichen Ländern werden.

Es ist auch kein Mangel an Holz und Baumaterial vorhanden.

„Ein Waldgürtel von gewaltigen Ausmassen, eine Hyläa, zeigt sich zwischen den Wendekreisen rings um die Erdkugel, durch Südamerika, Mittelamerika und über Indien und die indische Inselwelt hin. Mindestens die Hälfte von Südamerika ist mit tropischem Urwald bedeckt; dies riesige zusammenhängende Waldgebiet misst in seiner grössten Ausdehnung von W nach O über 4000 km, von N nach S gegen 3000 km. In Afrika entspricht ihm eine ähnliche Waldmasse, die den Golf von Guinea in einem 200 km breiten Streifen an seiner Nordseite begleitet und, das ganze Kongogebiet erfüllend, fast bis zu den grossen Seen reicht, von W nach O ungefähr 2000 km lang, von N nach S gegen 1000 km messend; nur an seiner Südseite greifen längs den Wasserscheiden der Flüsse Grasflächen buchtenartig in dies Waldmeer ein. In der indopazifischen Inselwelt findet der Waldgürtel seine Fortsetzung; Ceylon, Sumatra und Java, die malayische Halbinsel, Borneo, Celebes, Neu-Guinea und viele der kleineren Sunda- und papuanischen Inseln sind mehr oder weniger dicht von Urwald bestanden. Natürlich wechselt im einzelnen die Beschaffenheit dieser Wälder, je nach der Meereshöhe und der Bodenfeuchtigkeit; und die Zusammensetzung ist eine verschiedene nach der Art der Bäume. Aber dennoch zeigen sie in diesem ungeheuren Gebiet eine erstaunliche Ähnlichkeit in der Üppigkeit des Wachstums und in der grossen Mannigfaltigkeit der Baumarten, die hier im gleichen Waldverband vereinigt sind“ (R. H e s s e 1).

Ausser diesen üppigen Urwäldern gibt es auch im Norden sehr grosse Waldflächen. Sibirien, das ebenso gross wie ganz

Europa ist, ist hauptsächlich (über 70% der ganzen Oberfläche, 121 Millionen Hektar) ein Wald, die Taiga. In Kanada sind 241 Millionen, in den Vereinigten Staaten von Amerika 185 Millionen Hektar mit Wald bedeckt.

Die weiten tropischen und sibirischen Wälder sind noch fast ganz unausgenutzt. Es ist klar, dass diese ungeheuer weiten Waldflächen genug Bau- und Heizmaterial, sowie auch Rohmaterial für verschiedene Holzindustrien (Papier, Möbel u. s. w.) bieten können. Die Landoberfläche kann allen Menschen reichlich Nahrungsmittel, Bau- und Heizmaterial, Faserpflanzen u. s. w. liefern. Unermesslich grosse Naturschätze stehen unausgenutzt! Ausserdem müssen wir noch in Betracht ziehen, dass die Kraft vieler Wasserfälle (kaum  $\frac{1}{10}$ !), des Windes u. s. w. entweder überhaupt nicht oder doch nur mangelhaft ausgenutzt ist. „Wollte man den gesamten, gegenwärtig etwa 200 Millionen Pferdekräfte betragenden Kraftverbrauch auf der ganzen Erde allein durch Sonnenmaschinen mit Einrechnung der notwendigen Verluste decken, so würde dafür eine Bestrahlungsfläche genügen, die nicht grösser als  $\frac{1}{1000}$  von der Wüste Sahara zu sein brauchte, also etwa 9000 qkm . . . Ganz allgemein hat man . . . ausgerechnet, dass Sonnenmotoren rentabler arbeiten als befeuerte Dampfmaschinen, sobald die Tonne Kohlen über 18 Goldmark kostet“ (A. Marcuse). „Müsste der Wind allein — abgesehen von allen anderen Energiequellen — selbst das Zehnfache der heute installierten 250 Mill. kW an Leistung übernehmen, also  $2\frac{1}{2}$  Milliarden kW, so sind das 25 Mill. 100 kW-Anlagen . . . Also braucht die Erdoberfläche nicht etwa mit Windkrafttürmen gespickt zu sein wie ein Ölevier mit Bohrtürmen! Erst auf alle 6 qkm im Durchschnitt käme ein solches 100 kW-Windkraftwerk, wenn wir nicht mehr verlangen als 2,5 Milliarden kW!“ (A. Lowitsch).

Nun wird aber die Arbeitskraft verschwendet. Der Kampf ums Dasein ist ein Fortpflanzungs- oder Vermehrungskampf. Zum Kampf ums Dasein gehört auch das Herstellen möglichst günstiger und konstanter (optimaler) Lebensbedingungen. Die Vermehrung der Bevölkerung und die Verbesserung der Lebensverhältnisse ist nur durchführbar, wenn die Menschen in genügendem Masse mit Nahrung, Wohnung und Kleidung versorgt sind. Alle diese Lebensmittel lassen sich aber im „Kampfe mit der

Natur“ oder mit Naturgewalten beschaffen, und erst auf diesem Wege kann die Menschheit sich vermehren und für sich günstige Lebensbedingungen herstellen. In den kriegerischen Kämpfen dagegen wird nur voneinander geraubt, und im allgemeinen wird der Lebensraum dadurch keineswegs erweitert, sondern viel eher verengert. Es ist offenbar, dass der richtige Kampf ums Dasein nur darin bestehen kann, dass der Mensch die Naturkräfte möglichst vollständig auszunutzen strebt. Um aber möglichst viel Nahrungsmittel und verschiedene Rohmaterialien der Natur abzugewinnen, dazu ist die Vereinigung der ganzen Menschheit unerlässlich.

Bei der Behandlung der Kampffrage verdient unsere grösste Beachtung die Tier- und Pflanzenkultur. Die Kulturpflanzen kämpfen in der Regel gar nicht miteinander. Der Landwirt sät das Getreide nicht sehr dicht, damit nur die stärksten, am schnellsten wachsenden Halme übrig bleiben, denn es steht fest, dass man erst dann auf einen guten Ertrag rechnen kann, wenn die Kulturpflanzen so gesät sind, dass sie einander nicht beschatten. Wie auf dem Felde, so brauchen auch in den Gärten die Kulturpflanzen miteinander weder um das Licht noch um Platz oder Nahrungsstoffe zu kämpfen. Jeder Landwirt und Gärtner weiss, dass die Pflanzen ausgezeichnet wachsen können, ohne im geringsten gegeneinander Kämpfe zu führen, wie das in der freien Natur der Fall ist. Selbst im Walde ist es keineswegs nützlich, wenn die Sämlinge zu dicht wachsen und der Kampf sehr heftig ist.

Gleichwie unter den Kulturpflanzen, so ist auch unter den Haustieren der vernichtende Kampf und die Konkurrenz aufgehoben. Die Haustiere führen keinen Kampf gegeneinander wegen der Nahrung, Behausung u. s. w., sondern der Mensch sorgt für ihre Nahrung und Behausung, und greift somit überhaupt bestimmend in das Leben der Haustiere ein. Letztere werden vom Menschen gefüttert und gepflegt, so dass sie einander nicht zu bekämpfen brauchen. Wenn aber Kämpfe zwischen Haustieren stattfinden, so sind das keine Kämpfe ums Dasein, sondern in der Regel Folgen des Überordnungs- oder Überlegenheitsinstinktes, oder in manchen Fällen Kämpfe wegen der besseren Bissen.

Es besteht somit kein Zweifel, dass wie die Kulturpflanzen, so auch die Haustiere unter den kulturellen Bedingungen ausgezeichnet gedeihen können. Jahrtausende haben sie ohne den in der freien Natur waltenden grausamen Kampf ums Dasein gelebt, ohne ihre Lebensfähigkeit einzubüssen. Wenn nun der Kampf innerhalb der Art (Intraspezialkampf) bei den Kulturpflanzen und Haustieren fehlen kann, so ist auch kein vernünftiger Grund zur Annahme vorhanden, dass der Mensch ohne den grausamen Kampf mit seinesgleichen nicht auskommen könne. Fr. Wieser stellt in einer längeren Abhandlung über die Macht unter den Menschen „das Gesetz der abnehmenden Gewalt“ auf, und er hat darin Recht.

Es ist sehr bedeutsam, dass infolge der menschlichen Kultur der vernichtende Kampf in der Natur in steter Abnahme begriffen ist. Immer grösser und grösser wird die bebaute Landfläche, und damit nimmt selbstverständlich die Fläche ab, auf welcher der natürliche Kampf ums Dasein verläuft (mit Verschattung u. s. w.). In der gleichen Weise ist die Zahl der wilden Tiere in steter Abnahme begriffen, so dass auch unter den Landtieren der vernichtende Kampf sich vermindert. In Zukunft wird die Zeit kommen, wo fast die ganze Erdoberfläche kultiviert sein, und damit der Vernichtungskampf zwischen den Landpflanzen beinahe vollkommen aufhören wird. Von den Tieren werden diejenigen bleiben, welche dem Menschen nützlich sind, und im ganzen wird der Kampf auch zwischen den Tieren viel seltener und milder werden.

Es ist äusserst verwunderlich, dass so oft behauptet wird, der Kampf liege in der Ordnung der Natur. Wie wenig dabei das Leben der Natur in Betracht gezogen wird! Wäre der grausame Kampf so unvermeidlich und unentbehrlich, so würde es ganz unverständlich sein, warum grosse Ameisen-, Termiten- und Bienensozietäten ganz friedlich leben können und warum die sozialen Tiere zu herrschenden Formen geworden sind. Warum soll der grausame Kampf der menschlichen Sozietät unentbehrlich sein, der tierischen dagegen nicht? Der Friede soll die Entartung oder Degeneration fördern. Die sozialen Insekten aber leben untereinander in der Regel ganz friedlich (besonders Termiten, Bienen), und nichts beweist, dass sie entartet seien. Im Gegenteil: wir haben ja gesehen, dass die

sozialen Insekten zu den herrschenden Landwirbellosen gehören, und es gibt auf dem Lande keine lebensfähigeren kleinen Tiere als die sozialen Insekten. Unter den Ameisen werden freilich Kriege geführt, aber diese Tiere sind stark nur infolge des Zusammenwirkens, trotz der Kriege. Die Ameisenkriege werden zwischen den Völkern oder Kolonien geführt. Die Insektenvölker sind jedoch voneinander nicht abhängig. Wir sahen aber, dass die Menschenvölker oder Staaten voneinander abhängig sind, dass zwischen ihnen ein gewisses Zusammenwirken stattfindet. Durch den Ameisenkrieg wird das Leben der Ameisen kaum beachtenswert gehemmt, und bei friedlichem Zusammenwirken würden die Ameisen kaum massenhafter vorkommen können. Wird dagegen zwischen menschlichen Völkern oder Staaten Krieg geführt, so wird dadurch das Zusammenwirken der Menschen gestört. Wenn aber die ganze Menschheit ihre Kräfte vereinigen wollte, so wäre damit ein viel zahlreicheres und besseres Menschenleben ermöglicht. Die Wirkung des Krieges ist somit verschieden, je nachdem derselbe zwischen Menschen oder Ameisen stattfindet.

Ausserdem ist selbst bei den Ameisen der Krieg keineswegs unentbehrlich. Zahllose Ameisenvölker leben ohne denselben. Und bei so äusserst verbreiteten und wichtigen sozialen Insekten wie die Termiten ist kein Krieg beobachtet worden. Die Bienenvölker führen miteinander keine Kriege wie die Ameisen. Höchstens kommt es bei den Bienen zu Einzelkämpfen, wenn Fremdlinge in den Stock zu Raubzwecken einzudringen versuchen. Es steht ausser Zweifel, dass selbst den höchststehenden Insektensozietäten der Krieg keineswegs unentbehrlich ist. Wenn aber Insektensozietäten gedeihen können, ohne Krieg zu führen, warum sollte dann dieses der menschlichen Sozietät unmöglich sein?

Die Meinung, dass der Vernichtungskampf in gewissen Grenzen walten müsse (siehe Schmöller), dass er für ein Optimum nötig sei, ist unbegründet. Das Minimum-Optimum-Maximum gilt für die Lebensbedingungen (Nahrung, Temperatur, Wasser, Sauerstoff; vgl. Verworn). Alkohol, Tabak u.s.w. sind keine Lebensbedingungen, und es wäre deshalb ein Unsinn, vom optimalen Gebrauche dieser Betäubungsmittel zu sprechen. In der gleichen Weise ist auch der Krieg keine Lebensbedingung, und es ist deshalb nicht zulässig, von einem Optimum oder von einem günstigsten Masse in bezug auf den Krieg zu sprechen. Es gibt ja Völker, die jahr-

hundertlang keine Kriege geführt haben. Zur normalen Entwicklung des Organismus ist Tätigkeit (Überwindung der Widerstände) notwendig, keineswegs aber Kriege oder vernichtende Kämpfe.

Sollte das friedliche Leben, wie oft behauptet wird, zur Entartung führen, so wäre dies schon bei den friedlichen Insektensozietäten der Fall gewesen. Von einer gewissen Entartung wird man nur bei den parasitischen Ameisenarten, welche sich als Art nicht mehr selbständig zu ernähren imstande sind, sprechen können. Bei den gewöhnlichen sozialen Insekten kommen wohl oft einseitige Spezialisierung, einseitig ausgebildete Kasten vor, wobei die Individuen einer bestimmten Kaste sich oft nicht mehr selbständig ernähren können u. s. w. Diese Erscheinung ist aber etwas ganz anderes, als diejenige bei den Sozialparasiten. Jedes Bienen-, Termiten- und die meisten Ameisenvölker können ausgezeichnet gedeihen, ohne die Hilfe fremder Arten zu beanspruchen. Es wäre wohl verkehrt, die sozialen Insekten, die zu den herrschenden Formen unter den Wirbellosen gehören und ausserordentlich lebensfähig und weit verbreitet sind, als entartete Tiere zu bezeichnen!

Wie könnten die Kulturpflanzen, die Haustiere und sozialen Tiere ohne jeglichen grausamen Kampf innerhalb der Art (Intraspezialkampf) ausgezeichnet gedeihen, wenn dieser Kampf in der Tat so wohlthuend und unentbehrlich wäre, wie die „Darwinianer“ oder Kampftheoretiker behaupten? Es ist ersichtlich, dass solche Behauptungen der verschiedensten Gelehrten und „Philosophen“ der Wirklichkeit nicht entsprechen. Diese Gelehrten und „Philosophen“ ziehen nur einige Seiten des Naturlebens in Betracht; viele und sehr wichtige Tatsachen werden dabei entweder ganz unbeachtet gelassen oder zu gering eingeschätzt. Wenn aber irgendeine Theorie mit zahlreichen Tatsachen im Widerspruch steht, so entspricht sie nicht der Wirklichkeit. Wir haben gesehen, dass zahlreichen Tieren und Pflanzenarten sowie auch zahlreichen Sozietäten der grausame Kampf keineswegs unentbehrlich ist, und damit ist die „Theorie“, dass solch ein Kampf unentbehrlich sei, endgültig widerlegt. Diese „Theorie“ ist unbegründet, entstanden auf Grund mangelhafter oder zu einseitiger, entstellter Kenntnisse vom Leben der Natur.

Es wird behauptet, dass der Krieg auf den niedrigen Kulturstufen bis zu einem gewissen Grade auf die Entwicklung der

menschlichen Sozietät fördernd eingewirkt habe. Der Krieg habe „die Menschen zu immer ausgedehnterem Zusammenschluss und zu immer rationellerem Zusammenwirken“ gezwungen (Schallmayer)! Jede Not zwingt ja zum Zusammenschluss! In den modernen Kriegen aber werden gerade die Tüchtigsten ausgemerzt und die weniger Tüchtigen können sich viel eher fortpflanzen. Der moderne Krieg wirkt somit kontraselektorisches, abschwächend. Der Krieg fördert die Entartung. Der bekannte Eugeniker F. Lenz kommt zum Schlusse: „der Weltkrieg hat daher die Tüchtigkeit der Rasse nicht schlimmer verwüstet als einige Jahrzehnte abendländischer Zivilisation“.

Es steht ausser Zweifel, dass an die Stelle der natürlichen die künstliche Auslese treten kann. Der Mensch wählt von den Kulturpflanzen und Haustieren die ihm am meisten nützenden oder gefallenden aus und lässt dieselben sich vermehren; er vollführt künstliche Auslese. Auf dem Wege der künstlichen Auslese lässt sich die Entartung sowohl der Tiere als auch der Pflanzen ausgezeichnet vermeiden. Alle Fachgelehrten der Vererbungswissenschaft und der Eugenik sind davon überzeugt, dass auch die Tüchtigkeit des Menschen durch künstliche Auslese sich nicht nur erhalten, sondern auch erhöhen lässt. In der freien Natur vermehrt sich jede Art stark, und im Zusammenhang damit werden die schwächeren, weniger Angepassten in ungeheurer Zahl ausgemerzt. In der Regel überleben die am meisten Angepassten, die Widerstandsfähigsten. In der menschlichen Gesellschaft dürfen aber alle, die geboren sind, leben, selbst die Untüchtigsten. Um der Gefahr der Entartung vorzubeugen, ist es daher dienlich die Fortpflanzung der Untüchtigen zu verhindern.

Es ist sehr bedeutsam, dass die Geburtenzahl in den Kulturländern in den letzten Jahrzehnten in schneller Abnahme begriffen ist (siehe Woytinsky). Die Fortpflanzung wird somit ohnehin schon weitgehend reguliert. Die Regulierung soll sich aber immer mehr nach den Forderungen der Wissenschaft gestalten, im Interesse der ganzen menschlichen Sozietät, ja der ganzen Menschheit. Auf diesem Wege wird sich das Leben des Menschen gestalten lassen, ohne dass irgendwelche grausame Kämpfe notwendig wären. Die Fortpflanzung kann nicht ungehindert verlaufen, da sonst die Bevölkerungszahl schnell zu hoch steigen würde.

„Dank den jetzt verfügbaren Mitteln zur Lebensverlängerung kann heute ein blühendes und aufgeklärtes Volk, das eine grosse Familie als Ideal ansieht, aus eigener Kraft sich in einem Verhältnis vermehren, das in 20 Jahren zur Verdoppelung der Bevölkerung führen würde . . .

„Zu Beginn des 19. Jahrhunderts belief sich die Bevölkerung von England und Wales, die im Jahre 1700 wahrscheinlich nur wenig über 6 Millionen betragen hatte, auf ungefähr 9 Millionen, aber bei Anbruch des 20. Jahrhunderts betrug sie bereits 32.500.000, das heisst, sie hatte sich in 100 Jahren um das dreieinhalbfache vermehrt . . .

„Im Jahre 1750 hatte Europa vielleicht 125--130 Millionen. Dann kamen die Maschine und der Dampf. Gegen Ende des Jahrhunderts hatte die Bevölkerung sich auf 180.000.000 vermehrt, und in den letzten 50 Jahren ist die Wachstumsrate Europas überhaupt beispiellos in der Geschichte gewesen . . .

„Nach den besten Gewährsmännern verdoppelt sich die Erdbevölkerung in 60 Jahren, vielleicht auch in weniger. Wenn wir sie heute bei 1900 Millionen annehmen, so würde es bei der jetzigen Gangart, ungeachtet einer weiteren Krankheitsbekämpfung, 3800 Millionen im Jahre 1987 sein, 7600 Millionen im Jahre 2047, 15200 Millionen im Jahre 2107“ (E. A. Ross 2).

Da die Fortpflanzung so schnell erfolgt, so ist die Einschränkung der Vermehrung unvermeidlich. In der Gegenwart wird die Vermehrung hauptsächlich durch den wirtschaftlichen Zwang gehemmt (wobei die Gewohnheiten in bezug auf die Lebenslage mitbestimmend einwirken). Es wäre aber viel besser, wenn an Stelle des ziemlich blinden wirtschaftlichen Zwanges die Regelung auf Grundlage der wissenschaftlichen Forschungen träte. Und da zahlreiche Menschen mit dem Zwange sich schon sowieso abzufinden gelernt haben, so dürfte der Übergang von dem wirtschaftlichen zum gesetzlichen Zwange auf Grundlage der Wissenschaft gar nicht besonders schmerzhaft sein und keine unüberwindlich grossen Schwierigkeiten bereiten. Wenn bei der Geburtenregelung die individuelle Freiheit bis zu einem gewissen Grade zu leiden hat, so ist das unvermeidlich im Interesse der Menschheit. Diese Freiheitsbeschränkung ist jedenfalls viel besser, als diejenige durch den Kriegsdienst und durch die Kriege. In den Kriegen wird nicht nur die Freiheit ganz ungemein beschränkt, sondern die Menschen sind gezwungen sogar ihr Leben dem Kriegsgötzen zu opfern oder oft auch sich fürs ganze Leben verkrüppeln zu lassen! Es wird nicht danach gefragt, ob die Menschen ihr Leben auf Spiel setzen wollen, ob sie sich töten oder verkrüppeln lassen wollen oder nicht. Sie werden einfach dazu gezwungen. Im Vergleich mit solch einem Zwange kann der Zwang bei der Geburtenregelung ganz human durchgeführt werden. Ein Leben ohne die verschiedensten vernichtenden

Kampfformen und ohne den wirtschaftlichen Zwang dürfte wohl viel angenehmer sein als das jetzige. Ausser anderem dürfte es viel ökonomischer sein. Da das Ökonomieprinzip im Wirtschaftsleben eine entscheidende Rolle spielt, so kann man nicht daran zweifeln, dass früher oder später diese oder jene menschliche Sozietät die Geburtenregelung und künstliche Auslese in vollem Masse durchführen und dadurch so stark werden wird, dass sie andere Sozietäten verdrängen kann, falls nicht dort dieselben Massnahmen zur Anwendung gelangen. Schon bei den sozialen Insekten ist allzu starke Fortpflanzung und allzu grosse Sterblichkeit der Larven vermieden, und deshalb haben wir keinen Grund zu befürchten, dass ein Gleiches bei den Menschen undurchführbar wäre. Gewiss, beim Menschen wird die Fortpflanzung nicht dermassen konzentriert und zu der Aufgabe weniger Individuen werden, wie das bei den Insekten der Fall ist, da ein Mensch nur eine verhältnismässig kleine Zahl von Nachkommen haben kann. Die geistig und körperlich Tüchtigsten könnten aber jedenfalls das Vorrecht haben, sich stärker fortzupflanzen zu dürfen.

Jeder Mensch müsste zu seinem Leben möglichst günstige oder optimale Bedingungen haben. Es ist deshalb die Einschränkung der Vermehrung durchzuführen, sobald eine allzu grosse Bevölkerungszahl die Lebensverhältnisse ungünstig zu gestalten droht.

Vorläufig jedoch ist der Kampf mit der Natur und die Vereinigung der Kräfte zu diesem Zwecke die Hauptsache. Durch zweckmässige Vereinigung der Kräfte lässt sich vieles ausführen, was sonst unmöglich scheint. Wie der Einzelne, so können auch zahlreiche Menschen, die nicht zweckmässig zusammenwirken, nichts Wertvolles leisten. Eine unorganisierte oder schlecht organisierte Masse kann keine Brücken, Häuser oder Schiffe bauen u. s. w. Ebenso kann eine Masse, die nur gegeneinander kämpft, nichts erreichen. Aller Fortschritt ist nur durch friedliches und zweckmässiges Zusammenwirken der Menschheit entstanden. Durch friedliches und zweckmässiges Zusammenwirken ist die ganze Kultur entstanden, ist alles Wertvolle geschaffen worden; der Krieg dagegen hat immer nur Verwüstungen verursacht und durch das Zusammenwirken geschaffene Werte zerstört. Da der Urmensch in der ersten Zeit einen sehr harten Kampf mit den schlechten klimatischen Bedingungen zu bestehen hatte, so konnte er keine Kriege führen,

sondern musste sich mit seinesgleichen zum gemeinsamen Kampfe zusammenschliessen. Erst nachdem der Kampf mit Raubtieren und anderen Fährlichkeiten schwächer geworden, nachdem die technischen Werkzeuge schon ziemlich entwickelt waren, konnte man gegeneinander Kriege führen. Wir haben ja gesehen, dass selbst der Krieg deshalb für einen kulturfördernden Faktor gehalten wird, weil er auf den primitiveren Stadien zum Zusammenschluss und Zusammenwirken gezwungen habe (W. Schallmayer): also wird doch immer der Zusammenschluss als ein positiver Wert betrachtet!

Die geistigen sowie auch die körperlichen Kräfte lassen sich ohne jegliche Schwierigkeiten auf friedlichem Wege entwickeln. Man wird nur die verschiedensten Wettkämpfe wie in Spiel und Sport so auch bei der Arbeit klug und gut organisieren müssen, und die Menschen werden auf den verschiedensten Gebieten ihre Kräfte mit grosser Energie in Tätigkeit setzen, mit Hingebung bei der Sache sein und sich ebenso sorgfältig entwickeln, wie das jetzt im Sport und bei den Spielen der Fall ist. Die Ausbildung der Fähigkeiten wird dabei gar nicht einseitig zu verlaufen brauchen, sondern man wird verschiedene Fähigkeiten entwickeln können.

### **Zusammenfassung und Schlusswort.**

Wenn wir zuletzt noch eine kurze Zusammenfassung vornehmen, so können wir sagen, dass alle wesentlichen Fortschritte in der Entwicklung nicht auf dem Wege des Kampfes der Organismen miteinander, sondern im Kampfe mit den ungünstigen Bedingungen der Natur (insbesondere der leblosen Natur) entstanden sind. Ein reiches Leben auf dem festen Lande wurde möglich, nachdem die Zellen sich zu vielzelligen Organismen vereinigt und ihr Zusammenwirken friedlich und harmonisch gestaltet hatten. Die Vögel und Säuger wurden nicht durch den Kampf gegeneinander oder gegen die Reptilien zu herrschenden Formen, sondern das Zusammenwirken zwischen den Zellen wurde so vollkommen ausgebildet, dass eine konstante und ziemlich hohe Körpertemperatur erzielt wurde. Die hohe Körperwärme verlieh ihnen die Fähigkeit sich auch bei niedrigen Temperaturen schnell zu bewegen und sich unbehindert fortzupflanzen: die embryonale Entwick-

lung konnte in der für sie günstigen Wärme ohne jegliche Hindernisse verlaufen. Zahlreiche Formen konnten eine ansehnliche Stelle in der Lebewelt erringen, indem sich zwei verschiedene Arten mit gemeinsamen Kräften zum Kampfe vereinigten (Symbiose). Symbiose beruht in der Regel auf gegenseitigen Vorteilen, auf dem friedlichen Zusammenwirken verschiedener Arten, nicht auf dem Kampfe. Und dieses friedliche Zusammenwirken hat nicht nur höheren Organismen (Huftieren), sondern selbst vielen niedrigen Formen weite Verbreitung und massenhaftes Vorkommen gesichert (Flechten, Korallen, Radiolarien). Die Ameisen, Termiten und andere soziale Insekten sind nicht durch den Kampf miteinander oder gegen andere Tiere zu den herrschenden Wirbellosen geworden, sondern durch die Vereinigung der Kräfte zum Kampfe gegen ungünstige Bedingungen der leblosen Natur und auch gegen Feinde. So ist auch der Mensch nicht durch den Kampf mit seinesgleichen zum Herrscher im Tierreiche geworden, sondern durch den gemeinsamen Kampf gegen ungünstige Lebensbedingungen (Kälte, Nahrungsmangel u. s. w.). Alle wichtigen Fortschritte der menschlichen Kultur sind trotz dem Kriege auf dem Wege des Zusammenwirkens entstanden. Die Sprache, durch die der Mensch den Tieren so weit vorangeschritten ist, konnte nur in der Gesellschaft entstehen, wo das Zusammenwirken eine grosse Rolle spielte. Die Anhäufung von Erfahrungen konnte erfolgreich nur in den Sozietäten geschehen. Das ist aber die Grundlage zur kulturellen Entwicklung, da die Kultur ja eigentlich nichts weiter ist, als eine grosse Menge von angehäuften Erfahrungen. Keineswegs hat ein einzelner Mensch den Gebrauch des Feuers, die Anfertigung der Stein- und Holzwerkzeuge sowie Lehmgeräte und den Anbau der Pflanzen erfunden, sondern sehr viele haben zum Sammeln und Vervollkommen dieser kulturell so ausserordentlich wichtigen Erfahrungen beigetragen. Durch das Zusammenwirken, insbesondere durch das mit Arbeitsteilung verknüpfte Zusammenwirken, sind die technischen und theoretischen Wissenschaften, die Technik und Industrie, die Kunst entstanden. Nur in der Gesellschaft konnte die Schrift sich allmählich ausbilden, welcher Umstand nun bei der Anhäufung von Erfahrungen eine ausserordentlich grosse Rolle spielte. Nur mit vereinten Kräften, nicht gegeneinander kämpfend, hat der Mensch die wilden Tiere besiegt, nur zusammenwirkend kann er erfolgreich gegen Krankheiten und Seuchen kämpfen, reichliche Ernten erzielen, gegen

Naturgewalten kämpfen und sich stark vermehren. Das Zusammenwirken, verbunden mit der Arbeitsteilung, ist in der ganzen Natur immer die wirksamste Methode des Kampfes ums Dasein gewesen, ist das noch jetzt und wird es auch in der Zukunft bleiben.

Nicht durch den Kampf gegeneinander, sondern durch das Zusammenwirken ist der Lebensraum erweitert worden, ist das massenhaftere Leben möglich geworden — insbesondere auf dem Lande, unter den ungünstigeren Bedingungen. Der Kampf gegeneinander hat vor einer übermässigen Vermehrung bewahrt, indem oft die schwächeren Individuen oder Sozietäten zurückgedrängt wurden. Die eigentliche Grundlage zu den Fortschritten ist aber immer das Zusammenwirken, und zwar ein möglichst vollkommenes und harmonisches Zusammenwirken, gewesen. Je vollkommener das Zusammenwirken sich entwickelt hat (grössere Arbeitsteilung, Zentralisation, Konzentration) und je grössere Gruppen sich zusammengeschlossen haben, desto erfolgreicher sind die betreffenden Sozietäten geworden. Selbst kleine und schwache Tiere (Termiten, Ameisen!) haben mit vereinten Kräften sehr erfolgreich ums Dasein gekämpft, so dass sie zu Herrschern unter den Wirbellosen werden konnten. Die Arbeitsteilung, die Konzentration und die Zentralisation sind die Methoden, die diesen Insekten ihre grosse Macht verliehen haben. Es wäre eine Verschwendung der Arbeitskräfte, wenn alle Individuen für sich kleine Bauten, Waben, Strassen, Galerien, Pilzgärten u. s. w. anlegen würden! Ein einzelnes Individuum oder selbst eine kleine Anzahl derselben hätte in keinem Falle eine ziemlich hohe und konstante Temperatur erzielen können, wie sie in Bienenstöcken und Ameisenkuppeln beobachtet wird! Die Konzentration oder die Verdichtung der Arbeit ist wirkungsvoll, und nur auf diesem Wege wird man mit verhältnismässig geringer Mühe beträchtliche Erfolge erzielen können.

Da die Arbeitsteilung und die Konzentration die wichtigsten Methoden zum Erlangen der herrschenden Stellung sind, da sie im Laufe der Entwicklung nicht nur der Tiersozietäten und der Organismen, sondern auch des Menschen immer zugenommen haben, so ist eine Politik, die bestrebt ist die Landbevölkerung zu vergrössern, nicht richtig. Die Zahl der an der Landwirtschaft Beteiligten hat mit der Entwicklung der Kultur immer mehr ab-

genommen, dagegen die Zahl der Industriearbeiter u. s. w. immer zugenommen. Immer neue Industrien und Produktionszweige sind entstanden. Es ist eine Verschwendung der menschlichen Arbeitskraft, wenn es viele Kleinbetriebe gibt (Kleinbauern, Kleinhändler u. s. w.). Die Sozietäten, welche die Konzentration am vollkommensten durchführen, werden stark und können andere Verbände verdrängen. Es kann wohl bis zu einem gewissen Grade angenehm sein, möglichst unabhängig und selbständig zu leben und zu arbeiten, aber das ist eine Vergeudung der Arbeitskraft und führt im Daseinskampfe zu keinen Erfolgen. Durch Konzentration zu Grossbetrieben kann die Arbeit so erfolgreich werden, dass der Mensch in hohem Masse von der Arbeitssklaverei befreit wird.

Die herrschenden Organismen und Sozietäten weisen eine weitgehende Zentralisation auf. Auch diese fördert somit den Kampf ums Dasein. Zweifellos wird deshalb auch in der Zukunft die Zentralisation in der menschlichen Gesellschaft zunehmen. Die Wirtschaft kann sich nicht erfolgreich entwickeln, wenn zahlreiche Unternehmer unabhängig voneinander und miteinander konkurrierend produzieren. Es entstehen nur schädliche Reibungen. Da schon jetzt alle Völker voneinander abhängig und da die Verkehrsmittel genügend vervollkommen sind, so wird die ganze Menschheit eine Einheit bilden. Die besten Köpfe der Menschheit werden zu einem starken leitenden Zentrum vereinigt sein, das die Weltwirtschaft planmässig und am zweckmässigsten zu gestalten verstehen wird. Die Natur hat in den höheren Organismen eine wunderbare Zentralisation verwirklicht (Grosshirn!), und dieselbe Naturnotwendigkeit wird zur weitgehenden Zentralisation in der Menschheit führen. Die untauglichen Zentren werden im Daseinskampfe ausgemerzt, die lebensfähigen Zentren dagegen werden stärker. Die sozialen Gebilde, in denen durch die Wirkung der guten leitenden Zentren die Beschaffung der Lebensmittel und die Verteilung am besten organisiert sind, werden stark. Sie werden wachsen und andere, mangelhafter organisierte Verbände verdrängen. Stark, machtvoll und zu Herrschern werden nur die Verbände, in welchen die Arbeitskräfte zum Ausbeuten der Natur am vollkommensten ausgenutzt werden und in welchen für die Individuen möglichst günstige und konstante Lebensbedingungen hergestellt werden.

Der Kampf ums Dasein wird desto erfolgreicher verlaufen,

je inniger und je zahlreicher die Menschen sich zu gemeinsamer Tätigkeit im Interesse der Erweiterung des Lebensraumes und der Verbesserung der Lebensbedingungen vereinigen werden. Je mehr die Kriege, Zollstreitigkeiten, die wirtschaftliche Konkurrenz und verschiedene andere vernichtende Kämpfe ausgeschaltet werden, desto mehr wird der Mensch sich der produktiven Arbeit widmen können. Fallen die ungeheuren Kriegsverwüstungen und ungeheuren Rüstungskosten fort, werden alle jene Millionen von jungen Männern, welche jetzt nutzlos mit dem Militärdress die Zeit zu verbringen gezwungen sind, zu produktiver und nützlicher Arbeit herangezogen, wird die Arbeit ökonomisch und rationell organisiert (Konzentration zu Grossbetrieben, Zentralisation, weitgehende Arbeitsteilung, bessere Maschinen), wird insbesondere die Frau von der Arbeit in den Zwergküchen und von der Beaufsichtigung der Kinder bei der Erziehung möglichst befreit, werden die technischen Hilfsmittel immer mehr vervollkommen, so wird man ungemein viel Arbeitskräfte zur Verfügung haben, die alle zu produktiver Arbeit verwendet werden können. Man wird unglaublich viel Nahrungsmittel, Heizungsmaterial, Wohnungen, Kleidung und allerlei Lebensmittel beschaffen können, und die Erde wird viel mehr Menschen ernähren können, als jetzt in der Welt leben. Man wird mit diesen Arbeitskräften das ganze Leben viel beständiger oder konstanter, viel günstiger, schöner und angenehmer gestalten können. Nur der möglichst innige Zusammenschluss der ganzen Menschheit zur Ausnutzung der Naturkräfte und Naturschätze (Sonnenstrahlung, Wasserkräfte, Wind, Erdöle, Kohlen, Torf, Metallerze u. s. w.) ist der richtige Kampf ums Dasein. Wenn schon jetzt, wo die Vereinigung keineswegs vollkommen ist und wo noch ungeheuer heftige Kämpfe gegeneinander geführt werden, die Wirkung des Zusammenschlusses recht wunderbar ist (die Fortschritte der Technik und der Wissenschaft!), so lässt uns das ungefähr ahnen, was alles erreichbar sein wird, wenn die ganze Menschheit sich möglichst vollkommen vereinigt, und wenn die Arbeit möglichst rationell und ökonomisch organisiert wird. Könnten die primitiven Meeresorganismen ahnen, dass Pflanzen und Tiere entstehen werden, welche sehen und hören können, welche auf dem Lande zu leben imstande sind?! Könnten die Vorfahren der Vögel und Säuger ahnen, dass aus ihnen Tiere mit konstanter

Temperatur oder auch mit Flugfähigkeit entstehen werden?! Viel Wunderbares und Unglaubliches hat die Natur vollbracht. Schnell hat sich die Kultur in den letzten Jahrtausenden und insbesondere in den letzten Jahrhunderten entwickelt, und es wäre deshalb ganz unbegründet anzunehmen, dass mit einem Male von der Jetztzeit an die weitere Entwicklung zu höheren Stufen unmöglich geworden sei. Sind doch im Laufe der Entwicklung des Lebens seit den ersten Anfängen immer höhere und höhere Organisationsformen entstanden; warum wäre dies nun mit einem Male unmöglich, obgleich tatsächlich der menschlichen Organisation noch viele Mängel anhaften? Es sind wohl keine unvermeidlichen Hemmnisse der Weiterentwicklung vorhanden. Ja, die Entwicklung des Lebens auf der Erde kann nicht unbegrenzt weiter gehen und höher steigen, da die Energiequellen keineswegs unbegrenzt sind. Die Sonnenenergie, durch welche die ganze jetzige Lebewelt sich erhält, wird versiegen. Voraussichtlich wird aber das Leben immer noch unzählige Jahrtausende dauern können, und wir haben allen Grund zu der Annahme, dass noch viele Mängel der menschlichen Organisation, der Sozietät, überwunden werden, und dass eine recht vollkommen organisierte und harmonisch zusammenwirkende Menschheit entstehen wird. Alle Menschen werden zu einer zusammenwirkenden Einheit verbunden sein, die für sich möglichst günstige Lebensbedingungen herstellen und der Verschlechterung der äusseren Lebensbedingungen erfolgreich entgegenwirken wird.

Gewiss, keineswegs alle Völker oder Staaten werden mit gleichem Erfolge der Zukunft entgegensteuern können. Einige werden mehr Erfolg haben als andere. Zweifellos werden lebensfähige und starke soziale Organisationsformen entstehen, werden Sozietäten aufblühen, welche wenigstens ein dermassen harmonisches Zusammenwirken verwirklichen, wie das bei den höchsten sozialen Insekten der Fall ist. Die kurzsichtigen Pessimisten mögen skeptisch sein. Mit Pessimismus kann man allerdings nicht die Höhe der sozialen Insekten erreichen! Es werden sich immer Menschen finden, welche nicht im Pessimismus und Skeptizismus versumpfen, sondern klare Erkenntnisse, reichliche Erfahrungen und optimistische Tatkraft besitzen werden. Diese Menschen sind die Tüchtigsten, die am besten Angepassten, und für sie wird die Organisationshöhe der sozialen Insekten sich bald als noch zu niedrig erweisen.

## Literaturverzeichnis.

- Abderhalden, E. (1) Lehrbuch der Physiologie I—IV. Berlin u. Wien 1925—1927.  
— (2) Die Abderhaldensche Reaktion. Berlin 1922.
- Abel, O. (1) Lebensbilder aus der Tierwelt der Vorzeit. Jena 1922.  
— (2) Lehrbuch der Paläozoologie. Jena 1924.
- Alverdes, F. Tiersoziologie. Leipzig 1925.
- Arlt, Th. Handbuch der Paläogeographie. Leipzig 1919—1922.
- Audova, A. Aussterben der mesozoischen Reptilien. Paläobiologica 2, 1929. S. 222 u. 365.
- Aust, O. Die ungleichmässige Besiedlung der Erde. Erde u. Wirtschaft 1928. S. 147.
- Baur, E., Fischer, E. u. Lenz, F. Menschliche Erblchkeitslehre. München 1923.
- Benecke, W. u. Jost, L. Pflanzenphysiologie. Jena 1923.
- Berger, H. Experimentell-anatomische Studien über die durch den Mangel optischer Reize veranlassten Entwicklungshemmungen im Occipital-lappen des Hundes u. der Katze. Archiv f. Psychiatrie 33, 1909. S. 521.
- Birge, E. A. and Juday, Ch. The inland lakes of Wisconsin. The plankton. Wisc. Geol. and Nat. Hist. Survey. Bull. No. 64. Madison 1922.
- Bischoff, H. Biologie der Hymenopteren. Berlin 1927.
- Bower, F. O. Farne im weitesten Sinne. Pteridophyta. Handwörterbuch der Naturwissenschaften 3. Jena 1913. S. 912.
- Braun-Blanquet, J. Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde. Berlin 1928.
- Buchner, P. Intracellulare Symbiose der Tiere mit pflanzlichen Mikroorganismen. Abderhalden's Hndb. d. biol. Arbeitsmethoden. Berlin u. Wien 1925. Abt. XII, 1. S. 325.
- Bückmann, A. Copelata. Die Tierwelt der Nord- und Ostsee. Leipzig 1926. Teil XII, a.
- Buddenbrock, W. Grundriss der vergleichenden Physiologie. Berlin 1924.
- Buttel-Reepen, H. Die stammesgeschichtliche Entstehung des Bienenstaates sowie Beiträge zur Lebensweise der solitären u. sozialen Bienen. Leipzig 1903.
- Conklin, E. G. The direction of human evolution. New York 1921.
- Dacqué, E. Vergleichende biologische Formenkunde der fossilen niederen Tiere. Berlin 1921.
- Dahl, Fr. Grundlagen einer ökologischen Tiergeographie. Jena 1923.
- Darwin, Ch. (1) Über die Entstehung der Arten... Übersetzt von H. G. Bronn. Stuttgart 1867.  
— (2) Die Abstammung des Menschen und die geschlechtliche Zuchtwahl. Übersetzt von G. Gärtner. Halle.

- Deegener, P. Die Formen der Vergesellschaftung im Tierreiche. Leipzig 1918.
- Depéret, Ch. Les transformations du monde animal. Paris 1907.
- Doflein, F. (1) Lehrbuch der Protozoenkunde. Jena 1909.  
— (2) Das Tier als Glied des Naturganzen. Tierbau u. Tierleben II. Leipzig u. Berlin 1914.
- Elton, Ch. Animal Ecology. London 1927.
- Escherich, K. (1) Die Ameise. Braunschweig 1917.  
— (2) Die Termiten oder weisse Ameisen. Eine biologische Studie. Leipzig 1909.  
— (3) Insekten. Handwörterbuch der Naturwissenschaften 5. Jena 1914. S. 457.
- Franz, V. Geschichte der Organismen. Jena 1924.
- Frisch, K. Aus dem Leben der Bienen. Berlin 1927.
- Fülster, H. Kirche u. Krieg. Kultur- u. Zeitfragen. H. 8. Leipzig.
- Gadow, H. Amphibia and Reptiles. London 1920.
- Gellhorn, E. Neuere Ergebnisse der Physiologie. Leipzig 1926.
- Горовицъ, Л. М. О бактериологическомъ изслѣдованіи воздуха, почвы и воды. Златогоръ, Ученіе о микроорганизмахъ II. Петроградъ 1916.
- Gottstein, A. Volksspeisung, Schulkinderspeisung, Notstandspeisung, Massenspeisung. Weyl's Hndb. d. Hygiene, Ergänzungsband. Leipzig 1918—1922.
- Gray, J. The rôle of water in the evolution of the terrestrial vertebrates. Brit. Journ. of Exper. Biol. 6, 1928. S. 26.
- Groos, K. Die Spiele der Tiere. Jena 1930.
- Haacke, W. (Гаакe). Животный миръ. Его бытъ и среда. С.-Петербургъ 1901—1902.
- Haeckel, E. Arbeitsteilung in Natur und Menschenleben. Leipzig 1910.
- Handlirsch, A. Systematische Übersicht. Schröder's Handbuch der Entomologie 3, 1925. S. 377.
- Hegh, E. Les termites. Partie générale. Bruxelles 1922.
- Hempelmann, F. Tierpsychologie vom Standpunkte des Biologen. Leipzig 1926.
- Hennig, E. Paläontologische Beiträge zur Entwicklungslehre. Tübinger naturwiss. Abhandlungen 1922. S. 27.
- Herbst, C. Entwicklungsmechanik oder Entwicklungsphysiologie der Tiere. Handwörterbuch der Naturwissenschaften 3. Jena 1913. S. 542.
- Hertwig, O. (1) Der Staat als Organismus. Jena 1922.  
— (2) Zur Abwehr des ethischen, des sozialen, des politischen Darwinismus. Jena 1921.  
— (3) Allgemeine Biologie. Jena 1912.
- Hesse, R. (1) Tiergeographie auf ökologischer Grundlage. Jena 1924.  
— (2) Die Stufenleiter der Organisationshöhe der Tiere. Sitzungsber. d. Preuss. Akad. d. Wiss. Phys.-math. Kl. 1929. III. S. 27.  
— (3) Nervensystem. Handwörterbuch der Naturwissenschaften 7. Jena 1912. S. 118.
- Hilzheimer, H. Handbuch der Biologie der Wirbeltiere. Stuttgart 1913.
- Hindhede, M. Die neue Ernährungslehre. Dresden 1923.
- Hirmer, M. Handbuch der Paläobotanik. München u. Berlin 1927.
- Höber, R. (1) Lehrbuch der Physiologie des Menschen. Berlin 1920.  
— (2) Physikalische Chemie der Zelle u. der Gewebe. Leipzig u. Berlin 1914.

- Holle, H. G. Allgemeine Biologie als Grundlage für Weltanschauung, Lebensführung und Politik. München 1919.
- Jaekel, O. Die natürlichen Grundlagen staatlicher Organisation. Berlin 1916.
- Janson, O. Das Meer, seine Erforschung und sein Leben. A. N. u. G. 30. Leipzig u. Berlin 1914.
- Kammerer, P. Genossenschaften von Lebewesen auf Grund gegenseitiger Vorteile (Symbiose). Stuttgart 1913.
- Kautsky, K. Die materialistische Geschichtsauffassung I. Berlin 1927.
- Kauser, E. Lehrbuch der Geologie I—IV. Stuttgart 1923—1924.
- Келлеръ, К. Жизнь моря. С.-Петербургъ 1905.
- Korschelt, E. Lebensdauer, Altern und Tod. Jena 1922.
- Kraepelin, K. Die Beziehungen der Tiere und Pflanzen zueinander. A. N. u. G. 426 u. 427. Leipzig u. Berlin 1913.
- Кропоткинъ, П. Взаимная помощь какъ факторъ эволюции. С.-Петербургъ 1907.
- Lampert, K. Das Leben der Binnengewässer. Leipzig 1925.
- Leiter, H. Weltverkehr und Welthandel. In Andree-Heiderich-Sieger's Geographie des Welthandels III. Wien 1930. S. 259.
- Lenz, F. Siehe E. Baur, E. Fischer u. s. w.
- Linden, G. Parasitismus im Tierreich. Braunschweig 1915.
- Lipschütz, A. Allgemeine Physiologie des Todes. Braunschweig 1915.
- Lohmann, H. (1) Die Bevölkerung des Ozeans mit Plankton nach den Ergebnissen der Zentrifugenfänge während der Ausreise der „Deutschland“ 1911... Archiv für Biontologie 4, 1920. Heft 3.  
— (2) Über das Nannoplankton und Zentrifugierung kleinster Wasserproben... Internat. Revue der ges. Hydrobiologie u. Hydrographie 4, 1911. S. 1.
- Löhnis, F. Die Biologie des Bodens. Handbuch der Landwirtschaft 2. Berlin 1929. S. 41.
- Lowitsch, A. Energie, Planwirtschaft und Sozialismus. Jena 1929.
- Lull, R. S. Organic evolution. New York 1922.
- Lüüs, A. Ainukese lapse psühholoogiast. Eesti Arst 1928.
- Macallum, A. B. The paleochemistry of the body fluids and tissues. Physiological Review 6, 1926. S. 316.
- Magnus, R. Körperstellung. Berlin 1924.
- Mangold, E. Neuere Untersuchungen über die Verdauung der Wiederkäuer. Die Naturwissenschaften 16, 1928. S. 65.
- Marcuse, A. Die Naturkräfte u. ihre technische Verwertung. Berlin 1924.
- Mayerhofer, E. u. Pirquet, C. Lexikon der Ernährungskunde. Wien 1926.
- Molisch, H. Pflanzenphysiologie als Theorie der Gärtnerei. Jena 1921.
- Морозовъ, Г. Ф. Конспектъ лекцій по общему лѣсоводству. С.-Петербургъ 1914.
- Müller, L. R. Lebensnerven und Lebenstriebe. Berlin 1931.
- Müller-Lyer, F. (1) Phasen der Kultur und Richtungslinien des Fortschritts. München 1923.  
— (2) Der Sinn des Lebens und der Wissenschaft. München 1923.
- Nicolai, G. F. Die Biologie des Krieges. Zürich 1919.
- Ноульс, Дж. Два месяца в лесах. С.-Петербург.

- Novicow, I. La critique du darwinisme social. Paris 1910.
- Nussbaum, M., Karsten, G. u. Weber, M. Lehrbuch der Biologie für Hochschulen. Leipzig u. Berlin 1914.
- Oltmanns, F. Morphologie und Biologie der Algen. Jena 1922—1923.
- Омельянский, В. Л. Основы микробиологии. С.-Петербургъ 1913.
- Oppel, A. Gewebekultur u. Gewebepflege im Explantat. Braunschweig 1914.
- Oppenheimer, F. System der Soziologie. Jena 1922—1927.
- Osborn, H. F. The origin and evolution of life. London 1925.
- Ostwald, W. Der energetische Imperativ. Leipzig 1912.
- Passarge, S. Beobachtungen über Tier und Mensch. Leipzig 1922.
- Penck, Alb. Das Hauptproblem der physischen Anthropogeographie. Zeitschrift f. Geopolitik 2, 1925. S. 330.
- Plate, L. Allgemeine Zoologie und Abstammungslehre. Jena 1922—1924.
- Ribberts Lehrbuch der allgemeinen Pathologie und der pathol. Anatomie. Herausgegeben von Mönckeberg. Leipzig 1923.
- Rogers, Ch. G. Textbook of comparative physiology. New York a. London 1927.
- Ross, E. A. (1) Das Buch der Gesellschaft. Grundlagen der Soziologie und Sozialreform. Karlsruhe 1926.
- (2) Raum für Alle? Übersetzt von Röpke. Berlin 1929.
- Schallmayer, W. Vererbung und Auslese. Jena 1920.
- Schjelderup-Ebbe, Th. Zur Sozialpsychologie der Vögel. Zeitschrift f. Psychologie 95, 1924. S. 36.
- Schmidt, H. Der Kampf ums Dasein. Jena 1930.
- Schmoller, G. Grundriss der allgemeinen Volkswirtschaftslehre. München u. Leipzig 1920.
- Schneider, K. C. Histologisches Praktikum der Tiere. Jena 1908.
- Ch. Schröder's Handbuch der Entomologie I—III. Jena 1913—1929.
- Schuchert, Ch. Historical Geology. New York 1924.
- Schulze, P. Cnidaria. In „Biologie der Tiere Deutschlands“, Lief. 1, Teil 3. Berlin 1923—1931. S. 20.
- Sedgwick, W. T. u. Wilson, E. B. Einführung in die allgemeine Biologie. Leipzig u. Berlin 1913.
- Сербиновъ, И. Л. Общая микробиология. Златогоровъ, Учение о микроорганизмахъ I. Петроградъ 1916.
- Зеринг, М. (Sering). Аграрные кризисы. Москва-Ленинград 1927.
- Siemens, H. W. Grundzüge der Vererbungslehre, der Rassenhygiene und der Bevölkerungspolitik. München 1926.
- Simroth, H. Die Entstehung der Landtiere. Leipzig 1891.
- Sombart, W. Der moderne Kapitalismus. München u. Leipzig 1921.
- Spengler, O. Der Mensch und die Technik. Beitrag zu einer Philosophie des Lebens. München 1931.
- Steche, O. (1) Arbeitsteilung bei „höheren“ Organismen. Hndb. d. norm. u. pathol. Physiologie 1, 1927. S. 609.
- (2) Parasitismus und Symbiose. Hndb. d. norm. u. pathol. Physiologie 1, 1927. S. 628.
- (3) Vom Zellverband zum Individuum. Berlin 1929.
- Steiner, A. Neuere Ergebnisse über den sozialen Wärmehaushalt der einheimischen Hautflügler. Die Naturwissenschaften 18, 1930. S. 595.
- Steuer, A. Planktonkunde. Leipzig 1910.

- Stiasny, G. Das Plankton des Meeres. Berlin u. Leipzig 1913.
- Stöhr, Ph. u. Schultze, O. Lehrbuch der Histologie. Jena 1919.
- Studensky, G. A. Entwicklungslinien der landwirtschaftlichen Weltproduktion. Weltwirtschaftliches Archiv 31, 1930. S. 471.
- Trouessart, E.-L. La distribution géographique des animaux. Paris 1922.
- Vernadsky, M. La géochimie. Paris 1924.
- Verworn, M. Allgemeine Physiologie. Jena 1922.
- Walter, H. E. Biology of the vertebrates. New York 1928.
- Warburg, O. Die Pflanzenwelt. Leipzig u. Wien 1913.
- Warming, E. u. Graebner, P. Lehrbuch der ökologischen Pflanzengeographie. Berlin 1918.
- Wheeler, W. M. The social insects. Their origin and evolution. London 1928.
- Wieser, Fr. Das Gesetz der Macht. Wien 1926.
- Wiman, C. Über die paläontologische Bedeutung des Massensterbens unter den Tieren. Paläontol. Zeitschr. 1, 1913. S. 145.
- Войтоловский, Л. Н. Очерки коллективной психологии II. Психология общественных движений. Москва-Ленинград 1925.
- Woytinsky, Wl. Die Welt in Zahlen I—VI. Berlin 1925—1927.
- Zacharias, O. Das Süßwasser-Plankton. Leipzig 1911.
- Zander, E. Das Leben der Biene. Stuttgart 1921.
- Zittel, K. A. Grundzüge der Paläontologie. Paläozoologie. München u. Berlin 1921.

# Inhaltsverzeichnis.

## Erster Teil. Organismen.

### I.

Verherrlichung des grausamen Kampfes . . . . .	3
Was ist „der Kampf ums Dasein“? . . . . .	9

### II.

Die Masse und der Kampf ums Dasein . . . . .	15
Bakterien . . . . .	17
Einzellige Organismen . . . . .	21
Protophyten . . . . .	22
Einzellige Tiere (Protozoen) . . . . .	25
Koloniale Organismen . . . . .	27
Arbeitsteilung und Sonderung (Differenzierung) . . . . .	29
Vielzellige Wasserpflanzen . . . . .	32
Landpflanzen . . . . .	35
Die wichtigsten Folgen der Arbeitsteilung unter den pflanzlichen Zellen . . . . .	41

### III.

Vielzellige Wassertiere . . . . .	47
Vielzellige Landtiere . . . . .	50
Gesetze der Arbeitsteilung . . . . .	58
Formelemente und Arbeitsteilung . . . . .	58
Zusammenwirken (Integration) . . . . .	60
Konzentration . . . . .	64
Zentralisation . . . . .	66
Grösse . . . . .	69
Folgen der Arbeitsteilung und des Zusammenwirkens der Zellen . . . . .	70
Zusammenfassung . . . . .	76

## Zweiter Teil. Symbiose.

Einleitung . . . . .	79
----------------------	----

### I.

Körperlich vereinigte Symbiosen . . . . .	80
Symbiose zwischen Pflanzen . . . . .	80
Symbiose zwischen Tieren und Pflanzen . . . . .	85
Symbiose zwischen Tieren . . . . .	90

## II.

Körperlich getrennte Symbiosen . . . . .	91
Symbiose zwischen Pflanzen . . . . .	91
Symbiose von Tieren und Pflanzen . . . . .	93
Symbiose zwischen Tieren . . . . .	97
Symbiose des Menschen mit Tieren und Pflanzen . . . . .	99

## III.

Allgemeiner Teil . . . . .	102
Entwicklungslauf der Symbioseformen . . . . .	102
Feindliche Beziehungen (Raubtiere, Parasitismus) . . . . .	103
Zusammenfassung . . . . .	105

**Dritter Teil. Gesellschaften oder Sozietäten.**

## I.

Tiergesellschaften oder -sozietäten . . . . .	107
Sozialer oder Geselligkeitstrieb . . . . .	109
Soziale Tiere — Herrscher in der Tierwelt . . . . .	114
Vergrößerungstendenz der Sozietäten . . . . .	120
Die Arbeitsteilung (Differenzierung) . . . . .	121
Das Zusammenwirken (Integration) . . . . .	127
Konzentration . . . . .	134
Zentralisation . . . . .	139
Konstanz oder Beständigkeit der Lebensbedingungen . . . . .	146
Zusammenfassung . . . . .	155

## II.

Der wirkliche Daseinskampf des Menschen . . . . .	157
Zusammenfassung und Schlusswort . . . . .	168
Literaturverzeichnis . . . . .	174

**ABSTANDSÄNDERUNGEN NÄCHSTER  
NACHBARATOME IN EINIGEN ELEMENTEN UND  
LEGIERUNGEN BEI UMORDNUNG AUS DER  
KUBISCHEN FLÄCHENZENTRIERTEN ANORDNUNG  
IN DIE KUBISCHE RAUMZENTRIERTE ODER DIE  
HEXAGONALE DICHTESTE ANORDNUNG**

VON

**HARALD PERLITZ**

---

TARTU (DORPAT) 1931



## Inhaltsübersicht.

Einleitung: Atomabstand und Koordinationszahl und -art (5 bis 8). Berechnungsformeln: Übergang aus der kubischen flächenzentrierten in die kubische raumzentrierte Anordnung (8). Übergang aus der dichtesten kubischen in die dichteste hexagonale Anordnung (9). Veranschlagung des Einflusses von Beimengungen (10).

Elemente: *Fe* (11 bis 13). *Tl* und *Ce* (13). *Co* (14).

Legierungen: *Heranziehung von Legierungen zur Berechnung der Abstandsänderungen nächster Nachbaratome*: Das Abwechseln homogener und heterogener Phasen (14). Gitterkonstanten in Ein- und Zweiphasengebieten (15 bis 17). Volumina pro Atom in Ein- und Zweiphasengebieten (17 bis 19). *Legierungen mit kubischen flächen- und raumzentrierten Gittern*: Cu-Zn (19 bis 24). Ag-Zn (24 bis 27). Ag-Cd (27 bis 31). Ni-Al (31 bis 33). Fe-Co (33 bis 35). Fe-Ni (35 bis 41). Fe-Mn (41 bis 42). Cu-Mn-Al (42 bis 44). Stähle (44 bis 48). *Legierungen mit kubischen und hexagonalen dichtesten Atomanordnungen*: Fe-Co (48 bis 50). Co-Ni (50 bis 52). Cu-Sb (52 bis 55). Ag-Al (55 bis 58). Ag-Sb (58 bis 60). Au-Hg (60 bis 62). Pb-Bi (62 bis 64).

Übersichtstabellen der Abstandsänderungen nächster Nachbaratome (64 bis 68).

Zusammenfassung (68).

Nachträge: Ag-Sb, Ag-Sn und Au-Sn (70 bis 71).

Anhang: Alphabetisches Verzeichnis der herangezogenen Elemente und Legierungen (72).

---



## Einleitung.

### *Atomabstand und Koordinationszahl und -art.*

1. Aus einem Vergleich der Abstände benachbarter Atome von einer Anzahl zusammengesetzter Substanzen schliesst V. M. Goldschmidt, dass der Abstand nächster Nachbaratome mit der Koordinationszahl derartig verknüpft ist, dass mit steigender Koordinationszahl auch der gegenseitige Abstand der Atomschwerpunkte ansteigt<sup>1)</sup>. Einen Teil der betreffenden Atomabstände errechnet Goldschmidt aus den Gitterabständen binärer metallischer Mischkristalle und denjenigen der einen reinen Komponente. Dabei entsteht aber die Frage, wie man aus den Atomabständen in Mischkristallen diejenigen für die reinen Komponenten berechnen soll. Ist uns doch bisher eine allgemeingültige Beziehung zwischen den Atomabständen metallischer Mischkristalle und denjenigen der sie bildenden Komponenten nicht bekannt. Es muss daher eine nicht genügend individualisierte Berechnung des Atomabstandes der einen Komponente nur aus einer Angabe für den Atomabstand des Mischkristalls und dem Atomabstand der anderen Komponente unsicher sein. Nun könnte man wohl meinen, dass diese Unsicherheit bis zu einem gewissen Grade verringert werden könnte, wenn als Ausgangspunkt der Berechnung vorzugsweise nur solche Kristalle herangezogen werden, deren einzelne reine Komponenten möglichst geringe Unterschiede des Atomabstands aufweisen. Jedoch sind auch bei Beobachtung dieser Vorsichtsmassregel bedeutende Diskrepanzen noch nicht ausgeschlossen.

2. Als Beispiel diene eine Silber-Aluminium-Legierung mit 31,01 Atomprozent Aluminium. Bei dieser Legierung beträgt der Unterschied der Atomabstände der einzelnen reinen Komponenten Silber und Aluminium bloss 0,9%<sup>2)</sup>. Aus den Gitterkonstanten dieser in der Zwölferkoordination der dichtesten hexagonalen Packung auftretenden Legierung errechnet Goldschmidt den

1) Z. physikal. Ch. 133. 1928. 399. — Trans. Faraday Soc. 25. 1929. 262, 263 und 280.

2) Goldschmidt, Z. physikal. Ch. 133. 1928. 407 bis 408.

Radius des Aluminiums in dieser Koordination zu 1,405 Å bzw. 1,399 Å, entsprechend der jeweils benutzten Berechnungsformel. Nun erhält man aber aus der Gitterkonstante des kubischen flächenzentrierten reinen Aluminiums als Radius desselben in der Zwölferkoordination der dichtesten kubischen Packung 1,429 Å. Nach Goldschmidt sollten diese Arten der Zwölferkoordination praktisch oder absolut gleiche Atomabstände aufweisen <sup>1)</sup>, bzw. sollte der Unterschied dieser Atomabstände jedenfalls weniger als 1% betragen <sup>2)</sup>. Hier aber ergibt sich der Atomabstand der hexagonalen Packung um 1,7 bzw. 2,1% geringer als derjenige der kubischen Packung. Andererseits sollte nach Goldschmidt beim Übergang von der Zwölfer- zur Achterkoordination eine Verminderung des Atomabstands um etwa 3% stattfinden <sup>3)</sup>. Der aus der angeführten Silber-Aluminium-Legierung berechnete Atomabstand des Aluminiums in der Zwölferkoordination fällt also weit ausserhalb des für die Zwölferkoordination zulässigen Schwankungsbereichs, da er schon halbwegs zwischen dem der Zwölfer- und dem der Achterkoordination zugeschriebenem Bereich liegt.

3. Die an sich plausibel erscheinende Annahme, dass die Unsicherheit der Berechnung des Atomradius der einen Komponente aus den Atomabständen des Mischkristalls und der anderen Komponente verringert werden kann, wenn man als Ausgangspunkt der Berechnung vorzugsweise nur solche Kristalle heranzieht, deren einzelne reine Komponenten möglichst geringe Unterschiede des Atomabstandes aufweisen, ist somit nicht stets stichhaltig. Dass im betrachteten Fall der aus dem Mischkristall errechnete Wert des Radius von Aluminium gerade kleiner und nicht grösser ausfällt, als der aus reinem Aluminium errechnete Wert, rührt daher, dass die Bildung von Aluminium-Silber-Legierungen mit einer Kontraktion verknüpft ist <sup>4)</sup>. In diesem und ähnlichen Fällen ist die Berechnung der Atomabstände der einen Komponente aus den Atomabständen des Mischkristalls und der anderen Komponente nur durchführbar, wenn man weiss, wie die Kontraktion von der Zusammensetzung der Legierung abhängt.

1) Goldschmidt, Z. physikal. Ch. 133. 1928. 414 bis 416.

2) Goldschmidt, Skrifter Norske Videnskaps-Akademi 1926-I. Nr. 2. S. 47.

3) Z. physikal. Ch. 133. 1928. 415. — Trans. Faraday Soc. 25. 1929. 281.

4) Arne Westgren und Arne Almin, Z. physikal. Ch. B. 5. 1929. 25.

Ob die Unterschiede der Atomabstände der beiden reinen Komponenten viel oder wenig differieren, fällt hierbei nicht ins Gewicht. Im allgemeinen wird eine Berechnung des Atomradius der einen reinen Komponente aus den Atomabständen der anderen Komponente und des Mischkristalls stets unsicher sein, sofern nur Mischkristalle einer einzigen Zusammensetzung vorliegen. Nur eine systematische Untersuchung der Abhängigkeit der Atomabstände des fraglichen Mischkristalls von der Zusammensetzung desselben könnte die nötigen Anhaltspunkte für eine derartige Berechnung liefern, da ja Mischkristallbildungen allgemein mit Volumänderungen verknüpft sind<sup>1)</sup>.

4. Obleich nun aus den Berechnungen von Goldschmidt gefolgert werden kann, dass eine gegebene Atomabstandsänderung einer bestimmten Änderung der Koordinationsart und -zahl zukommt, muss dennoch eine *schärfere* Prüfung des Zusammenhangs zwischen Atomabständen und Koordinationsart und -zahl auf dem von Goldschmidt eingeschlagenen Wege der Zeit vorbehalten werden, wo wir bereits eine tiefere Einsicht in den Zusammenhang des Atomabstands eines metallischen Mischkristalls mit denjenigen seiner Komponenten besitzen. Es ist also eine *einwandfreie schärfere* Prüfung der eingangs aufgestellten Behauptung nur durch Vergleich der Atomabstände an der Hand einer Erscheinung möglich, wo der Einfluss der *Anordnung* und der *Anzahl* der Atome auf die Grösse des Atomabstandes rein und allein hervortritt, ohne dass die *Art* der Atome dabei mitspielen könnte. Eine vergleichende Zusammenstellung also, welche nur den Einfluss der *Strukturänderung* auf den Abstand der Nachbaratome zeigen soll, müsste sich auf Kristalle ein und derselben Stoffart beschränken, damit nicht neben dem gesuchten Einfluss der *Strukturänderung* noch gleichzeitig der Einfluss einer *Stoffänderung* zum Ausdruck gelangt. Eine derartige Erscheinung liegt vor in der Allotropie und Polymorphie: denn die Änderung der Atomabstände bei allotropen und polymorphen Umwandlungen ist ausschliesslich bewirkt durch die *Geometrie* des Gitters, während der Einfluss des *Stoffes* des Gitters ausgeschaltet ist. Mit anderen Worten: der *Substitutionseffekt* ist hier eliminiert; geblieben ist nur der *Koordinationsseffekt*, und also sind die dennoch dabei auftretenden Unterschiede der Atomabstände allein durch die *Strukturgeometrie* begründet.

1) Walter Ekman, Z. physikal. Ch. B. 12. 1931. 76 bis 77.

5. Als denkbare Wege zur Berechnung des Verhältnisses der Atomabstände bei allotropen und polymorphen Umwandlungen kämen in Betracht: (1) die Berechnung aus den Werten der Gitterkonstanten der im Umwandlungspunkt oder -gebiet koexistierenden Gitter; (2) die Berechnung aus den Werten der Gitterkonstanten ineinander übergehender Gitter zu beiden Seiten des Umwandlungspunkts oder -gebiets; (3) die Berechnung aus den Werten der Volum- und Längesprünge im Umwandlungspunkt oder -gebiet oder aus den Dichteunterschieden zu beiden Seiten derselben; (4) die Berechnung aus den Unterschieden der Ausdehnungskoeffizienten zu beiden Seiten des Umwandlungspunkts oder -gebiets. Die letzte Möglichkeit ist die weitaus unzuverlässigste, jedoch besitzt auch die vorletzte im allgemeinen nicht dieselbe Zuverlässigkeit wie die beiden ersten. Denn es ist oftmals schwierig, mittelst der gebräuchlichen Methoden zuverlässige Werte der Volum- und Längesprünge oder der Dichteunterschiede zu erhalten. Es sind ja die Proben häufig von Rissen durchzogen, auch enthalten sie Blasenlöcher und Schlackeneinschlüsse. Die röntgenographisch ermittelten Gitterkonstanten sind daher wohl für viele Substanzen die zuverlässigsten Ausgangsgrößen zur Berechnung der Verhältnisse der Atomabstände bei Änderung der Koordinationsart und -zahl. Daher sollen im weiteren nur die beiden ersten Wege herangezogen werden.

*Berechnungsformeln.*

6. Übergang aus der kubischen flächenzentrierten in die kubische raumzentrierte Anordnung. Es sei  $d_r$  bzw.  $d_f$  der Abstand nächster Nachbaratome im kubischen flächen- bzw. raumzentrierten Gitter im Umwandlungspunkt oder -gebiet. Setzt man  $\delta d = d_r - d_f$ , so ist die relative Abstandsänderung nächster Nachbaratome bei der Umordnung der Atome aus der flächen- in die raumzentrierte Anordnung, bezogen auf den Abstand im flächenzentrierten Gitter, gleich

$$\frac{\delta d}{d_f} = \frac{d_r}{d_f} - 1. \quad (1)$$

Aus der Geometrie der kubischen raum- und flächenzentrierten Gitter aber haben wir

$$\left. \begin{aligned} d_r &= a_r \sqrt{3/2} \\ d_f &= a_f / \sqrt{2} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

als Beziehung zwischen den Abständen nächster Nachbaratome  $d_r$  bzw.  $d_f$  und den als Gitterkonstanten dienenden Kantenlängen  $a_r$  bzw.  $a_f$  der Grundwürfel des kubischen raum- bzw. flächenzentrierten Gitters im Umwandlungspunkt oder -gebiet. Bei Benutzung dieser Beziehungen wird der Ausdruck (1) für die Abstandsänderung

$$\begin{aligned} \frac{\delta d}{d_f} &= \sqrt{\frac{3}{2}} \cdot \frac{a_r}{a_f} \\ &= 1,225 a_r/a_f - 1. \end{aligned} \quad (3)$$

Um auch in den Fällen die Abstandsänderungen nächster Nachbaratome ohne Zwischenrechnungen herzuleiten, wo Volumina pro Atom, nicht aber Gitterkonstanten gegeben sind, ersetzen wir in Formel (3) das Verhältnis der Gitterkonstanten durch das Verhältnis der entsprechenden Volumina pro Atom. Aus der Geometrie der kubischen raum- und flächenzentrierten Gitter haben wir

$$a_r / a_f = (v_r / 2 v_f)^{1/3}$$

als Beziehung zwischen den Gitterkonstanten  $a_r$  bzw.  $a_f$  und den Volumina pro Atom  $v_r$  bzw.  $v_f$  des kubischen raum- bzw. flächenzentrierten Gitters im Umwandlungspunkt oder -gebiet. Mithin ersetzt sich Formel (3) durch

$$\frac{\delta d}{d_f} = 0,9723 \sqrt[3]{\frac{v_r}{v_f}} - 1. \quad (4)$$

7. Übergang aus der dichtesten kubischen in die dichteste hexagonale Anordnung. Bezeichnet  $d_k$  bzw.  $d_h$  den Abstand nächster Nachbaratome im Gitter der kubischen bzw. hexagonalen dichtesten Anordnung im Umwandlungspunkt oder -gebiet, so ist die relative Abstandsänderung nächster Nachbaratome bei der Umordnung der Atome aus der kubischen in die hexagonale Anordnung, bezogen auf den Abstand im kubischen Gitter, gleich

$$\frac{\delta d}{d_k} = \frac{d_h}{d_k} - 1.$$

Aus der Gittergeometrie der kubischen dichtesten Anordnung haben wir wie zuvor

$$d_k = a_k / \sqrt{2},$$

wenn die Gitterkonstante der kubischen dichtesten Anordnung nun mit  $a$  bezeichnet wird. Andererseits ergibt sich aus der Gitter-

geometrie der hexagonalen dichtesten Anordnung, dass die zwölf nächsten Nachbarn eines gegebenen Atoms in zwei Gruppen zerfallen: nämlich sechs äquatoriale Nachbarn in gleichen Abständen

$$d_h = a_h$$

und sechs ausseräquatoriale Nachbarn in gleichen Abständen

$$\begin{aligned} d_h &= \sqrt{\frac{a_h^2}{3} + \frac{c^2}{4}} \\ &= a_h \sqrt{\frac{1}{3} + \frac{k^2}{4}}, \end{aligned}$$

wenn  $a_h$  die Basiskante,  $c$  die Höhe,  $k = c / a_h$  das Achsenverhältnis der hexagonalen Grundzelle bezeichnen. Wir erhalten somit zwei Ausdrücke für die Berechnung der Abstandsänderungen: einen für Abstandsänderungen äquatorialer nächster Nachbarn

$$\begin{aligned} \delta d / d_k &= \sqrt{2} a_h / a_k - 1 \\ &= 1,414 a_h / a_k - 1, \end{aligned} \quad (5)$$

und den anderen für Abstandsänderungen ausseräquatorialer nächster Nachbarn

$$\frac{\delta d}{d_k} = \frac{a_h}{a_k} \sqrt{\frac{2}{3} + \frac{k^2}{2}} - 1. \quad (6)$$

8. Veranschlagung des Einflusses von Beimengungen. Es ist oben der Meinung Ausdruck gegeben worden, dass die röntgenographisch ermittelten Gitterkonstanten zur Berechnung der Abstandsänderungen nächster Nachbaratome bei der Umordnung der Atome aus einer gegebenen Anordnung in eine andere zuverlässiger seien, als andere diesbezügliche Beobachtungen. Nun liegt aber die Gefahr bei Heranziehung der röntgenographisch ermittelten Gitterkonstanten in der Abhängigkeit derselben von unerwünschten oder unerwähnten Beimengungen in der zu untersuchenden Substanz. Die aufgestellten Berechnungsformeln (3) bis (6) enthalten jedoch nicht Gitterkonstanten der einen oder anderen Atomanordnung an und für sich, sondern stets nur Verhältnisse der Gitterkonstanten. Dadurch aber wird der Einfluss, den unerwünschte oder unerwähnte Beimengungen auf die Gitterkonstanten ausüben, in den aus ihnen abgeleiteten Abstandsänderungen nächster Nachbaratome aufgehoben. Denn enthält die zu untersuchende Substanz als Beimengungen Fremdstoffe, so ersetzen sich die in den Formeln (3) bis (6) auftretenden Verhältnisse von der Art  $a_1/a_2$  durch die Verhältnisse

## **Druckfehlerberichtigung.**

Auf Seite 11 muss die linke Seite der zweiten Formel

$$\frac{\mathbf{a}_1 \pm \delta \mathbf{a}_1}{\mathbf{a}_2 \pm \delta \mathbf{a}_2} \text{ lauten und nicht } \frac{\mathbf{a}_1 \pm \delta \mathbf{a}_1/\mathbf{a}_1}{\mathbf{a}_2 \pm \delta \mathbf{a}_2/\mathbf{a}_2}.$$

$$\frac{a_1 \pm \delta a_1}{a_2 \pm \delta a_2} \approx \frac{a_1}{a_2} \left( 1 \pm \frac{\delta a_1}{a_1} \mp \frac{\delta a_2}{a_2} \right),$$

wo  $\delta a_1$  und  $\delta a_2$  die durch die Beimengungen bewirkten Veränderungen der Gitterkonstanten bedeuten. Nun ist aber das Vorzeichen von  $\delta a_1$  stets gleich demjenigen von  $\delta a_2$ , denn Beimengungen, die eine Dehnung oder Schrumpfung des einen Gitters bewirken, bewirken desgleichen eine Dehnung oder Schrumpfung des anderen Gitters. Auch die relativen Änderungen der Gitterkonstanten beider Gitter  $\delta a_1/a_1$  und  $\delta a_2/a_2$  können als praktisch gleich gesetzt werden. Mithin gilt für unseren Zweck als genügende Annäherung

$$\frac{a_1 \pm \delta a_1/a_1}{a_2 \pm \delta a_2/a_2} \approx \frac{a_1}{a_2},$$

mit anderen Worten, die Werte der nach den Formeln (3) bis (6) berechneten Abstandsänderungen werden von den Beimengungen nicht merklich beeinflusst.

## Elemente.

### *Eisen.*

9. Unter den Elementen ist bislang Eisen das einzige, das je nach der Temperatur ein kubisches raumzentriertes oder ein kubisches flächenzentriertes Gitter aufweist. Nach Arne Westgren<sup>1)</sup> besitzen  $\alpha$ -,  $\beta$ - und  $\delta$ -Eisen kubische raumzentrierte Gitter,  $\gamma$ -Eisen aber ein kubisches flächenzentriertes Gitter. Folglich lässt sich am Eisen die Umordnung aus der flächenzentrierten Anordnung in die raumzentrierte in zwei gesonderten Punkten beobachten: das eine Mal bei der Umwandlung des  $\gamma$ -Eisens in  $\beta$ -Eisen im Umwandlungspunkt  $A_3$  bei  $921^\circ \text{C}$ <sup>2)</sup> und das andere Mal bei der Umwandlung des  $\gamma$ -Eisens in  $\delta$ -Eisen im Umwandlungspunkt  $A_4$  bei  $1401^\circ \text{C}$ <sup>1)</sup>. Zur Berechnung der Abstandsänderung nächster Nachbaratome bei der Umordnung aus der flächenzentrierten Anordnung in die raumzentrierte sind somit die Gitterkonstanten dieser beiden Gitter in den Umwandlungspunkten  $A_3$  und  $A_4$  geeignet. Gitterkonstanten im Umwandlungspunkt  $A_3$  sind nicht bestimmt worden, wohl aber lassen sich Gitterkonstanten im Umwandlungspunkt  $A_4$  aus den Beobachtungen von Westgren und Phrag-

1) Engineering 111. 1921. 728 und 757. — Arne Westgren und Gösta Phragmén, Z. physikal. Ch. 102. 1922. 109.

2) O. L. Roberts, Phys. Rev. 35. 1930. 1426.

mén herleiten<sup>1)</sup>. Es haben nämlich Westgren und Phragmén einen Eisendraht von 0,3 mm Durchmesser aus vaakumgeschmolzenem Elektrolyteisen von Heraeus, dessen Eisengehalt mehr als 99,98% betrug, bei verschiedenen Temperaturen durchstrahlt.

10. Verfahren Westgren und Phragmén so, dass sie den Erhitzungsstrom, der den zu durchstrahlenden Draht bei 1425°C halten sollte, alle fünf Minuten unterbrachen, wodurch das Eisen in das  $\alpha$ -Gebiet hinab abgekühlt wurde, so erhielten sie auf demselben Photogramm sowohl  $\delta$ - als auch  $\gamma$ -Eisenlinien<sup>1)</sup>. Auf diesem Photogramm sind die Interferenzlinien ziemlich undeutlich und breit, was seine Ursache darin hat, dass der Eisendraht bei dieser hohen Temperatur äusserst weich und biegsam ist. Deswegen konnte nicht vermieden werden, dass der Draht infolge der Torsion und der Kapillarkräfte des stromführenden Quecksilbers unregelmässig aus der zentralen Lage hinausgebogen wurde. Es bewirkten ferner die Papierhülle des Films und die Verschlussanordnung rings um das Loch im Film, dass letzterer nicht genau zylindrisch um den Eisendraht orientiert war. Schliesslich war auch das einfallende Röntgenstrahlenbündel nicht genau parallel, sondern schwach divergent, und es schrumpfte der Film bei der Behandlung ein wenig zusammen. Um die Wirkung dieser sämtlichen Fehler der experimentellen Anordnung zu eliminieren, wurde ein bei gewöhnlicher Temperatur aufgenommenes Photogramm mit einem theoretisch berechneten idealen  $\alpha$ -Eisenphotogramm verglichen. Die durch die unvermeidlichen Versuchsfehler bewirkte Verschiebung der Interferenzlinien konnte dadurch bestimmt werden, und da die Orientierung des Films bei sämtlichen Aufnahmen in der Kamera für höhere Temperaturen genau dieselbe war, konnten dadurch die Photogramme in einfacher Weise korrigiert werden.

11. Aus zwei auf die beschriebene Art erhaltenen und korrigierten Photogrammen berechnen Westgren und Phragmén die Gitterkonstanten der raum- und der flächenzentrierten Phase zu  $a_r = 2,93 \text{ \AA}$  und  $a_f = 3,68 \text{ \AA}$ <sup>2)</sup>. Aus diesen Angaben errechnet sich die Abstandsänderung nächster Nachbaratome nach Formel (3) zu

$$\delta d / d_f = -2,5\%$$

Mithin führt die Umordnung der Eisenatome aus der kubischen flächenzentrierten in die kubische raumzentrierte Anord-

1) Z. physikal. Ch. 102. 1922. 4 bis 6. — Engineering 113. 1922. 631.

2) Z. physikal. Ch. 102. 1922. 8.

nung im Umwandlungspunkt  $A_4$  zu einer Abnahme der Abstände nächster Nachbaratome um 2,5%. (Anhangsweise sei erwähnt, dass Seikichi Sâto den Längensprung im  $A_4$ -Punkt an einem vakuumgeschmolzenen elektrolytischen Eisenstahl dilatometrisch bestimmt hat. Der von ihm gefundene Wert des Längensprungs ist  $\delta l/l_f = 0,000851$  <sup>1)</sup>). Setzt man diesen Wert in Formel (4) ein, so errechnet sich die Abstandsänderung zu

$$\delta d / d_f = -2,7\%$$

also nur um 0,2% grösser als aus den Röntgendaten. Am selben Stahl hat Sâto auch den Längensprung im  $A_3$ -Punkt bestimmt. Hier fand er  $\delta l/l_f = 0,00282$  <sup>2)</sup>). Setzt man diesen Wert in Formel (4) ein, so errechnet sich die Abstandsänderung im  $A_3$ -Punkt zu

$$\delta d / d_f = -2,5\%$$

#### *Thallium und Cer.*

12. Gitter sowohl kubischer als hexagonaler dichtester Anordnung werden den Elementen Thallium und Cer zugeschrieben. Thallium hat ein Gitter hexagonaler dichtester Anordnung von Zimmertemperatur bis 225° C und ein Gitter kubischer dichtester Anordnung von 225° C bis zum Schmelzpunkt <sup>3)</sup>). Die Gitterkonstanten im Umwandlungspunkt sind für Thallium jedoch nicht bestimmt worden. Eine Berechnung der Abstandsänderungen nächster Nachbaratome bei der Umordnung aus der kubischen in die hexagonale Anordnung ist deshalb aus den Formeln (5) und (6) nicht möglich\*). — Cer besteht nach Albert W. Hull anscheinend aus einem Gemisch der dichtesten kubischen und dichtesten hexagonalen Anordnung mit den Gitterkonstanten  $a_k = 5,12$  Å für das kubische Gitter, sowie  $a_h = 3,65$  Å und  $k = 1,62$  für das hexagonale Gitter <sup>4)</sup>). Aus diesen Angaben ergibt sich als Abstandsdifferenz nächster Nachbaratome in der hexagonalen und in der kubischen Anordnung nach Formel (5)

$$\delta d / d_k = 0,8\%$$

1) Sci. Rep. Tôhoku Univ. 14. 1925. 527.

2) " " " " 14. 1925. 521.

3) Sinkiti Sekito, Z. Kristallogr. 74. 1930. 201.

4) Phys. Rev. 18. 1921. 89.

\*) Anhangsweise sei erwähnt, dass für die Geringfügigkeit dieser Abstandsänderung bei der Umwandlung die Geringfügigkeit des jüngst wiederum neu errechneten Längensprungs daselbst spricht. Es beträgt nämlich nach A. Schulze (Z. Metallk. 22. 1930. 309) die durch die Umwandlung hervorgerufene Zusammenziehung bloss etwa 0,02 %. (Anmerkung bei der Korrektur.)

für nächste Nachbaratome in der Äquatorialebene, und nach Formel (6)

$$\delta d / d_k = 0,3\%$$

für ausseräquatoriale nächste Nachbaratome.

#### *Kobalt.*

13. Kobalt hat zwei Umwandlungspunkte: einen bei etwa 450° C und den anderen bei etwa 1015° C<sup>1)</sup>. Unterhalb des ersten und oberhalb des zweiten Umwandlungspunkts hat Kobalt ein Gitter hexagonaler dichtester Anordnung, zwischen diesen Umwandlungspunkten ein Gitter kubischer dichtester Anordnung. Die Gitterkonstanten in den Umwandlungspunkten sind jedoch nicht bestimmt worden. Eine Berechnung der Abstandsänderung nächster Nachbaratome ist somit nicht durchführbar. Eine Schätzung ist aber möglich auf Grund der Beobachtung von Hull, dass getemperte oder aus Kobaltoxyd reduzierte oder elektrolitisch hergestellte Kobaltpulver nicht nur hexagonale, sondern anscheinend auch kubische dichteste Anordnung zeigen<sup>2)</sup>. Nach Hull beträgt das Achsenverhältnis des hexagonalen Kobalts 1,633 und der Abstand nächster Nachbaratome sowohl in der kubischen als in der hexagonalen Anordnung 2,514 Å. Die Abstandsdifferenzen nächster Nachbaratome in der kubischen und in der hexagonalen Anordnung wären demnach Null. (Anhangsweise sei erwähnt, dass für die Geringfügigkeit der Abstandsänderungen bei der Umwandlung auch dilatometrische Messungen von H. Masumato sprechen, der für den Längensprung im unteren Umwandlungspunkt 0,08% findet<sup>3)</sup>. Einen nur wenig abweichenden Wert für diesen Längensprung, nämlich 0,07%, errechnet auch Sekito aus den Gitterkonstanten bei Zimmertemperatur und 700° C und dem Ausdehnungskoeffizienten von Kobalt<sup>4)</sup>.

### **Legierungen.**

Heranziehung von Legierungen zur Berechnung der Abstandsänderungen nächster Nachbaratome.

#### *Das Abwechseln homogener und heterogener Phasen.*

14. Weitere Daten zur Berechnung der Abstandsänderungen nächster Nachbaratome bei der Umordnung aus der kubischen

1) Sterling B. Hendricks, M. E. Jefferson und J. F. Shultz, Z. Kristallogr. 73. 1930. 380.

2) Phys. Rev. 17. 1921. 577 bis 578.

3) Kinzoku no kenkyu 2. 1925. 877. (Zitiert nach Sekito, Sci. Rep. Tōhoku Univ. 16. 1927. 553.)

4) Sci. Rep. Tōhoku Univ. 16. 1927. 553.

flächenzentrierten Anordnung in die kubische raumzentrierte Anordnung oder in die hexagonale dichteste Anordnung lassen sich aus dem Studium von Legierungen gewinnen. Legiert man ein als Ausgangsstoff gewähltes Metall mit sehr bescheidenen Mengen eines passend gewählten zweiten Metalls, so lässt sich eine homogene einphasige, dem Ausgangsstoff ähnelnde Legierung erzielen. Dieses Einphasensystem ist existenzfähig bis zu einem gewissen Gehalt der Legierung an der zweiten Komponente: bis zur Löslichkeits- oder Sättigungsgrenze der zweiten Komponente in der ersten. Übersteigt der Anteil der zweiten Komponente die Löslichkeits- oder Sättigungsgrenze, so veranlasst der Überschuss der zweiten Komponente über diesen Grenzbetrag die Entstehung einer neuen Phase neben der erstentstandenen Phase: es ergibt sich ein heterogenes Zweiphasensystem. Mit wachsendem Gehalt an der zweiten Komponente wächst von nun an in der Legierung der Anteil der zweiten, jüngst hinzugekommenen Phase und fällt der Anteil der ersten, ursprünglichen Phase. Schliesslich ist der Gehalt der Legierung an der zweiten Komponente so weit gestiegen, dass die erste Phase völlig von der zweiten abgelöst worden ist, die Legierung besteht wiederum bloss aus einer Phase: das heterogene Zweiphasengebiet ist abgelöst worden vom neuen homogenen Einphasengebiet. Wie das erste Einphasengebiet, so ist auch das neue Einphasengebiet im allgemeinen existenzfähig bloss bis zu einem gewissen Gehalt der Legierung an der zweiten Komponente, einer neuen Löslichkeits- oder Sättigungsgrenze, wo auch dieses homogene Einphasengebiet von einem neuen heterogenen Zweiphasengebiet abgelöst wird, und so fort. Beim beschriebenen Vorgang haben wir es also jeweils mit zwei Grenzkonzentrationen zu tun: die eine ist diejenige, bei der das heterogene Zweiphasengebiet einsetzt, die andere diejenige, bei der es aussetzt. Beiderseits dieser Grenzkonzentrationen liegen homogene Gebiete einphasiger Systeme, die das Gebiet des heterogenen Zweiphasensystems, das Übergangs- oder Umordnungsgebiet, flankieren.

*Gitterkonstanten in Ein- und Zweiphasengebieten.*

15. Röntgenographisch äussert sich der beschriebene Vorgang darin, dass die hinzukommenden Fremdatome der zweiten Komponente anfänglich nicht die von den Atomen des Ausgangs-

stoffes gebildete Raumgruppe ändern, sondern nur die Dimensionen des von ihnen gebildeten Gitters: je nach dem Fall eine Erweiterung oder Verengung des Gitters des Ausgangsstoffes bewirkend. Mit steigender Anzahl der Fremdatome entfernen sich die Dimensionen des Gitters der Legierung mehr und mehr von denjenigen des Ausgangsstoffes. Dieser Vorgang dauert an bis zur Erreichung der das Einphasensystem begrenzenden Löslichkeits- oder Sättigungsgrenze, wo die Gitterdimensionen ihre Grenzwerte erreichen. Ist aber die Löslichkeitsgrenze erreicht, so führt eine Überschreitung derselben durch Zufuhr weiterer Fremdatome nicht mehr zu Änderungen der erlangten Gitterdimensionen der Raumgruppe des Ausgangsstoffes, sondern es beginnt nun eine allmähliche Umordnung der Atome aus der Raumgruppe des Ausgangsstoffes in eine andere, neue Raumgruppe. Diese mit dem Eintritt in das Zweiphasengebiet begonnene Umordnung setzt sich fort mit dem Zuwachs der Zahl der Fremdatome, bis alle Atome der Legierung sich aus der anfänglichen Anordnung in die neue umgeordnet haben, welche Umordnung bei Erreichung der zweiten Löslichkeits- oder Sättigungskurve vollständig durchgeführt ist. Hier ist die Raumgruppe des Ausgangsstoffes durch eine neue Raumgruppe ersetzt. Mit Überschreitung dieser zweiten Löslichkeits- und Sättigungskurve durch Vergrößerung der Anzahl der Fremdatome treten wir wiederum in ein Einphasengebiet, in dasjenige des neuetablierten Gitters hinein, und nun setzt ein und wiederholt sich, mit der etablierten neuen Raumgruppe, ein Vorgang, der ähnlich ist demjenigen, dem die anfängliche Raumgruppe unterlag.

16. Verfolgen wir den Gang der Gitterkonstanten der Legierung in den sich ablösenden Gebieten graphisch durch Zeichnung von Kurven, die den Zusammenhang zwischen den Gitterkonstanten der Raumgruppen und den Konzentrationen der Legierung darstellen, so ergibt sich ein monotoner und stetiger Gang in den Bereichen der Einphasengebiete. Ferner finden wir beim Eindringen aus dem einen wie dem anderen Einphasengebiet in das Zweiphasengebiet, dass die eine wie die andere Kurve mit scharfem Knick in eine Parallele zur Abszissenachse umbiegt. Die Abszissen dieser Knicke liegen also auf den Grenzen zwischen den Einphasengebieten und dem Zweiphasengebiet, und die Ordinaten dieser Knicke geben die Gitterkonstanten sowohl an den Grenzen der Einphasengebiete mit dem Zweiphasengebiet, als auch im Zwei-

phasengebiet. Diese Werte der Gitterkonstanten sind es, die wir zur Berechnung der Abstandsänderungen nächster Nachbaratome bei der Umordnung aus einer gegebenen Raumgruppe in eine andere heranzuziehen haben. Denn die Werte der Gitterkonstanten an den Grenzen der Einphasengebiete mit dem Zweiphasengebiet, bzw. im Zweiphasengebiet sind Werte, bei denen sich die Umordnung aus der einen Raumgruppe in die andere vollzieht; es sind diese Gitterkonstanten Grenzwerte, bei denen sowohl die eine als die andere Raumgruppe noch gerade bestehen kann und deren Überschreitung zur Umordnung aus der einen Raumgruppe in die andere führt. Wir werden deshalb vorerst unter den Legierungen solche aussuchen, für die die Gitterkonstanten im Zweiphasengebiet bekannt sind, da wir bei diesen Legierungen ohne weiteres die gesuchten Abstandsänderungen benachbarter Atome berechnen können. Hernach werden wir noch Legierungen, für die die Gitterkonstanten im Zweiphasengebiet nicht bekannt sind, heranziehen, und zwar solche, für die eine genügende Anzahl von so verteilten Werten für Gitterkonstanten in den Einphasengebieten vorliegen, dass eine Extrapolation bis zu den Grenzen des Zweiphasengebiets gerechtfertigt ist, und werden dann die extrapolierten Werte zur Berechnung der Abstandsänderungen benutzen.

*Volumina pro Atom in Ein- und Zweiphasengebieten.*

17. Die Volumina pro Atom sind monotone eindeutige Funktionen der Gitterkonstanten. Nimmt man also als Ordinaten statt der Gitterkonstanten die Volumina pro Atom, so müsste die den Zusammenhang zwischen den Volumina pro Atom und den Konzentrationen darstellende Kurve einen ähnlichen Verlauf aufweisen, wie diejenige zwischen Gitterkonstanten und Konzentrationen. Die Kurven der Volumina pro Atom müssten demnach in Gebieten homogener Phasen stetig verlaufen und beim Überschreiten der diese Gebiete abschliessenden Löslichkeitsgrenzen mit scharfen Knicken in Parallelen zur Abszisse umbiegen. Die Ordinaten dieser Knickstellen bzw. die Höhen der Parallelen über der Abszissenachse geben die Volumina pro Atom im Übergangsbereich, also die Volumina pro Atom bei der Umordnung aus der einen Raumgruppe in die sie ablösende. Es könnte nun scheinen, als ob der hier skizzierte Gang des Volumens pro Atom mit der Konzentration im direkten Widerspruch stehe mit der

von Westgren und Almin hervorgehobenen überraschenden Tatsache, dass in einer Reihe von Legierungen, in denen bis fünf verschiedene Phasen auftreten, das Volumen pro Atom sich doch fast kontinuierlich das ganze System hindurch verändert<sup>1)</sup>. Dem ist jedoch nicht so. Die glatte Kurve, die den kontinuierlichen Gang des Volumens pro Atom anzeigt, besteht beispielsweise im Fall von Kupfer-Zink-Legierungen prinzipiell aus den 9 in der Abbildung 1 hervorgehobenen einzelnen Abschnitten,

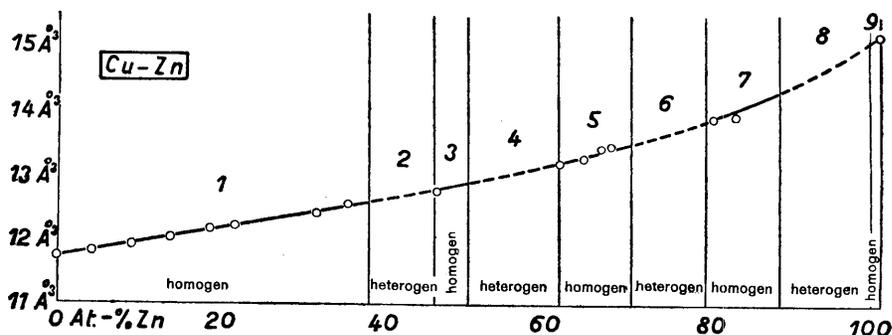


Abb. 1. Die Kontinuität des Volumens pro Atom in Cu-Zn-Legierungen nach Angaben von Westgren und Almin.

die aber im gegebenen Fall glatt ineinander übergehen. Diese Abschnitte zerfallen ihrem Wesen nach in zwei Gruppen. Zu der einen gehören die ausgezogenen Abschnitte der homogenen Phasen 1, 3, 5, 7 und 9, zu der anderen die gestrichelten Abschnitte 2, 4, 6 und 8 der heterogenen Phasen. Der Anstieg der ausgezogenen Kurvenstücke ist bedingt durch das Ansteigen des Volumens pro Atom infolge eines Anwachsens der Gitterkonstanten der betreffenden Raumgruppen. Den Anstieg der gestrichelten Kurven bedingt hingegen die Verdrängung der in den Verband der vorhergehenden Raumgruppe eingehenden Atome durch Atome, die in den Verband der nachfolgenden, mehr Raum beanspruchenden Raumgruppe eingehen. Im homogenen Gebiet zeigt die Kurve den Anstieg des zu einer bestimmten Raumgruppe gehörenden Volumens pro Atom, im heterogenen Gebiet zeigt die Kurve den Anstieg des „Mischvolumens“, des Mittelwerts aus zu zwei verschiedenen Raumgruppen gehörigen Volumina pro Atom.

1) Z. physikal. Ch. B. 5. 1929. 19 bis 25.

18. Wenn die gestrichelten Kurvenstücke dennoch so in die ausgezogenen Kurvenstücke hineinpassen, dass sie eine beinahe glatte Kurve bilden, so ist das an und für sich eine bemerkenswerte Tatsache und kommt dadurch zustande, dass die Breiten der Übergangsbereiche und die Grössen der Volumänderungen pro Atom aufeinander abgepasst sind. Es werden nämlich die Atome aus der einen Anordnung in die andere nicht alle mit einem Mal übergeführt, sondern es erstreckt sich diese Umordnung über ein endliches Gebiet von wechselnder Zusammensetzung, weil ja die Gebiete homogener Phasen jeweils nicht unmittelbar aneinanderstossen, sondern stets durch ein Übergangsbereich getrennt sind. Es vollzieht sich also die Umgruppierung allmählich, Atom nach Atom: die Makro-Umgruppierung aus der einen Anordnung in die andere vollzieht sich stufenweise durch Mikro-Umgruppierungen. Demgemäss wirkt sich der Unterschied des Volumens pro Atom beider Phasen in der diesbezüglichen Kurve auch nicht aus durch einen Sprung bei einer bestimmten Zusammensetzung der Legierung, sondern in einem steten Anstieg der Kurve im Übergangsbereich. Dadurch ist der kontinuierliche Verlauf des Volumens pro Atom gewährleistet und erscheint die diesbezügliche Kurve dennoch als eine glatte Kurve. Die Ordinaten der auf den Löslichkeitsgrenzen liegenden Enden der ausgezogenen Kurvenstücke geben demnach die Volumina pro Atom entsprechender Gitter in den Übergangsbereichen. Sind diese Ordinaten ermittelt, so lassen sich aus ihnen die Abstandsänderungen nächster Nachbaratome bei der Umordnung aus der einen Raumgruppe in die andere errechnen.

Legierungen mit kubischen flächen- und raumzentrierten Gittern.

*Cu-Zn-Legierungen.*

19. Der eingerahmte Teil der Abbildung 2 gibt das aus dem Strukturbericht von P. P. Ewald und C. Hermann<sup>1)</sup> übernommene Zustandsschaubild des Kupfer-Zink-Systems. Von den sieben homogenen mit  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\beta'$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ ,  $\epsilon$  und  $\eta$  bezeichneten Phasen sind alle, ausser der  $\delta$ -Phase, röntgenographisch untersucht worden. Am unteren Rande der Abbildung 2 sind auf der Konzentrationsachse eingezeichnet die Lagen der von E. A.

1) Z. Kristallogr. Ergänzungsband: Strukturbericht 1913—1928. 1931. 533.

Owen und G. D. Preston<sup>1)</sup>, Arne Westgren und Gösta Phragmén<sup>2)</sup>, sowie Arthur Phillips und L. W. Thelin<sup>3)</sup> röntgenographisch untersuchten Proben und die diesen zukommende Gittertypen, soweit es sich um die  $\alpha$ -,  $\beta$ - und  $\beta'$ -Phase handelt.

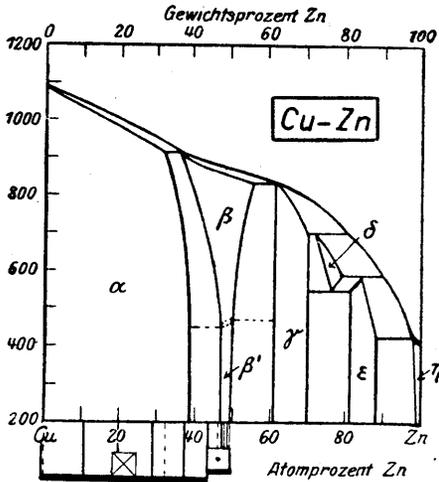


Abb. 2. Im Rahmen das Zustandsschaubild des Cu-Zn-Systems aus dem Strukturbericht. Unterhalb die Verteilung der von Owen und Preston (|), Westgren und Phragmén (:), Phillips und Thelin (|) untersuchten Proben und deren Gittertypen, soweit sie kubisch flächen- oder raumzentriert sind. Die Angaben des Zustandsschaubilds und der Röntgenanalyse decken sich.

Es entspricht somit der  $\alpha$ -Phase ein kubisches flächenzentriertes Gitter und der  $\beta$ - und  $\beta'$ -Phase ein und dasselbe kubische raumzentrierte Gitter. Da die Angaben des Zustandsschaubilds und der Röntgenanalyse sich decken, so können die Grenzen der Gebiete des flächen- und des raumzentrierten Gitters mit denjenigen der  $\alpha$ - bzw.  $\beta$ -Phase des Zustandsschaubilds identifiziert werden. Es erstreckt sich somit das Gebiet der homogenen flächenzentrierten Phase von 0 bis 38 Atomprozent Zink, dasjenige der homogenen raumzentrierten Phase von 46 bis 49 Atomprozent Zink, und somit liegt das Umwandlungsgebiet aus der flächen- in die raumzentrierte Phase zwischen ungefähr 38 und 46 Atomprozent Zink.

20. Im Umordnungsgebiet sind Gitterkonstanten bestimmt worden von Owen und Preston für zwei Proben mit 43,0 Atomprozent Zink<sup>4)</sup>. Die eine dieser Proben wurde eine Stunde bei

1) Proc. Phys. Soc. London 36. 1923. 49 bis 65.

2) Phil. Mag. 50. 1925. 317 bis 324.

3) J. Franklin Inst. 204. 1927. 364.

4) Proc. Phys. Soc. London 36. 1923. 52 bis 56.

500°C, die andere 3 Stunden bei 400°C angelassen, um dann in Wasser abgeschreckt zu werden. Beide Proben zeigten nebeneinander ein flächenzentriertes Gitter mit der Gitterkonstante  $a_f = 3,701 \text{ \AA}$  und ein raumzentriertes mit der Gitterkonstante  $a_r = 2,941 \text{ \AA}$ . Bei Benutzung der Formel (3) errechnen sich aus ihnen die Abstandsänderungen nächster Nachbaratome bei der Umordnung aus der flächen- in die raumzentrierte Anordnung zu

$$\delta d/d_f = -2,5\%$$

Mithin ebenso gross wie im Fall von Eisen. Die Zuverlässigkeit der alleinstehenden Angaben der Gitterkonstanten aus dem Umordnungsgebiet lässt sich durch Heranziehung von Gitterkonstanten der homogenen flächen- bzw. raumzentrierten Phase prüfen. Es sollen ja die bis zu den Löslichkeitsgrenzen extrapolierten Kurven für die Gitterkonstanten der homogenen Phasen auf den Höhen der Gitterkonstanten des Zweiphasengebiets liegen. Gitterkonstanten für Legierungen aus den Gebieten der homogenen Phasen geben Owen und Preston, Westgren und Phragmén, sowie Phillips und Thelin.

21. Owen und Preston hatten ihre Legierungen aus dem Gebiet der homogenen flächenzentrierten Phase wiederholt abwechselnd ausgewalzt und auf 500° bis 600° C angelassen, um sie zum Schluss von 600° C in Wasser abzuschrecken. Aus dem Gebiet der homogenen raumzentrierten Phase untersuchten sie nur zwei Proben einer 47,95 Atomprozent Zink enthaltenden Legierung, von denen die eine von 550° C in Wasser abgeschreckt, die andere von 500° C auf 400° C abgekühlt und darauf in Wasser abgeschreckt wurde. Die Gitterkonstanten dieser Proben sind in Tabelle 1 wiedergegeben<sup>1)</sup>. Die Angaben der Tabelle sind in der Abbildung 3 als offene Kreise eingetragen. Die durch die Kreise der homogenen flächenzentrierten Phase gelegte glatte

Tabelle 1.

Gitterkonstanten der homogenen flächen- bzw. raumzentrierten Phase von Cu-Zn-Legierungen nach Owen und Preston.

Atomprozent Zink . . . . .	0,0	11,07	20,27	26,54	29,42	38,05	47,95
Gitterkonstanten in $\text{\AA}$ $a_f$ . . . . .	3,605	3,633	3,657	3,658	3,668	3,696	
$a_r$ . . . . .							2,946

1) Proc. Phys. Soc. London 36. 1923. 60.

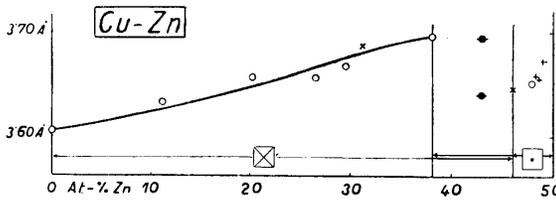


Abb. 3. Gitterkonstanten der kubischen flächen- bzw. raumzentrierten Phase von Cu - Zn - Legierungen nach Owen und Preston (O, ●-), Westgren (O, ●-),

Phragmén (×), Phillips und Thelin (+). Links Masstab für die Gitterkonstanten der flächenzentrierten Phase, rechts für diejenigen der raumzentrierten Phase. Der Gang der Gitterkonstanten in beiden Einphasengebieten gewährleistet die Zuverlässigkeit der Gitterkonstanten im Zweiphasengebiet.

Kurve reicht bis zu 38,05 Atomprozent Zink. Der die Kurve abschliessende letzte Kreis liegt also schon auf der dem Zustandschaubild entnommenen Löslichkeitsgrenze. Die Gitterkonstante der diesem Kreis entsprechenden Legierung müsste somit der Gitterkonstante im Umordnungsgebiet gleich sein. Und in der Tat, die Ordinate im Endpunkt der Kurve, 3,692 Å, ist praktisch gleich der Ordinate, 3,695 Å, des höheren durchstrichenen Kreises des Umordnungsgebiets, die die Gitterkonstante des flächenzentrierten Gitters in diesem Gebiet darstellt. Der untere durchstrichene Kreis gibt die Gitterkonstante der raumzentrierten Phase im Umordnungsgebiet. Sie liegt, wie es auch sein soll, unterhalb der Gitterkonstante für die raumzentrierte Phase im homogenen Gebiet, da ja Zusätze von Zink das Gitter der Legierung erweitern.

22. Westgren und Phragmén haben Präzisionsmessungen der Gitterkonstanten der homogenen Phasen ausgeführt an Legierungen, die durch Zusammenschmelzen von Elektrolytkupfer und Zink von Kahlbaum bereitet und nach Beendigung des Schmelzprozesses im Tiegel der Kühlung an der Luft überlassen wurden<sup>1)</sup>. Die Röntgenaufnahmen ergaben für die homogene flächen- bzw. raumzentrierte Phase die in Tabelle 2 angeführten und in Abbildung 3 durch liegende Kreuze dargestellten Gitterkonstanten. Gitter-

Tabelle 2.

Gitterkonstanten der homogenen flächen- bzw. raumzentrierten Phase von Cu-Zn-Legierungen nach Westgren und Phragmén.

Atomprozent Zink . . . . .	0,0	31,6	46,2
Gitterkonstanten in Å $a_f$ . . . . .	3,610	3,688	
$a_r$ . . . . .			2,945

1) Phil. Mag. 50. 1925. 317 bis 322.

konstanten der homogenen raumzentrierten Phase werden ferner gegeben von Phillips und Thelin<sup>1)</sup>. Ihre entsprechenden Legierungen wurden 40 Stunden lang bei 440° bis 445° C angelassen und im Ofen gekühlt. Die Gitterkonstanten dieser Proben sind in Tabelle 3 angegeben und in Abbildung 3 durch stehende Kreuze gekennzeichnet.

Tabelle 3.

Gitterkonstanten der homogenen raumzentrierten Phase von Cu-Zn-Legierungen nach Phillips und Thelin.

Atomprozent Zink . . . . .	48,10	48,20	48,95
Gitterkonstanten $a_T$ in Å . . . . .	2,958	2,956	2,974

Die Gitterkonstanten der Tabelle 2 sind an diejenigen des Steinsalzes angeschlossen, diejenigen der Tabelle 3 an die Gitterkonstanten reinen Kupfers. Aus der Verteilung der Gitterkonstanten im homogenen flächenzentrierten und im homogenen raumzentrierten Gebiet können die Anstiege der Gitterkonstanten dieser Phasen entnommen werden. Diese aus der Abbildung 3 abgeleiteten Anstiege gewährleisten aber die für die Gitterkonstanten der flächen- und der raumzentrierten Phase angenommenen Werte, die der Berechnung der Abstandsänderung zugrunde gelegt worden waren.

23. Zur nochmaligen Überprüfung des erhaltenen Resultats lassen sich Angaben von Westgren und Almin über Volumina pro Atom der Kupfer-Zink-Legierungen benutzen<sup>2)</sup>. Diese Angaben enthält Tabelle 4. Die Angaben dieser Tabelle sind in Abbildung

Tabelle 4.

Volumina pro Atom der homogenen flächen- bzw. raumzentrierten Phase von Cu-Zn-Legierungen nach Westgren und Almin.

Atomprozent Zink . . . . .	0	4,2	9,1	13,7	18,8	21,3	31,7	35,4	46,2
Volumina pro Atom in Å <sup>3</sup> $v_T$	11,74	11,84	11,94	12,02	12,18	12,22	12,44	12,56	
$v_T$ . . . . .									12,77

4 durch offene Kreise wiedergegeben. Da nach dem Schmelzdiagramm das Umordnungsgebiet zwischen ungefähr 38 und 46 Atomprozent Zink liegt, so ersieht man aus Abbildung 4, dass es zur Bestimmung des Volumens pro Atom der flächenzentrierten Phase bloss einer sehr kurzen Extrapolation bedarf, die zum Wert  $v_T = 12,6_0$  Å<sup>3</sup> führt. Weiter entnimmt man dies er Abbil-

1) J. Franklin Inst. 204. 1927. 364.

2) Z. physikal. Ch. B. 5. 1929. 20.

dung, dass der in der Tabelle 4 verzeichnete Wert von  $v_r = 12,77 \text{ \AA}^3$  bereits an der Grenze des raumzentrierten Gebiets liegt und somit als Volumen pro Atom der raumzentrierten Phase im Übergangsbereich angesprochen werden kann. Andererseits

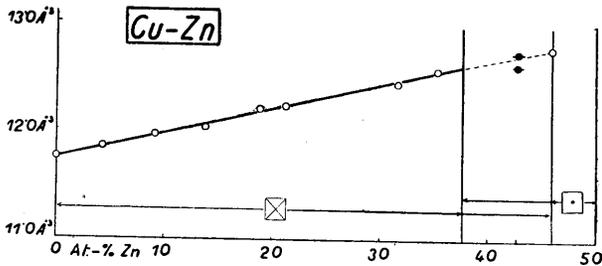


Abb. 4. Volumina pro Atom der kubischen flächen- bzw. raumzentrierten Phase von Cu-Zn-Legierungen nach Westgren und Almin (○) und nach Owen und Preston (●-●). Die Volumina pro Atom des Zweiphasengebiets schliessen sich den Grenzwerten der Volumina pro Atom in den Einphasengebieten gut an.

errechnen sich aus den Gitterkonstanten von Owen und Preston für das flächen- und das raumzentrierte Gitter im Übergangsbereich die Volumina pro Atom zu  $12,61 \text{ \AA}^3$  für das flächenzentrierte Gitter und zu  $12,71 \text{ \AA}^3$  für das raumzentrierte Gitter. Diese Werte sind in Abbildung 4 durch durchstrichene Kreise markiert, die sich, wie ersichtlich, den Grenzwerten der Volumina pro Atom der Einphasengebiete gut anschliessen. Unter Benutzung der aus Abbildung 4 entnommenen Zahlenangaben und der Formel (4) errechnet sich diesmal die Abstandsänderung nächster Nachbaratome zu

$$\delta d/d_i = -2,3\%$$

Mithin ergibt sich aus den angeführten Berechnungen, dass die Abstandsänderung nächster Nachbaratome von Kupfer-Zink-Legierungen bei der Umordnung aus der kubischen flächenzentrierten in die kubische raumzentrierte Anordnung zwischen  $-2,3$  und  $-2,5\%$  liegt.

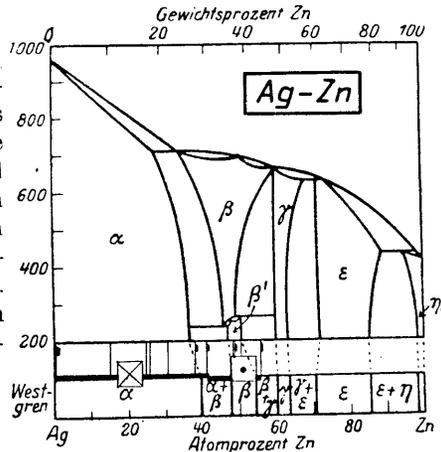
#### Ag-Zn-Legierungen.

24. Der obere eingerahmte Teil der Abbildung 5 gibt das aus dem Strukturbericht übernommene Zustandsschaubild des Silber-Zink-Systems<sup>1)</sup>. Alle homogenen, in diesem Zustandsschaubild mit  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\beta'$ ,  $\gamma$ ,  $\epsilon$  und  $\eta$  bezeichneten Phasen sind rönt-

1) Z. Kristallogr. Ergänzungsband: Strukturbericht 1913—1928. 1931. 552.

genographisch untersucht worden. Die Lagen der von Westgren und Phragmén<sup>1)</sup>, sowie der von Westgren und Almin<sup>2)</sup> röntgenographisch untersuchten Proben auf der Konzentrationsachse und die diesen zukommenden Gittertypen, soweit es sich um die Phasen  $\alpha$ ,  $\beta$  und  $\beta'$  handelt, sind im Mittelteil der Abbildung 5 eingezeichnet. Wie ersichtlich, decken sich die Anga-

Abb. 5. Im oberen Rahmen das Zustandsschaubild des Ag-Zn-Systems aus dem Strukturbericht. In der Mitte die Verteilung der von Westgren und Phragmén ( $\Gamma$ ), sowie der von Westgren und Almin ( $\square$ ) untersuchten Proben und deren Gittertypen, soweit sie kubisch flächen- oder raumzentriert sind. Im unteren Rahmen röntgenographisch begründete Abänderungen des Zustandsschaubilds.



ben des Zustandsschaubilds nicht vollständig mit den Resultaten der Röntgenanalyse. Das Zinkende der homogenen  $\alpha$ -Phase, der ein kubisches flächenzentriertes Gitter zukommt, liegt nicht bei ungefähr 37 Atomprozent Zink, sondern jenseits dieses Zinkgehalts. Ferner hat sich ergeben, dass Legierungen aus den Gebieten der homogenen Phasen  $\beta$  und  $\beta'$  ein und dasselbe kubische raumzentrierte Gitter haben. Es ist aber zu beachten, dass das Zinkende auch dieser homogenen Phase wiederum weiter verlegt werden muss. Die röntgenographisch bedingten Verlegungen der Zinkenden der homogenen Phasen  $\alpha$  und  $\beta$  sind im unteren, aus dem Strukturbericht übernommenem Teil der Abbildung 5 wiedergegeben. Demnach erstreckt sich das Gebiet der homogenen flächenzentrierten Phase bis zu 40 Atomprozent Zink. Dieser Wert des Zinkendes dieser Phase wird wahrscheinlich gemacht durch Untersuchungen von Westgren und Phragmén<sup>3)</sup>, ist jedoch noch nicht durchaus sicher, denn die aus Zink von Kahlbaum und Silber von mehr als 99,98 % Reinheit bereiteten

1) Phil. Mag. 50. 1925. Tafel VII.

2) Z. physikal. Ch. B. 5. 1929. 20.

3) Phil. Mag. 50. 1925. 31 bis 317.

Legierungen wurden nach ihrer Anfertigung in Luft abgekühlt. Es könnte daher das Abfallen der Temperatur zu schnell gewesen sein, um Legierungen zu erhalten, die dem Zustand des wahren Gleichgewichts bei Zimmertemperatur entsprechen.

25. Angaben über Gitterkonstanten oder Volumina pro Atom im Zweiphasengebiet fehlen. Eine Berechnung der Abstandsänderung bei der Umordnung aus der flächen- in die raumzentrierte Anordnung ist somit nur durchführbar, wenn die Werte der Gitterkonstanten bzw. Volumina pro Atom durch Extrapolation bis zu den Grenzen des Zweiphasengebiets festgelegt werden. Letzteres ist möglich aus den Angaben für die Volumina pro Atom der homogenen flächen- bzw. raumzentrierten Phase von Westgren und Almin<sup>1)</sup>. Diese Daten sind in Tabelle 5 angeführt und in Abbildung 6 als Kreise eingetragen. Nehmen wir versuchsweise als Grenzen des Umordnungsgebiets die

Tabelle 5.

Volumina pro Atom der homogenen flächen- bzw. raumzentrierten Phase von Ag-Zn-Legierungen nach Westgren und Almin.

Atomprozent Zink . . . . .	0	15	24,6	25,7	30,2	48,0	50,0
Volumina pro Atom in $\text{\AA}^3$ $v_f$ . . . . .	16,95	16,65	16,41	16,41	16,30		
$v_r$ . . . . .						15,70	15,60

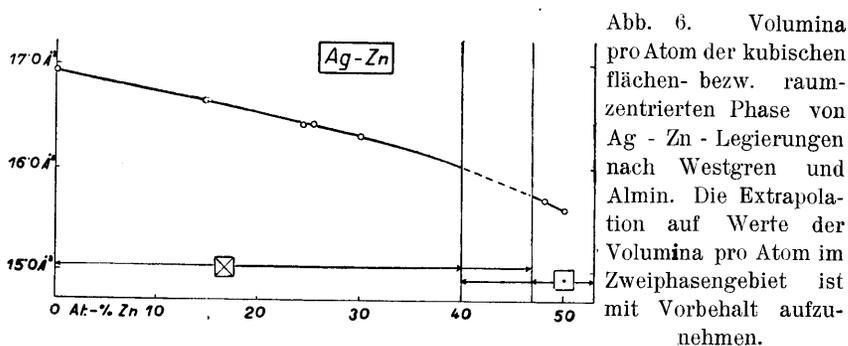


Abb. 6. Volumina pro Atom der kubischen flächen- bzw. raumzentrierten Phase von Ag - Zn - Legierungen nach Westgren und Almin. Die Extrapolation auf Werte der Volumina pro Atom im Zweiphasengebiet ist mit Vorbehalt aufzunehmen.

den Konzentrationen von 40 und 47 Atomprozent entsprechenden Ordinaten, so lehrt uns Abbildung 6, dass zur Bestimmung des Volumens pro Atom der flächenzentrierten Phase eine längere Extrapolation erforderlich ist, während zur Bestimmung desjenigen der raumzentrierten Phase eine kürzere ausreicht. Für den ersteren Fall gibt die Abbildung 6  $v_f = 16,0_1 \text{ \AA}^3$  und für den letzteren

1) Z. physikal. Ch. B. 5. 1929. 20.

$v_r = 15,8_4 \text{ \AA}^3$ . Demgemäss berechnet sich die Abstandsänderung nach Formel (4) zu

$$\delta d/d_f = -3,3\%.$$

26. Mithin führt die Umordnung der Atome der Silber-Zink-Legierungen aus der kubischen flächenzentrierten Anordnung in die kubische raumzentrierte zu einer Abnahme der Atomabstände nächster Nachbaratome um  $3,3\%$ . Dieser Wert ist ein aussergewöhnlich hoher sowohl im Vergleich mit denjenigen für das Eisen und für die Kupfer-Zink-Legierung, als auch, was schon hier vorwegnehmend erwähnt sei, im Vergleich mit allen anderen Schrumpfungswerten bei der Umordnung aus der flächen- in die raumzentrierte Anordnung. Diese ausserordentliche Höhe der berechneten Schrumpfung der Silber-Zink-Legierung könnte verursacht sein durch die Unsicherheit sowohl der Extrapolation, als der Grenzen des Zweiphasengebiets. Die Unsicherheit der Extrapolation liegt einerseits in der verhältnismässigen Breite des Bereichs, über den im flächenzentrierten Gebiet zu extrapolieren ist, andererseits im Vorhandensein von nur zwei Angaben aus dem raumzentrierten Gebiet. Um diese Unsicherheit möglichst herabzusetzen, wurde nur eine, und zwar eine für die Angaben des flächen- und des raumzentrierten Gebiets gemeinsame glatte Kurve gezogen, in Anlehnung an die von Westgren und Almin hervor gehobene Tatsache, dass in einer Reihe von Legierungen das Volumen pro Atom sich fast kontinuierlich das ganze System hindurch ändert, obgleich im Fall der Silber-Zink-Legierung die Beziehung zwischen dem Volumen pro Atom und der Konzentration nicht gerade die einfachste ist und es fraglich ist, ob sich diese Beziehung durch eine glatte Kurve wiedergeben lässt<sup>1)</sup>. Demgemäss sollte die Zuverlässigkeit der extrapolierten Werte nicht zu hoch veranschlagt werden.

#### *Ag-Cd-Legierungen.*

27. Der obere eingerahmte Teil der Abbildung 7 gibt das aus dem Strukturbericht übernommene Zustandsschaubild des Silber-Kadmium-Systems<sup>2)</sup>. Alle fünf homogenen, in diesem Zustandsschaubild mit  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\epsilon$  und  $\eta$  bezeichneten Phasen sind röntgenographisch untersucht worden. Die Lagen der von Halfdan

1) Z. physikal. Ch. B. 5. 1929. 21. Fig. 2.

2) Z. Kristallogr. Ergänzungsband: Strukturbericht 1913—1928. 1931. 554.

Åstrand und Arne Westgren<sup>1)</sup>, G. Natta und M. Freri<sup>2)</sup>, sowie V. M. Goldschmidt<sup>3)</sup> röntgenographisch untersuchten Proben auf der Konzentrationsachse und die diesen zukommenden Gittertypen, soweit es sich um die drei ersten Phasen handelt, sind im Mittelteil der Abbildung 7 eingezeichnet. Wie ersichtlich, decken sich die Angaben des Zustandsschaubilds nicht völlig mit den Resultaten der Röntgenanalyse. Es erweist sich, dass die  $\alpha$ -Phase ein kubisches flächenzentriertes Gitter hat, dass aber das Kadmiumende der homogenen  $\alpha$ -Phase nicht bei ungefähr 37 Atomprozent Kadmium liegt. Im Widerspruch zum Zustandsschaubild wird das Gebiet der homogenen  $\alpha$ -Phase nicht

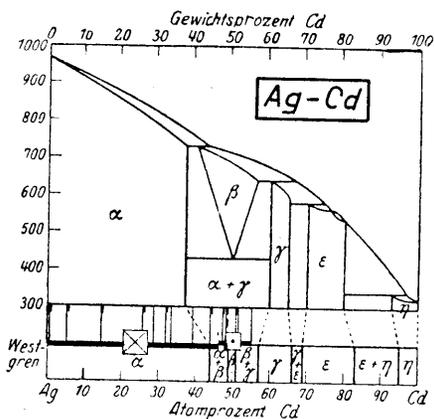


Abb. 7. Im oberen Rahmen das Zustandsschaubild des Ag-Cd-Systems aus dem Strukturbericht. In der Mitte die Verteilung der von Åstrand und Westgren ( $\alpha$ ), Natta und Freri ( $\Gamma$ ), sowie Goldschmidt (F) untersuchten Proben und deren Gittertypen, soweit sie kubisch flächen- oder raumzentriert sind. Im unteren Rahmen röntgenographisch begründete Abänderungen des Zustandsschaubilds.

vom heterogenen Gebiet der  $\alpha$ - und der  $\gamma$ -Phase abgelöst, sondern vom heterogenen Gebiet der  $\alpha$ - und der  $\beta$ -Phase, dem das um 50 Atomprozent Kadmium liegende Gebiet der homogenen  $\beta$ -Phase folgt. Nun erst kommt ein heterogenes, die  $\gamma$ -Phase enthaltendes Gebiet und weiterhin das Gebiet der homogenen  $\gamma$ -Phase. Diese und andere röntgenographisch bedingte, nach dem Strukturbericht wiedergegebene Korrekturen des Zustandsschaubilds enthält der unterste Teil der Abbildung 7.

28. Im Umordnungsgebiet aus der flächen- in die raumzentrierte Anordnung sind Gitterkonstanten bestimmt worden von Åstrand und Westgren<sup>4)</sup>. Die von ihnen benutzten Legierungen wurden durch Zusammenschmelzen von Feinsilber

1) Z. anorg. Ch. 175. 1928. 92.

2) Rendiconti R. Acc. Naz. Lincei 6. 1927. 424 bis 425.

3) Z. physikal. Ch. 133. 1928. 415.

4) Z. anorg. Ch. 175. 1928. 90 bis 96.

mit Kadmium von Kahlbaum hergestellt, zur Homogenisierung vom flüssigen Zustand auf gewöhnliche Temperatur rasch abgekühlt und dann längere Zeit im Vakuum erhitzt. Nun erst wurden sie so homogen, dass sie scharfe Röntgeninterferenzen ergaben und gute Photogramme erhalten wurden, nachdem die Pulver in üblicher Weise durch kurzdauernde Erhitzung im Vakuum rekristallisiert worden waren. Unter den hergestellten Legierungen zeigte nur die mit 46,8 Atomprozent Kadmium nebeneinander ein flächenzentriertes Gitter mit der Gitterkonstante  $a_f = 4,175 \text{ \AA}$  und ein raumzentriertes Gitter mit der Gitterkonstante  $a_r = 3,323 \text{ \AA}$ . Diese, zwei koexistierende Gitter aufweisende Legierung liegt mithin im Umordnungsgebiet, und ihre Gitterkonstanten sind zur Berechnung der Abstandsänderungen nächster Nachbaratome bei der Umordnung aus der flächenzentrierten Anordnung in die raumzentrierte verwendbar. Auf Grund dieser Angaben berechnet sich die Abstandsänderung nach Formel (3) zu

$$\delta d/d_f = -2,5\%$$

29. Die Zuverlässigkeit dieser alleinstehenden Gitterkonstanten aus dem Umordnungsgebiet lässt sich prüfen durch Heranziehung von Gitterkonstanten der homogenen flächen- und raumzentrierten Phase, die das Umordnungsgebiet flankieren, denn es erreichen ja die extrapolierten Kurven der Gitterkonstanten der homogenen Phasen die Werte der Gitterkonstanten des Umordnungsgebiets auf der Löslichkeitsgrenze. Gitterkonstanten für eine Reihe von Silber-Kadmium-Legierungen aus dem Gebiet der homogenen flächenzentrierten Phase geben Åstrand und Westgren<sup>1)</sup>. Diese Gitterkonstanten sind in der Tabelle 6 verzeichnet und in der Abbildung 8 durch offene Kreise markiert. Die

Tabelle 6.

Gitterkonstanten der homogenen flächenzentrierten Phase von Ag-Cd-Legierungen nach Åstrand und Westgren.

Atomprozent Kadmium . . . . .	0	28,5	33,4	39,0
Gitterkonstanten $a_f$ in $\text{\AA}$ . . . . .	4,078	4,140	4,151	4,164

Gitterkonstante der flächenzentrierten Phase aus dem Umwandlungsgebiet ist in Abbildung 8 durch den oberen durchstrichenen Kreis markiert. Es ergibt sich also aus dieser Abbildung, dass

1) Z. anorg. Ch. 175. 1928. 92.

die Löslichkeitsgrenze bei ungefähr 44 Atomprozent Kadmium liegen müsste, im Widerspruch zum Zustandsschaubild und im Einklang mit der vermuteten Verschiebung dieser Löslichkeitsgrenze zum Kadmiumende der Legierungen.

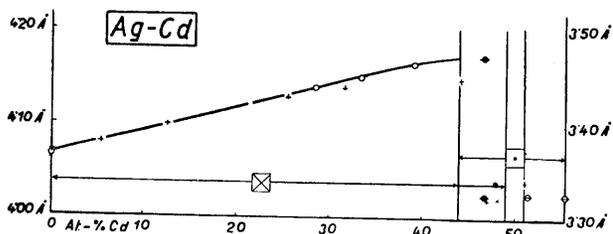


Abb. 8. Gitterkonstanten der kubischen flächen- bzw. raumzentrierten Phase von Ag-Cd-Legierungen nach Åstrand und Westgren (○, ●, ○), Natta und Freri (+),

sowie Goldschmidt (×). Links Massstab für die Gitterkonstanten der flächenzentrierten Phase, rechts für diejenigen der raumzentrierten Phase. Der Gang der Gitterkonstanten ausserhalb des Koexistenzgebiets der flächen- und der raumzentrierten Phase gewährleistet die Zuverlässigkeit der Gitterkonstanten im Koexistenzgebiet.

30. Eine Verlegung der Löslichkeitsgrenze jenseits von 37 Atomprozent Kadmium erheischen auch die Beobachtungen von Natta und Freri<sup>1)</sup>. Natta und Freri benutzen als Ausgangsmaterial zur Herstellung ihrer Legierungen reines Kadmium und Silber von Kahlbaum, die sie nach dem Zusammenschmelzen durch Eintauchen in kaltes Wasser abschreckten und bei verschiedenen höheren Temperaturen stundenlang temperten. Die von ihnen an diesen Proben erhaltenen Gitterkonstanten, deren Genauigkeit sie zu 0,01 Å angeben, sind, soweit es sich um die homogene flächenzentrierte Phase handelt, in der Tabelle 7 angeführt. Die Angaben dieser Tabelle sind in Abbildung 8 durch

Tabelle 7.

Gitterkonstanten der homogenen flächenzentrierten Phase von Ag-Cd-Legierungen nach Natta und Freri.

Atomprozent Kadmium . . . . .	0	5,4	14,7	25,6	31,6	44,2
Gitterkonstanten $a_f$ in Å . . . . .	4,07	4,08	4,10	4,13	4,14	4,15

stehende Kreuze markiert. Wie ersichtlich, zeigen die von Natta und Freri angegebenen Gitterkonstanten einen geringeren Anstieg als diejenigen von Åstrand und Westgren. Es ist jedoch bemerkenswert, dass auch noch ihre 44,2 Atomprozent Kadmium enthaltende Legierung nur ein flächenzentriertes Gitter auf-

1) Rendiconti R. Acc. Naz. Lincei 6. 1927. 423 bis 424.

weist <sup>1)</sup>. Mithin ist die Verlegung der Löslichkeitsgrenze nach ungefähr 44 Atomprozent Kadmium wohl genügend begründet.

31. Der für die Gitterkonstante des raumzentrierten Gitters im Umordnungsgebiet aus der flächen- in die raumzentrierte Anordnung angenommene Wert ist in Abbildung 8 durch den unteren durchstrichenen Vollkreis markiert. Ihm schliessen sich zwanglos an die beiden offenen durchstrichenen Kreise, die den von Åstrand und Westgren bestimmten Werten der Gitterkonstanten des raumzentrierten Gitters im Umwandlungsgebiet aus der raumzentrierten in die  $\gamma$ -Phase entsprechen. Sehr nahe dem angenommenen Wert liegt auch der von Natta und Freri für die Gitterkonstante einer 47 Atomprozent Kadmium enthaltenden Legierung angeführte Wert von  $3,32 \text{ \AA}^2$ ), der in der Abbildung durch ein stehendes Kreuz bezeichnet ist. Nahe dem angenommenen Wert von  $3,323 \text{ \AA}$  ist desgleichen der von Goldschmidt angeführte Wert von  $3,321 \text{ \AA}^3$ ) — in der Abbildung durch ein liegendes Kreuz markiert — für die Gitterkonstante einer 48,33 Atomprozent Kadmium enthaltenden Legierung.

#### *Ni-Al-Legierungen.*

32. Der eingerahmte Teil der Abbildung 9 gibt das Zustandsschaubild des Nickel-Aluminium-Systems nach den International Critical Tables <sup>4)</sup>. Dieses System ist im Bereich von 0 bis 54 Atomprozent Aluminium röntgenographisch untersucht worden. Die Lagen der röntgenographisch untersuchten Proben auf der Konzentrationsachse und die diesen zukommenden Gittertypen sind nach Angaben von Westgren und Almin am unteren Rande der Abbildung eingezeichnet <sup>5)</sup>. Wie ersichtlich, decken sich im röntgenographisch untersuchten Bereich die Angaben des Zustandsschaubilds mit denjenigen der Röntgenanalyse und ist der aluminiumärmeren Phase ein kubisches flächenzentriertes, der aluminiumreicheren Phase ein kubisches raumzentriertes Gitter zuzuschreiben. So würde sich auf Grundlage des Zustandsschaubilds das Gebiet der homogenen kubischen flächenzentrierten Phase von 0 bis jenseits von 27 Atomprozent Aluminium

1) Rendiconti R. Acc. Naz. Lincei 6. 1927. 424; 7. 1928. 408.

2) Rendiconti R. Acc. Naz. Lincei 6. 1927. 425.

3) Z. physikal. Ch. 139. 1928. 415.

4) Band 2. S. 404.

5) Z. physikal. Ch. B. 5. 1929. 24.

erstrecken und dasjenige der homogenen raumzentrierten Phase vor 37 Atomprozent Aluminium einsetzen. Das Umordnungsgebiet aus der flächen- in die raumzentrierte Anordnung läge somit zwischen 27 und 37 Atomprozenten Aluminium. Da Röntgenanalysen aus dem Zweiphasengebiet nicht vorliegen, so ist die Be-

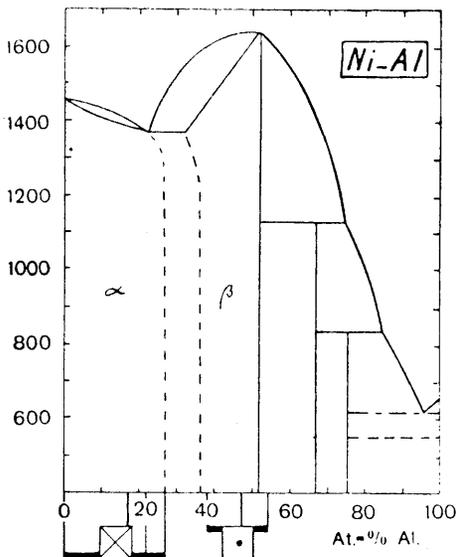


Abb. 9. Im Rahmen das Zustandschaubild des Ni-Al-Systems aus den International Critical Tables. Unterhalb die Verteilung der röntgenographisch untersuchten Proben und deren Gittertypen, soweit sie kubisch flächen- oder raumzentriert sind, nach Westgren und Almin. Die Angaben der Röntgenanalyse und des Zustandschaubilds decken sich.

rechnung der Abstandsänderung bei der Umordnung aus der flächen- in die raumzentrierte Anordnung nur durchführbar durch Extrapolierung der Röntgendaten beider homogener Bereiche bis zu den Grenzen des von ihnen flankierten Zweiphasengebiets.

33. Der Extrapolation zugrunde liegen einer unveröffentlichten Arbeit von Ebba Löwenhamn entnommene und von Westgren und Almin veröffentlichte Angaben für Volumina pro Atom in dem flächen- und dem raumzentrierten Einphasengebiet<sup>1)</sup>. Diese Angaben sind in der Tabelle 8 wiedergegeben. Abbildung 10 enthält die durch Kreise markierten Angaben dieser Tabelle,

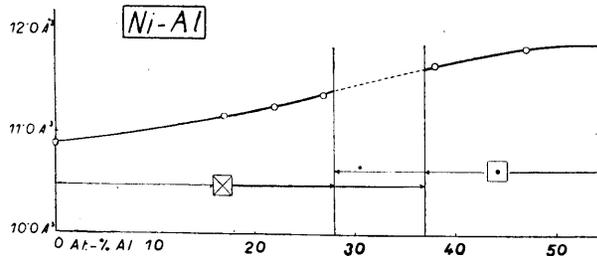
Tabelle 8.

Volumina pro Atom der homogenen flächen- bzw. raumzentrierten Phase von Ni-Al-Legierungen nach Almin und Westgren.

Atomprozent Aluminium . . .	0	17	22	27	38	47	54
Volumina pro Atom in Å <sup>3</sup> $v_f$ . . .	10,89	11,15	11,25	11,36			
$v_r$ . . . . .					11,64	11,80	11,87

1) Z. physikal. Ch. B. 5. 1929. 24.

Abb. 10. Volumina pro Atom der kubischen flächen- bzw. raumzentrierten Phase von Ni-Al-Legierungen nach Westgren und Almin. Der glatte Gang der Volumina pro Atom in den Einphasengebietern und das Heranreichen der Beobachtungen bis dicht an die Grenzen des Zweiphasengebiets gewährleisten eine sichere Extrapolation auf Werte der Volumina pro Atom im Zweiphasengebiet.



und das Heranreichen der Beobachtungen bis dicht an die Grenzen des Zweiphasengebiets gewährleisten eine sichere Extrapolation auf Werte der Volumina pro Atom im Zweiphasengebiet.

sowie eine durch dieselben gelegte glatte Kurve, die eine Bestimmung der Volumina pro Atom an den Grenzen des Umordnungsgebiets ermöglicht. Nimmt man als Grenzen des Umordnungsgebiets 28 und 37 Atomprozent Aluminium an, so genügt zur Bestimmung der Volumina pro Atom an jeder der beiden Grenzen des Zweiphasengebiets je eine kurze Extrapolation. Sie ergibt  $v_f = 11,3_9 \text{ \AA}^3$  für das Volumen pro Atom der flächenzentrierten Phase an der Grenze des Umordnungsgebiets und  $v_r = 11,6_2 \text{ \AA}^3$  für das Volumen pro Atom der raumzentrierten Phase an der Grenze des Umordnungsgebiets. Setzt man diese Werte in Formel (4) ein, so folgt

$$\delta d/d_f = -2,1 \%$$

Mithin ändert sich der Abstand nächster Nachbaratome der Nickel-Aluminium-Legierungen bei der Umordnung aus der flächen- in die raumzentrierte Anordnung um  $-2,1 \%$ .

#### *Fe-Co-Legierungen.*

34. Der mittlere Teil der Abbildung 11 gibt das aus der Schrift von Atomi Ôsawa übernommene Zustandsschaubild des Eisen-Kobalt-Systems nach H. Masumoto<sup>1)</sup>. Röntgenographisch ist das Eisen-Kobalt-System untersucht worden von Mary R. Andrews<sup>2)</sup> und A. Ôsawa<sup>3)</sup>. Die Lagen der von ihnen untersuchten Proben auf der Konzentrationsachse und die diesen zukommenden Gittertypen sind am unteren Rande der Abbildung 11 vermerkt. Es

1) Sci. Rep. Tôhoku Univ. 19. 1930. 116.

2) Phys. Rev. 18. 1921. 250 bis 251.

3) Sci. Rep. Tôhoku Univ. 19. 1930. 115 bis 121.

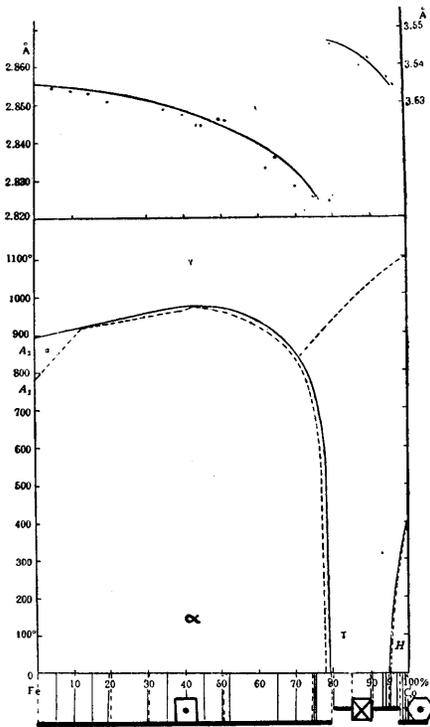


Abb. 11. Im oberen Teil Gitterkonstanten der kubischen raum- bzw. flächenzentrierten Phase von Fe-Co-Legierungen nach Ôsawa. Links Massstab für die Gitterkonstanten der raumzentrierten Phase, rechts für diejenigen der flächenzentrierten Phase. Der Gang der Gitterkonstanten in beiden Einphasengebieten gewährleistet die Zuverlässigkeit der Gitterkonstanten im Zweiphasengebiet. Im Mittelteil das Zustandsschaubild des Fe-Co-Systems nach Masumoto. Unterhalb die Verteilung der von Andrews (○) und Ôsawa (□) röntgenographisch untersuchten Proben und deren Gittertypen. Die Angaben des Zustandsschaubilds und der Röntgenanalysen decken sich bis auf die Lage des kubisch-hexagonalen Zweiphasengebiets.

entspricht also der  $\alpha$ -Phase ein kubisches raumzentriertes, der  $\gamma$ -Phase ein kubisches flächenzentriertes und der  $H$ -Phase ein der hexagonalen dichtesten Anordnung zukommendes Gitter. Es decken sich die Angaben des Zustandsschaubilds mit denjenigen der Röntgenanalyse bis auf die Lage des kubisch-hexagonalen Zweiphasengebiets, das beide Röntgenanalysen um einige Prozent näher zum Kobaltende hin verlegen als das Zustandsschaubild. Alle von Ôsawa untersuchten Proben wurden nach dem Zusammenschmelzen in einer Wasserstoffatmosphäre bei  $1100^{\circ}\text{C}$  während dreier Stunden getempert, um alsdann langsam bis auf Zimmertemperatur abgekühlt zu werden. Im Umordnungsgebiet aus der raum- in die flächenzentrierte Anordnung liegen vor Gitterkonstanten von Ôsawa für eine 80 Gewichtsprozent Kobalt enthaltende Legierung. Die entsprechenden Konstanten sind  $a_r = 2,824 \text{ \AA}$  für das raumzentrierte und  $a_f = 4,545 \text{ \AA}$  für das flächenzentrierte Gitter. Auf Grund dieser Angaben errechnet sich nach Formel (3) die Abstandsänderung nächster

Nachbaratome zu

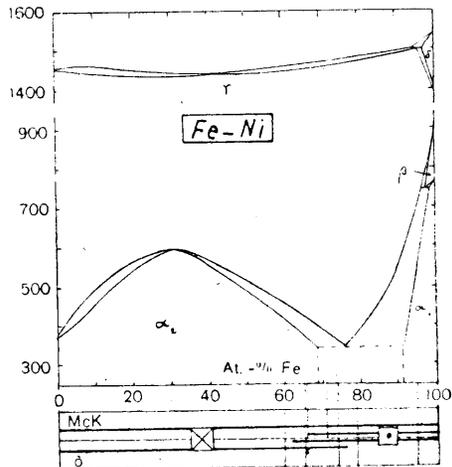
$$\delta d/d_f = -2,4\%.$$

Die Zuverlässigkeit der angeführten alleinstehenden Angaben für die Gitterkonstanten des flächen- und raumzentrierten Zweiphasengebiets ist gewährleistet durch den guten Anschluss dieser Gitterkonstanten an diejenigen aus den Gebieten der homogenen raum- sowie flächenzentrierten Phase, was aus dem obersten Teil der Abbildung 11 ersichtlich ist, die gleichfalls der Schrift von Ôsawa entnommen ist.

### Fe-Ni-Legierungen.

35. Nach dem aus den International Critical Tables übernommenen, im oberen Teil der Abbildung 12 wiedergegebenen Zustandsschaubild soll Eisen bis etwa 8 Atomprozent Nickel und Nickel bis etwa 68 Atomprozent Eisen lösen <sup>1)</sup>. Das einzige Zweiphasengebiet sollte sich demnach von 68 bis 92 Atomprozent Eisen erstrecken. Ausführliche röntgenographische Untersuchungen von Eisen-Nickel-Legierungen sind ausgeführt worden von L. W. McKeehan <sup>2)</sup> und Atomi Ôsawa <sup>3)</sup>. Die Lagen einiger der zahlreichen von ihnen untersuchten Proben auf der Konzentrationsachse und die denselben zukommenden Gittertypen sind am unteren Rande der Abbildung 12 einge-

Abb. 12. Im oberen Rahmen das Zustandsschaubild des Fe-Ni-Systems aus den International Critical Tables. Unterhalb die Verteilung einiger von McKeehan (·) und einiger von Ôsawa (|) röntgenographisch untersuchter Proben und deren Gittertypen. Die Resultate beider Röntgenuntersuchungen decken sich nicht völlig, auch decken sie sich nicht mit dem Zustandsschaubild.



1) Band 2. S. 451.

2) Phys. Rev. 21. 1923. 402 bis 407.

3) Sci. Rep. Tôhoku Univ. 15 1926. 388 bis 392.

zeichnet. Wie ersichtlich, decken sich die Resultate beider Röntgenanalysen nicht vollständig. Beide ergeben jedoch ein kubisches flächenzentriertes Gitter für die eisenarmen, ein kubisches raumzentriertes für die eisenreichen Legierungen, sowie Koexistenz beider im Zweiphasengebiet. Die Lagen und Breiten des Zweiphasengebiets unterscheiden sich wiederum ausserordentlich: das Zweiphasengebiet nach McKeehan ist bedeutend breiter als dasjenige des Zustandsschaubilds, während das Zweiphasengebiet von Ôsawa enger und nach dem Nickelende zu verschoben ist. Gitterkonstanten im Umordnungsgebiet sind sowohl von McKeehan wie von Ôsawa bestimmt worden.

36. Die von McKeehan untersuchten Legierungen wurden hergestellt durch Zusammenschmelzen von Armco-Eisen und elektrolytischem Nickel, das gegen ein halbes Prozent anderer Metalle als Verunreinigungen enthielt. Die Proben wurden hernach durch Giessen, Schmieden, Ziehen und Rollen bearbeitet und ihre Zusammensetzung durch chemische Analyse bestimmt. Vor der Röntgenanalyse wurden die Proben teilweise einer Walzung, teilweise verschiedener Wärmebehandlung unterworfen. Es waren jedoch diejenigen Proben, die sowohl ein flächen- wie ein raumzentriertes Gitter aufwiesen, nur Wärmebehandlungen unterworfen worden, bei denen einer kurzdauernden Anlassung bei  $900^{\circ}$  bis  $950^{\circ}$  C langsames Abkühlen im elektrischen Widerstandsofen folgte, und diesem folgte in einigen Fällen noch eine weitere Abkühlung in flüssiger Luft für eine Stunde oder mehr. Die Gitterkonstanten dieser Proben aus dem Umordnungsgebiet sind verzeichnet in Tabelle 9<sup>1)</sup>. Zu dieser Tabelle ist zu be-

Tabelle 9.

Gitterkonstanten der koexistierenden flächen- und raumzentrierten Phase von Fe-Ni-Legierungen nach McKeehan.

Atomprozent Eisen . .	70,89	75,09	89,80	99,86
Gitterkonstanten in Å $a_f$	3,618	3,600; 3,604	3,612 3,608 3,591; 3,586; 3,629	
$a_r$	2,885	2,875; 2,887	2,880 2,874 2,902; 2,873; 2,864	

merken, 1) dass nur die drei ersten Legierungen der nachfolgenden Abkühlung in flüssiger Luft unterworfen wurden; 2) dass die Anlasstemperatur der vierten Probe vom Anfang der Tabelle

1) McKeehan, Phys. Rev. 21. 1923. 405.

700 °C statt 900 ° bis 950 °C betrug; 3) dass die Aufnahmen aller Proben mit Ausnahme der dritten vom Ende der Tabelle nur wenige und schwache Linien des raumzentrierten Gitters zeigten; 4) dass die letztthin erwähnte dritte Probe wiederum nur wenige und schwache Linien des flächenzentrierten Gitters aufwies.

37. Berechnet man nach Formel (3) aus den Gitterkonstanten der Tabelle 9 die Abstandsänderungen nächster Nachbaratome in Eisen-Nickel-Legierungen bei der Umordnung aus der flächen- in die raumzentrierte Anordnung, so erhält man die Werte der Tabelle 10. Die beträchtliche Streuung der Resultate der Tabelle

Tabelle 10.

Abstandsänderungen nächster Nachbaratome in Fe-Ni-Legierungen bei der Umordnung aus der flächen- in die raumzentrierte Anordnung, errechnet aus der Tabelle 9.

Atomprozent Eisen . . . . .	70,89	75,09	89,80	99,86
Schrumpfung in $\frac{0}{0}$ . . . . .	2,3	2,1; 2,2	2,3 2,4	1,0; 1,8; 3,3.
Arithmetisches Mittel =	2,2%			
Wahrscheinlichstes Mittel =	2,0%.			

10 ist bedingt durch eine ebenso beträchtliche Streuung der numerischen Daten für die Gitterkonstanten, was aus Abbildung 13 ersichtlich ist, die nicht nur die Angaben der Tabelle 9, sondern alle von McKeehan angeführten Gitterkonstanten enthält. Die in die Tabelle 9 nicht aufgenommenen Gitterkonstanten sind durch offene Kreise dargestellt, diejenigen der Tabelle 9 durch andere Zeichen, dabei bedeuten im Zweiphasengebiet gleiche

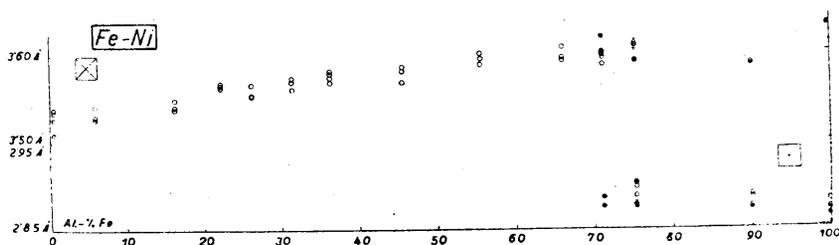


Abb. 13. Gitterkonstanten von Fe-Ni-Legierungen nach McKeehan. Oben Massstab für die Gitterkonstanten der flächenzentrierten Phase, unten für diejenigen der raumzentrierten Phase. Die Gitterkonstanten weisen beträchtliche Streuung auf. Gleiche Zeichen bei gleichem Eisengehalt im Zweiphasengebiet bedeuten, dass es sich um Gitterkonstanten derselben Probe handelt.

Zeichen bei gleichem Eisengehalt, dass es sich um Gitterkonstanten derselben Proben handelt. Es bemerkt jedoch McKeehan, dass bei der Bestimmung von Gitterkonstanten positive Fehler wahrscheinlicher sind als negative, und man sollte daher im allgemeinen den niedrigsten Wert der Gruppe vorziehen. Verfährt man demgemäss, so ergeben sich als wahrscheinlichste Werte der Gitterkonstanten für 75,09 Atomprozent Eisen enthaltende Legierungen 2,874 Å für das raumzentrierte Gitter und 3,591 Å für das flächenzentrierte Gitter, und ebenso 2,875 Å bzw. 3,600 Å für die 70,89 Atomprozent Eisen enthaltenden Legierungen. Für die Schrumpfung würde sich nun ergeben 1,9% für die eisenreichere und 2,1% für die eisenärmere Legierung, im Mittel also 2,0%.

38. Die von Ôsawa<sup>1)</sup> untersuchten Legierungen wurden hergestellt durch Zusammenschmelzen von Armco-Eisen mit reinem Nickel. Dem Schmelzen folgte langsames Abkühlen, dann abermaliges Schmelzen um eingeschlossene Gase zu vertreiben und langsames Abkühlen auf Zimmertemperatur. Nun wurden die Legierungen geschmiedet und dann bei 1150°C während einer Stunde angelassen, worauf langsame Kühlung folgte. Da die Proben neben Eisen und Nickel sehr kleine Beimengungen von Verunreinigungen enthielten, wurde eine vollständige Analyse an der nickelärmsten Probe ausgeführt, die folgendes ergab: 5,21% Ni; kein Mn; 0,023% S; Spuren von P; 0,043% Cu; 0,008% Si; Spuren von Co; kein C; 94,72% Fe. Die übrigen Proben wurden nur auf den Nickel-, Eisen- und Kohlenstoffgehalt analysiert, und aus der von Ôsawa mitgeteilten Tabelle ist zu ersehen, dass der Gesamtgehalt der Legierungen an Eisen und Nickel nicht unter 99,92% betrug.

39. Die von Ôsawa bestimmten Gitterkonstanten der heterogenen Phase sind in der Tabelle 11 angeführt. Diese Tabelle

Tabelle 11.

Gitterkonstanten koexistierender flächen- und raumzentrierter Gitter von Fe-Ni-Legierungen nach Ôsawa.

Gewichtsprozent Eisen	. .	64,73	64,75	65,58	67,36	62,45	69,61
Gitterkonstanten in Å	$a_r$	3,597	3,596	3,596	3,597	3,596	3,605
	$a_f$	—	—	2,877	2,875	2,877	2,879
	$a_r$	3,598	3,595	—	3,599	3,598	—
	$a_f$	2,874	—	2,876	2,872	2,875	2,878

1) Sci. Rep. Tôhoku Univ. 15. 1926. 388.

Gewichtsprozent Eisen	. .	70,02	71,00	72,34	72,93	74,21
Gitterkonstanten in Å	$a_f$	. . 3,600	3,600	3,590	—	—
	$a_r$	. . 2,875	2,873	2,877	2,873	2,876
	$a_f$	. . —	—	—	—	—
	$a_r$	. . 2,878	2,875	2,879	2,874	2,873

enthält vier Reihen von Gitterkonstanten: die beiden oberen für Legierungsproben, deren Behandlung eingangs beschrieben worden ist, die beiden unteren für Proben, die ausserdem noch in flüssige Luft getaucht wurden (Striche in den Rubriken der Tabelle bedeuten, dass die Linien der entsprechenden Gitter nur schwach auftraten). Als Mittel ergeben sich aus der oberen Reihe der Gitterkonstanten  $2,875_8 \text{ Å}$  für das raumzentrierte und  $3,598 \text{ Å}$  für das flächenzentrierte Gitter, und aus der unteren Reihe der Gitterkonstanten entsprechend  $2,875_4 \text{ Å}$  bzw.  $3,598 \text{ Å}$ . Die Mittelwerte der Gitterkonstanten der flächenzentrierten Gitter sind somit gleich, und nur die Mittelwerte der Gitterkonstanten der raumzentrierten Gitter weisen einen geringen Unterschied auf. Setzen wir in Formel (3) zur Berechnung der Schrumpfung für die Gitterkonstante des flächenzentrierten Gitters  $a_f$  den oben ermittelten gemeinsamen Mittelwert dieser Gitter und für die Gitterkonstante des raumzentrierten Gitters  $a_r$  das Mittel  $2,875_6 \text{ Å}$  aus den beiden oben errechneten Mittelwerten der raumzentrierten Gitter, so ergibt sich die Abstandsänderung zu

$$\delta d/d_f = -2,1\%$$

Mithin führt in Eisen-Nickel-Legierungen die Umordnung der Atome aus der kubischen flächenzentrierten Anordnung in die kubische raumzentrierte bei Benutzung der Angaben von Ôsawa zu einer Abnahme der Abstände nächster Nachbaratome um  $2,1\%$ , also zu einem Wert, der sich von dem wahrscheinlichsten Mittel aus McKeehan's Angaben nur wenig unterscheidet.

40. Zur Prüfung der Zuverlässigkeit der aus Ôsawa's Angaben errechneten Gitterkonstanten heterogener Phasen ziehen wir wiederum die Gitterkonstanten beider homogener Phasen heran. Tabelle 12 enthält die entsprechenden Gitterkonstanten in jeweils zwei Reihen: die oberen für Legierungsproben, deren Behandlung eingangs beschrieben worden ist, die unteren für Proben, die ausserdem noch in flüssige Luft getaucht worden sind. Die Daten

Tabelle 12.

Gitterkonstanten der homogenen flächen- bzw. raumzentrierten Phase von Fe-Ni-Legierungen nach Ôsawa.

Gewichtsprozent Eisen . .	0	3,81	9,00	14,42	17,75	21,88	26,52
Gitterkonstanten in Å $a_f$	3,520	3,530	3,541	3,549	3,554	3,561	3,568
	$a_r$	3,523	3,530	3,540	3,548	3,550	3,560
Gewichtsprozent Eisen . .	34,25	36,06	44,54	47,04	58,67	58,79	
Gitterkonstanten in Å $a_f$	3,576	3,582	3,584	3,589	3,592	3,593	
	$a_r$	3,578	3,584	3,588	3,597	3,593	3,596
Gewichtsprozent Eisen . .	77,87	85,59	93,30	94,79			
Gitterkonstanten in Å $a_r$	2,871	2,866	2,866	2,865			
	$a_f$	2,872	2,870	2,865	2,865		

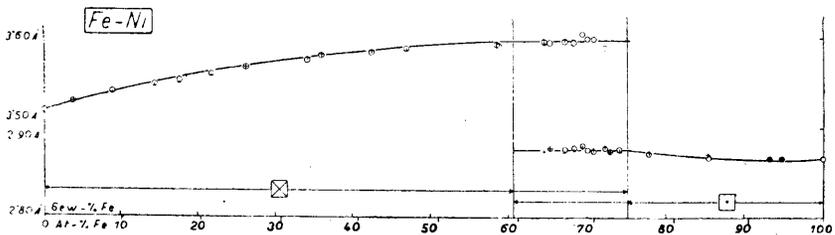


Abb. 14. Gitterkonstanten von Fe-Ni-Legierungen nach Ôsawa. Oben Massstab für die Gitterkonstanten der flächenzentrierten Phase, unten für diejenigen der raumzentrierten Phase. Der Gang der Gitterkonstanten in beiden Einphasengebieten gewährleistet die Zuverlässigkeit der Gitterkonstanten im Zweiphasengebiet.

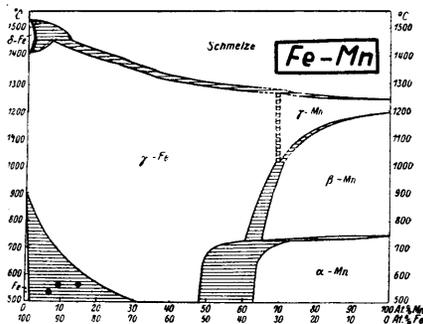
der Tabellen 11 und 12 sind zur Konstruktion der Abbildung 14 benutzt worden, und es bezeichnen die Kreise die Gitterkonstanten von in flüssige Luft nicht eingetauchten Legierungen, die Kreuze diejenigen für in flüssige Luft getauchte Legierungen. Die graphische Festlegung der Beziehung zwischen Gitterkonstanten und Konzentrationen in den Gebieten beider homogener Phasen führt bei unterschiedloser Berücksichtigung der Kreise und Kreuze zu den beiden glatten Kurvenzweigen der Abbildung 14. Diese Abbildung zeigt ferner, dass die Gitterkonstanten im Zweiphasengebiet keinen systematischen Gang aufweisen, die vorgenommene arithmetische Mittelung zur Errechnung der Gitterkonstanten im Zweiphasengebiet also berechtigt war. Diesen Mittelwerten entsprechen in Abbildung 14 die beiden Horizontalen, in die jeder der Kurvenzweige ausläuft. Die Ordinaten zu den Knickpunkten, in denen die Kurven zu Horizontalen werden, bestimmen die

Grenzen des Zweiphasengebiets, die gemäss der Abbildung bei ungefähr 59 und 75 Atomprozent Eisen liegen.

### *Fe-Mn-Legierungen.*

41. Das röntgenographisch aufgestellte Zustandsschaubild des Eisen-Mangan-Systems ist in Abbildung 15 nach Einar Öhman wiedergegeben<sup>1)</sup>. Wie aus dem Zustandsschaubild hervorgeht, ist das Homogenitätsgebiet der  $\alpha$ -Fe-Phase, der ein kubisches raumzentriertes Gitter zukommt, vom Homogenitätsgebiet der  $\gamma$ -Fe-Phase, der ein kubisches flächenzentriertes Gitter zukommt, durch ein vom  $A_3$ -Punkt ausgehendes, mit sinkender Temperatur stark sich verbreiterndes Übergangsgebiet getrennt. Bestimmungen der Gitterkonstanten in den Homogenitätsgebieten der raum- und der flächenzentrierten Phase längs ein und derselben Isotherme liegen bei Öhman nicht vor. Wohl aber gibt Öhman für Legierungen verschiedener Zusammensetzungen Gitterkonstanten der flächen- und der raumzentrierten Phase im Koexistenzgebiet, aus denen sich die Abstandsänderungen nächster Nachbaratome beim Übergang aus der flächenzentrierten Anordnung in die raumzentrierte berechnen lassen. Die Lagen dieser Proben sind im entsprechenden Umordnungsgebiet der Abbildung 15 durch

Abb. 15. Röntgenographisch aufgestelltes Zustandsschaubild des Fe-Mn-Systems nach Öhman. Die Lagen derjenigen Proben aus dem Zweiphasengebiet, für welche die Gleichgewichtsverhältnisse der kubischen flächen- und raumzentrierten Phase richtig getroffen sind, sind gekennzeichnet durch O.



Kreise gekennzeichnet. Die Proben stammten aus Legierungen, die durch Schmelzen von Elektrolyteisen und vakuumdestilliertem Mangan im Vakuum hergestellt wurden. Das benutzte Mangan war nicht vollständig kohlenstoff-, eisen- und aluminiumfrei; es betrug der Kohlenstoffgehalt jedoch nicht mehr als 0,04 bis 0,07%, während der Gehalt an Eisen und Aluminium als Oxyde gewogen in Summa 0,06% betrug<sup>2)</sup>.

1) Z. physikal. Ch. B. 8. 1930. 97.

2) Z. physikal. Ch. B. 8. 1930. 83.

42. In der Tabelle 13 sind von Öhman bestimmte Gitterkonstanten der koexistierenden flächen- und raumzentrierten Phase für bei verschiedenen Temperaturen andauernd getemperte Proben wiedergegeben<sup>1)</sup>. Es sei ausdrücklich erwähnt, dass von

Tabelle 13.

Gitterkonstanten koexistierender flächen- und raumzentrierter Gitter von Fe-Mn-Legierungen nach Öhman.

Atomprozent Mangan . . . . .	7,0	9,1	15,2
Temperungstemperatur in °C. . . . .	540	570	570
Temperungszeit in Stunden . . . . .	48	24	36
Gitterkonstanten in Å $a_f$ . . . . .	3,595	3,588	3,588
$a_r$ . . . . .	2,861	2,860	2,859

den von Öhman angeführten Gitterkonstanten in Tabelle 13 nur Gitterkonstanten im Gleichgewicht koexistierender Phasen angegeben sind; denn die Linien aller Photogramme, aus denen die Angaben der Tabelle 13 abgeleitet sind, waren sehr scharf, und somit waren die Gleichgewichtsverhältnisse bei den betreffenden Temperaturen sicher richtig getroffen. Es können somit die Angaben der angeführten Tabelle zur Berechnung der Abstandsänderung nächster Nachbaratome benutzt werden. Demgemäss errechnen sich nach Formel (3) für die Abstandsänderungen die Werte

$$\delta d/d_f = -2,5\%; -2,3\%; -2,4\%,$$

die in genügender Übereinstimmung untereinander sind und

$$\delta d/d_f = -2,4\%$$

als Mittel ergeben. Mithin führt die Umordnung der Atome der Eisen-Mangan-Legierungen aus der kubischen flächenzentrierten Anordnung in die kubische raumzentrierte zu einer Abnahme der Abstände nächster Nachbaratome um 2,4%.

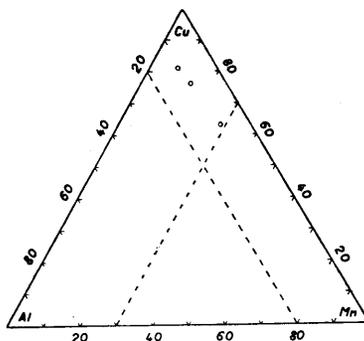
#### *Cu-Mn-Al-Legierungen.*

43. Röntgenographische Untersuchungen haben gezeigt, dass in Kupfer-Mangan-Aluminium-Legierungen, die weniger als 30% Mangan und 20% Aluminium enthalten, die also im ternären Diagramm der Abbildung 16 in der Kupferecke liegen, das

1) Z. physikal. Ch. B. 8. 1930. 96.

kubische flächenzentrierte Gitter vom kubischen raumzentrierten abgelöst wird, wenn man sich von der Kupferspitze entfernt.

Abb. 16. Die Kupferecke der Cu-Mn-Al-Legierungen enthält ein Zweiphasengebiet mit kubischen flächen- und raumzentrierten Gittern. Die Lagen derjenigen Proben von Persson aus diesem Zweiphasengebiet, die keiner Abschreckung unterworfen worden sind, sind gekennzeichnet durch O.



Es sind bisher jedoch weder die Homogenitätsbereiche dieser Phasen, noch die Grenzen des diesbezüglichen Umordnungsgebiets bestimmt worden, wohl aber liegen röntgenographische Untersuchungen an einer Anzahl von ins Umordnungsgebiet fallenden Legierungen vor, und zwar von J. F. T. Young<sup>1)</sup>, Leiv Harang<sup>2)</sup> und Elis Persson<sup>3)</sup>. Nach Young zeigt eine Probe der Legierung von 15,9% Al, 23,9% Mn und 60,3% Cu ein kubisches flächen- und raumzentriertes Gitter mit den Konstanten  $a_f = 3,70 \text{ \AA}$  und  $a_r = 2,98 \text{ \AA}$ . Nach Formel (3) betrüge demnach die Abstandsänderung

$$\delta d/d_f = -1,3\%$$

Da jedoch die Vorgeschichte der untersuchten Legierung unbekannt ist, so bleibt unentschieden, ob in der untersuchten Probe das Gleichgewicht koexistierender Gitter erreicht worden ist. Die von Harang benutzten Legierungen zeigten mit Ausnahme einer Probe drei verschiedene kubische Gitter: ein flächenzentriertes mit einer von 3,536 Å bis 3,618 Å variierenden Gitterkonstante und zwei raumzentrierte mit nur wenig variierenden Gitterkonstanten. Ein Gleichgewicht koexistierender Gitter ist somit bei diesen Legierungen kaum voraussetzbar.

44. Die von Persson<sup>4)</sup> benutzten Legierungen wurden durch Zusammenschmelzen von elektrolytischem Kupfer und Alu-

1) Phil. Mag. 46. 1923. 295 bis 298.

2) Physikal. Z. 27. 1926. 204.

3) Z. Physik 57. 1929. 121 bis 127.

4) Z. Physik 57. 1929. 118 bis 121.

minium mit aluminothermischem Mangan hergestellt. Letzteres enthielt 96,3% Mn, 3,0% Al, 0,5% Fe und Spuren von Si. Dass die Zusammensetzung der Proben bei dem Schmelzen keine grösseren Veränderungen erlitten hatte, wurde durch Wiegen derselben nach der Herstellung nachgeprüft. Vor der Röntgenanalyse wurden die Legierungen, nachdem sie in Pulverform übergeführt worden waren, bei etwa 500° C während 20 Minuten rekristallisiert, wonach sie langsam abgekühlt wurden. Angaben über die Zusammensetzung und die Gitterkonstanten der nur so behandelten Proben aus dem Koexistenzgebiet sind in der Tabelle 14 zusammengestellt. Berechnet man nach Formel (3) für diese

Tabelle 14.

Gitterkonstanten der koexistierenden flächen- und raumzentrierten Phase von Cu-Mn-Al-Legierungen nach Persson.

Zusammensetzung in %/0 . . . . .			Gitterkonstanten in Å	
Cu	Mn	Al	$a_f$	$2 a_r$
63	28,5	8,5	3,700	5,916
81	8	11	3,667	5,853
76	14	10	3,679	5,878

koexistierenden Gitter aus Abschreckungen nicht unterworfenen Proben die Abstandsänderungen, so ergeben sich folgende drei Werte:

$$\delta d/d_f = -2,0\%/; -2,2\%/; -2,1\%/.$$

im Mittel also

$$\delta d/d_f = -2,1\%/.$$

Mithin führt die Umordnung der Atome der Kupfer-Mangan-Aluminium-Legierungen aus der kubischen flächenzentrierten Anordnung in die kubische raumzentrierte zu einer Abnahme der Atomabstände nächster Nachbaratome um 2,1%, wie im Falle binärer Legierungen.

#### Stähle.

45. Gitterkonstanten koexistierender kubischer flächen- und raumzentrierter Phasen für Stähle finden sich bei Arne Westgren<sup>1)</sup>, Arne Westgren und Axel E. Lindh<sup>2)</sup>, Arne Westgren und Gösta Phragmén<sup>3)</sup>, Fritz Kirchner<sup>4)</sup> und F. Wever<sup>5)</sup>.

1) Engineering 111. 1921. 758.

2) Z. physikal. Ch. 98. 1921. 203 bis 205.

3) Engineering 113. 1922. 631 bis 632; Z. physikal. Ch. 102. 1922. 10 bis 14.

4) Ann. Physik 69. 1922. 75 bis 76.

5) Mitt. Kaiser-Wilhelm-Inst. für Eisenforschung 3. 1921. 52 bis 56.

Westgren und Lindh untersuchten röntgenographisch eine Nickelstahlprobe mit 25% Nickel und 0,24% Kohlenstoff, die von 1000°C in Wasser abgeschreckt und in flüssiger Luft abgekühlt worden war. Im Spektrogramm waren geschwächte und ein wenig verschobene  $\gamma$ -Eisenlinien, sowie eine Anzahl von  $\alpha$ -Eisenlinien vorhanden. Die Gitterkonstanten der diesen entsprechenden Gitter ergaben sich zu  $a^f = 3,54 \text{ \AA}$  für das flächenzentrierte Gitter und zu  $a_r = 2,81 \text{ \AA}$  für das raumzentrierte Gitter. Aus diesen Angaben berechnet sich die Abstandsänderung nach Formel (3) zu

$$\delta d/d_f = -2,8 \%$$

Da jedoch die Linien in den diesbezüglichen Spektrogrammen unscharf und verbreitert waren, liegt der Schluss nahe, dass es in der untersuchten Probe nicht zur Ausbildung eines vollständigen Gleichgewichts beider koexistierender Phasen gekommen war. Kirchner erwähnt nichts über die Vorgeschichte des von ihm untersuchten, 25% Nickel enthaltenden massiven Stücks Nickelstahl<sup>1)</sup>. Auf Grund der Auswertung zweier Aufnahmen findet er  $a_f = 3,580 \text{ \AA}$  als mittleren Wert für die Gitterkonstante des flächenzentrierten Gitters und  $a_r = 2,862 \text{ \AA}$  bzw.  $a_r = 2,869 \text{ \AA}$  als Gitterkonstanten des raumzentrierten Gitters aus der Lage der 022- bzw. 224-Linie. Als Mittelwert der Gitterkonstante des raumzentrierten Gitters könnte somit  $a_r = 2,866 \text{ \AA}$  gelten. Unter Benutzung dieser Werte für die Gitterkonstanten des flächen- und des raumzentrierten Gitters folgt aus Formel (3)

$$\delta d/d_f = -1,9 \%$$

46. Westgren und Phragmén<sup>2)</sup> haben einige Photogramme von einem Stahl mit 1,98% Kohlenstoff aufgenommen. Es wurden aus diesem zwei Probezylinder geschliffen. Der eine wurde bei 1000°C und der andere bei 1100°C in Wasser abgeschreckt. Die in den Photogrammen auftretenden Linien von  $\gamma$ -Eisen erwiesen sich als sehr scharf und deutlich, während die drei Linien des  $\alpha$ -Eisens schwach, breit und diffus waren. Die von Westgren und Phragmén aus ihren Photogrammen errechneten Gitterkonstanten sind in der Tabelle 15 verzeichnet. Zu diesen Gitterkonstanten bemerken sie jedoch, dass es wegen der

1) Ann. Physik 69. 1922. 75 bis 76.

2) Z. physikal. Ch. 102. 1922. 11 bis 13.

Tabelle 15.

Gitterkonstanten der koexistierenden flächen- und raumzentrierten Phase von Kohlenstoffstahl nach Westgren und Phragmén.

Abzuschreckungstemperaturen in °C . . . . .	1009	1000	1100	1100
Gitterkonstanten in Å $a_f$ . . . . .	3,64	3,64	3,65	3,66
$a_r$ . . . . .	2,90	2,90	2,90	2,90

nebeligen Natur der  $\alpha$ -Fe-Linien schwer war die Lage ihrer Intensitätsmaxima zu bestimmen, und dass deswegen die Gitterkonstanten des  $\alpha$ -Eisens als ziemlich unsicher betrachtet werden müssen. Aus der Tabelle ersieht man, dass die Gitterkonstanten des  $\gamma$ -Eisens grösser sind bei von 1100° C abgeschrecktem Stahl als bei von 1000° C abgeschrecktem. Aus den Angaben der Tabelle 15 berechnet sich die Abstandsänderung nächster Nachbaratome nach Formel (3) zu

$$\delta d/d_f = -2,4\% ; -2,4\% ; -2,7\% ; -2,9\%$$

wobei die Abstandsänderungen der von der höheren Temperatur abgeschreckten Proben sich als die grösseren erweisen. Als Mittel ergibt sich

$$\delta d/d_f = -2,6\%$$

Offen bleibt freilich die Frage, ob wir es im gegebenen Fall mit im Gleichgewicht koexistierenden Phasen zu tun haben.

47. Wever hat eine grössere Anzahl verschiedenartiger Stähle röntgenographisch auf die Gitterstruktur hin untersucht <sup>1)</sup>. Die anfänglich durch geeignete Wärmebehandlung in möglichst rein austenitischen Zustand gebrachten Stähle wurden nachher unter anderem auf bei der Abkühlung auf sehr tiefe Temperaturen und bei der Kaltbearbeitung auftretende Strukturänderungen untersucht. Zur Untersuchung der, bei der Abkühlung auf sehr tiefe Temperaturen, in austenitischen Stählen auftretenden Gefügeänderungen wurden sämtliche Proben in flüssiger Luft behandelt. Bei den als NiCr und Ni bezeichneten Stählen war die Umwandlung in Martensit nach den Gefügebildern vollständig eingetreten. Röntgenbilder zeigten dementsprechend diffuse  $\alpha$ -Eisenlinien, daneben jedoch auch geschwächte und verbreiterte  $\gamma$ -Eisenlinien in voller Deutlichkeit. Die Gitterkonstanten beider Modifikationen beider Proben enthält Tabelle 16. Aus

1) Mitt. Kaiser-Wilhelm-Inst. für Eisenforschung 3. 1921. 52 bis 56.

Tabelle 16.

Gitterkonstanten der koexistierenden flächen- und raumzentrierten Phase von NiCr- und Ni-Stahl nach Wever.

Probe . . . . .	Ni Cr	Ni
Zusammensetzung in % %	0,31 C; 20,04 Ni; 2,82 Cr;	0,26 C; 0,51 Mn; 26,17 Ni
Gitterkonstanten in Å $a_f$ .	3,56 <sub>5</sub>	3,55 <sub>1</sub>
$a_r$ .	2,84 <sub>9</sub>	2,84 <sub>7</sub>

diesen Angaben berechnen sich die Abstandsänderungen nächster Nachbaratome nach Formel (3) zu

$$\delta d/d_f = -2,1\% \text{ für NiCr-Stahl}$$

und zu

$$\delta d/d_f = -1,8\% \text{ für Ni-Stahl.}$$

Inwieweit es sich hier um im Gleichgewicht koexistierende flächen- und raumzentrierte Phasen handelt, lässt sich freilich nicht beurteilen.

48. Zur Klärung der bei der Kaltbearbeitung eintretenden Umwandlung von unmagnetischen Stählen in magnetische wurden die als CrNi und Ni bezeichneten Stähle einer weitgehenden Formänderung durch Ziehen und Hämmern unterworfen<sup>1)</sup>. In den Röntgenogrammen erschienen die  $\gamma$ -Eisenlinien, trotz reichlicher Belichtung, nur ganz schwach und verbreitert neben deutlich erkennbaren diffusen und verbreiterten  $\alpha$ -Eisenlinien. Die Gitterkonstanten beider Modifikationen beider Proben sind verzeichnet in der Tabelle 17. Aus diesen Angaben berechnen

Tabelle 17.

Gitterkonstanten der koexistierenden flächen- und raumzentrierten Phase von Ni- und CrNi-Stahl nach Wever.

Probe . . . . .	Ni-Stahl	Cr-Ni-Stahl
Zusammensetzung in % %	0,26 C; 0,51 Mn; 26,17 Ni;	0,46 C; 7,61 Ni; 20,65 C
Gitterkonstanten in Å $a_f$ . . . . .	3,55 <sub>5</sub>	3,55 <sub>7</sub>
$a_r$ . . . . .	2,84 <sub>4</sub>	2,83 <sub>9</sub>

sich die Abstandsänderungen nächster Nachbaratome nach Formel (3) zu

$$\delta d/d_f = 2,0\% \text{ für Ni-Stahl}$$

und zu

$$\delta d/d_f = -2,2\% \text{ für CrNi-Stahl.}$$

1) Mitt. Kaiser-Wilhelm-Inst. für Eisenforschung 3. 1921. 54 bis 55.

Die aus Wever's Gitterkonstanten errechnete Schrumpfung der Abstände nächster Nachbaratome im Nickelstahl deckt sich somit beinahe völlig mit der aus Kirchner's Angaben errechneten. Als mittlere Abstandsänderung nächster Nachbaratome bei der Umordnung aus der flächen- in die raumzentrierte Anordnung bei „Stählen“ ergibt sich aus allen errechneten Angaben somit — 2,2%.

Legierungen mit kubischen und hexagonalen dichtesten Atomanordnungen.

*Fe-Co-Legierungen.*

49. Aus dem auf Seite 34 wiedergegebenen Zustandsschaubild und den Ergebnissen der Röntgenanalyse des Eisen-Kobalt-Systems ergibt sich, dass in diesem System auch eine Umordnung der Atome aus der kubischen dichtesten in die hexagonale dichteste Atomanordnung stattfindet. Von den röntgenographisch untersuchten Legierungen fällt nur eine mit 98 Gewichtsprozent Kobalt von Mary R. Andrews hergestellte ins Umordnungsgebiet<sup>1)</sup>. Es sind jedoch die Gitterkonstanten dieser Legierung nicht bestimmt worden. Auch die Breite dieses Umordnungsgebiets lässt sich aus den vorhandenen Gitterkonstanten von Atomi Ôsawa<sup>2)</sup> nicht entnehmen, daher kann die Abstandsänderung nächster Nachbaratome bei dieser Umordnung nicht durch Extrapolation der Gitterkonstanten der angrenzenden homogenen Gebiete bestimmt werden. Die Abstandsänderungen sind dennoch indirekt abschätzbar, denn in der Legierungsreihe von Ôsawa ist die kobaltreichste Legierung der kubischen Phase von der kobaltärmsten Legierung der hexagonalen Phase nur durch einen 1,5% weiten Bereich getrennt. Die Breite des Zweiphasengebiets liegt demnach zwischen 0 und 1,5 Prozent. Nehmen wir erst an, dass die Breite des Zweiphasengebiets 1,5 Prozent beträgt, dann läge die Legierung mit 97 Gewichtsprozent Kobalt am kobaltärmeren und diejenige mit 98,5% Kobalt am kobaltreicheren Ende des Zweiphasengebiets. Die Gitterkonstante der ersteren ist nach Ôsawa  $a_k = 3,533 \text{ \AA}$  und diejenigen der letzteren sind  $a_h = 2,493 \text{ \AA}$ ,  $c = 4,066 \text{ \AA}$  und  $k = 1,631$ . Aus diesen Angaben berechnet sich die Abstandsänderung nach Formel (5) zu

$$\delta d/d_k = -0,3\%$$

1) Phys. Rev. 18. 1921. 251.

2) Sci. Rep. Tôhoku Univ. 19. 1930. 119 bis 120.

für nächste Nachbaratome in der Äquatorialebene und nach Formel (6) zu

$$\delta d/d_k = -0,3\%$$

für nächste Nachbaratome ausserhalb der Äquatorialebene.

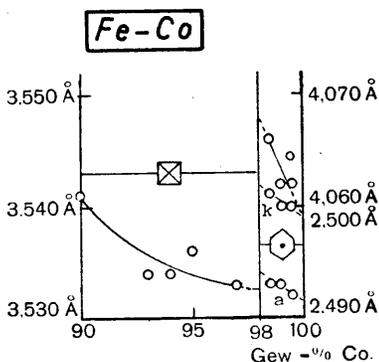
50. Nehmen wir nun an, dass die Breite des Zweiphasengebiets bloss 0 Prozent beträgt, dann läge das Zweiphasengebiet bei 98 Gewichtsprozent Kobalt. Aus den in der Tabelle 18 angeführten und in der Abbildung 17 dargestellten Gitterkonstanten

Tabelle 18.

Gitterkonstanten der homogenen kubischen bzw. hexagonalen Phase von Fe-Co-Legierungen nach Ôsawa.

Gewichtsprozent Kobalt	90	93	94	95	97	98,5	99	99,5
Gitterkonstanten in Å $a_k$	3,541	3,534	3,534	3,536	3,533			
$a_h$						2,493	2,493	2,492
$c$						4,066	4,062	4,062
$k$						1,631	1,630	1,630

Abb. 17. Gitterkonstanten der kubischen bzw. hexagonalen dichtesten Anordnung von Fe-Co-Legierungen nach Ôsawa. Links Massstab der Gitterkonstanten der kubischen Phase, rechts Massstäbe derjenigen der hexagonalen Phase. Der Gang der Gitterkonstanten in beiden Einphasengebieten gewährleistet die Zuverlässigkeit der Extrapolation.



der homogenen kubischen sowie hexagonalen Phase von Ôsawa<sup>1)</sup> ersieht man, dass bei Annäherung zum Zweiphasengebiet die Gitterkonstanten der homogenen kubischen Phase abnehmen, während diejenigen der homogenen hexagonalen Phase wachsen. Die Extrapolation dieser Gitterkonstanten homogener Phasen bis zu der 98 Gewichtsprozent Kobalt enthaltenden Phase ergibt als Gitterkonstante für das kubische Gitter  $a_k = 3,533$  Å und als Gitterkonstanten für das hexagonale Gitter  $a_h = 2,494$  Å,  $c = 4,068$  Å und  $k = 1,632$  (statt  $c/a = 4,068 : 2,492 = 1,631$ ). Aus diesen Angaben berechnet sich die Abstandsänderung nach Formel (5) zu

$$\delta d/d_k = -0,2\%$$

1) Sci. Rep. Tôhoku Univ. 19. 1930. 119 bis 120.

für nächste Nachbaratome in der Äquatorialebene und nach Formel (6) zu

$$\delta d/d_k = -0,2\%$$

für nächste Nachbaratome ausserhalb der Äquatorialebene. Die Abstandsänderungen sowohl äquatorialer als ausseräquatorialer nächster Nachbaratome liegen demnach zwischen  $-0,2$  und  $-0,3\%$ .

#### Ni-Co-Legierungen.

51. Der mittlere Teil der Abbildung 18 gibt das aus Atomi Ôsawa übernommene Zustandsschaubild des Kobalt-Nickel-Systems nach H. Masumoto<sup>1)</sup>. Röntgenographisch ist dieses System untersucht worden von Masumoto<sup>2)</sup> und Ôsawa<sup>3)</sup>. Die Lagen der von ihnen röntgenographisch untersuchten Proben auf der Konzentrationsachse und die diesen zukommenden Gittertypen sind am unteren Rande der Abbildung 18 eingezeichnet.

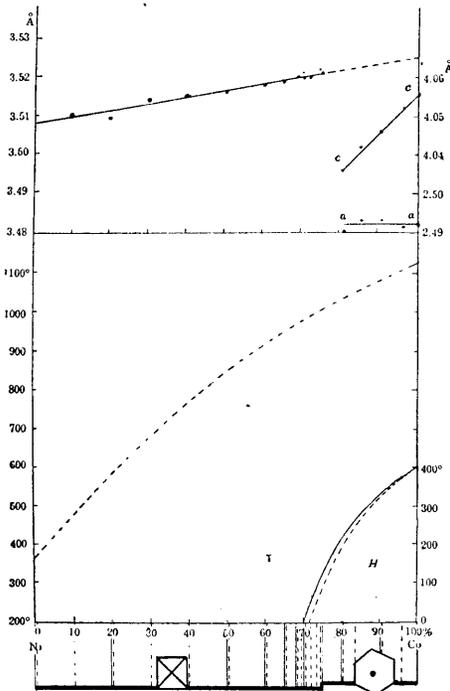


Abb. 18. Im oberen Teil Gitterkonstanten der Phasen kubischer und hexagonaler dichtester Anordnung von Ni-Co-Legierungen nach Ôsawa. Links Massstab für Gitterkonstanten der kubischen Phase, rechts für diejenigen der hexagonalen Phase. Im Mittelteil das Zustandsschaubild des Ni-Co-Systems nach Masumoto. Unterhalb die Verteilung der von Masumoto (X) und Ôsawa (◻) röntgenographisch untersuchten Proben und deren Gittertypen. Die Angaben des Zustandsschaubilds und der Röntgenanalyse decken sich bis auf die Lage des Zweiphasengebiets.

Es entspricht also der  $\gamma$ -Phase ein der dichtesten kubischen Anordnung und der  $H$ -Phase ein der dichtesten hexagonalen

1) Sci. Rep. Tôhoku Univ. 19. 1930. 114.

2) Sci. Rep. Tôhoku Univ. 15. 1926. 468.

3) Sci. Rep. Tôhoku Univ. 19. 1930. 110 bis 115.

Anordnung zukommendes Gitter. Die Angaben des Zustandschaubilds und der Röntgenanalyse decken sich bis auf die Lage des Zweiphasengebiets, das nach dem Zustandsschaubild zwischen 70 und 71 Gewichtsprozent Kobalt zu liegen kommt, während es nach den Angaben der Röntgenanalyse zwischen 75 und 80 Gewichtsprozent Kobalt läge. Alle von Ôsawa untersuchten Proben wurden in einer Wasserstoffatmosphäre bei 1100°C während dreier Stunden getempert, um alsdann langsam bis auf Zimmertemperatur abgekühlt zu werden. Als Ausgangsstoffe dienten elektrolytischer Kobalt, der 0,18% Eisenbeimengungen enthielt, und Nickel, das 0,10% Fe, 0,037% C, 0,019% S, 0,006% Si und 0,013% Cu als Beimengungen aufwies.

52. Gitterkonstanten aus dem Zweiphasengebiet liegen nicht vor. Die Berechnung der Abstandsänderung bei der Umordnung aus der kubischen in die hexagonale Atomanordnung verlangt somit die Bestimmung der Werte der Gitterkonstanten an den Grenzen des Zweiphasengebiets durch Extrapolation der Gitterkonstanten der angrenzenden homogenen Gebiete. Es lassen sich aber die Lagen der Grenzen des Zweiphasengebiets aus den röntgenographischen Angaben von Masumoto und Ôsawa nicht eindeutig bestimmen. Die Extrapolation ist also undurchführbar und die Abstandsänderung nächster Nachbaratome daher nur indirekt abschätzbar. Berücksichtigt man nämlich, dass die Breite des Zweiphasengebiets höchstens 5% beträgt, so könnte man zur Berechnung der Abstandsänderungen nächster Nachbaratome statt der Gitterkonstanten des Zweiphasengebiets die Gitterkonstanten derjenigen röntgenographisch untersuchten homogenen Legierungen verwenden, die dem Zweiphasengebiet am nächsten liegen. Es sind das nach Ôsawa eine Legierung mit 75 Gewichtsprozent Kobalt für die kubische Phase und eine mit 80 Gewichtsprozent Kobalt für die hexagonale Phase. Die Gitterkonstante der ersteren ist  $a_k = 3,521 \text{ \AA}$  und diejenigen der letzteren sind  $a_h = 2,489 \text{ \AA}$ ,  $c = 4,036 \text{ \AA}$  und  $k = 1,621^1$ ). Aus diesen Angaben berechnet sich die Abstandsänderung nach Formel (5) zu

$$\delta d/d_k = -0,03 \%$$

für nächste Nachbaratome in der Äquatorialebene und nach Formel (6) zu

$$\delta d/d_k = -0,5 \%$$

1) Sci. Rep. Tôhoku Univ. 19. 1930. 112 bis 113.

für nächste Nachbaratome ausserhalb der Äquatorialebene. Da aus dem oberen Teiler der Abbildung 18, die den von Ōsawa übernommenen Gang der Gitterkonstanten anzeigt, folgt, dass die Seitenlänge der hexagonalen Einheitszelle keinen systematischen Gang mit der Konzentration aufweist, und dass die Höhe der hexagonalen Einheitszelle und die Seitenlänge des Einheitswürfels der kubischen Phase mit der Konzentration ansteigen, so ergibt sich aus den Formeln (5) und (6), dass die wirklichen Abstandsänderungen jedenfalls nicht grösser sind als die oben errechneten.

### *Cu-Sb-Legierungen.*

53. Der eingerahmte Teil der Abbildung 19 gibt das aus A. Westgren, G. Hägg und S. Eriksson übernommene Zustandsschaubild des Kupfer-Antimon-Systems nach Sir H. C. Carpenter<sup>1)</sup>. Röntgenographisch ist dieses System untersucht worden von Westgren, Hägg und Eriksson<sup>2)</sup>; sowie von E. Vyron Howells und W. Morris-Jones<sup>3)</sup>. Die Lagen der von ihnen röntgenographisch untersuchten Proben auf der Konzentrationsachse und die denselben zukommenden Gittertypen, soweit es sich um die ku-

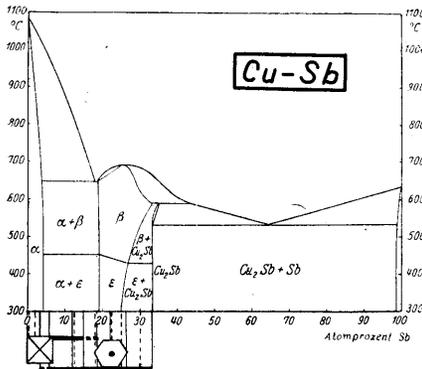


Abb. 19. Im Rahmen das Zustandsschaubild des Cu-Sb-Systems nach Carpenter. Unterhalb die Verteilung der von Westgren, Hägg und Eriksson (○), sowie von Howells und Morris-Jones (◐) röntgenographisch untersuchten Proben und deren Gittertypen, soweit es sich um die kubische und die hexagonale dichteste Anordnung handelt. Die Angaben des Zustandsschaubilds und der Röntgenanalyse decken sich.

bische und die hexagonale dichteste Anordnung handelt, sind am unteren Rande der Abbildung 19 eingezeichnet. Es entspricht also der  $\alpha$ -Phase ein Gitter kubischer und der  $\epsilon$ -Phase ein Gitter hexagonaler dichtester Atomanordnung. Wie ersichtlich, decken sich die Angaben des Zustandsschaubilds mit den Ergebnissen der Röntgenanalyse gut, und die Grenzen des Umordnungsgebiets aus der kubischen in die hexagonale dichteste Anordnung kön-

1) Z. physikal. Ch. B. 4. 1929. 455.

2) Z. physikal. Ch. B. 4. 1929. 454 bis 461.

3) Phil. Mag. 9. 1930. 993 bis 1014.

nen somit mit der oberen Grenze der homogenen  $\alpha$ -Phase und der unteren Grenze der homogenen  $\varepsilon$ -Phase identifiziert werden.

54. Im Umordnungsgebiet sind Gitterkonstanten bestimmt worden von Howells und Morris-Jones. Sie verwandten zur Herstellung ihrer Legierungen Kupfer elektrolytischen Ursprungs und Antimon von 99,916 % Reinheit. Um die Homogenität der Legierungen zu sichern, wurde jede Probe bis über ihren Schmelzpunkt erhitzt, und um sicher zu sein, dass die Legierungen in wohlbestimmten Gleichgewichtszuständen sich befänden, wurden die Proben verlängerten Temperungen unterworfen. Die Genauigkeit ihrer Messungen schätzen sie als zwischen  $\frac{1}{4}$  und  $\frac{1}{6}$  Prozent liegend. Als Gitterkonstanten des Zweiphasensystems führen sie an für eine 12 Atomprozent Antimon enthaltende Legierung  $a_k = 3,670 \text{ \AA}$  für das kubische Gitter und  $a_h = 2,728 \text{ \AA}$ ,  $c = 4,288 \text{ \AA}$  und  $k = 1,572$  für das hexagonale Gitter<sup>1)</sup>. Aus diesen Angaben berechnen sich nach Formel (5) die Abstandsänderungen zu

$$\delta d/d_k = 5,1 \%$$

für nächste Nachbaratome in der Äquatorialebene und nach Formel (6) zu

$$\delta d/d_k = 2,3 \%$$

für nächste Nachbaratome ausserhalb der Äquatorialebene. Bei der Umordnung der Atome der Kupfer-Antimon-Legierung, aus der kubischen dichtesten Anordnung in die hexagonale dichteste wachsen somit die Abstandsänderungen nächster Nachbaratome, und zwar um die ausserordentlich hohen Beträge von 5,1 % für äquatoriale und um 2,3 % für ausseräquatoriale Nachbaratome.

55. Die Zuverlässigkeit dieser allein stehenden Angaben der Gitterkonstanten aus dem Umordnungsgebiet lässt sich prüfen durch Heranziehung von Gitterkonstanten von Howells und Morris-Jones, sowie Westgren, Hägg und Eriksson und E. J. Evans für die angrenzende kubische und hexagonale Phase. Die in Betracht kommenden Gitterkonstanten von Howells und Morris-Jones sind verzeichnet in der Tabelle 19<sup>2)</sup>. Die Angaben der Tabelle sind in Abbildung 20 als Kreise eingetragen. Die

1) Phil. Mag. 9. 1930. 995 bis 996.

2) Phil. Mag. 9. 1930. 995.

Tabelle 19.

Gitterkonstanten der kubischen bzw. hexagonalen Phase von Cu-Sb-Legierungen nach Howells und Morris-Jones.

Atemprozent Antimon	0,0	2,0	18	22	25	30
Gitterkonstanten in Å $a_k$	3,610	3,644				
$a_h$			2,728	2,752	2,766	2,766
$c$			4,288	4,326	4,348	4,348
$k$			1,572	1,572	1,572	1,572

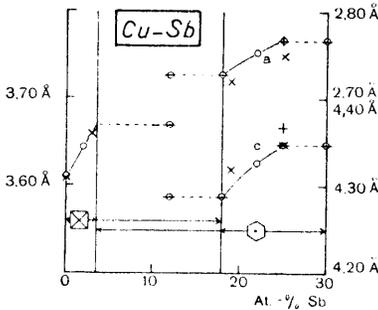


Abb. 20. Gitterkonstanten der Phasen kubischer und hexagonaler dichtester Anordnung von Cu-Sb-Legierungen nach Westgren, Hägg und Eriksson (+), Howells und Morris-Jones (O), sowie Evans (X). Links Massstab der Gitterkonstanten der kubischen Phase, rechts Massstäbe derjenigen der hexagonalen Phase. Der Gang der Gitterkonstanten in beiden Einphasengebieten gewährleistet die Zuverlässigkeit der Gitterkonstanten des Zweiphasengebiets.

durch die beiden Kreise der homogenen kubischen Phase gelegte Gerade erreicht die Höhe der Gitterkonstante der kubischen Phase im Umordnungsgebiet bei einer Konzentration von 3,5 Atomprozent Antimon, was mit dem Ergebnis von Carpenter gut übereinstimmt, nach dem die obere Grenze der  $\alpha$ -Phase bei etwa 4 Atomprozent Antimon zu liegen kommt. Andererseits sind die Gitterkonstanten der hexagonalen Phase aus dem Umordnungsgebiet gleich denjenigen der 18 Atomprozent Antimon enthaltenden Legierung, die nach Carpenter's Zustandsschaubild gerade auf die gemeinsame Grenze des kubisch-hexagonalen Zwei- und des hexagonalen Einphasengebiets zu liegen kommt. Auch schliessen sich die Gitterkonstanten dieser letzteren Legierung den Gitterkonstanten der nachfolgenden drei antimonreicheren Legierungen gut an, von denen die erste noch im hexagonalen Einphasengebiet, die letzte aber schon im hexagonal-tetragonalen Zweiphasengebiet liegt. Da die Gitterkonstanten der zweiten und dritten Legierung gleich sind, so kommt die zweite Legierung auf die gemeinsame Grenze der homogenen hexagonalen und der heterogenen hexagonal-tetragonalen Phase zu liegen, was wiederum mit dem Ergebnis von Carpenter übereinstimmt.

56. Zum weiteren Vergleich seien auch die von Westgren, Hägg und Eriksson bestimmten Gitterkonstanten von Kupfer-Antimon-Legierungen herangezogen<sup>1)</sup>. Die von diesen Forschern untersuchten Legierungen wurden durch Zusammenschmelzen von Elektrokupfer mit Antimon von Kahlbaum erhalten. Um sie möglichst homogen zu machen, wurden sie aus dem Schmelztiegel auf eine Eisenplatte gegossen und mehrere Tage bei einer passenden Temperatur getempert. Ihre Zusammensetzung wurde durch chemische Analyse nachgeprüft. Die angeführten Gitterkonstanten sind:

$a_k = 3,608 \text{ \AA}$  für reines Kupfer;

$a_k = 3,66 \text{ \AA}$  für die an Antimon gesättigte  $\alpha$ -Phase, die nach den Verfassern bei etwa 3 Atomprozent Antimon liegen soll;

$a_h = 2,72 \text{ \AA}$ ,  $c = 4,32 \text{ \AA}$  und  $k = 1,59$  für das kupferreichere Ende der homogenen hexagonalen Phase, die nach den Verfassern bei etwa 19 Atomprozent Antimon liegen soll;

$a_h = 2,750 \text{ \AA}$ ,  $c = 4,349 \text{ \AA}$  und  $k = 1,582$  für das kupferärmere Ende der homogenen hexagonalen Phase, die bei etwa 25 Atomprozent Antimon liegen soll.

Diese Gitterkonstanten sind in der Abbildung 20 durch liegende Kreuze vermerkt, während stehende Kreuze die Gitterkonstanten  $a_h = 2,777 \text{ \AA}$  und  $c = 4,367 \text{ \AA}$  der Legierung  $\text{Cu}_3\text{Sb}$  nach Morris-Jones und Evans<sup>2)</sup> wiedergeben. Wie aus der Abbildung ersichtlich, stimmen die Gitterkonstanten der kubischen Phase gut, diejenigen der hexagonalen Phase leidlich untereinander überein. Somit müssen die der Berechnung der Abstandsänderung zugrunde gelegten Gitterkonstanten der Legierung aus dem kubisch-hexagonalen Zweiphasengebiet für gesichert gelten und ist die ausserordentliche Grösse der Abstandsänderungen ausser Zweifel gesetzt.

#### *Ag-Al-Legierungen.*

57. Der eingerahmte Teil der Abbildung 21 gibt das aus dem Strukturbericht übernommene Zustandsschaubild des Silber-Aluminium-Systems<sup>3)</sup>. Röntgenographisch ist dieses System untersucht worden von A. F. Westgren und A. J. Bradley<sup>4)</sup>.

1) Z. physikal. Ch. B. 4. 1929. 454 bis 457.

2) Phil. Mag. 4. 1927. 1309.

3) Z. Kristallogr. Ergänzungsband: Strukturbericht 1913—1928. 1931. 557.

4) Phil. Mag. 6. 1928. 280 bis 288.

Ihre zu untersuchenden Legierungen wurden hergestellt durch Zusammenschmelzen von reinem Silber mit elektrolytischem Aluminium. Die Zusammensetzung der Proben wurde kontrolliert durch chemische Bestimmung sowohl von Silber als auch von Aluminium. Die gepulverten Legierungen wurden rekristallisiert durch Erhitzen im Vakuum für einige Minuten bis zu einer Temperatur von etwa 100 Grad unterhalb des Schmelzpunktes. Die Lagen dieser röntgenographisch untersuchten Proben auf der Konzentrationsachse und die diesen zukommenden Gittertypen, soweit es sich um die kubische und die hexagonale dichteste Anordnung handelt, sind am unteren Rande der Abbildung 21 eingezeichnet. Wie ersichtlich, decken sich die Angaben des

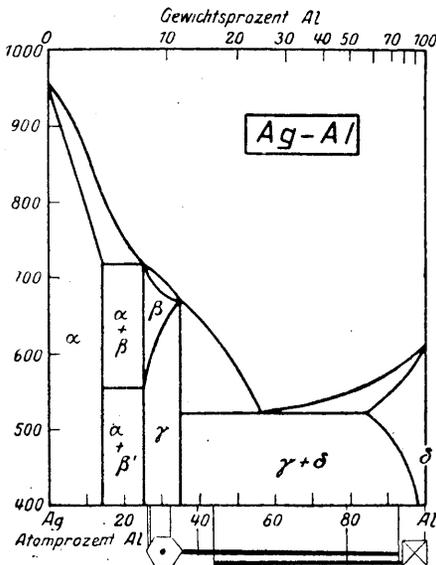


Abb. 21. Im Rahmen das Zustandsschaubild des Ag-Al-Systems aus dem Strukturbericht. Unterhalb die Verteilung der von Westgren und Bradley röntgenographisch untersuchten Proben und deren Gittertypen, soweit es sich um die kubische und die hexagonale dichteste Anordnung handelt. Die Angaben des Zustandsschaubilds und der Röntgenanalyse decken sich nicht vollständig.

Zustandsschaubilds nicht völlig mit den Ergebnissen der Röntgenanalyse. Das Silberende des Gebiets der homogenen  $\gamma$ -Phase, der Phase dichtester hexagonaler Anordnung, ist zwischen 26 und 27 Atomprozent Aluminium zu verlegen, und das Aluminiumende zwischen 39 und 43 Atomprozent Aluminium. Letzteres führt zur Verengung des Zweiphasengebiets mit der kubischen und hexagonalen dichtesten Anordnung.

58. In das Umordnungsgebiet aus der hexagonalen dichtesten in die kubische dichteste Anordnung fallen von den untersuchten Legierungen diejenigen mit 43, 79 und 93 Atom-

prozent Aluminium. Für das hexagonale Gitter der 43 Atomprozent Aluminium enthaltenden Legierung geben Westgren und Bradley als Basis  $a_h = 2,879 \text{ \AA}$ , als Höhe  $c = 4,573 \text{ \AA}$  und als Verhältnis derselben  $k = 1,588$  an, den mittleren Fehler ihrer Angaben auf  $0,002 \text{ \AA}$  schätzend. Da das mit dem hexagonalen Gitter im Gleichgewicht befindliche kubische Gitter dieselbe Gitterkonstante wie reines Aluminium hatte, so ist in den Formeln (5) und (6)  $a_k = 4,042 \text{ \AA}$  zu setzen. Es berechnen sich somit die Abstandsänderungen nächster Nachbaratome bei der Umordnung aus der kubischen in die hexagonale Anordnung nach Formel (5) zu

$$\delta d/d_k = 0,7\%$$

für nächste Nachbaratome in der Äquatorialebene und nach Formel (6) zu

$$\delta d/d_k = -1,1\%$$

für ausserhalb der Äquatorialebene liegende nächste Nachbaratome. Bei der Umordnung der Atome der Silber-Aluminium-Legierung aus der kubischen dichtesten in die hexagonale dichteste Anordnung übersteigen die Abstandsänderungen somit nicht  $1,1\%$ .

59. Die Zuverlässigkeit dieser von Westgren und Bradley allein angeführten Gitterkonstanten aus dem Umordnungsgebiet gewährleisten die Photogramme der 79 und 93 Atomprozent Aluminium enthaltenden Legierungen, denn es haben die Linien dieser Photogramme genau die gleichen Lagen, wie diejenigen im Photogramm der 43 Atomprozent Aluminium enthaltenden Legierung<sup>1)</sup>. Gewähr für die Zuverlässigkeit bieten ferner die Gitterkonstanten im Gebiet der homogenen hexagonalen Phase, deren Werte Tabelle 20 enthält. Die Angaben dieser Tabelle sind in Abbildung 22 eingetragen, und ihnen schliessen sich gut an die

Tabelle 20.

Gitterkonstanten der homogenen hexagonalen Phase von Ag-Al-Legierungen nach Westgren und Bradley.

Atomprozent Aluminium . . . . .	27	32	39
Gitterkonstanten in $\text{\AA}$ a . . . . .	2,865	2,869	2,877
c . . . . .	4,653	4,625	4,579

ebenfalls eingetragenen Gitterkonstanten der hexagonalen Phase des Zweiphasengebiets. Aus derselben Abbildung ergibt sich

1) Westgren und Bradley, Phil. Mag. 6. 1928. Tafel IV.

ferner, dass die aluminiumreichere Grenze der homogenen hexagonalen Phase bei 40 Atomprozent Aluminium liegt.

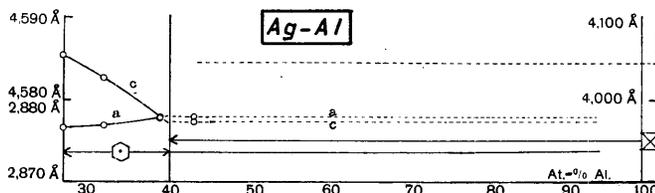


Abb. 22. Gitterkonstanten der Phasen kubischer und hexagonaler dichtester Anordnung von Ag-Al-Legierungen nach Westgren und Bradley. Links Massstäbe für die Gitterkonstanten der hexagonalen Phase, rechts für diejenigen der kubischen Phase.

### *Ag-Sb-Legierungen.*

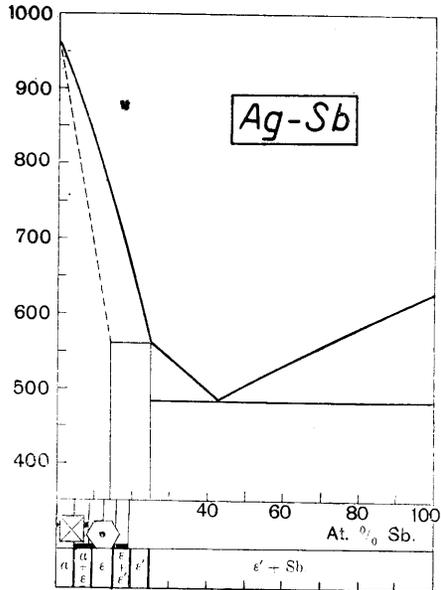
60. Der obere eingerahmte Teil der Abbildung 23 gibt das Zustandsschaubild des Silber-Antimon-Systems nach G. I. Petrenko<sup>1)</sup>. Röntgenographisch ist dieses System untersucht worden von A. Westgren, G. Hägg und S. Eriksson<sup>2)</sup>. Die zu untersuchenden Legierungen stellten sie durch Zusammenschmelzen von Feinsilber mit Antimon von Kahlbaum her. Um die Legierungen möglichst homogen zu machen, wurden dieselben aus dem Schmelztiigel auf eine Eisenplatte gegossen und dann mehrere Tage lang bei einer passenden Temperatur getempert. Ihre Zusammensetzung wurde durch chemische Analyse nachgeprüft. Die Lagen der röntgenographisch untersuchten Proben auf der Konzentrationsachse und die diesen zukommenden Gittertypen, soweit es sich um die kubische und die hexagonale dichteste Anordnung handelt, sind im mittleren Teil der Abbildung 23 eingezeichnet. Es kann somit das Zustandsschaubild von Petrenko nicht richtig sein. Erstens ist die Löslichkeit des Antimons in Silber nicht 14 Atomprozent, wie sie im Zustandsschaubild angegeben wird, sondern nur etwa 5 Atomprozent. Zweitens treten im Silber-Antimon-System bei gewöhnlicher Temperatur zwei verschiedene intermediäre Phasen auf, die beide ausgedehnte Homogenitätsgebiete haben, und nicht nur eine Phase, wie es das Zustandsschaubild haben will. Diese Korrekturen zum Zustandsschaubild

1) Z. anorg. Ch. 50. 1906. 143.

2) Z. physikal. Ch. B. 4. 1929. 461 bis 463.

enthält der untere eingerahmte Teil der Abbildung, wo mit  $\alpha$  die Phase kubischer, mit  $\varepsilon$  die Phase hexagonaler dichtester Anordnung bezeichnet ist.

Abb. 23. Im oberen Rahmen das Zustandschaubild des Ag-Sb-Systems nach Petrenko. In der Mitte die Verteilung der von Westgren, Hägg und Eriksson röntgenographisch untersuchten Proben und deren Gittertypen, soweit es sich um die kubische und die hexagonale dichteste Anordnung handelt. Im unteren Rahmen röntgenographisch begründete Abänderungen des Zustandschaubilds.



61. Gitterkonstanten für die einzige im Umordnungsgebiet aus der kubischen in die hexagonale Anordnung liegende, 9 Atomprozent Antimon enthaltende Probe werden von Westgren, Hägg und Eriksson nicht angeführt. Es wird jedoch festgestellt, dass innerhalb des Gebiets der kubischen dichtesten Anordnung die Gitterkonstante von 4,078 Å für das reine Silber auf 4,113 Å für die mit Antimon gesättigte Phase anwächst; dass die Gitterdimensionen der hexagonalen dichtesten Anordnung innerhalb des Homogenitätsgebiets dieser Phase mit fallender Antimonkonzentration von  $a = 2,959$  Å,  $c = 4,786$  Å und  $k = 1,617$  auf  $a = 2,921$  Å,  $c = 4,775$  Å und  $k = 1,634$  fallen. Unter Benutzung des Höchstwerts für die Gitterkonstante der homogenen kubischen Phase und des Mindestwerts für die Gitterkonstanten  $a$  und  $c$  der homogenen hexagonalen Phase errechnen sich die Abstandsänderungen nach Formel (5) zu

$$\delta d/d_k = 0,1\%$$

für nächste Nachbaratome in der Äquatorialebene und nach Formel (6) zu

$$\delta d/d_k = 0,2\%$$

für nächste Nachbaratome ausserhalb der Äquatorialebene. Bei der Umordnung der Atome der Silber-Antimon-Legierung aus der kubischen dichtesten in die hexagonale dichteste Anordnung wachsen die Abstände sowohl der äquatorialen als der ausser-äquatorialen Nachbaratome und übersteigen die Abstandsänderungen nicht 0,2%.

#### *Au-Hg-Legierungen.*

62. Der eingerahmte Teil der Abbildung 24 gibt den Verlauf der Quecksilbertensionen von Goldamalgamen nach W. Biltz und F. Meyer für drei verschiedene Temperaturen<sup>1)</sup>. Aus dem Gang der Quecksilbertensionen lässt sich erschliessen das Vorhandensein eines Einphasengebiets von 0 bis 17,9 Gewichtsprozent Quecksilber, das Auftreten eines Zweiphasengebiets von 17,9 bis 21,0 Gewichtsprozent Quecksilber und das Auftreten eines neuen Einphasengebiets von 21,0 bis 24,6 Gewichtsprozent Quecksilber. Röntgenographisch ist das Gold-Quecksilber-System untersucht worden von Adolf Pabst<sup>2)</sup>. Er verwandte zur Herstellung von Amalgamen destilliertes Quecksilber und durch Glühen getrocknetes chemisch reines Goldpulver von de Haen. Sämtliche Amalgame wurden 18 bis 90 Stunden lang bei bis 300° C getempert, und es zeigte sich, dass nach 18-stündigem Tempern keine röntgenographisch nachweisbaren Veränderungen mehr stattfanden. Die Lagen der durchstrahlten Proben auf der Konzentrationsachse und die ihnen zukommenden Gittertypen, soweit es sich um die kubische und die hexagonale dichteste Anordnung handelt, sind am unteren Rande der Abbildung 24 eingezeichnet. Es kommt also den sechs quecksilberärmsten Amalgamen kubische dichteste Anordnung zu, den beiden quecksilberreichsten hexagonale dichteste Atomanordnung, und den 17,3 und 20,0 Gewichtsprozent Quecksilber enthaltenden Legierungen die beiden dichtesten Atom-anordnungen.

63. Die Gitterkonstanten der im Umordnungsgebiet liegenden, 20,0 Gewichtsprozent Quecksilber enthaltenden Legierungen sind nach Pabst<sup>3)</sup>:  $a_k = 4,110 \text{ \AA}$  für die Länge der Würfelkante der kubischen Phase,  $a_h = 2,904 \text{ \AA}$  für die Basis,  $c = 4,758 \text{ \AA}$  für die Höhe und  $k = 1,633$  für das Verhältnis der Höhe zur Basis der hexagonalen Phase. Aus diesen Werten errechnet sich die Ab-

1) Z. anorg. Ch. 176. 1928. 29.

2) Z. physikal. Ch. B. 3. 1929. 443 bis 455.

3) Z. physikal. Ch. B. 3. 1929. 450.



dung 25 durch offene Kreise wiedergegeben, während durchstrichene Kreise die Gitterkonstanten im Zweiphasengebiet darstellen. Wie man sieht, schliessen sich die Gitterkonstanten

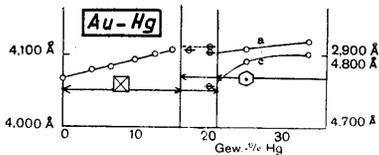


Abb. 25. Gitterkonstanten der Phasen kubischer und hexagonaler dichtester Anordnung von Au-Hg-Amalgamen nach Pabst. Links Massstab der Gitterkonstanten der kubischen Phase, rechts Massstäbe derjenigen der hexagonalen Phase. Der Gang der Gitterkonstanten in beiden Einphasengebieten gewährleistet die Zuverlässigkeit der Gitterkonstanten des Zweiphasengebiets.

des Umordnungsgebiets denjenigen des homogenen kubischen Gebiets gut an und widersprechen nicht der einzigen Angabe aus dem homogenen hexagonalen Gebiet. Es beträgt auch der Unterschied der Gitterkonstanten für die kubischen Gitter der 17,3 und 20,0 Gewichtsprozent Quecksilber enthaltenden Legierungen nicht volle 0,1% und liegt somit innerhalb der Genauigkeitsgrenze der Messungen.

#### *Pb-Bi-Legierungen.*

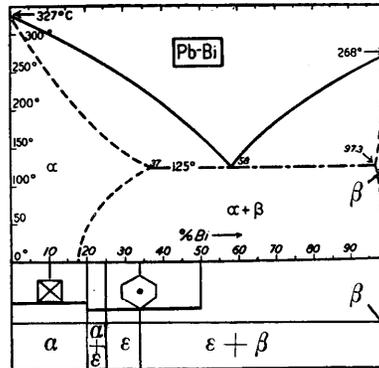
65. Der eingerahmte Teil der Abbildung 26 gibt das Zustandsschaubild des Blei-Wismut-Systems nach den International Critical Tables<sup>1)</sup>. Röntgenographisch ist dieses System untersucht worden von A. Solomon und W. Morris Jones an Proben, die langdauernden Temperungen und sehr langsamer Abkühlung unterworfen worden waren<sup>2)</sup>. Die Lagen der von ihnen röntgenographisch untersuchten Proben auf der Konzentrationsachse und die denselben zukommenden Gittertypen sind am unteren Rande der Abbildung 26 eingezeichnet. Wie ersichtlich, decken sich die Angaben des Zustandsschaubilds nicht mit den Ergebnissen der Röntgenanalyse. Nach dem Zustandsschaubild enthält das Blei-Wismut-System nur zwei Bereiche homogener Phasen: eines am Blei- und das andere am Wismutende. Nach den röntgenographischen Angaben hingegen kommen dem Blei-Wismut-System drei Gebiete homogener Phasen zu: ausser der kubischen flächenzentrierten Phase des Bleiendes und der rhomboed-

1) Band 2. S. 414.

2) Phil. Mag. 11. 1931. 1090 bis 1101.

rischen flächenzentrierten des Wismutendes noch eine Phase hexagonaler dichtester Atomanordnung. Die röntgenographisch bedingten Abänderungen des Zustandsschaubilds sind im unteren

Abb. 26. Im oberen Teil das Zustandsschaubild des Pb-Bi-Systems aus den International Critical Tables. In der Mitte die Verteilung der von Solomon und Jones röntgenographisch untersuchten Proben und deren Gittertypen, soweit es sich um die kubische und die hexagonale dichteste Anordnung handelt. Im unteren Teil röntgenographisch begründete Abänderungen des Zustandsschaubilds.



Rahmen der Abbildung 26 dargestellt. Demnach erstreckt sich das homogene Gebiet der kubischen Phase von 0 bis unterhalb 20 Gewichtsprozent Wismut und dasjenige der homogenen hexagonalen Phase von etwa 25 bis etwa 33 Gewichtsprozent Wismut.

66. Im Umordnungsgebiet aus der kubischen in die hexagonale Phase haben Solomon und Jones Gitterkonstanten bestimmt für eine 20 Gewichtsprozent Wismut enthaltende Legierung<sup>1)</sup>. Die Gitterkonstanten dieser Legierung sind:  $a_k = 4,946 \text{ \AA}$  für das kubische Gitter und  $a_h = 3,477 \text{ \AA}$  und  $k = 1,66$  für das hexagonale. Aus diesen Werten berechnet sich die Abstandsänderung nächster Nachbaratome nach Formel (5) zu

$$\delta d/d_k = -0,6\%$$

für nächste Nachbaratome innerhalb der Äquatorialebene und nach (6) zu

$$\delta d/d_k = 0,6\%$$

für ausserhalb der Äquatorialebene liegende nächste Nachbaratome. Die Zuverlässigkeit dieser alleinstehenden Angabe der Gitterkonstanten aus dem Umordnungsgebiet lässt sich prüfen durch Heranziehung der von Solomon und Jones bestimmten Gitterkonstanten für die angrenzende homogene ku-

1) Phil. Mag. 11. 1931. 1093.

bische sowie hexagonale Phase<sup>1)</sup>, welche die Tabelle 22 enthält. Die Gitterkonstanten  $a$  und  $c$  dieser Tabelle sind in

Tabelle 22.

Gitterkonstanten der kubischen bzw. hexagonalen Phase von Pb-Bi-Legierungen nach Solomon und Jones.

Gewichtsprozent Wismut	0	10	20	25	33	50
Gitterkonstanten in Å						
$a$	4,930	4,938	4,646			
$c$			3,477	3,477	3,483	3,483
$k$			1,66	1,66	1,66	1,66

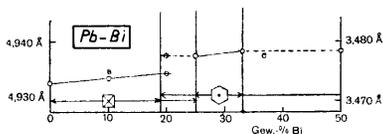


Abb. 27. Gitterkonstanten der Phasen kubischer und hexagonaler dichtester Anordnung von Pb-Bi-Legierungen nach Solomon und Jones. Links Massstab der Gitterkonstanten der kubischen

Phase, rechts Massstab derjenigen der hexagonalen Phase. Der Gang der Gitterkonstanten in beiden Einphasengebieten gewährleistet die Zuverlässigkeit der Gitterkonstanten des Zweiphasengebiets.

der Abbildung 27 als Kreise eingetragen, und ihnen schliessen sich gut an die durch durchstrichene Kreise gekennzeichneten Gitterkonstanten der Legierung aus dem kubisch-hexagonalen Zweiphasengebiet.

## Übersichtstabellen der Abstandsänderungen nächster Nachbaratome.

67. Die errechneten Abstandsänderungen nächster Nachbaratome sind zusammengestellt in den Tabellen 23 und 24 und den Abbildungen 28 und 29.

1) Phil. Mag. 11. 1931. 1093.

Tabelle 23.

Abstandsverminderungen nächster Nachbaratome bei der Umordnung aus der kubischen flächenzentrierten in die kubische raumzentrierte Anordnung.

Substanz	Abstandsverminderung in $\frac{0}{0}/\frac{0}{0}$ (Markierung ○)	Ausgangsdaten der Berechnung
Fe	2,5	Gitterkonstanten im Umwandlungspunkt $A_4$
Cu-Zn	2,5	Gitterkonstanten aus dem Umordnungsgebiet
	2,3	Volumina pro Atom; für das flächenzentrierte Gitter extrapoliert bis zur Löslichkeitsgrenze durch Verlängerung um $\frac{1}{16}$ ; für das raumzentrierte Gitter — der Wert auf der Löslichkeitsgrenze
Ag-Zn	3,3	Volumina pro Atom extrapoliert bis zu den Löslichkeitsgrenzen durch Verlängerung um $\frac{1}{4}$ für das flächenzentrierte Gitter und um $\frac{1}{3}$ für das raumzentrierte Gitter
Ag-Cd	2,5	Gitterkonstanten aus dem Umordnungsgebiet
Ni-Al	2,1	Volumina pro Atom extrapoliert bis zu den Löslichkeitsgrenzen durch Verlängerung um $\frac{1}{38}$ für das flächenzentrierte Gitter und um $\frac{1}{17}$ für das raumzentrierte Gitter
Fe-Co	2,4	Gitterkonstanten aus dem Umordnungsgebiet
Fe-Ni	2,2	" " " "
	2,1	" " " "
Fe-Mn	2,4	" " " "
Cu-Mn-Al	1,3	Gitterkonstanten koexistierender Gitter
	2,1	Gitterkonstanten aus dem Umordnungsgebiet
C-Stahl	2,6	Gitterkonstanten koexistierender Gitter
Ni-Stahl	2,8	" " "
	1,9	" " "
	2,0	" " "
	1,8	" " "
NiCr-Stahl	2,1	" " "
CrNi-Stahl	2,2	" " "

Aus dieser ersten Übersichtstabelle und den Markierungen ○ der linken Hälfte der Abbildung 28 ersieht man, dass die Abstandsänderungen zwischen  $-1,3$  und  $-3,3\%$  schwanken, mit dem arithmetischem Mittel bei ungefähr

$-2\frac{1}{3}\%$ . Aus der linken Hälfte der Abbildung 28 entnimmt man ferner, dass von den 19 eingetragenen Angaben 16 sich zu einem zusammenhängenden Komplex häufen,

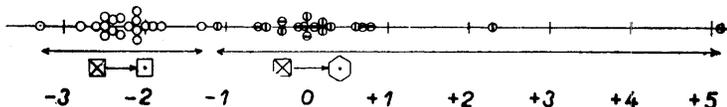


Abb. 28. Verteilung der Abstandsänderungen nächster Nachbaratome bei der Umordnung aus der kubischen flächenzentrierten Anordnung in die kubische raumzentrierte (○: *Ag-Zn*; *Ni-Stahl*; *C-Stahl*; *Cu-Zn*, *Fe*, *Ag-Cd*; *Fe-Co*, *Fe-Mn*; *Cu-Zn*, *Cr-Ni-Stahl*; *Fe-Ni*; *Cu-Mn-Al*, *Ni-Al*, *Fe-Ni*, *NiCr-Stahl*; *Ni-Stahl*; *Ni-Stahl*; *Ni-Stahl*; *Cu-Mn-Al*) und in die hexagonale dichteste Anordnung (⊕, ⊖: *Ag-Al*; *Pb-Bi*; *Co-Ni*; *Fe-Co*, *Fe-Co*; *Au-Hg*; *Co-Ni*; *Co*, *Co*; *Ag-Sb*; *Ag-Sb*, *Au-Hg*; *Ce*; *Pb-Bi*; *Ag-Al*; *Ce*; *Cu-Sb*; *Cu-Sb*).

ausserhalb dessen nur 3 Angaben liegen. Diese drei ausserhalb liegenden Angaben sind:  $-3,3\%$  für *Ag-Zn*,  $-2,8\%$  für eine der *Ni-Stahl*-Proben und  $-1,3\%$  für eine der *Cu-Mn-Al*-Proben. Es sind aber diese Angaben zugleich die unzuverlässigsten: der Wert für *Ag-Zn* ist abgeleitet durch eine verhältnismässig weite Extrapolation; der Wert 2,8 für die betreffende *Cu-Mn-Al*-Probe stammt von einer Legierung unbekannter Vorgeschichte; der Wert 1,3 für die betreffende *Ni-Stahl*-Probe passt nicht zu den drei anderen Werten (1,8, 1,9 und  $2,0\%$ ) dieses Stahles. Es ist deshalb wohl durchaus begründet, diese drei ausserhalb des zusammenhängenden Komplexes liegenden Angaben nicht zu berücksichtigen. Alsdann liegen aber die Abstandsänderungen zwischen den engeren Grenzen von  $-2,8$  und  $-1,8$  Prozent und beträgt das arithmetische Mittel ungefähr  $-2\frac{1}{4}\%$ . Somit ergibt sich aus dem vorliegendem Zahlenmaterial, dass die durch den Koordinations-effekt bedingte mittlere Abstandsänderung nächster Nachbaratome bei der Umordnung aus der kubischen flächenzentrierten Anordnung in die kubische raumzentrierte im Mittel gegen  $-2\frac{1}{4}\%$  beträgt, während V. M. Goldschmidt für diese Umordnung eine Verminderung des Atomabstands um etwa  $3\%$  angibt<sup>1)</sup>.

Aus der zweiten Übersichtstabelle und den Markierungen ⊖ und ⊕ der rechten Hälfte der Abbildung 28 ersieht man, dass die Abstandsänderungen nächster Nachbaratome zwischen  $-1,1$  und  $+5,1$  Prozent liegen.

1) Z. physikal. Ch. 133. 1928. 415.

Trans. Faraday Soc. 25. 1929. 281.



hervorgeht, in der Achsenverhältnisse und Abstandsänderungen zusammengestellt sind. Aus dieser Abbildung ergibt sich, dass die Abstandsänderungen nächster Nachbaratome und die Differenzen derselben für innerhalb und ausserhalb der Äquatorialebene liegende Nachbaratome zu 0 werden bei Annäherung des Achsenverhältnisses an 1,633, den der Kugelpackung zukommenden Wert. Somit ergibt sich aus dem vorliegendem Zahlenbestand, dass *die durch den Koordinationseffekt bedingten mittleren Abstandsänderungen nächster Nachbaratome bei der Umordnung aus der kubischen dichtesten in die hexagonale dichteste Anordnung vom Achsenverhältnis des hexagonalen Gitters abhängig sind, derart dass die Abstandsänderungen zu 0 werden mit Annäherung des Achsenverhältnisses an 1,633*. Diese Feststellung enthält in sich die Aussage von V. M. Goldschmidt, dass die kubische dichteste und die hexagonale dichteste Atomanordnung praktisch oder absolut gleiche Atomabstände aufweisen<sup>1)</sup>, bzw. der Unterschied dieser Atomabstände jedenfalls weniger als 1% beträgt<sup>2)</sup>.

### Zusammenfassung.

68. Die Aussagen von V. M. Goldschmidt über die Werte der Abstandsänderungen nächster Nachbaratome in metallischen Kristallen bei der Umordnung der Atome aus der kubischen flächenzentrierten Anordnung in die kubische raumzentrierte und in die hexagonale dichteste Anordnung werden rechnerisch nachgeprüft an den Elementen *Ce, Co, Fe*; an den binären Legierungen *Ag—Al, Ag—Cd, Ag—Sb, Ag—Zn, Al—Ni, Au—Hg, Bi—Pb, Co—Ni, Cu—Sb, Cu—Zn, Fe—Co, Fe—Mn, Fe—Ni*; an der ternären Legierung *Cu—Mn—Al* und an einigen *Stählen*. Als Ausgangsdaten der Berechnung werden verwandt Gitterkonstanten oder Volumina pro Atom der koexistierenden kubischen flächen- und raumzentrierten Phase bzw. von Phasen der kubischen und hexagonalen dichtesten Anordnung. In Fällen, in denen direkte experimentelle Bestimmungen dieser Ausgangsdaten nicht vorliegen, sind sie abgeleitet worden aus den Gitterkonstanten oder den Volumina pro Atom der entsprechenden homogenen Phasen durch Extrapolation bis zur Grenze des Zweiphasengebiets, in dem jeweils die Umordnung des einen Gitters in das andere stattfindet. Die Benutzung der Gitterkonstanten

1) Z. physikal. Ch. 133. 1928. 414 bis 416.

2) Skrifter Norske Videnskaps-Akademi 1926 - I, Nr. 2, S. 47.

oder Volumina pro Atom im Gleichgewicht koexistierender Phasen bürgt dafür, dass im allgemeinen die errechneten Abstandsänderungen ausschliesslich der Änderung der Koordinationsart und -zahl zuzuschreiben sind. Bei den 13 für die Umordnung aus der kubischen flächenzentrierten in die kubische raumzentrierte Anordnung angeführten Substanzen liegen die Abstandsänderungen zwischen  $-1,3\%$  und  $-3,3\%$  und ergibt sich etwa  $-2\frac{1}{4}\%$  als zu erwartende mittlere Abstandsänderung bei dieser Umordnung. Bei den 9 für die Umordnung aus der kubischen dichtesten in die hexagonale dichteste Anordnung angeführten Substanzen liegen die Abstandsänderungen zwischen  $-1,1\%$  und  $+5,1\%$  und ergibt sich eine Abhängigkeit der Abstandsänderungen vom Achsenverhältnis des hexagonalen Gitters dergestalt, dass die Abstandsänderungen zu 0 werden mit der Annäherung des Achsenverhältnisses an 1,633.

Physikalisches Institut.  
Universität.  
Tartu/Estland.  
3. September 1931.

## Nachträge.

### *Silber-Antimon-Legierungen.*

69. (Zusatz zu Seite 59.) Bezüglich der Abwechslung einzelner Phasen im Silber-Antimon-System gelangen S. J. Broderick und W. F. Ehret<sup>1)</sup> zu in jeder Hinsicht denselben Ergebnissen wie A. Westgren, G. Hägg und S. Eriksson. Gitterkonstanten für im Umordnungsgebiet aus der dichtesten kubischen in die dichteste hexagonale Atomanordnung liegende Proben werden jedoch von Broderick und Ehret nicht angeführt. Dennoch lassen sich die Abstandsänderungen nächster Nachbaratome bei der Umordnung aus der kubischen in die hexagonale Anordnung auf Grund einiger von ihnen bestimmter Gitterkonstanten abschätzen und zur Kontrolle der auf Seite 59 berechneten Abstandsänderungen verwenden. Nach Broderick und Ehret ist die Gitterkonstante der an Antimon gesättigten kubischen  $\alpha$ -Phase  $a = 4,109 \text{ \AA}$ . Aus dem Gebiet der hexagonalen  $\epsilon$ -Phase werden als Gitterkonstanten gegeben  $a = 2,920 \text{ \AA}$ ,  $c = 4,774 \text{ \AA}$  und  $k = 1,632$  für eine 9,86 Atomprozent Zinn enthaltende Legierung. Diese liegt aber schon fast auf der Grenze des kubisch-hexagonalen Zweiphasengebiets mit dem hexagonalen Einphasengebiet. Die Gitterkonstanten dieser Probe können demnach nur um ein geringes grösser sein als die Gitterkonstanten des Silberendes der homogenen hexagonalen Phase und sind somit zur Abschätzung der oberen Schranke der Abstandsänderungen nächster Nachbaratome verwendbar. Unter Benutzung dieser Gitterkonstanten berechnen sich die Abstandsänderungen nach Formel (5) und Formel (6) zu

$$\delta d/d_k = 0,5 \%$$

für sowohl innerhalb, als ausserhalb der Äquatorialebene liegende nächste Nachbaratome. Es liegen aber die auf Seite 59

1) J. phys. Ch. 35. 1931. 2631—2636.

errechneten Abstandsänderungen auch tatsächlich unterhalb dieser Schranke.

*Silber-Zinn-Legierungen.*

70. Nach O. Nial, A. Almin und A. Westgren<sup>1)</sup> koexistieren in Silber-Zinn-Legierungen mit 12,0 Atomprozent Zinngehalt Gitter kubischer dichtester und Gitter hexagonaler dichtester Atomanordnung. Als Gitterkonstanten der kubischen Phase führen sie an  $a = 4,125 \text{ \AA}$  und als Gitterkonstanten der hexagonalen Phase  $a = 2,925 \text{ \AA}$ ,  $c = 4,774 \text{ \AA}$  und  $k = 1,634$ . Auf Grund dieser Gitterkonstanten berechnen sich die Abstandsänderungen nach Formel (5) bzw. (6) zu

$$\delta d/d_k = 0,2\% \quad \text{bzw.} \quad 0,3\%$$

für nächste Nachbaratome innerhalb bzw. ausserhalb der Äquatorialebene. Es übersteigen also die Abstandsänderungen nicht 0,3 %.

*Gold-Zinn-Legierungen.*

71. Nach Sten Stenbeck und A. Westgren<sup>2)</sup> wird in Gold-Zinn-Legierungen die Phase kubischer dichtester Atomanordnung abgelöst von einer Phase hexagonaler dichtester Atomanordnung, wobei das Übergangsgebiet zwischen etwa 7,5 und 12 Atomprozent Zinn liegen soll. Aus dem Übergangsgebiet haben Stenbeck und Westgren eine 8 Atomprozent Zinn enthaltende Legierung untersucht, für deren hexagonales Gitter sie folgende Gitterkonstanten angeben:  $a = 2,896 \text{ \AA}$ ,  $c = 4,776 \text{ \AA}$  und  $k = 1,649$ . Unter Benutzung dieser Gitterkonstanten berechnen sich die Abstandsänderungen nach Formel (5) bzw. (6) zu

$$\delta d/d_k = -0,1\% \quad \text{bzw.} \quad +0,6\%$$

für nächste Nachbaratome innerhalb bzw. ausserhalb der Äquatorialebene. Es übersteigen also die Abstandsänderungen nicht 0,6 %.

2. November 1931.

1) Z. physikal. Ch. B. 14. 1931. 88.

2) Z. physikal. Ch. B. 14. 1931. 93 bis 95.

## Anhang.

### 72. Alphabetisches Verzeichnis der herangezogenen Elemente und Legierungen:

System	Seite	System	Seite	System	Seite
Ag-Al . . . . .	55	Co . . . . .	14	Mn-Cu-Al . . . . .	42
Ag-Cd . . . . .	27	Co-Fe . . . . .	33, 48	Mn-Fe . . . . .	41
Ag-Sb . . . . .	58, 70	Co-Ni . . . . .	51	Ni-Al . . . . .	31
Ag-Sn . . . . .	71	Cu-Al-Mn . . . . .	42	Ni-Co . . . . .	51
Ag-Zn . . . . .	24	Cu-Mn-Al . . . . .	42	Ni-Fe . . . . .	35
Al-Ag . . . . .	55	Cu-Sb . . . . .	52	<b>Pb-Bi . . . . .</b>	<b>62</b>
Al-Cu-Mn . . . . .	42	Cu-Zn . . . . .	19	<b>Sb-Ag . . . . .</b>	<b>58, 70</b>
Al-Mn-Cu . . . . .	42	<b>Fe . . . . .</b>	<b>11</b>	Sb-Cu . . . . .	52
Al-Ni . . . . .	31	Fe-Co . . . . .	33, 48	Sn-Ag . . . . .	71
Au-Hg . . . . .	60	Fe-Mn . . . . .	41	Sn-Au . . . . .	71
Au-Sn . . . . .	71	Fe-Ni . . . . .	35	Stahle . . . . .	44
<b>Bi-Pb . . . . .</b>	<b>62</b>	<b>Hg-Au . . . . .</b>	<b>60</b>	<b>Tl . . . . .</b>	<b>13</b>
Cd-Ag . . . . .	27	<b>Mn-Al-Cu . . . . .</b>	<b>42</b>	<b>Zn-Ag . . . . .</b>	<b>24</b>
Ce . . . . .	13			<b>Zn-Cu . . . . .</b>	<b>19</b>

---

## 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 kolloidide 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 stellae 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. L ü ü s. Ergebnisse der Krüppelkinder-Statistik in Eesti. — 3. C. Sch l o s s m a n n. Culture in vitro des protozoaires de l'intestin humain. — 4. H. K a h o. Über die physiologische Wirkung der Neutralsalze auf das Pflanzenplasma. — 5. Y. K a u k o. Beiträge zur Kenntnis der Torfzersetzung und Vertorfung. — 6. A. T a m m e 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. K a u k o. Zur Bestimmung des Vertorfungsgrades. — 8. N. W e i d e r p a s s. Eesti piparmündi-õli (*Oleum menthae esthicum*). (Das estnische Pfefferminzöl.)

**A VI (1924).** 1. H. B e k k e r. Mõned uued andmed Kukruse lademe stratigraafiast ja faunast. (Stratigraphical and paleontological supplements on the Kukruse stage of the ordovician rocks of Eesti (Estonia).) — 2. J. W i l i p. Experimentelle Studien über die Bestimmung von Isothermen und kritischen Konstanten. — 3. J. L e t z m a n n. Das Bewegungsfeld im Fuss einer fortschreitenden Wind- oder Wasserhose. — 4. H. S c u p i n. Die Grundlagen paläogeographischer Karten. — 5. E. Ö p i k. Photometric measures on the moon and the earth-shine. — 6. Y. K a u k o. Über die Vertorfungswärme. — 7. Y. K a u k o. Eigentümlichkeiten der  $H_2O$ - und  $CO_2$ -Gehalte bei der unvollständigen Verbrennung. — 8. M. T i l z e n und Y. K a u k o. Die wirtschaftlichen Möglichkeiten der Anwendung von Spiritus als Brennstoff. — 9. M. W i t t l i c h. Beitrag zur Untersuchung des Öles aus estländischem Ölschiefer. — 10. J. W i l i p. Emergenzwinkel, Unstetigkeitsflächen, Laufzeit. — 11. H. S c u p i n. Zur Petroleumfrage in den baltischen Ländern. — 12. H. R i c h t e r. Zwei Grundgesetze (Funktion- und Strukturprinzip) der lebendigen Masse.

**A VII (1925).** 1. J. V i l m s. Köhreglükogeeni püsivusest mõnesuguste glükogeeni vähendavate tegurite puhul. (Über die Stabilität des Knorpelglykogens unter verschiedenen das Glykogen zum Verschwinden bringenden Umständen.) — 2. E. B l e s s i g. Ophthalmologische Bibliographie Russlands 1870—1920. Nachtrag. — 3. O. K u r i k s. Trachoma Eestis (eriti Tartus) möödunud ajal ja praegu. (Das Trachom in Estland (insbesondere in Dorpat) einst und jetzt.) — 4. A. B r a n d t. Sexualität. Eine biologische Studie. — 5. M. H a l t e n b e r g e r. Gehört das Baltikum zu Ost-, Nord- oder zu Mitteleuropa? — 6. M. H a l t e n b e r g e r. Recent geographical work in Estonia.

**A VIII (1925).** 1. H. J a a k s o n. Sur certains types de systèmes d'équations linéaires à une infinité d'inconnues. Sur l'interpolation. — 2. K. F r i s c h. Die Temperaturabweichungen in Tartu (Dorpat) und ihre Bedeutung für die Witterungsprognose. — 3. O. K u r i k s. Muutused leprahaigete silmas Eesti leprosooriumide haigete läbivaatamise põhjal. (Die Lepra des Auges.) — 4. A. P a l d r o c k. Die Senkungsreaktion und ihr praktischer Wert. — 5. A. Ö p i k. Beiträge zur Kenntnis der Kukruse-( $C_2$ -)Stufe in Eesti. I. — 6. M. W i t t l i c h. Einiges über den Schwefel im estländischen Ölschiefer (Kukersit)

und dessen Verschwelungsprodukten. — 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 Pirisaar 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 Tallinnastufe 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-(C<sub>2</sub>)-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 PbJ<sub>2</sub>, Ag<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> 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. Sarv. Zum Beweis des Vierfarbensatzes. — 2. H. Scupin. Die stratigraphische Stellung der Devonschichten 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 mealltic 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 Kukuruse-(C<sub>2</sub>-C<sub>3</sub>-)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 Terpinöls 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. Keskdevoni 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 Kukuruse-Stufe. — 2. P. W. Thomson. Die regionale Entwicklungsgeschichte der Wälder Estlands.

**A XVIII (1930).** 1. G. Vilberg. Erneuerung der Loovegetation 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 Methylenblaulösung. — 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 zur Kenntnis der Kukruse-(C<sub>2</sub>-C<sub>3</sub>-)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. Glühaufschliessung der Phosphorite mit Kieselsäure zwecks Gewinnung eines citrallöslichen Düngmittels. — 2. U. Karell. Zur Behandlung und Prognose der Luxationsbrüche des Hüftgelenks. — 3. A. Laur. Beiträge zur 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 Niedermoor. — 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.

---

**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. Quaestiunculæ Horatianæ.

**B II (1922).** 1. J. Bergman. Aurelius Prudentius Clemens, der grösste christliche Dichter des Altertums. I. — 2. L. Kettunen. Lõunavepsa häälik-ajalugu. I. Konsonandid. (Südwepsische 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. Курчинский (M. A. Kurtchinsky). Социальный 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. (Südwepsische Lautgeschichte. II. Voka-

lismus.) — 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 Oxförder 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 pääjooned. (Die Hauptzüge der Mundart von Rosona). — 4. M. A. Курчинский (M. A. Kurtschinsky). Европейский 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 restauratsioonial (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 ver-

glichen. 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 läänemeresoome keelis. (Die *oi-, ei-*Deminutiva der ostseefinnischen Sprachen).

**B XIII** (1928). 1. G. Suess. Petronii imitatio sermonis plebei 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. H. 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. I (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. А. И. Стендер-Петерсен (A. D. 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. М. Курчинский

(M. Kourtschinsky). 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.

**C I—III** (1929). **I 1.** Ettelugemiste kava 1921. aasta I poolaastal. — **I 2.** Ettelugemiste kava 1921 aasta II poolaastal. — **I 3.** Dante pidu 14. IX. 1921. (Dantefeier 14. IX. 1921.) R. Gutmann. Dante Alighieri. W. Schmied-Kowarzik. Dantes Weltanschauung. — **II 1.** Ettelugemiste kava 1922. aasta I poolaastal. — **II 2.** Ettelugemiste kava 1922. aasta II poolaastal. — **III 1.** Ettelugemiste kava 1923. aasta I poolaastal. — **III 2.** Ettelugemiste kava 1923. aasta II poolaastal.

**C IV—VI** (1929). **IV 1.** Ettelugemiste kava 1924. aasta I poolaastal. — **IV 2.** Ettelugemiste kava 1924. aasta II poolaastal. — **V 1.** Ettelugemiste kava 1925. aasta I poolaastal. — **V 2.** Ettelugemiste

## Berichtigung

zu Acta et Commentationes A XVII<sub>1</sub> (A. Ö p i k, Brachiopoda Protremata der estländischen ordovizischen Kukruse-Stufe).

In der Tabelle „V. Gliederung, Korrelation und Biostratigraphie des estländischen (resp. ostbaltischen) Ordoviziums“ (zu S. 48) steht in der vierten Kolumne:

$\alpha$	<i>Asaphus cornutus</i> , <i>Asaphus laevissimus</i> (Oolithenzone).
----------	----------------------------------------------------------------------

Es muss aber heissen:

$\alpha$	<i>Asaphus pachyophthalmus minor</i> , <i>Megalaspis rudis</i> (Oolithenzone).
----------	--------------------------------------------------------------------------------

Herausschneiden und in die Tabelle einkleben!

Éditeurs : FÉLIX ALOAN, Paris - NICOLA ZANICHELLI, Bologne - DAVID NUTT, Londres  
AKAD. VERLAGSGESELLSCHAFT, Leipzig - G. E. STECHERT & Co., New York  
RUIZ HERMANOS, Madrid - LIVRARIA MACHADO, Porto - THE MARUZEN COMPANY, Tokyo.

## „SCIENTIA“

REVUE INTERNATIONALE DE SYNTHÈSE SCIENTIFIQUE  
Paraissant mensuellement (en fascicules de 100 à 120 pages chacun)  
Directeurs : F. BOTTAZZI — G. BRUNI — F. ENRIQUES

**EST L'UNIQUE REVUE** à collaboration vraiment internationale.

**EST L'UNIQUE REVUE** à diffusion absolument mondiale.

**EST L'UNIQUE REVUE** de synthèse et d'unification du savoir, qui traite les questions fondamentales de toutes les sciences : histoire des sciences, mathématiques, astronomie, géologie, physique, chimie, biologie, psychologie et sociologie.

**EST L'UNIQUE REVUE** qui, par des enquêtes conduites auprès des plus éminents savants et écrivains de tous les pays (*Sur les principes philosophiques des diverses sciences ; Sur les questions d'astronomie et de physique les plus fondamentales qui se trouvent à l'ordre du jour ; Sur la contribution que les divers pays ont apportée au développement des diverses branches du savoir ; Sur les plus importantes questions de biologie ; Sur les grandes questions économiques et sociales internationales*), étudie tous les problèmes essentiels qui agitent les milieux intellectuels du monde entier, et constitue en même temps le premier essai d'organisation internationale du mouvement philosophique et scientifique.

**EST L'UNIQUE REVUE** qui puisse se vanter d'avoir parmi ses collaborateurs les savants les plus illustres du monde entier. Une liste de ceux-ci, comprenant plus de 350 noms, est reproduite dans presque tous les fascicules.

Les articles sont publiés dans la langue de leurs auteurs, et à chaque fascicule est joint un supplément contenant la traduction française de tous les articles non français. Ainsi la Revue est complètement accessible même à qui ne connaît que la langue française. (*Demandez un numéro spécimen gratuit au Secrétaire Général de „Scientia“, Milan, en joignant à la demande, pour remboursement des frais d'envoi, la somme de trois francs en timbres-poste de votre pays.*)

ABONNEMENT : Fr. 200.00

BUREAUX DE LA REVUE : Via A. De Togni 12 — Milano (116)

Secrétaire Général : Dr. PAOLO BONETTI

Pour la publicité demandez renseignements et tarifs aux Bureaux de la Revue.

## PRIX EUGENIO RIGNANO

La Revue „Scientia“, dans le but de rendre le plus beau tribut à la mémoire de son ex-Directeur, en donnant une impulsion nouvelle aux études scientifiques et philosophiques auxquelles il a consacré toute sa vie, et en développant en même temps, et de plus en plus, cette union, cette émulation spirituelle entre les savants de tous pays, qui fut sa plus haute aspiration, a institué un **Prix Eugenio Rignano**, de dix mille Lires italiennes, à décerner par *Concours international* à l'auteur, jugé le plus digne, d'une étude sur le sujet suivant :

### *L'évolution de la notion du temps.*

Conditions du Concours :

1. — Les aspirants au Prix devront faire connaître leur intention de prendre part au Concours, en envoyant leur ouvrage à la Rédaction de „Scientia“ au plus tard le 31 décembre 1932.
2. — Les ouvrages doivent être inédits ou publiés après l'année 1930 ; ils doivent être écrits en une des langues suivantes : italien, français, anglais, allemand, espagnol ; les ouvrages non imprimés devront être écrits à la machine.
3. — En tout cas, chacun des ouvrages doit être accompagné d'un résumé écrit à la machine, qui n'ait pas plus de 10 pages (4000 mots) et qui puisse être publié comme article dans la Revue.
4. — L'examen des ouvrages envoyés sera confié à une Commission nommée par la Direction de la Revue.

Pour tout renseignement, s'adresser à la Rédaction de „Scientia“, 12, Via A. De Togni, Milano (116), Italia.

LA DIRECTION DE „SCIENTIA“.

kava 1925. aasta II. poolaastal. — **VI 1.** Ettelugemiste kava 1926. aasta I poolaastal. — **VI 2.** Ettelugemiste kava 1926. aasta II poolaastal.

**C VII—IX (1929).** **VII 1.** Ettelugemiste kava 1927. aasta I poolaastal. — **VII 2.** Ettelugemiste kava 1927. aasta II poolaastal. — **VIII 1.** Ettelugemiste kava 1928. aasta I poolaastal. — **VIII 2.** Ettelugemiste kava 1928. aasta II poolaastal. — **IX 1.** Ettelugemiste kava 1929. aasta I poolaastal. — **IX 2.** Ettelugemiste kava 1929. aasta II poolaastal. — **IX 3.** Eesti Vabariigi Tartu Ülikooli isiklik koosseis 1. detsembril 1929.

**C X (1929).** Eesti Vabariigi Tartu Ülikool 1919—1929.

---

**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.

---